

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

**Probleme mit Interferenzen im Feld?
Die Lösung: Echtzeit-Spektrumanalyse**

Keysight, Seite 6





\$11⁹⁵
from (qty 20)
3x3mm MMIC

\$139⁹⁵
from (qty 1-9)
Rugged connectorized package
0.75 x 0.74 x 0.46"

0.5 to 8 GHz **LOW NOISE AMPLIFIERS** *IN/OUT Termination Matched!*

Geringes Rauschen, hoher Dynamikbereich, hohe Ausgangsleistung und eine geringe Flatness (spezifiziert von 0,5 bis 7 GHz) der Verstärkung im Bereich 0,5 bis 8 GHz - und das alles mit einem einzigen Verstärkermodell! Mini-Circuits' populäre Ultra-Wideband LNAs sind nun lieferbar mit 3 x 3 mm großem QFN-Gehäuse für Ihre Platine und mit solide über Kabel anschließbarem Gehäuse. Beide Ausführungen sind intern im Bereich 0,5 bis 8 GHz angepasst, sodass sie kinderleicht in empfindlichen Empfängern mit hohem Dynamikbereich z.B. für messtechnische Anwendungen, militärische Abwehrsysteme, LTE, WiFi, S-Band- und C-Band-Radar, SatCom und mehr eingesetzt werden können! Sie sind sofort lieferbar und bieten Ihnen einen großen Nutzwert, also besuchen sie gleich www.minicircuits.com und bestellen Sie noch heute!

- geringes Rauschmaß (1,3 dB)
- hohe Verstärkung (21 dB)
- exzellente Flatness der Verstärkung: $\pm 0,7$ dB
- hoher IP3 (35 dBm)
- hohe Ausgangsleistung (23,2 dBm)



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

553 revOrig

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL GMBH
ELECTRONICS**

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

Was zieht den HF- und Mikrowellen-Fachmann nach München?

Auf der electronica 2016 trifft sich quasi die gesamte Elektronikindustrie an einem Ort. 2725 Aussteller aus nahezu allen Teilbereichen der Elektronikindustrie und aus 52 Ländern sind diesmal präsent. Sie kommen aus allen Wirtschaftszweigen, von Industrieelektronik, Telekommunikation über Energie und Elektromobilität bis hin zum Kredit- und Versicherungsgewerbe. Und sie vertreten vielfältige Aufgabenbereiche, wie Hard- und Softwareentwicklung, aber auch Logistik und Personalwesen. Doch Produkte und Dienstleistungen sind noch nicht alles. Wissen ist die dritte Erfolgskomponente! Denn themenorientierte Foren und stets erstklassig besetzte Konferenzen geben Ausblick auf die Zukunft und helfen, Kenntnisse zu vertiefen.

Der Münchner Markt der Möglichkeiten ist wirklich riesig. Die electronica gilt zu Recht als die Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen der Elektronik. Erstmals 1964 veranstaltet, entwickelte sie sich zur Dauer-Erfolgs-Story, und ist nun seit über 50 Jahren internationaler Treffpunkt der Elektronikindustrie. Hier zeigen tausende Aussteller Produkte und Dienstleistungen, die unsere Zukunft bestimmen werden. In diesem Jahr dominieren Themenfelder wie Automotive, Embedded, Wireless und Industrie 4.0. Den Ausstellern steht mit 13 Hallen die bisher größte Fläche zur Verfügung.

Kein Wunder: Mit einem globalen Marktvolumen von mehr als 3,5 Billionen Euro zählt die Elektronikindustrie zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen. Ein Ende ist nicht abzusehen, ihre Bedeutung nimmt weiter zu. Ob Platinen, Halbleiter, Sensoren, Steckverbinder oder Displays, ihre Komponenten und Systeme

sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken.

Auch HF- und Mikrowellen-Fachleute werden hier fündig. Im Zentrum ihrer Aufmerksamkeit stehen ebenfalls Themen und Anwendungen, die Gegenwart und vor allem Zukunft stark prägen. In erster Linie sind das der Embedded-Bereich mit seinen vielen schnellen und hochfrequenten Signalen und Komponenten, das Internet of Things, besonders mit seinen drahtlosen Sensoren, und Wearables/Healthcare, das attraktive Spielfeld für drahtlose Micro-Power Devices. Aber auch Bereiche wie Displays, Systemperipherie, Elektronik-Design (ED/EDA), Electronic Manufacturing Services, Halbleiter, Leiterplatten, Messen und Prüfen, Mikro- und Nanosysteme, passive Bauelemente oder Stromversorgung wecken mehr oder weniger das Interesse der Besucher aus der HF- und Mikrowellen-Branche.

Und nicht zu vergessen: der Wireless Congress. Hier werden Technologien auf neuestem Stand von hochkarätigen Referenten transparent gemacht. Im Zentrum stehen die interessantesten heutigen und zukünftigen Wireless-Technologien, die damit verbundenen Sicherheitsaspekte, Zertifizierungs- und Zulassungsprobleme, das Messtechnik-Knowhow sowie Standards und Marktchancen für den industriellen Einsatz.

97% der Besucher der letzten electronica gaben in einer unabhängigen Befragung an, dass sie die Messe als „gut“ bis „ausgezeichnet“ erachten. Ich bin mir sicher, dass es in diesem Jahr ähnlich sein wird und dass die meisten Besucher aus dem Bereich HF- und Mikrowellen ebenfalls positiv votieren würden.

*Ing. Frank Sichla
hf-praxis*

municom[®]
Technische Beratung und Distribution

Besuchen Sie uns auf der

 **electronica** 2016
inside tomorrow

8. bis 11. November 2016
Halle A5, Stand 531



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

municom[®]
www.municom.de



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

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification
N° 1306-GAN-02-001
EN ISO 9001:2008





TACTRON

ELEKTRONIK

Die ganze Bandbreite
der HF- und MW-Technik

Bird Technologies

HUBER+SUHNER
Astrolab

api
technologies corp.



Seit über 30 Jahren Ihr Partner für

- ▶ Adapter
- ▶ Equalizer
- ▶ DC Blocks
- ▶ Dämpfungsglieder von 0,5W bis 4kW fest, einstellbar und programmierbar
- ▶ Wattmeter
- ▶ Abschlusswiderstände von 1W bis 5kW
- ▶ Leistungsteiler / Koppler
- ▶ Stecker und konfektionierte Kabel

**über 1 000 Modelle
ab Lager lieferbar**

www.tactron.de/tactron/lagerliste.html

TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG

Bunsenstr. 5/II • D-82152 Martinsried
Tel.: +49 (0)89 89 55 69 0 • Fax: +49 (0)89 89 55 69 29
www.tactron.de • info@tactron.de

Inhalt

Zum Titelbild:

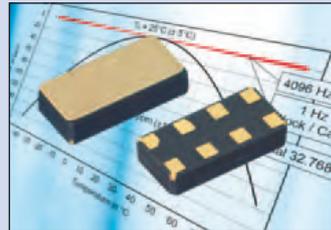


Probleme mit Interferenzen im Feld? Die Lösung: Echtzeit-Spektrumanalyse

Bei der breiten Palette heute üblicher Funktechnologien braucht man hochentwickelte Messwerkzeuge, um kommerzielle und militärische HF/Mikrowellen-Systeme erfolgreich im Feld zu warten. 6

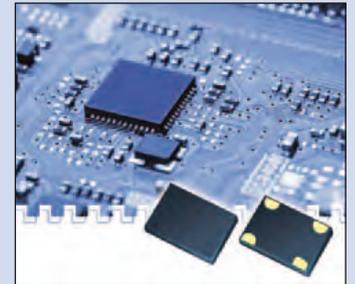
Schwerpunkt Quarze und Oszillatoren:

Sinkender Preis - trotz verbesserter Produktperformance



Die ständige Miniaturisierung von Schwingquarzen und Oszillatoren ist ein seit vielen Jahren geltender und auch im Jahr 2016 anhaltender Trend. Darüber hinaus fordert der Markt stetige Verbesserungen der Produktperformance, bei gleichzeitig sinkenden Preisen. 24

SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren reduzieren unerwünschte Abstrahlungen



Mit dem Thema Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) hat jeder Produktdesigner täglich zu kämpfen – vor allem, wenn frequenzbestimmende Bauteile wie Quarzoszillatoren verwendet werden. 30

Oszillatoren für Small-Cell-Anwendungen



Der überproportional wachsende Bedarf an kleinen Funkzellen in der Mobilfunkkommunikation verlangt nach Oszillatorlösungen, die in puncto Leistung, Effizienz und Kosten optimiert sind. 26

Vibrationsempfindlichkeit von Quarzen und Quarzfiltern



Nicht nur Quarzoszillatoren sind vibrationsempfindlich, sondern auch Quarzfilter können - unter dem Einfluss von Vibration oder auch mechanischen Schocks - zu einer Beeinträchtigung der

zu übertragenden Signalqualität beitragen. Durch sorgfältige Auslegung des Filterdesigns können deutliche Verbesserungen erzielt werden. **40**

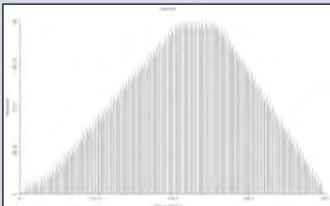
Auswahl von Takt-ICs für drahtlose Anwendungen



Moderne Funkanwendungen benötigen hochwertige integrierte Taktlösungen, um die oft kritischen Timing-Anforderungen erfüllen zu können. **44**

EMV:

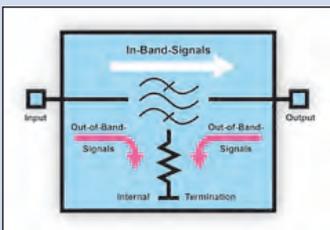
Elektromagnetische Feldstärkesimulation mit MEFiSto-2D Classic



Simulation der Felder eines zweikanaligen Kompensationsstromsensors, Teil 2 **67**

Praxis:

Reflektionsfreie HF-Filter absorbieren störende Signale



Filter gehören zu den Grundbestandteilen von Hochfrequenz- und Mikrowellen-Schaltungen und sollen unerwünschte Signale eliminieren. Genau betrachtet reflektieren jedoch konventio-

RF & Wireless International

RF digital step attenuator delivers glitch-less attenuation-state transitions



The PE4314 device is ideal for wired broadband applications in cable/satellite customer premises equipment and infrastructure equipment. **122**

Weightless-P Hardware and Weightless Ignition Pack

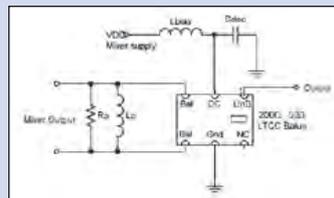


The Weightless SIG announced availability of Weightless-P hardware and the pre-launch of a Weightless-P Software Development Kit. **125**

nelle Filter einen großen Teil dieser Signale zurück zur Quelle, was Probleme wie Intermodulation oder Interferenzen verursachen kann. **74**

Applikationen:

Anpassungsschaltungen und Balun-Übertrager, Teil 2



Der zweite Teil dieses Beitrages befasst sich mit Schmalband-Keramik-Baluns, schmalbandigen Baluns mit diskreten Bauelementen und weiteren Techniken für die Anpassung eines Mischer-Ausgangs. **79**

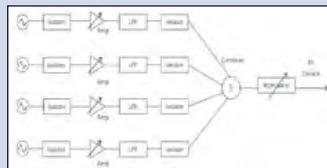
Messtechnik:

Höchste Genauigkeit und Präzision für Automotive Messungen mit dem TDEMI X

Messungen im Bereich Automotive stellen besonders hohe Anforderungen an EMV-Messempfänger. Darüber hinaus sollen derartige Messungen, welche aus wirtschaftlichen Gründen mit

großer Geschwindigkeit erfolgen, reproduzierbar sein. **110**

Testen mit Mehrtonsignalen in Theorie und Praxis



Mehrton-Tests bieten viele Vorteile. Sie verbessern die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Messausrüstung und bieten größere Flexibilität, um das jeweils getestete Gerät (EUT) unter realen Bedingungen zu prüfen. **114**

Rubriken:

Editorial.....	3
Inhalt.....	4
Titelstory.....	6
Schwerpunkt Quarze und Oszillatoren.....	14
Funkmodule.....	46
Wireless.....	48
EMV.....	67
Praxis.....	74
Elektromechnik.....	76
Applikationen.....	79
Bauelemente.....	84
Messtechnik.....	94
RF & Wireless.....	121
Aktuelles/Impressum..	130

JYEBAC®

electronica 2016
inside tomorrow

Visit us at electronica 2016: **Stand A4-452**
New High Frequency Devices from your RF-Specialist

- » **HF-Verbinder**
 - MCX, MMCX, SMP, SSMB
 - SMA, 3,5, K
 - BNC, TNC, BMA
 - N, 7/16 ...
- » **HF-Adapter**
 - Within Series
 - Between Series
 - T-Adaptor
 - Snap-On
- » **HF-Kabel**
 - Semi-Rigid
 - Hand Bendable
 - Flexible RG
- » **Kabelkonfektionen**
 - Low Loss
 - Phase Matched
 - Delay Line
- » **HF-Komponenten**
 - Fixed Attenuator
 - Power Divider
 - Matching Pad
 - High Power Termination

» VNA-Testkabel bis 40 GHz



CompoTEK

CompoTEK GmbH
Lindwurmstrasse 97a
80337 München

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

info@compotek.de
www.compotek.de

Probleme mit Interferenzen im Feld? Die Lösung: Echtzeit-Spektrumanalyse

Im Consumerbereich, in der Industrie, in der Luftfahrt und beim Militär wird ständig mehr Funktechnologie eingesetzt. Die vielen Geräte stören einander immer öfter und stärker. Um dieses Problem zu umgehen, weicht man mit vielen Anwendungen in höhere Frequenzbereiche aus, bis hinauf zu Millimeterwellen.



Bild 1: Die robusten FieldFox-Handheld-Analysatoren mit RTSA-Option wiegen gerade einmal 3,2 kg und laufen mit einer Akkuladung etwa 4 Stunden. Sie sind gebaut für den Wartungstechniker, der im Feld Interferenzprobleme erkennen, lokalisieren und beseitigen muss

Diese Frequenzverschiebung findet insbesondere in der Luftfahrt, der Wehrtechnik und auch schon bei einigen frühen 5G-Designs statt. Auch werden die Schaltungen grundsätzlich verbessert, man verwendet nun etwa schmale Radarimpulse und hoch verschlüsselte Kommunikationssignale.

Zwar können solche technischen und methodischen Verbesserungen die Auswirkungen von Interferenzen mit externen Signalen mildern, gleichzeitig aber erschweren sie die Fehlersuche. Aus diesem Grund braucht man neue Tools und neue

Messmethoden, um Systeme im Feld erfolgreich zu warten. Eine solche neue Methode ist Echtzeit-Spektrumanalyse (RTSA, Real Time Spectrum Analysis). RTSA ist besonders wirkungsvoll, wenn es darum geht, Interferenzen aufzuspüren und Signale zu überwachen. Baut man einen Spektrumanalysator oder einen Multifunktionsanalysator mit schnellen und unterbrechungsfreien Messfunktionen als Handheld-Messgerät, so hat der Techniker damit ein universelles Tool zur Verfügung, mit dem er Interferenzprobleme erkennen, lokalisieren und beseitigen kann.

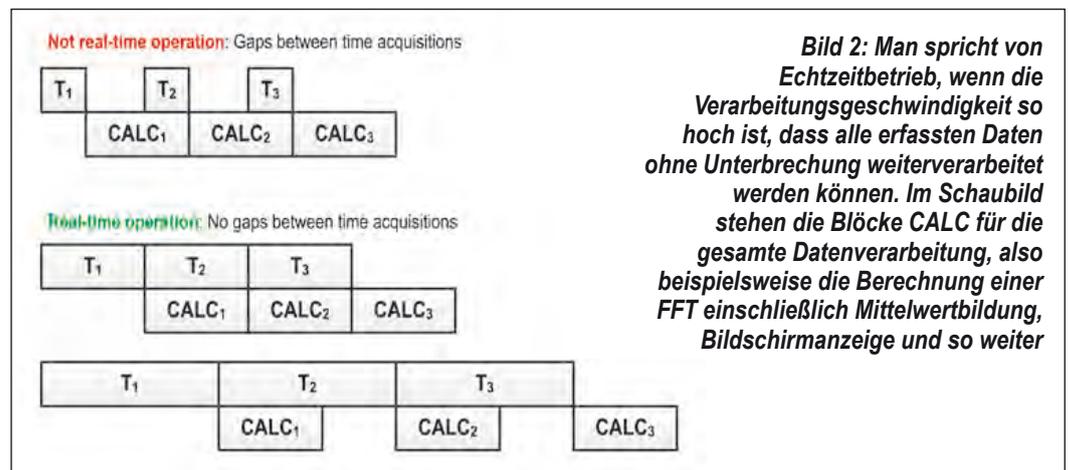
Bisher brauchte er für diese Aufgaben mehrere Messgeräte, heute genügt ein einziges.

Keysight bietet jetzt Echtzeit-spektrumanalyse als Option für viele Modelle seiner HF/Mikrowellen-Handheld-Analysatorfamilie FieldFox an. In Verbindung mit dieser Option erreichen die Modelle N995xA und N996xA bei Frequenzen bis hinauf zu 60 GHz, also bis zum Ka-Band, eine maximale Echtzeitbandbreite von 10 MHz.

Transiente Signale – eine Herausforderung

Die Technik wird ständig weiterentwickelt, das bringt neue Herausforderungen für den Vor-Ort-Service mit sich. Radarsysteme und andere Systeme für die elektronische Kriegsführung werden immer komplexer und dynamischer, manche decken viele Kubikkilometer Luftraum über dem Einsatzgebiet ab. Weil es so viele Kommunikationssysteme mit hohen Datenraten und vielen Funkformaten gibt – WLAN, Bluetooth, LTE und so weiter – steigt die Wahrscheinlichkeit für Interoperabilitätsprobleme.

Viele der neuesten Funktechniken arbeiten mit Pulsmodulation und Bursts, sie bauen prinzipiell auf kurze Dauer und



Rolland Zhang,
Keysight Technologies
www.keysight.com

EINE DESIGNPLATTFORM – KEINE HINDERNISSE

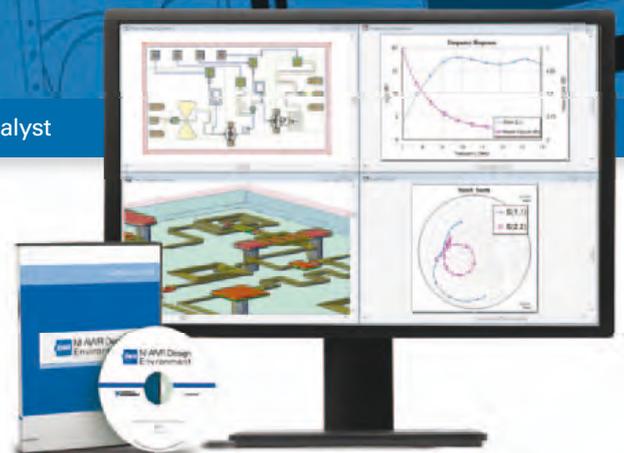
EINFACH INTELLIGENTER

NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

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

Erfahren Sie mehr unter ni.com/awr

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



niedrige Sendeleistung. Wenn solche Signale mit Systemen in der Nähe interferieren, ist eine Fehlersuche mit herkömmlichen Spektrumanalysatoren oftmals schwierig. Diese kommen nämlich am besten mit kontinuierlichen Signalen zurecht, die sich nur langsam ändern, und tun sich schwer damit, bekannte und unbekannte Signale zu lokalisieren und zu erfassen, deren Signaldauer, Sendeleistung und Verhalten unvorhersehbar sind.

Die Signale werden immer komplexer und agiler, daher kommen schnelle, unterbrechungsfreie Messmethoden wie etwa RTSA aus ihrer Nische heraus und werden allgemein üblich. Die FieldFox-Analysatoren (Bild 1) gehen noch einen Schritt weiter und vereinen RTSA-, Spektrumanalysator- sowie Kabel- und Antennentestfunktionen in einem einzigen Handheld-Messgerät. Dadurch bleibt es dem Außendiensttechniker erspart, mehrere Einzelmessgeräte mitnehmen zu müssen.

Was bedeutet überhaupt „Echtzeitanalyse“?

Der Begriff „Echtzeitanalyse“ hat für verschiedene Anwender eine unterschiedliche Bedeutung. Zum Glück kann man das zentrale Konzept leicht wie folgt definieren: In einem Spektrum- oder Signalanalysator mit einem digitalen Zwischenfrequenzteil (IF, Intermediate Frequency) bezeichnet „Echtzeitbetrieb“ eine Betriebsart, in der alle erfassten Signaldaten so schnell zu einem Messergebnis weiterverarbeitet werden können, dass die Datenerfassung kontinuierlich laufen kann (Bild 2). In den meisten Fällen sind diese Messergebnisse skalar – Leistung oder Amplitude – wie bei herkömmlichen Spektrummessungen.

Für eine größere Echtzeitanalysebandbreite benötigt man eine höhere Abtastrate und eine schnellere Datenverarbeitung. Bei gegebener Rechenleistung gibt es somit eine maximale Bandbreite, oberhalb derer die

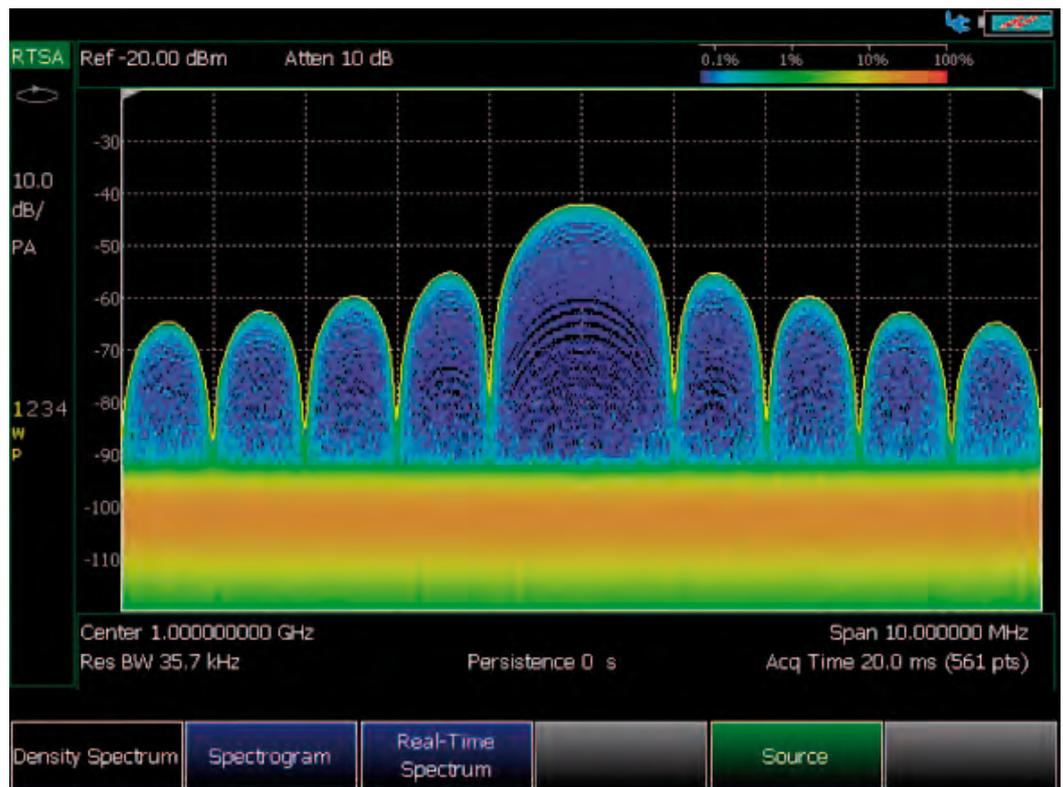


Bild 3: Eine Dichtedarstellung mit vom Anwender gewählter Nachleuchtdauer ist nützlich, wenn man das Verhalten mehrerer Signale im gleichen Frequenzbereich verstehen will.

Signalverarbeitung mit dem Signaldatenstrom nicht mehr Schritt halten kann. Ein damit

eng verwandter Begriff ist „Echtzeitbandbreite“ (RTBW, Real Time Bandwidth). Sie bezeichnet

die größte Messbandbreite, bei der der Analysator noch Echtzeit-Auswertung schafft.



Bild 4: Diese Messung macht ein verdächtiges, schmalbandiges HF-Signal sichtbar (rotes Oval), das sich hinter einem W-CSMA-Trägersignal versteckt



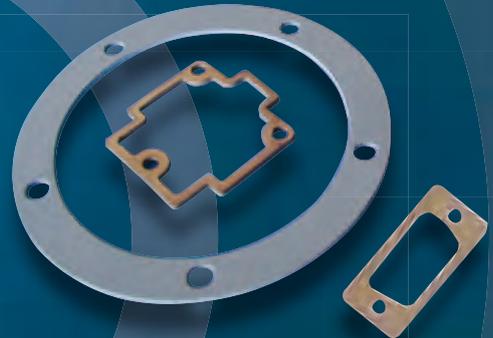
Luftfahrt



eMobilität



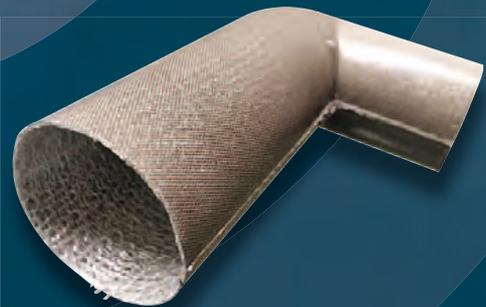
3D-Formdichtungen



Flach-Dichtungen



EMV-Zelte



EMV-Composit-Elemente

EMV

EMV-LÖSUNGEN



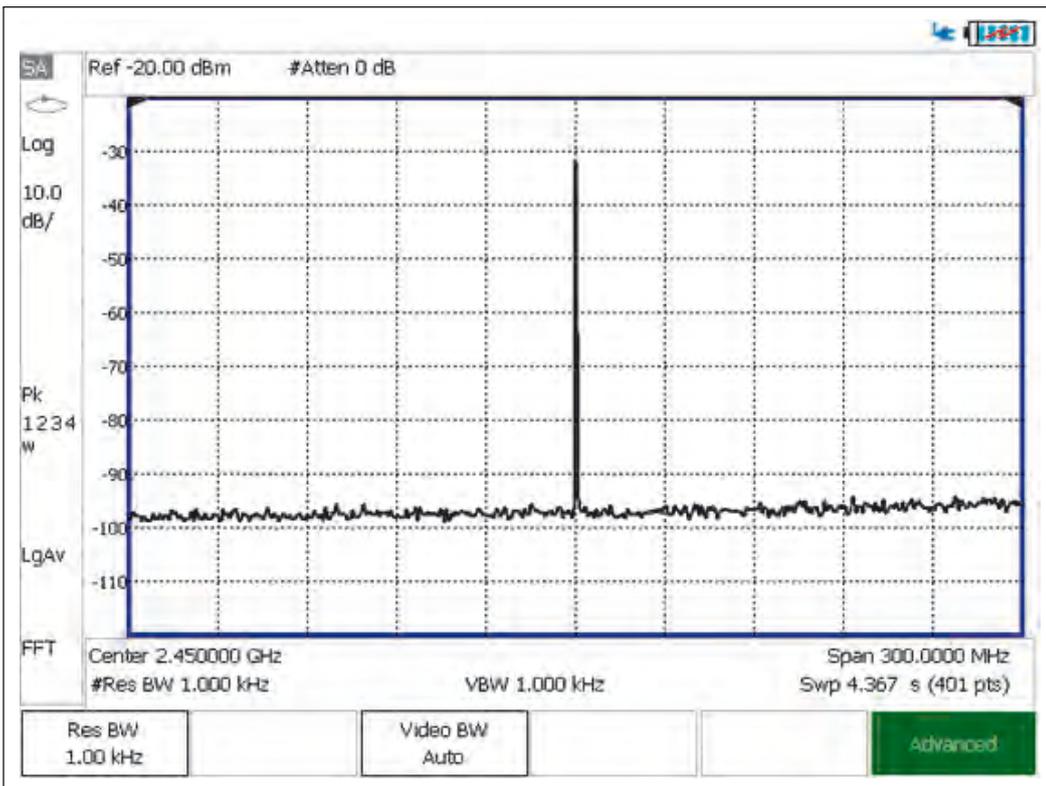


Bild 5: Dank ihres großen verzerrungsfreien Dynamikbereichs können die Handheld-Analysatoren der Familie FieldFox schwache Störsignale besser erkennen und analysieren

Sinnvolle Darstellung der Messdaten

Je komplexer eine Signalumgebung ist, desto wichtiger wird es, möglichst viele Daten auf einem einzigen Bildschirm anzuzeigen. Das ist wichtig für RTSAs, die viele tausend Spektren pro Sekunde errechnen, also viel mehr, als das menschliche Auge unterscheiden kann.

Der FieldFox mit RTSA kann beispielsweise mehr als 120.000 Spektren pro Sekunde erfassen und anzeigen. Das menschliche Auge kann aber nur 30 Bilder pro Sekunden erkennen. Will man daher von Echtzeitdaten profitieren, muss in jedem der 30 Bildschirmbilder pro Sekunde die Information aus jeweils 4000 Spektren sinnvoll dargestellt sein.

Die informativsten Bildschirmdarstellungen entstehen dadurch, dass man die Statistik mit einfließen lässt, beispielsweise visualisiert, wie oft ein Messwert auftritt (z.B. eine bestimmte Amplitude an einer bestimmten Frequenz). Ein Beispiel für eine

solche Darstellung ist die Dichtedarstellung. Dies ist eine Spektrumdarstellung, welche die Häufigkeit des Vorkommens eines Messwerts zeigt und somit praktisch eine in die Vergangenheit gewandte Version der Wahrscheinlichkeit seines Auftretens ist.

Solche Bildschirmdarstellungen arbeiten mit Farb- und/oder Intensitätscodierung der Messkurve. Man kann auch eine Nachleuchtfunktion dazuschalten, welche die Aufmerksamkeit des Bedieners auf neuere Ereignisse lenkt, wohingegen die älteren allmählich verblassen (Bild 3). Oder es kann die neueste Messkurve oder das aktuelle Mittel über die allgemeine Darstellung gelegt werden, etwa wie Messkurven bei einer herkömmlichen Spektrummessung.

Mit diesem Ansatz kann der Systemoperator oder Wartungstechniker seltene Ereignisse oder Transienten erkennen und sich darauf konzentrieren. Er kann diese dann von anderen Signalen trennen, indem er Nachleuchtdauer und Farbge-

wichtung passend einstellt und so ein bestimmtes Signalverhalten hervorhebt.

Mit RTSA kann man auch Signale innerhalb anderer Signale entdecken. In einem Umfeld mit vielen Signalen, die durcheinanderlaufen, ist es manchmal schwierig, ein schwaches, selten auftretendes Signal auszumachen, wenn sich dessen Frequenz mit der Frequenz anderer, breiterer, größerer oder häufigerer Signale überlappt. In solchen Fällen kann man mit der geeigneten Nachleuchtdauer einen kleinen Unterschied vergrößern und so das kleine, flüchtige Signal hervorheben, so dass man es erkennen kann. Immer dann, wenn man Signale über die Häufigkeit ihres Auftretens unterscheiden kann, ist diese Technik ein guter Ansatz (siehe Bild 4)

Labormessgenauigkeit auch im Feld

Jeder Ausrüstungsgegenstand, der auf einen Außeneinsatz mitgenommen wird, muss beweisen, dass er es wert ist, mitgeschleppt

zu werden. Das ist das zentrale Konzept hinter den Handheld-Analysatoren der Familie FieldFox von Keysight. Bei Anwendungen, wie etwa dem Testen von Funknetzen in der Luftfahrt oder beim Militär, unterstützen die FieldFox-Analysatoren Ingenieure und Techniker dabei, Fehler schnell zu erkennen und die Quelle des Übels dingfest zu machen – egal, ob es sich um ein störendes Signal oder ein defektes Bauteil handelt. Und nach erfolgreicher Reparatur hilft der FieldFox bei der Verifikation der Systemleistung.

Der Analysator ermöglicht hochgenaue Mikrowellen- und Millimeterwellenmessungen und bietet viele Funktionen und Leistungsmerkmale, die sowohl die Routinewartung als auch eine gründliche Fehlerdiagnose unterstützen – und fast alle Anwendungen dazwischen.

* Frequenzabdeckung: 5 kHz bis maximal 50 GHz

* Viele Funktionen: Kabel- und Antennentester (CAT), Spektrumanalysator, Echtzeitspektrumanalysator (RTSA), Vektornetzwerkanalysator (VNA), Leistungsmessgerät, unabhängige Signalquelle, Frequenzzähler, GPS-Empfänger und mehr

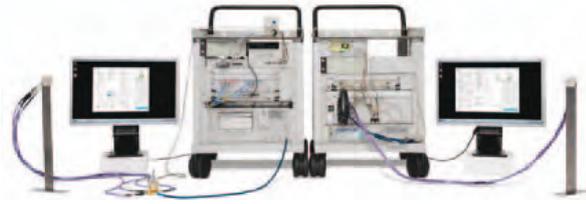
* Robuster Aufbau: Das Geräte entspricht dem Standard MIL PRF 28800 F Class 2 und ist typgeprüft für IP 53 und MIL STD 810G 511.5 Process 1 (explosive Umgebung)

* Für den Außeneinsatz geschaffen: 3,2 kg leicht, Akkulaufzeit bis zu 4 Stunden

Ein eingebauter Interferenzanalysator kann erfasste Signale aufzeichnen und reproduzieren. In der Betriebsart Spektrumanalysator ermöglicht der FieldFox, in Verbindung mit einem USB-Spitzenleistungssensor, auch Impulsmessungen.

Die wichtigsten RTSA-Spezifikationen des FieldFox sind für ein Handheld-Messgerät außergewöhnlich. Für die meisten Funkanwendungen (OTA, Over the Air) ist die maximale Echtzeitbandbreite von 10 MHz mehr als ausreichend, weil

Wenn Ihre 5G-Idee hier funktioniert...



funktioniert sie auch hier.

Autonomes Fahren - ohne Einfluss eines Fahrers.

Bald ist es Realität: eine Welt, wie sie noch nie zuvor vernetzt war. Immer verfügbar. Geringe Wartezeiten. Extrem zuverlässig. Das verspricht 5G. Neues Frequenzspektrum. Neue Signalformen. Und vieles mehr. Keysight bietet die weltweit erste 5G-Simulations-, Design- und Testumgebung, die Ihre reale 5G-Mobilfunk-Idee simuliert. Umfassendes Know-how hilft Ihnen, die Risiken und Komplexität von 5G zu meistern. Von der 5G-Idee zur 5G-Realität, schneller.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = 5G INSIGHTS

5G Zu den neuesten Applikationsberichten, Artikeln und Anleitungen
www.keysight.com/find/5G-Insight

Kontakt:
+49 (0)7031 464 6333
0800 6270999 (kostenfreie Rufnummer für Anrufe aus Deutschland)

© Keysight Technologies, Inc. 2016

 **KEYSIGHT**
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Agilents Electronic Measurement Group heißt jetzt **Keysight Technologies**.

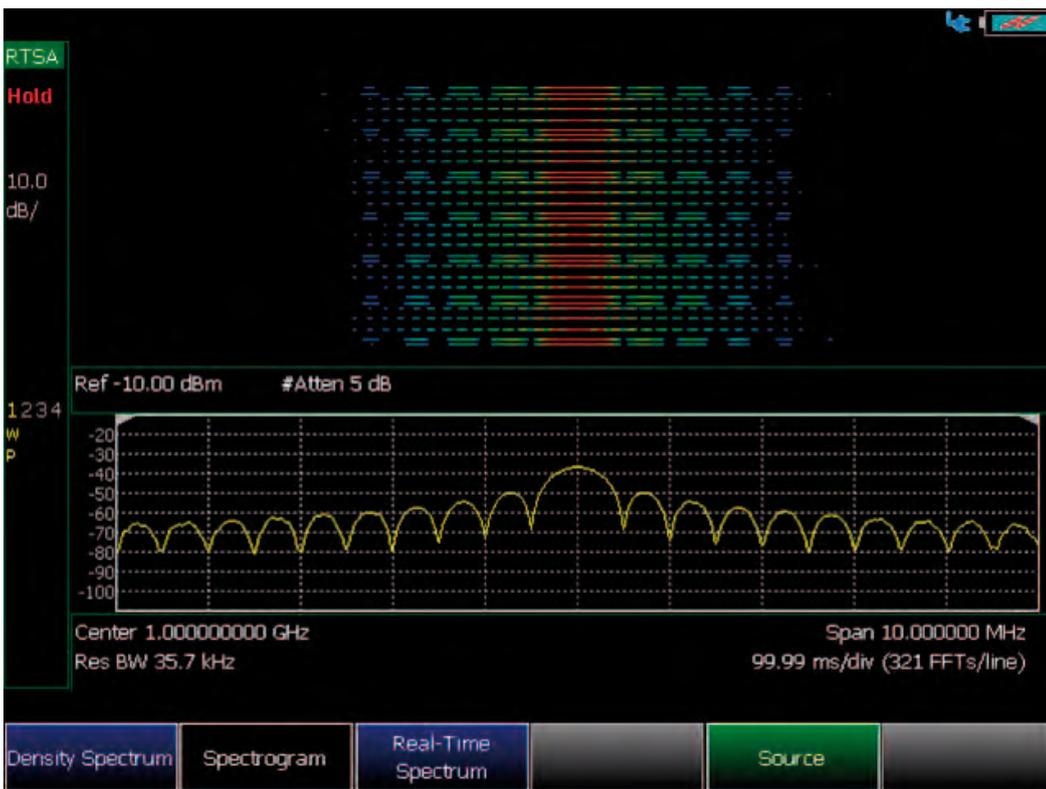


Bild 6: Das Spektrogramm (oben im Bild) liefert einen farbcodierten Überblick der Frequenzspektren über der Zeit (y-Achse). Es deckt Impulse verschiedener Breite auf. Man kann jedes einzelne Spektrum selektieren und separat darstellen lassen (unten im Bild), um Details zu einem bestimmten Zeitpunkt zu analysieren

externe Interferenzen meist in einem deutlich schmaleren Frequenzbereich auftreten. Eine andere entscheidende Spezifikation ist die Erfassungswahrscheinlichkeit (POI, Probability of Intercept). Sie bezeichnet die minimale Dauer eines interessierenden Signals, das mit 100% Wahrscheinlichkeit erkannt und gemessen werden kann, und zwar mit der gleichen Amplitudengenauigkeit wie ein Dauerstrichsignal. Ein FieldFox mit RTSA weist eine POI-Spezifikation von $< 12,2 \mu\text{s}$ auf und kann Impulse mit einer Dauer ab 22 ns erkennen.

Wenn man vor Ort einer Interferenz nachjagt, ist der verzerrungsfreie Dynamikbereich eine weitere wichtige Spezifikationen. Dieser ist vom Eigenrauschen und von der Nichtlinearität der Eingangsstufe und des Vorverstärkers des Analysators abhängig. Zusammen bestimmen diese Faktoren den gerade noch messbaren Mindest-Eingangssignalpegel. Der Field-

Fox mit RTSA überzeugt auch in dieser Hinsicht (siehe Bild 5): Das Grundrauschen liegt bei -93 dBm , es sind keine Störspitzen sichtbar, und der nutzbare Dynamikbereich beträgt etwa 67 dB bei 2,45 GHz Mittenfrequenz und 300 MHz Span. Bei zugeschaltetem Vorverstärker und kleiner Auflösungsbandbreite (RBW, Resolution Bandwidth) kann der FieldFox Signale bis hinab zu -150 dBm erkennen.

Vielfältige, praxisingerechte Funktionsausstattung

Die Funktionsvielfalt des FieldFox erweist sich im Alltag bei einer Vielzahl von Messungen als höchst hilfreich – von Messungen an Radaranlagen über Fehlerdiagnosen in LTE-Systemen bis hin zur Signalüberwachung und zum Blockieren von Sprengfallen.

Die Charakterisierung von Radarsignalen im Feld ist ein gutes Beispiel: Bei einem Puls-

radarsystem muss der Analysator eine Vielzahl von Auflösungsbandbreiten und Spans unterstützen, mit denen man Eigenschaften wie etwa Pulswiederholfrequenz (PRF, Pulse Repetition Frequency), Pulsbreite, Tastverhältnis und Spitzenleistung messen kann. Für Funkmessungen braucht man präzise Triggerfunktionen, damit man die Impulse erfassen kann,

die einen interessieren. Wenn der FieldFox in der Betriebsart RTSA läuft, braucht der Anwender lediglich die Mittenfrequenz einzugeben. Der Analysator wird dann unmittelbar das gepulste Signal erfassen. Pulsbreite und Spitzenleistung können direkt gemessen werden. Der Anwender kann die Bandbreite anpassen und so in ein Signal hinein- oder herauszoomen. Zur Messung des Tastverhältnisses oder der Pulswiederholfrequenz stellt man einfach den Span auf 0.

In der Betriebsart Spektrogramm kann man einen ganzen Impulszug über eine Zeitspanne hinweg beobachten. Man kann ein einzelnes Frequenzspektrum (also eine einzelne Linie des Spektrogramms) auswählen und separat darstellen lassen (siehe Bild 6). Messungen dieser Art sind mit einem Wobbel-Spektrumanalysator nicht möglich und auch nicht mit einem Analysator, der mit einem „Schnappschuss“ arbeitet.

Wenn Signal oder Impuls bei der Verifikation durchfällt, findet sich das Problem oftmals im System. Der Fehler kann im Sender/Empfänger-Modul stecken, in einem Filter, in einer Antenne oder in einer Leitung. Mit Hilfe der VNA- und Kabel-/Antennentester-Funktionen des FieldFox kann man Messungen wie Phasenantwort und Einfügungsdämpfung durchführen und so verdächtige Baugruppen im Radarsystem überprüfen. ◀

Zusammenfassung

Bei der breiten Palette heute üblicher Funktechnologien braucht man hochentwickelte Messwerkzeuge, um kommerzielle und militärische HF/Mikrowellen-Systeme erfolgreich im Feld zu warten. Insbesondere bei der Signalüberwachung und bei der Diagnose von Interferenzen erweist sich die RTSA-Option eines Handheld-Millimeterwellen-Spektrum- oder -Multifunktionsanalysators der

Familie FieldFox als äußerst hilfreich. Ein Techniker vor Ort braucht nur dieses eine Gerät, wenn er Interferenzprobleme erkennen, lokalisieren und beseitigen will. Es hilft ihm beim Warten von Radaranlagen, von LTE-Basisstationen, bei der Signalüberwachung und bei der Blockierung von Sprengfallen. Mehr Information über den FieldFox finden Sie auf: www.keysight.com/find/fieldfox

Ist es nicht an der Zeit, dass auch Ihr Design vernetzt wird?



Microchip ist ein führender Anbieter von Funklösungen für Embedded-Systeme. Mit einem breiten Angebot an standardbasierten und proprietären Funktechniken sind Microchips Wireless-Lösungen so konzipiert, dass sich Prototypen schnell erstellen lassen und die Time-to-Market verkürzt wird. Unser führendes, stromsparendes Angebot deckt die Bereiche Wi-Fi®, Bluetooth®-Smart-ICs und Module, ZigBee®-Kurzstreckenfunk, das MiWi™-Funknetzwerkprotokoll, Sub-GHz und die LoRa™-Technik mit großer Reichweite ab. Microchip bietet die Funklösung für jede Anwendung.



www.microchip.com/wireless

SMD-Low-Power-Oszillatoren reduzieren Infrastruktur- und Supply-Chain-Kosten



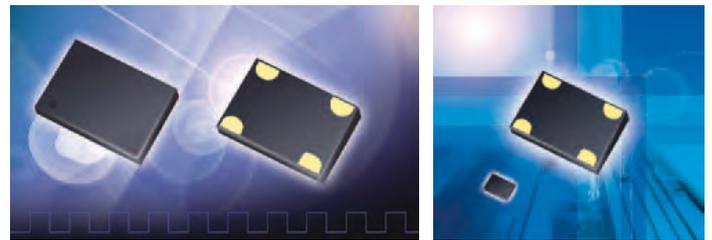
Jeder kennt noch die Situation: Schon wieder muss ein neuer Oszillator qualifiziert werden, nur diesmal mit einer Versorgungsspannung von 2.5 V_{DC}. Dabei befinden sich bereits Versionen mit gleicher Frequenz und unterschiedlichen Genauigkeiten für 3.3 V_{DC} am Lager. Warum können diese Oszillatoren nicht im neuen Design verwendet werden? Früher war es oft nicht zu umgehen, dass für jede Genauigkeit und jede Versorgungsspannung ein eigener Oszillator mit gleicher Frequenz aufwändig spezifiziert, geprüft, qualifiziert, eingekauft und bewirtschaftet werden musste.

Kurze Time-to-Market

Einen Ausweg aus dieser Situation, die für eine kurze Time-to-Market eine kostspielige Lagerhaltung vieler Typen erfordert, bieten die im Frequenzbereich von 1 - 137 MHz verfügbaren

Low-Power-Oszillatoren der Serie „LPO“. Sie basieren auf innovativer CMOS-IC-Technologie und können dadurch im Bereich von 2,25 – 3,63 V_{DC} mit jeder Versorgungsspannung betrieben werden. Ihre Standardgenauigkeit beträgt ± 20 ppm zwischen -40 bis +85 °C. Mit dem Versorgungsspannungsbereich von 2.25 bis 3.63 V_{DC} und dieser Standardgenauigkeit können die Oszillatoren der Serie „LPO“ in jeder -40/+85°C-Applikation verwendet werden, die einen Low Cost/Low Power-Oszillator benötigt.

Die in den Standardgehäusen 2,0 x 1,6 mm, 2,5 x 2,0 mm, 3,2 x 2,5 mm, 5 x 3,2 mm und 7 x 5 mm verfügbaren Oszillatoren verbrauchen nicht nur sehr wenig Strom (- typ. 6.2 mA@2.25-3.63 V_{DC} bei 125 MHz) - sondern verfügen auch über exzellente Long-Life-Werte, gepaart mit sehr hoher Schock- und Vibri-



tionsfestigkeiten. Muster sind verfügbar.

Anwendungen mit erweitertem Frequenzbereich Für Anwendungen mit erweitertem Frequenzbereich gibt es die Hochtemperatur-Lösungen der Serie „HTLPO“, die auf der gleichen CMOS-Technologie basieren wie die Oszillatoren der Serie „LPO“. Die „HTLPO“-Oszillatoren sind mit Frequenzstabilitäten ab ± 20 ppm im Bereich -40/+105 °C (Standard ± 30 ppm), bzw. ab ± 20 ppm im Bereich

von -40 bis +125 °C (Standard ± 50 ppm) in den selben Standard-Gehäusen lieferbar. Auch bei der Serie „HTLPO“ sind Muster in allen gängigen Frequenzen ab Lager lieferbar. Die Oszillatoren der Serien „LPO“ und „HTLPO“ sind übrigens Drop-in-Replacements zu anderen Fabrikaten, zeichnen sich durch sehr gute Jitter-Werte aus und sind auch für eine Versorgungsspannung von +1.8 V_{DC} lieferbar.

■ *Petermann-Technik GmbH*
www.petermann-technik.de

Langzeitstabil und mechanisch robust

Sehr gute elektrische Werte und eine hochwertige Verarbeitung kennzeichnen die drei neuen SMD-Quarzoszillatoren der Serie IO21 von Red Frequency. Sie ergänzen nun das Lieferprogramm von Schukat und bedienen mit den Frequenzen 5, 7,3728 sowie 10 MHz die gebräuchlichsten Applikationen.

Die typischen Anwendungsbereiche der SMD-Quarzoszillatoren umfassen den Medizin-, Consumer- und Industriesektor ebenso wie den Automotive-Bereich. Hier sorgen die Bauteile, dank ausgezeich-



neter Frequenzstabilität von 50 ppm und hoher Qualität, für einen zuverlässigen und stabilen Betrieb auch unter erschwerten Einsatzbedingungen. Die Serie IO21 ist ab sofort bei Schukat erhältlich.

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

Bedrahtete Quarze für alle gängigen Frequenzen



Mit der Serie IC23 von Red Frequency bietet Schukat 29 Typen bedrahteter Quarze in der Gehäusebauform HC-49US an. Sie umfassen alle gängigen Frequenzen von 3,579545 bis zu 32 MHz. Neben einem attraktiven Preis/Leistungs-Verhältnis zeichnen sich die Quarze durch hohe Qualität und beste elektrische Eigenschaften aus. Ausgesuchte Rohstoffe, sorgfältige Fertigungsverfahren und eine strikte Qualitätskontrolle

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

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

Quarzoszillatoren für anspruchsvolle Anwendungen



Die Quarzoszillatoren der Serie IO31 von Red Frequency decken mit 18 Typen einen Frequenzbereich von 1,8432 bis 50 MHz ab. Ihre hervorragende Frequenzstabilität bei sehr geringem Phasenrauschen sowie eine gute Symmetrie des Ausgangssignals prädestinieren die Serie - zusammen mit kurzen Start-, Anstiegs- und Abfallzeiten - auch für anspruchsvolle Anwendungen. Diese Quarzoszillatoren finden dort Verwendung, wo die Frequenzsta-

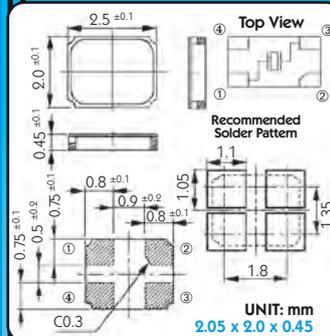
bilität einfacher Schwingquarze nicht ausreicht oder wo eine höhere Betriebssicherheit und ein geringerer Schaltungsaufwand nötig sind. Um eine langfristige Frequenzdrift und Alterung zu minimieren, kommt ein hochwertiges und hermetisch dicht versiegeltes Metallgehäuse in den Maßen 20,4 x 12,9 x 5,3 mm zum Einsatz. Damit lassen sich sowohl die Zuverlässigkeit deutlich erhöhen, als auch der Alterungskoeffizient signifikant verbessern: So beträgt das Aging in den ersten zwölf Monaten nur maximal ± 5 ppm. Durch den ausschließlichen Gebrauch hochwertiger Ausgangsmaterialien ist eine langfristig zuverlässige Funktion bei gutem Preis/Leistungs-Verhältnis gewährleistet.

■ Schukat electronic Vertriebs GmbH
www.schukat.com

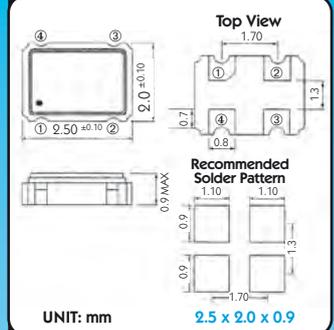
Quarze und Oszillatoren

...klein,
 kleiner,
 am kleinsten

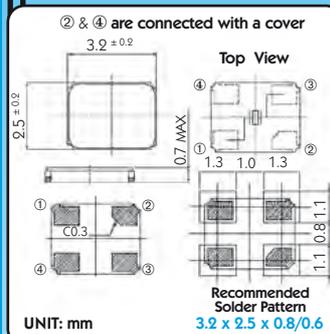
CPX-22



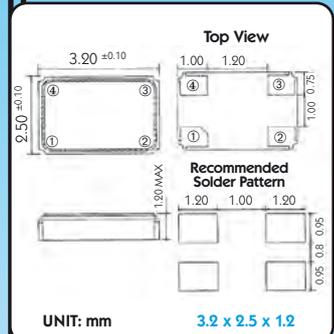
SCO-22



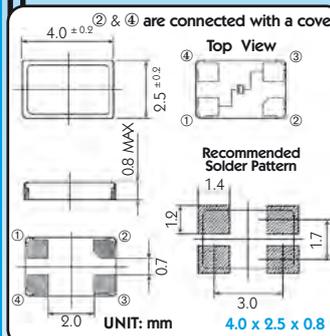
CPX-32



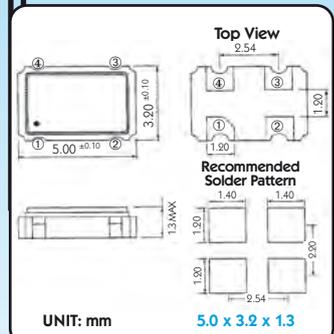
SCO-32



CPX-42



SCO-53



- Sonderfrequenzen verfügbar!
- Muster für Entwicklung & 2nd Source Freigabe kostenfrei!
- Cross-Referenzen verfügbar zu EPSON, CITIZEN, NDK, Jauch, u.a. Hersteller!



digital electronic
 digital lehrer gmbh
 Rudolf-Wanzl-Straße 3 + 5
 D-89340 Leipheim / Germany
www.digitallehrer.de
digital@digitallehrer.de
 Tel. +49 (0) 89 21 / 70 80-0
 Fax +49 (0) 89 21 / 70 80-80

Quarze Oszillatoren Filter

Innovation ist der Motor des Fortschritts. Wir halten ihn am Laufen - durch neue Ideen, neue Technologien und neue Produkte „Made in Germany“ - und das seit 60 Jahren!

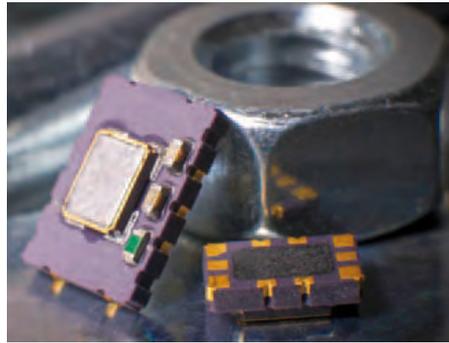
LEADERSHIP DURCH INNOVATION



KVG Quartz Crystal Technology GmbH
 Waibstadter Str. 2-4
 D-74924 Neckarbischofsheim
 Telefon: +49 (0) 7263/ 648-0
 Fax: +49 (0) 7263/ 6196
 www.kvg-gmbh.de

Marktübersicht Quarze und Oszillatoren

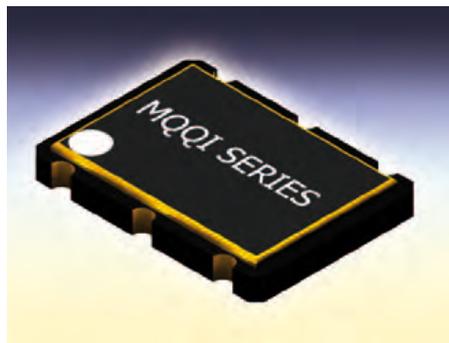
Novum in der TCXO-Welt



Unter der Bezeichnung „Femtocell Stratum III“ präsentierte MMD Monitor/Quartztek (Vertrieb Infracron) eine neue Familie von TCXOs mit sehr hoher Genauigkeit und Stabilität sowie geringem Phasenrauschen. Mögliche Anwendungen liegen im Bereich der Satellitennavigation und der Netzwerk-Synchronisation. Die Baureihen MTWS und MTWC sind in verschiedenen Ausführungen, wie CMOS oder Clipped-Sinewave, für 3,3 oder 5 V sowie für den kommerziellen und industriellen Temperaturbereich verfügbar. Der Standardfrequenzbereich erstreckt sich von 16,384 bis 40 MHz, wobei kundenspezifisch auch außerhalb liegende Frequenzen möglich sind. Die Frequenzstabilität kann 10 oder 28ppm betragen. Die minimale Holdover-Stabilität beträgt <40ppb in 24 h. Es wird das Industrie-Standardgehäuse 5 x 7 mm verwendet.

■ *Infracron GmbH*
www.infracron.de

Multifrequenz-Oszillatoren bieten ungeahnte Flexibilität



Die neuen OneClock-Oszillatoren und VCXOs von MMD (Vertrieb: Infracron) bieten bis zu vier vom Kunden wählbare Ausgangsfrequenzen in einem Gehäuse. Diese völlig neuartigen Produkte sind unter der Familienbezeichnung MQQI (Oszillatoren) und MVQI (VCXOs) erhältlich.

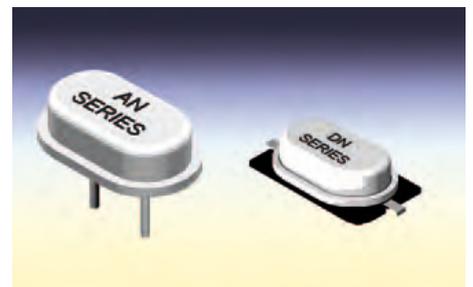
Es stehen verschiedene Ausgänge (HCMOS, LVPECL, LVDS), Betriebsspannungen (2,5 oder 3,3 V) und Betriebstemperaturbereiche (max. -40...+85 °C) zur Verfügung. Das

Standardgehäuse ist 5 x 7 mm groß, wobei ein 5 x 3,2 mm messendes Gehäuse in Kürze ebenfalls verfügbar sein wird.

Der mögliche Frequenzbereich erstreckt sich von 10 MHz bis 1,5 GHz; die Stabilität ist besser als 10ppm, und der Phasen-Jitter erreicht höchstens 1 ps bei hervorragenden Rauscheigenschaften. Der Ziehbereich des VCXOs beträgt ±100ppm.

■ *Infracron GmbH*
www.infracron.de

Quarze im Micro-Miniaturgehäuse



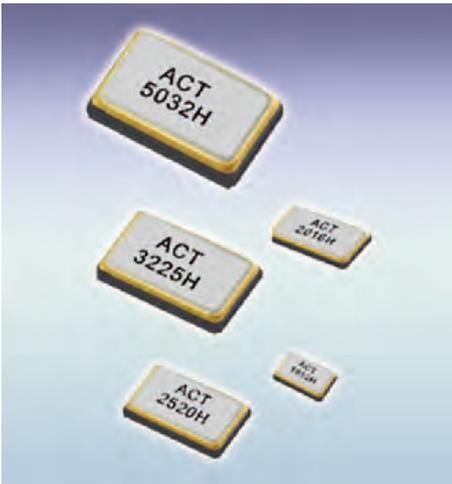
MMD Monitor/Quartztek (Vertrieb: Infracron) präsentierte eine neue Familie von Quarzen in ultrakleinen Gehäusen. Die beiden neuen Baureihen AN und DN sind im Frequenzbereich 12 bis 40 MHz (fundamental/AT) und in verschiedenen Temperaturbereichen bis -40/+85 °C verfügbar. Die maximale Temperaturtoleranz bzw. Stabilität beträgt 5 bzw. 10ppm. Ein erweiterter Temperaturbereich und erhöhte Genauigkeiten sind auf Anforderung möglich.

Das SMD-Gehäuse der DN-Serie ist nur 7,2 x 4 x 2,3 mm groß. Das Gehäuse der Serie AN (mit Beinchen zum Durchstecken) ist mit 6,5 x 3,95 x 1,8 mm noch etwas kleiner. Die Teile sind nach MIL-STD-883 spezifiziert und widerstehen der üblichen Reflow-Löttemperatur von 260 °C garantiert maximal 10 s.

■ *Infracron GmbH*
www.infracron.de

SMD-Quarze mit geringer Alterung und hoher Präzision

Advanced Crystal Technologies liefert mit seinen neuen HF-Referenzquarzen die optimale Lösung für anspruchsvolle Anwendungen, die ein hohes Maß an Frequenzstabilität, Toleranz und geringer Alterung erfordern (Vertrieb: Acal BFi). Die neueste HF-Referenzquarz-Serie besteht aus qualitativ hochwertigen SMD-Quarzen in versiegeltem Gehäuse aus Keramikboden und Metalldeckel für eine garantiert hohe Langzeitstabilität. Der Deckel ist durch die leitfähige Versiegelung mit der Masse auf der



Unterseite verbunden, um EMI Effekte zu reduzieren. Die Quarze sind optimiert für HF-Takt/Wireless-Anwendungen und erfüllen die strengen Anforderungen von Bluetooth, ZigBee und anderen WLAN/ISM-Band-Low-power-Anwendungen.

Dank der geringen Alterung von nur 1ppm bei 25 °C im ersten Jahr, einer möglichen Einsatztemperatur von -40 bis +85° C und der hohen Präzision und Qualität bieten diese SMD-Quarze ein hervorragendes Preis/Leistungs-Verhältnis, sowie deutliche Vorteile beim Einsatz in HF- und Wireless-Anwendungen speziell im M2M- und IoT-Bereich.

■ *Acal BFi Germany GmbH*
www.acalbfi.de/act

Programmierbare Oszillatoren



Für Entwickler ist es oftmals sehr wichtig, schnell auf benötigte Oszillatoren zugreifen zu können. In den meisten Fällen sind Muster kurzfristig lieferbar, manchmal muss es allerdings noch schneller gehen. Hier bietet die auris GmbH den Programmerservice für Oszillatoren und MEMS-Oszillatoren an. Blanks in verschiedenen Gehäusegrößen sind ab Lager verfügbar. Das bietet eine Reihe von Vorteilen: Lieferzeit von wenigen Tagen, kleinste Stückzahlen (ab 5), verschiedene Gehäusegrößen, individuell programmierte Oszillatoren nach Kundenspezifikation Die programmierbaren Quarzoszillatoren der APQO-Serie sind in 5

x 3,2 sowie 7 x 5 mm großen Gehäusen verfügbar und haben folgende Spezifikationen:

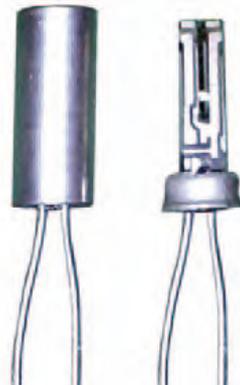
- Frequenzbereich 1 bis 133 MHz
- Betriebsspannung 3,3 bis 5 V
- Einsatztemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Frequenztoleranz 25 bis 100ppm (50ppm Standard)

Die programmierbaren MEMS-Oszillatoren der APMO-Serie sind in 2,5 x 2, 3,2 x 2,5 sowie 5 x 3,2 mm messenden Gehäusen verfügbar und weisen nachfolgende Spezifikationen auf:

- Frequenzbereich 1 bis 150 MHz
- Betriebsspannung 1,8/2,5/3,3 V
- Einsatztemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Frequenztoleranz 10 bis 50ppm (50ppm Standard).

■ *pk components GmbH*
www.pk-components.de

Stimmgabelquarze als Temperatursensor



Schwingquarze lassen sich auch erfolgreich als Temperatursensoren einsetzen. Bei der Typenreihe RKT206 handelt es sich um spezielle Stimmgabelquarze im zylindrischen Miniaturgehäuse mit 2 mm Durchmesser und 6 mm Länge. Sie arbeiten im Bereich um 30 kHz mit einer Empfindlichkeit von ca. -1,8 Hz/K (-52ppm/K) und können direkt ohne A/D-Wandlung per Mikrocontroller ausgewertet werden. Der normale Arbeitstemperaturbereich beträgt -55 bis +180 °C. Optionen für höhere Temperaturen bis 320 °C sind erhältlich. Durch Vergleich mit einem zusätzlichen Referenzquarz RKO206 gleicher Baugröße kann durch Auswerten der Differenzfrequenz bei 500 Hz die Empfindlichkeit (in ppm/K) um den Faktor 15 erhöht werden. Detaillierte Anwendungshinweise finden sich in der Applikationsschrift AXAN-101 auf der Axtal-Webseite.

■ *Axtal*
www.axtal.com

UBBV 1060 BPA BYPASS VOR- VERSTÄRKER



100MHz - 6GHz
 Rauscharmer, batterie-
 betriebener Vorverstärker
 mit Bypass-Mode

Bypass-Mode für starke Signale

22dB Gewinn bei 2GHz

1,4dB Rauschen bei 2GHz

Batteriebetrieben (~8 Stunden)

+48dBm IP3 (Bypass-Mode)

Besuchen Sie uns:



electronica

Halle A1, Stand 520

Telefon: +49 6556 93033
 Mail: mail@aaronia.de
 Web: www.aaronia.de



Innovative Solutions for
**Automotive and
Wireless Communication**



Multicoupler



Signalcombiner



RF Switches



Wideband Amplifiers



Matrices



Attenuators



Delay Lines



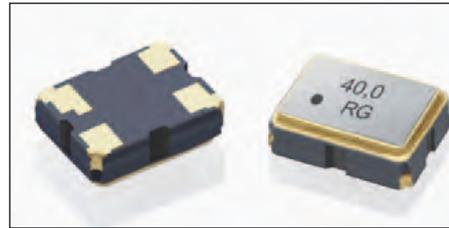
Level Detectors



Becker Nachrichtentechnik GmbH
Kapellenweg 3
53567 Asbach
☎ +49 2683 / 94 352 - 81
✉ info@becker-hftechnik.de
www.becker-hftechnik.de



Temperaturkompensierter SMD-Oszillator



Mit einer Baugröße von nur noch 2,5 x 2 mm und einer Bauhöhe von 0,7 mm ist der Geyer-SMD-TCXO für anspruchsvolle Anwendungen im Bereich der Telekommunikation, Funktechnik und GPS-Telemetrie, bei denen aufgrund von hoher Packungsdichte nur sehr wenig Platz für den Oszillator zur Verfügung steht, besonders geeignet. Die Frequenztoleranz bei 25 °C liegt bei 0,5ppm, die Toleranz über den gesamten Temperaturbereich bei 2,5 ppm. Die verfügbaren Frequenzen reichen von 3,25 bis 54 MHz. Bei der Versorgungsspannung stehen die Werte 1,8, 2,5 und 3,3 V zur Verfügung. Der KXO-86 ist für den Temperaturbereich -30/+75 °C spezifiziert und auch als VCTCXO (2,5 und 3,3 V) lieferbar. Die Zieheempfindlichkeit liegt im Bereich ±9 bis ±15ppm (1/2 V_{DD} ±1 V). Kundenspezifische Parameter auf Anfrage. Eine Rolle enthält 1000 Stück, jedoch sind auch kleinere Mengen lieferbar.

■ Geyer-Electronic
www.geyer-electronic.de

Miniatur-OCXOs mit kurzer Aufheizzeit und geringer Stromaufnahme

In Zusammenarbeit mit der Firma Magic Xtal bietet Axtal eine Palette von Miniatur-OCXOs in Baugrößen, die kompatibel zu DIL8 („Half-DIL“) und DIL14 sind. Beide Typenreihen basieren auf einem intern geheizten SC-Quarzresonator im TO-8-Gehäuse, wobei die Quarzscheibe auf eine konstante Temperatur aufgeheizt wird. Daher ergibt sich eine sehr kurze Aufheizzeit von nur 60 s. Die Stromaufnahme ist zudem für einen OCXO unschlagbar gering: Bei der DIL8-Ausführung Axiom 37-8 werden 700 mW beim Aufheizen und nur 150 mW danach (bei 25 °C) verbraucht. Bei der DIL14-Type Axiom 37-14 sind es 1 W beim Aufheizen und 200 mW im „Steady State“. Es gibt die Sonderversionen „LN“ mit sehr niedrigem Phasenrauschen und „LG“ mit geringer Vibrationsempfindlichkeit (G Sensitivity) sowie die Lowprofile-Varianten „LP“ mit nur 8 mm Bauhöhe.

■ Axtal, www.axtal.com

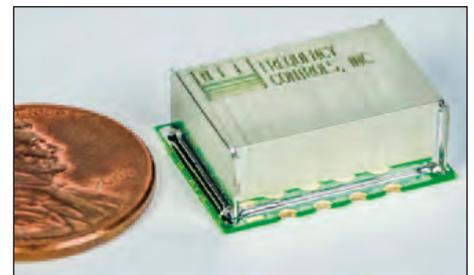
Quarzstabile Oszillatoren bis 10 GHz

Mit der Reihe AXIOM1000 bietet Axtal Präzisions-OCXOs bis 1,5 GHz im 50 x 50 mm messenden Gehäuse an, auch SAW-Ofenoszillatoren – sogenannte OCSO – sind in diesem Gehäuse möglich. Temperaturkompensierte Quarzoszillatoren (TCXOs) gibt es als Axle 175 in einem 25 x 25 mm großen SMD-Gehäuse bis 2,5 GHz, in zwei Gehäusevarianten mit SMA-Buchsen (Axle 1000 und Axle 2000) werden bis zu 7 GHz erreicht.

Als VCXO wird die Type Axis 1000 bis 1,3 GHz angeboten. Mit dem Modell Axis 80 sind VCXOs mit extrem weitem Ziehbereich bis ±2000ppm bei Frequenzen bis 1,3 GHz im Programm. Schließlich gibt es noch Festfrequenzoszillatoren (SPXOs) auf Schwingquarzbasis bis 1,3 GHz (Axe 1000) sowie SPSOs mit SAW-Resonatoren bis 1,8 GHz.

■ Axtal
www.axtal.com

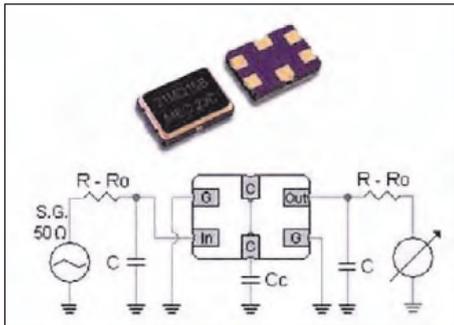
Ultra-Low-Noise OCXOs



Neu im Vertrieb von Tekmodul sind Produkte von NEL Frequency Controls, Hersteller der weltweit rauschärmsten OCXOs im Euro-Gehäuse. Neu sind hier die Ultra-Low-Phase-Noise-TCXOs im beliebten 14x17-mm-SMD-Gehäuse. Die Oszillatoren der AN-XA-Serie stehen sowohl mit CMOS- als auch mit Sinus-Ausgang zur Verfügung und bieten Frequenzen in einem Band von 10 bis 200 MHz bei Sinusform. Somit ist ein Einsatz in vielen Anwendungsbereichen möglich. Außergewöhnlich ist die Rauschärmte dieser Serie. Die 100-MHz-TCXOs erreichen einen für diese Gehäuseform konkurrenzlos niedrigen Noisefloor von -180 dBc, bei 7 dBm Sinus am Ausgang und 5 V Betriebsspannung. Da die Ausgangsfrequenz ohne Vervielfältigung erreicht wird, treten keine Subharmonics auf. Eine exzellente Frequenzstabilität von 0,3ppm rundet das Bild ab. Stratum-3-Versionen sind ebenfalls erhältlich.

■ tekmodul GmbH
www.tekmodul.de

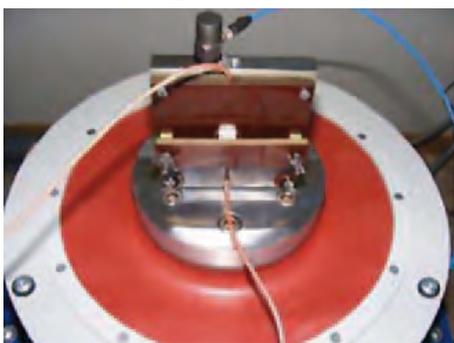
Monolithische vierpolige Quarzfilter



Neu bei Telcona sind Quarzfilter in der Baugröße 7 x 5 x 1,3 mm, die als Vierpolfilter aufgebaut sind und entsprechend steile Flanken aufweisen. Sie sind mit den Frequenzen 21,4, 21,7, 38,85 und 45 MHz erhältlich, andere Frequenzen auf Anfrage. -3-dB-Standard-Durchlassbandbreiten sind ±3,75, 7,5 und 15 kHz. Stopband-Werte von ±20 kHz bei -20 dB sind Standard, Einzelwerte variieren aber je nach Type und erreichen bis zu -35 dB bei ±25 kHz. Die garantierte Dämpfung bei -910 kHz erreicht 50 bis 80 dB. Typische Ausgangsimpedanzwerte sind 1,5 kOhm // 2,5 pF, 2,5 kOhm // 0 pF und 850 Ohm // 6 pF. Die Filter werden auf Band und Rollen angeliefert und sind RoHS-konform. Muster von Standardtypen sind kostenlos.

■ *Telcona GmbH*
www.telcona.com

TCXO für GNSS-Anwendungen

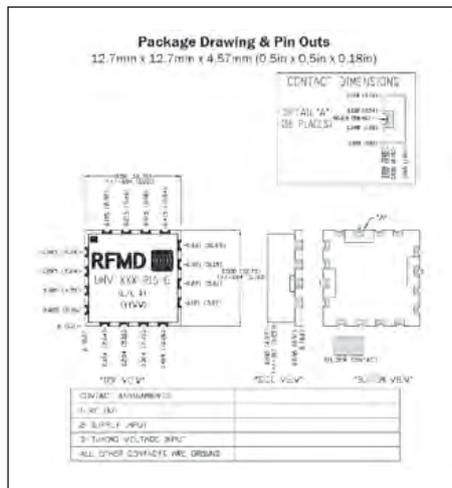


Das neue hochpräzise TCXO-Model TX-7-705CM-SQ-HPG aus Schweizer Produktion ist ein temperaturkompensierter CMOS-SMD-TCXO. Herausragend ist seine niedrige G-Empfindlichkeit von <0,3ppb/g, er ist zudem äußerst stoßfest. Die Frequenzstabilität über den Temperaturbereich von -40 bis +85 °C liegt bei <0,5ppm. Dieser TCXO für GNSS-Anwendungen wird für die Frequenzen 10, 15,36, 16,368 und 20 MHz angeboten und hat bei 3,3 V eine Stromaufnahme von <3 mA. Das Phasenrauschen beträgt bei 100 kHz Abstand weniger als

-155 dBc/Hz. Der Frequenz-Slope über die gesamte Betriebstemperatur liegt bei maximal 0,05ppm/K. Der Feuchteempfindlichkeitspegel des Oszillators entspricht Level #1 der JEDEC J-STD-020C.

■ *Melatronik Nachrichtentechnik GmbH*
www.melatronik.de

Ultralineare VCOs



Der VCO190-1000TY ist ein Lowcost-VCO für 5-V-Betrieb und bietet, neben linearem Tuning im Bereich 900 bis 1100 MHz, ein geringes Phasenrauschen. Der Versorgungsstrom beträgt typisch 11 und maximal 16 mA. Das Bauelement nutzt als Resonator eine Luftspule oder eine Microstrip-Leitung. Das Gehäuse misst 12,7 x 12,7 x 3,96 mm. Applikationsmöglichkeiten gibt es z.B. in den Bereichen Wireless Infrastructure und RFID.

Der UMV-2850-R16-G ist ein ultraliner VCO mit einem Frequenzbereich von 2800 bis 2900 MHz. Als Resonator kommt ein Microstrip zum Einsatz. Die Betriebsspannung beträgt 5 V bei 27 mA Stromaufnahme. Das Gehäuse hat Abmessungen von 12,7 x 12,7 x 4,57 mm. Applikationsmöglichkeiten gibt es z.B. in den Bereichen Frequenz-Synthesizer, Upconverter und Downconverter, Schmalbandabstimmung oder allgemein Wireless.

Der UMV-3250-R16-G ist ebenfalls ein hochlinearer VCO über 100 MHz, gibt jedoch 3200 bis 3300 MHz aus. An 5 V nimmt er typisch 28 mA auf. Das Gehäuse misst 12,7 x 12,7 x 4,57 mm. Applikationsmöglichkeiten gibt es auch hier in den Bereichen Frequenz-Synthesizer, Up- und Downconverter, Schmalbandabstimmung oder allgemein Wireless.

■ *RFMD*
www.rfmd.com

RIGOL
Innovation or nothing

Typisch RIGOL:
Das Original mit
Best Price/Performance.
Neue Spektrumanalysatoren
„Best in Class“.



Best-Preis:
ab € 2.795,-
plus MwSt.

DSA832E(-TG)

Spektrumanalysatoren „Best in Class“

- 9 kHz bis 3,2 GHz Frequenzbereich
- -148 dBm Displayed Average Noise Level
- -90 dBc/Hz @10 kHz Offset Phasenrauschen
- 10Hz RBW Auflösung
- Standard AM/FM Demodulation
- Optional: Pre-Amp und Tracking Generator



Best-Preis:
ab € 649,-
plus MwSt.

DSA705 & DSA710

Spektrumanalysatoren „Best Price“

- 100 kHz bis 500 MHz oder 1.0 GHz Frequenzbereich
- -130 dBm Displayed Average Noise Level
- -80 dBc/Hz @10 kHz Offset Phasenrauschen
- 100 Hz RBW Auflösung
- SSC „signal seamless capture“ Modus (opt.)
- LAN, USB und opt. GPIB

PC Software

UltraSpectrum

PC Fernsteuerung zeigt Spektrum-/Messergebnisse, Wasserfall & 3-D Diagramme, etc.

EMI PC Test Software

Alle Rigol Spektrumanalysatoren für Pre-Compliance Messungen/Darstellungen nach CISPR 16 Standards.



electronica 2016
Sie finden uns in Halle A1, Stand 224

VCSO deckt Frequenzbereich von 5 bis 7 GHz ab



Der VCSO VS-403 von Vectron setzt neue Maßstäbe für den Oszillatormarkt, denn er ist der erste SAW-Oszillator, der den Frequenzbereich 5 bis 7 GHz abdeckt und dabei mit einem extrem guten Jitter-Wert ($14 \text{ fs}_{\text{rms}}$ über einer Offset-Bandbreite von 12 kHz bis 20 MHz) aufwarten kann. Der VS-403 erscheint daher als ideale Lösung für kommende Mobilfunksysteme, z.B. Systeme für den neuen 5G-Standard, denn Hochgeschwindigkeits-ADCs erfordern eine hohe Referenzfrequenz mit niedrigstem Jitter.

Weitere Spezifikationen: Sinus-Ausgang, Betriebsspannung 3.3 V, Gehäusemaße $13 \times 20 \times 5,9 \text{ mm}$ (SMD). Typische Anwendungsbereich: Hochgeschwindigkeits-ADCs, Messtechnik, Mobilfunksysteme und militärische Kommunikationssysteme.

Ultra-Low Jitter VCSO für raue Umgebungsbedingungen



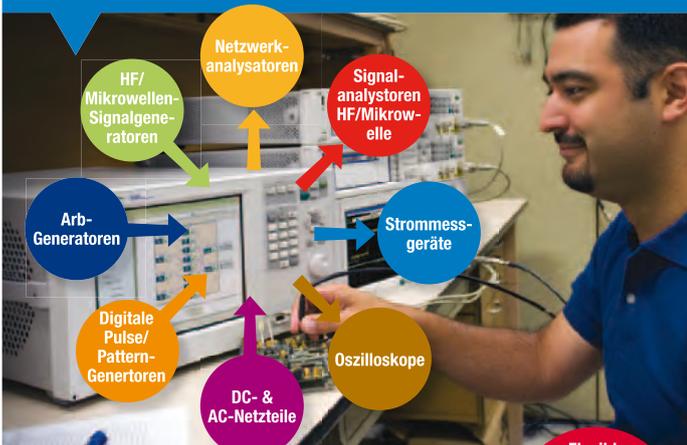
Dieser spannungsgesteuerte, hochstabile SAW-Oszillator VS-508 erweitert Vectron's umfangreiche VCSO-Palette. Er weist eine niedrige g-Empfindlichkeit auf und kann bis 2,9 GHz eingesetzt

werden. Der Oszillator wurde speziell für Anwendungen entwickelt, in denen die reibungslose Funktion in einem rauen, vibrationsbehafteten Umfeld von kritischer Bedeutung ist.

Das Bauteil kann im Frequenzbereich von 800 bis 2900 MHz betrieben werden und garantiert, über eine Offset-Bandbreite von 12 kHz bis 20 MHz, einen Jitter von max. $12 \text{ fs}_{\text{rms}}$ an einem differentiellen Sinusausgang. Die g-Empfindlichkeit beträgt dabei weniger als $0,6 \text{ ppb/g}$. Diese Bündelung von Eigenschaften macht den VS-508 zur bevorzugten Lösung für robuste Anwendungen, bei denen Leistungsfähigkeit unverzichtbar ist. Weitere Eigenschaften: Betriebsspannung 3,3 und 5 V, Sinus-Ausgang, differentieller Sinus, LVPECL-Ausgang, Abmessungen $9 \times 14 \times 4,9 \text{ mm}$ (SMD), Anwendungen in militärischen Systemen, Messgeräten und Applikationen im industriellen Umfeld.

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

Eine Komplettlösung für HF- und Mikrowellen-Messtechnik aus einer Hand.



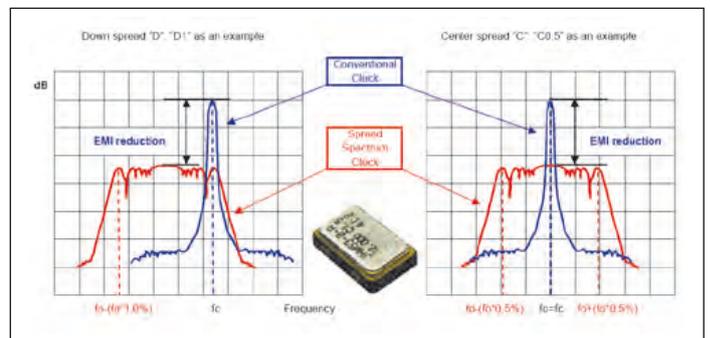
Wir unterstützen unsere Kunden bei der Beschaffung der entsprechenden Messtechnik, der Optimierung ihres Einsatzes und der Maximierung des Gewinns bei ihrer Veräußerung – damit Sie Zeit und Geld sparen. Bei uns finden Sie das für Ihre Projekte benötigte Mess- und Testequipment, egal ob für kurz- oder langfristige Nutzung – wir stehen Ihnen mit einer breiten Palette flexibler Lösungen zur Seite.

Flexible Beschaffungsoptionen:
 Finanzierung, Miete, Mietkauf, Leasing, Pre-Owned, Easy2source

Teil der

www.microlease.de
www.livingston.de
 +49 6151 36041-0

Low-EMI-Quarzoszillatoren



EMI steht für Electromagnetic Interference, eine Form der elektromagnetischen Beeinflussung. Sie wird meist durch die Veränderung von Strömen hervorgerufen. Alle elektronischen Geräte geben – als Folge elektromagnetischer Aktivitäten – Emissionen ab und stören sich somit gegenseitig. Low-EMI-Quarzoszillatoren lösen die Probleme hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit. Damit überstehen sie ziemlich jeden EMI/EMV-Test:

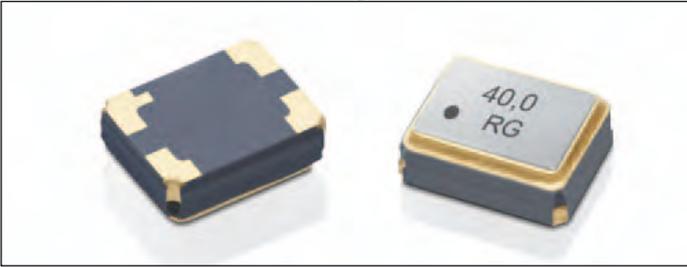
- Reduzierung von EMI bis zu 12 dB
- Frequenzbereich 3,5...200 MHz im $7 \times 5 \text{ mm}$ großen SMD-Package
- für 3,3 oder 2,5 V verfügbar
- Toleranz 25 oder 50ppm
- pinkompatibel zu Standardoszillatoren
- ISO 9000:2008 zertifiziert

Angeboten wird auch eine Reihe weiterer Spezialprodukte, wie Quarze, Oszillatoren oder Filter. Eine Cross-Referenzliste zu namhaften Herstellern ist verfügbar.

- Frequenzbereich 6...200 MHz im $5 \times 3,2 \text{ mm}$ großen SMD-Package

■ *Digital Electronic Siegfried Lehrer GmbH*
www.digitallehrer.de

Miniaturisierung im Bereich VCTCXO



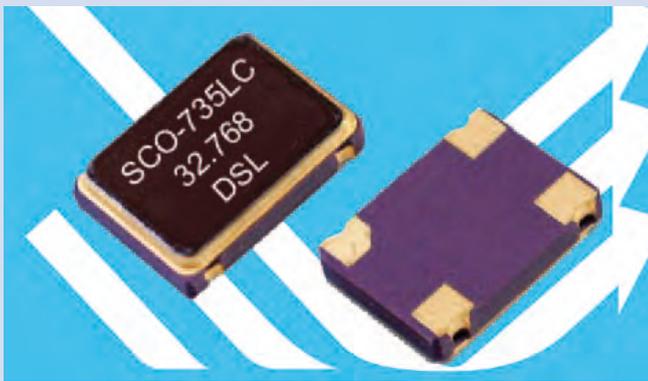
Der neue KXO-81 mit nur noch 2 x 1,6 mm Grundfläche ist bestens für einen Einsatz in Anwendungen mit wenig Stromverbrauch geeignet. Dazu gehören die Bereiche der mobilen Kommunikationstechnik, wie W-LAN, ISM, NFT, drahtlose Module und viele weiteren Anwendungen. Hier die wichtigsten Leistungsmerkmale und Vorteile:

- Frequenzbereich: 13...40 MHz
- Frequenzstabilität: $\pm 2,5$ ppm
- Ziehbereich (Pulling Range): min. ± 9 ppm, typ. ± 15 ppm
- Stromverbrauch: max. 1,5 mA
- Versorgungsspannung: 1,2...3,3 V
- Phase Noise: -150 dBc bei 1 MHz

- Bauhöhe: max. 0,7 mm
- Arbeitstemperaturbereich: -30 bis +75 °C

■ *Geyer Electronic*
www.geyer-electronic.de

Low-Current-Taktoszillator für 32,768 kHz



Die neue Serie von Clock-Oszillatoren für die Uhrenfrequenz 32,768 kHz in SMD-Bauform ist jetzt in einer extrem stromarmen Version verfügbar von MEC. Sie eignet sich geradezu ideal z.B. für batteriebetriebene Applikationen.

Die Stromaufnahme in einer möglichen universellen Bandbreite der Betriebsspannung (min. 1,8 bis 3,3 V) bewegt sich zwischen typisch von 14 μ A (1,8 V) bis 25 μ A (3,3 V) und ermöglicht so

sehr lange Betriebszeiten insbesondere bei Batteriebetrieb, speziell in Sleep-Mode oder Standby-Betrieb von Geräten, die eine Uhrzeit benötigen.

Der Clock-Oszillator wird von einem AT-Cut-Quarz getaktet und hat somit eine weit bessere Temperaturstabilität als ein herkömmlicher Uhrenquarz mit 32,768 kHz in meist verwendeten CT-Cut.

■ *Digital Electronic*
Siegfried Lehrer GmbH
www.digitallehrer.de

Neueste Technologie für SPXOs

Die Gehäuse oberflächenmontierbarer Quarzoszillatoren sind meist Keramik- oder Plastikversionen der bekannten Formfaktoren 7050, 5032, 3225 und 2520. Im Zuge der allgemeinen Miniaturisierung ist die Bedeutung der kleineren Bauformen dabei ständig gewachsen. Dennoch gibt es aktuell und voraussichtlich auch mittelfristig einen hohen Bedarf für SMD-Oszillatoren in Gehäusen mit Abmessungen von 7 x 5 und 5 x 3,2 mm. Hiervon ausgehend, hat Epson kürzlich die Quarzoszillatoren SG7050 und SG5032 vorgestellt.

Für die neuen SPXOs verwendet Epson modernste Komponenten aus eigener Entwicklung und Fertigung: QMEMS-Schwingquarze und Lowpower-Oszillator-ASICs. Dadurch erreichen die Neuentwicklungen nicht



nur erstklassige technische Parameter, sie können darüber hinaus auch zu besonders wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden.

Die neuen SPXOs sind lieferbar mit Ausgängen Single-ended (CMOS) bzw. differenziell (LV-PECL, LVDS). Für letztere sind zusätzlich Oszillatorversionen mit Abmessungen von 3,2 x 2,5 mm verfügbar.

■ *SE Spezial-Electronic AG*
www.spezial.de



Network Analyzer VNA 01

Ein preiswerter Network Analyzer für den Funkamateurl

Messverfahren: Vektoruell
 Frequenzbereich: 100 kHz ... 3000 MHz (S21)
 250 kHz ... 3000 MHz (S11)
 Eingangsempfindlichkeit: 300kHz-1GHz: -107dBm (1 μ V)
 Dynamikumfang bei Messung S21: 100kHz - 3GHz: ca. 70dB
 Messarten: S11, S21, Spectrumanalyzer, Feldstärke
 Externe Speicher: Speicherkarte 4GB Micro SD Card

Das Messgerät wird mit Lilo-Akkus betrieben.
 Lieferumfang: Ladegerät, Akkus, Trageriemen und Anleitung.
 Es wird eine ausführliche Bedienungsanleitung mit Messbeispielen in Deutsch beigelegt.
 Alle angegebenen Daten dienen der Orientierung und sind nicht als zugesicherte Eigenschaften anzusehen.

Fertigerät (inkl. 19 % MwSt)
1.450,- €

www.eisch-electronic.com

Eisch-Kafka Electronic GmbH • Abt-Ulrich-Straße 16 • 89079 Ulm • Telefon 0 73 05 - 2 32 08 • Fax 0 73 05 - 2 33 06 • info@eisch-electronic.com

Neue 32-kHz-Super-TCXO-Familie



Die Endrich Bauelemente GmbH hat ab sofort eine neue Familie von 32-kHz-Super-TCXOs (SiT 156x/7x) von SiTime im Sortiment. Mit Abmessungen von 1,5 x 0,8 mm handelt es sich dabei um die derzeit kleinsten und gleichzeitig genauesten 5ppm-

Timing-Lösungen. Sie finden Verwendung insbesondere in Wearables, IoT und mobilen Produkten. Die ultrakleinen Silizium-MEMS-Super-TCXOs eignen sich besonders für den Einsatz in SIP-Modulen (Session Initiation Protocol) und verfügen über

eine innovative In-System-Auto-Kalibrierungsfunktion. Sie ermöglicht die nachträgliche Kalibrierung von Ungenauigkeiten nach der Systemmontage, z.B. nach dem Lötten oder dem Verguss der Applikation. Die Oszillatoren können außerdem gleichzeitig mehrere Lasten ansteuern.

Zusätzlich zu den 32-kHz-Super-TCXOs entwickelte SiTime Oszillatoren mit optional werkseitig programmierbaren Frequenzen von 1 Hz bis 1 MHz für Low-power-RF- und Wireless-Charging-Applikationen. Diese 32-kHz-Super-TCXOs gibt es auch bei CompoTEK. Die Oszillatoren im winzigen Chipscale-Package sind mit einem Footprint von nur 1,2 mm² bis zu 85% kleiner als vergleichbare Quarzoszillatoren. Mit SiTimes innovativer TempFlat-MEMS-Technologie erreichen die TCXOs ihre Genauigkeit von 5ppm und ermöglichen ein chronometerähnliches Timing. Die niedrige Stromaufnahme

führt zudem zu einer längeren Batterielebensdauer bei mobilen Applikationen. Der SiT1568 verfügt über eine integrierte Auto-Kalibrierung. Sie kompensiert eventuelle Ungenauigkeiten des Oszillators, die durch Stress bei der PCB-Montage (Reflow, Underfill, Overmolding) auftreten können.

Durch das kompakte Design, die präzise und zuverlässige Zeitmessung und eine sehr langen Batterielebensdauer sind die TCXOs optimal für Anwendungen wie Smartwatches, Fitnessarmbänder, Smartphones, Tablets und Smart Metering geeignet. Sie haben die Fähigkeit, multiple Lasten zu treiben und beeindruckten mit nur 1,5ppm Aging im ersten Jahr. Hinzu kommt eine schnelle Anlaufzeit von max. 300 ms.

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

Besuchen Sie uns auf der **electronica 2016!**
 8.-11. Nov., Stand A4.462

FUNKtioniert!

NEU! 2016



NK-2.4Y

USA (FCC)
 Kanada (IC)
 Japan (ARIB)
 Europa (CE)

15m 2,4GHz RoHS FH

Sie haben die Ideen, wir die Lösung. Dank FHSS-Verfahren, CRC-16 Fehlererkennung und Hamming-Distanz 6 ist die kontinuierliche, störungsfreie Übertragung von bis zu 8 Schaltsignalen eine leichte Aufgabe für das 2,4 GHz Funkfernsteuerungsmodul NK-2.4Y – auch in schwieriger, sicherheitskritischer Funkumgebung. Das Modul ist ideal für die Fernsteuerung von Ladeliften, Hebevorrichtungen, Rollläden etc..

Nutzen Sie unsere Technologie und Kompetenz für Ihre Ideen.

Vertrieb durch:

Reimesch
 Kommunikationssysteme GmbH

Friedrich-Ebert-Str. · 51429 Bergisch Gladbach
 Tel.: 0 22 04 / 58 47 51
 Fax: 0 22 04 / 58 47 67
www.reimesch.de · kontakt@reimesch.de

Vertrieb durch:

CIRCUIT DESIGN GmbH

Schleißheimer Str. 263 · 80809 München
 Tel.: +49 / 89 / 35 82 83-60
 Fax: +49 / 89 / 35 82 83-66
www.circuitdesign.de · info@circuitdesign.de

Sub-THz-Oszillatoren mit hoher Leistung



GHz. Der Abstimmbereich zur gewählten Nennfrequenz, steuerbar über die Variierung der Anodenspannung, liegt abhängig vom gewählten Modell zwischen 10 und 30 GHz. Es sind vier Standardmodelle mit jeweils spezifischer Ausgangsfrequenz erhältlich. Die Ausgangsleistung beträgt je nach Modell und Frequenzbereich 50 mW bis 1 W. Die Linienerweitungen liegen zwischen 10 und 30 MHz. Der Signalausgang ist entweder als Horn oder als Flansch ausgebildet. Zur Wasserkühlung wird ein passendes Kühlsystem angeboten.

Die Terasource-Modelle sind als Backward-Wave-Oszillator (BWO) aufgebaut und haben so den Vorteil einer elektrischen Abstimmbarkeit bei der Mikrowellenerzeugung. Ein weiterer Vorteil dieser BWOs ist die geringe Größe bei vergleichsweise hoher Leistung. Die standardmäßig angebotenen Oszillatoren überdecken einen Nennfrequenzbereich von 80 bis 360

Die Terasource-Modelle sind als Backward-Wave-Oszillator (BWO) aufgebaut und haben so den Vorteil einer elektrischen Abstimmbarkeit bei der Mikrowellenerzeugung. Ein weiterer Vorteil dieser BWOs ist die geringe Größe bei vergleichsweise hoher Leistung. Die standardmäßig angebotenen Oszillatoren überdecken einen Nennfrequenzbereich von 80 bis 360

■ *SI Scientific Instr. GmbH*
info@si-gmbh.de
www.si-gmbh.de

Sehr rauscharmer LVPECL VCXO



Die Firma Crystek arbeitet weiterhin daran, die Einschränkungen von Ultra-Low-Phase-Noise-Oszillatoren zu drücken. Dies gelang unlängst mit der CVPD-922-Familie. Die Voltage-Controlled-LVPECL-Oszillatoren übertreffen andere LVPECL-Oszillatoren in punkto Phasenrauschen. Das Close-in-Phasenrauschen wurde auf -85 dBc/Hz @ 10 Hz Offset reduziert, während der Rauschflur (Noisefloor) bei nur -162 dBc/Hz liegt.

Diese neuen und äußerst rauscharmen Oszillatoren werden für den Frequenzbereich von 40 bis 125 MHz gefertigt. Entwickelt und hergestellt in den USA, verwendet das Modell CVPD-922 ein $9 \times 14 \text{ mm}$ großes Industrie-Standard-SMD-Gehäuse. Die nominelle Versorgungsspannung ist 3.3 V , der maximale Stromverbrauch wird mit 88 mA angegeben.

Anwender sollten eine bemerkenswerte Verbesserung bei der Jitter-Generierung feststellen, wenn sie bisherige VCXOs durch einen LVPECL-Oszillator aus Crysteks neuer CVPD-922-Familie ersetzen. Crystek bietet mit der CCPD-575-Familie auch eine Clock-Version im $5 \times 7,5 \text{ mm}$ großen Gehäuse an.

■ *Crystek Corporation, sales@crystek.com*
www.crystek.com

Festfrequenz-Synthesizer mit integrierter Referenz



Z-Communications hat einen neuen RoHS-konformen Festfrequenz-Phase-Locked-Loop-Baustein, das Modell RFS5900A-LF für das C-Band, vorgestellt. Der RFS5900A-LF ist ein vollintegrierter Synthesizer für 5900 MHz, der phasenstarr an eine 10-MHz-Referenz

angebunden ist. Die Genauigkeit beträgt $2,5 \text{ ppm}$. Dieser Lowcost-PLL-Baustein weist ein typisches Phasenrauschen von -80 (-85 , -103) dBc/Hz bei 1 (10 , 100) kHz Offset auf.

Das Produkt RFS5900A-LF wurde für eine Ausgangsleistung von $3 \pm 2 \text{ dBm}$ ausgelegt. Der VCO wird an 5 V bei 35 mA , die PLL an 3 V bei 15 mA . Dieser nicht angepasste Baustein weist eine Unterdrückung der zweiten Harmonischen von 25 dBc auf, Spurious werden mit 65 dBc unterdrückt.

Der Baustein hat ein Standard-PLL-V12N-Gehäuse von Z-Comm mit den Maßen $0,6 \times 0,6 \times 0,13 \text{ inch}$. Der RFS5900A-LF eignet sich optimal für die automatische SMT-Montage. Der Einsatztemperaturbereich beträgt -30 bis $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Anwendungsmöglichkeiten der RFS5900A-LF-Familie liegen beispielsweise in der Satellitenkommunikations und bei Radar-Anwendungen.

■ *Z-Communications Inc.*
www.zcomm.com

Rauscharme Quarzoszillatoren für Weltraumanwendungen



Ultra-rauscharme Quarzoszillatoren sind ein Spezialgebiet von Axtal. Mit der Baureihe Axiom6060 bietet man weltraumgeeignete rauscharme Präzisions-Quarzoszillatoren mit 100 und 120 MHz an, die in der ESA EPPL gelistet sind. Die OCXOs widerstehen einer Strahlung mit einer Gesamtdosis von $>100 \text{ kRad}$, einer Anforderung, wie sie typisch für geostationäre Satelliten ist. Um dies zu erfüllen, kommen ausschließlich speziell dafür qualifizierte Bauelemente zum Einsatz. OCXOs vom Typ Axiom6060 arbeiten seit 2014 zuverlässig auf dem chinesischen Wettersatelliten Feng Yun sowie auf der Internationalen Raumstation ISS. Daneben bietet Axtal für LEO- und MEO-Satelliten Oszillatoren der Reihe Axiom75S mit einer Strahlungsfestigkeit bis 20 kRad an, die – je nach Einsatz – teilweise mit COTS-Bauelementen ausgeführt werden und damit wesentlich kostengünstiger und kleiner sind.

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

Die größte Auswahl an HF- und Mikrowellen-Verstärkern ab Lager



- Frequenzen von DC bis 40 GHz
- Verstärkung von 10 dB bis 60 dB
- P1dB von 2 mW bis 100 Watt
- Rauschzahl ab 0,8 dB



aktive HF-Produkte von Pasternack

- variable Abschwächer
- programmierbare Abschwächer
- Frequenzteiler, -Vervielfacher
- Limiter und Detektoren
- Mischer
- Rauschquellen
- Schalter
- Oszillatoren und Synthesizer

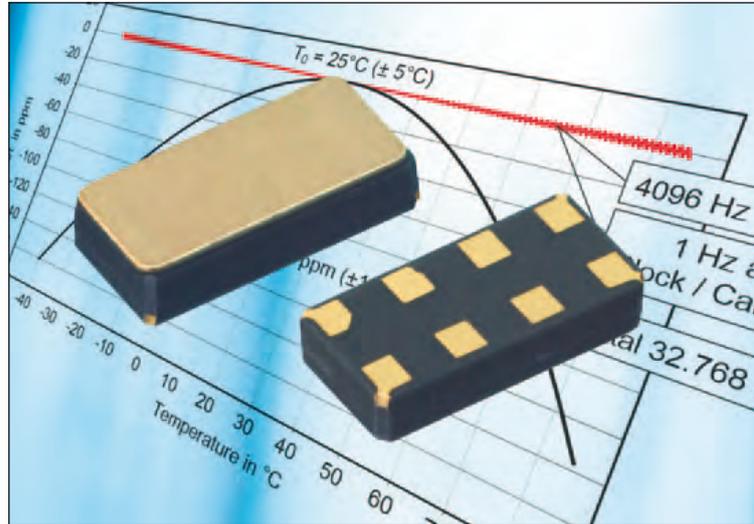
MRC GIGACOMP GmbH & Co. KG
info@mrc-gigacomp.com
www.mrc-gigacomp.com
Bahnhofstraße 1, 85354 Freising
Grassing Str. 8, 83043 Bad Aibling
Tel. +49 89 416159940
Fax +49 89 416159945



Die Miniaturisierung schreitet fort

Sinkender Preis - trotz verbesserter Produktperformance

Die ständige Miniaturisierung von Schwingquarzen und Oszillatoren ist ein seit vielen Jahren geltender und auch im Jahr 2016 anhaltender Trend. Darüber hinaus fordert der Markt stetige Verbesserungen der Produktperformance, bei gleichzeitig sinkenden Preisen.



Micro Crystals
temperaturkompensiertes, extrem stromsparendes RTC-Modul RV-8803-C7 (Vertrieb: WDI) im nur 3,2 x 1,5 x 0,8 mm großen SMD-Keramikgehäuse hat eine Ganggenauigkeit von ±3,0ppm über den Temperaturbereich von -40 bis +85 °C

Bauformen bei Quarzen und Oszillatoren mit Abmessungen von 3.2 x 2.5 mm gelten heute bereits als Standard, aber auch kleinere Packages – wie z.B. 2.5 x 2.0 mm und 2.0 x 1.6 mm – gewinnen zunehmend an Bedeutung. Getrieben wird diese Entwicklung maßgeblich von der wachsenden Anzahl an Anwendungen im Bereich drahtloser Kommunikation, welche heutzutage nicht nur in Smartphones und Tablet-Computern, sondern auch in Audio/Video- und Consumer-Elektronik sowie Wearables zu finden sind.

Da grundsätzlich miniaturisierte Bauformen mit einer Verschlechterung der Charakteristik von frequenzgebenden Bauelementen einhergehen, sind insbesondere die Hersteller gefordert, innovative technologische Weiterentwicklungen voranzutreiben. Auch wenn beispielsweise heute MEMS-Oszillatoren ihren Platz im breiten Angebot der Taktgeber gefunden haben, vertraut die überwiegende Anzahl der Anwender mehr der bewährten und über Jahrzehnte etablierten Quarztechnologie. Auch lassen sich bis dato keine wesentlichen Aktivitäten der Kunden zum parallelen Design-In von pinkompatiblen Quarz- und MEMS-Oszillatoren beobachten. Ebenso

spielen Technologien wie etwa SoC (System on Chip) und SiP (System in Package) heute noch keine wesentliche Rolle, obwohl schon vor einigen Jahren in vielen Medien der Abgesang auf die quarzbasierten Taktgeber propagiert wurde. Dies ist ein gutes Indiz dafür, dass die traditionellen Hersteller von quarzbasierten Produkten hier »nicht schlafen« und ihr Produktangebot stetig den wachsenden Bedürfnissen des Marktes anpassen. Letztendlich wird, wie bisher, neben Preis und Marketing, die Produktfunktion und Zuverlässigkeit entscheidend sein.

Die große Anzahl von Anwendungen und Applikationen verlangt heute nach immer mehr technologischen Lösungen und Weiterentwicklungen. Ein gutes Beispiel hierfür ist u.a. die wachsende Nachfrage nach Real-Time-Clock-Modulen (RTC) mit kleinster Packungsdichte und geringstem Stromverbrauch für mobile, batteriebetriebene Anwendungen. Ein Produkt, das diese Marktforderung erfüllt, ist die temperaturkompensierte RTC der RV-8803-C7-Serie von MICRO CRYSTAL, die nicht nur die aktuell beste Ganggenauigkeit von nur ±3,0ppm über den Temperaturbereich von -40 ~ +85 °C (entspricht ±0,26

Sekunden/Tag) bietet, sondern auch einen Stromverbrauch von lediglich 250 nA aufweist. Dieser außerordentlich geringe Stromverbrauch (herkömmliche Werte lagen hier zwischen 800 und 3000 nA) und die volle Funktionalität des Thermometers und der Temperaturkompensation herunter auf bis zu 1,5 V Versorgungsspannung, verlängern maßgeblich die Betriebsdauer im Backup-Versorgungsmode und/oder ermöglichen erstmals den Einsatz von kostengünstigen MLCC-Kondensatoren anstelle von teuren Supercaps oder Batterien.

Neben der besten Ganggenauigkeit und dem geringsten Stromverbrauch aller temperaturkompensierten RTCs am Markt, bietet das RV-8803-C7 gleichzeitig auch das kleinste SMD-Keramikgehäuse mit Abmessungen von nur 3.2 x 1.5 x 0.8 mm. Dies ermöglicht einen breiten Einsatzbereich, bei dem eine präzise Uhrzeit - gepaart mit einer Überbrückung beim Ausfall der Versorgungsspannung - gefordert wird, so z.B. bei Metering-Anwendungen, Embedded-Modulen, Datenloggern, weißer Ware, automotivem Einsatz bis hin zu tragbaren Medizingeräten und POS-Systemen aller Art. ◀

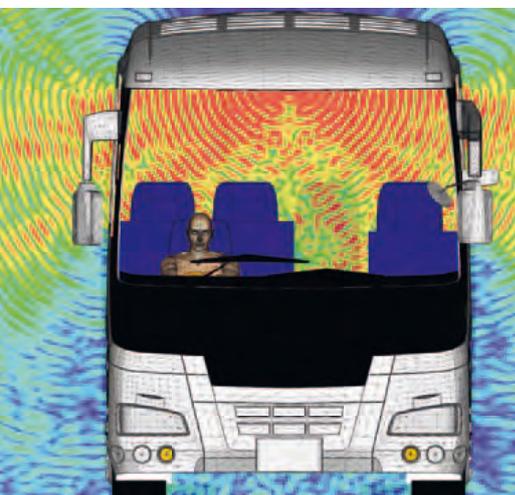


Nils Hagen
WDI AG, Teamleiter FCP
www.wdi.ag/de



Make the Connection

Find the simple way through complex EM systems with CST STUDIO SUITE



Components don't exist in electromagnetic isolation. They influence their neighbors' performance. They are affected by the enclosure or structure around them. They are susceptible to outside influences. With System Assembly and Modeling, CST STUDIO SUITE helps optimize component and system performance.

Involved in antenna development? You can read about how CST technology is used to simulate antenna performance at www.cst.com/antenna.

If you're more interested in filters, couplers, planar and multilayer structures, we've a wide variety of worked application examples live on our website at www.cst.com/apps.

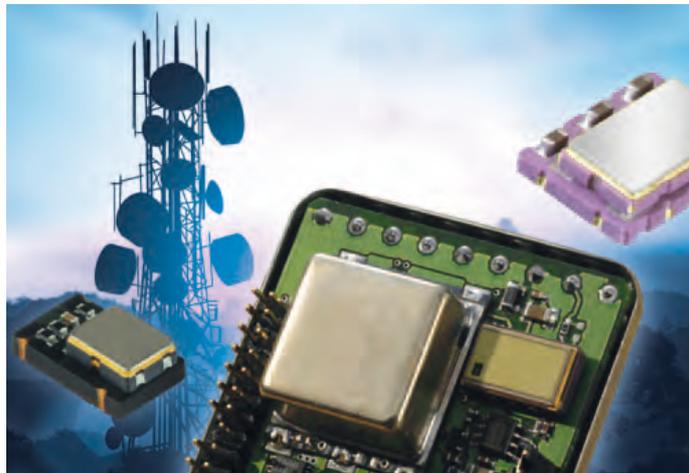
Get the big picture of what's really going on. Ensure your product and components perform in the toughest of environments.

**Choose CST STUDIO SUITE –
Complete Technology for 3D EM.**



Oszillatoren für Small-Cell-Anwendungen

Der überproportional wachsende Bedarf an kleinen Funkzellen in der Mobilfunkkommunikation verlangt nach Oszillatorlösungen, die in puncto Leistung, Effizienz und Kosten optimiert sind.



Technologische Fortschritte haben sowohl bei OCXOs („Quarzöfen“ oder temperaturstabilisierte Quarzoszillatoren) als auch bei VC-TCXOs (temperaturkompensierte, spannungsgesteuerte Quarzoszillatoren) zu Verbesserungen geführt, die die früheren Grenzen zwischen diesen beiden Typen verschwimmen lassen. Durch die technologisch erzielten Verbesserungen in der Funktionalität, wird es für viele Entwickler zunehmend schwieriger herauszufinden, welche Oszillortechnik für eine bestimmte Anwendung optimal geeignet ist.

Dieser Beitrag informiert den Entwickler über die verbesserten Leistungsmerkmale der aktuellen VC-TCXO-2-Generation, auch im Vergleich zur

OCXO-Technologie. Die hier dargestellten Informationen beziehen sich auf handelsübliche, serienmäßig produzierte OCXOs und VC-TCXOs für Drahtlos-Anwendungen. Dabei variieren die genauen Werte je nach Anbieter, die allgemeinen Tendenzen und ungefähren Größenordnungen dürften jedoch vergleichbar sein.

Die VC-TCXO-Technologie

Ein VC-TCXO ist ein spannungsgesteuerter und temperaturkompensierter Quarzoszillator, bei dem eine Korrekturspannung an den Spannungsregler-Pin gelegt wird. Diese Korrektur- oder Kompensationsspannung ändert sich temperaturabhängig, um die Frequenz wieder

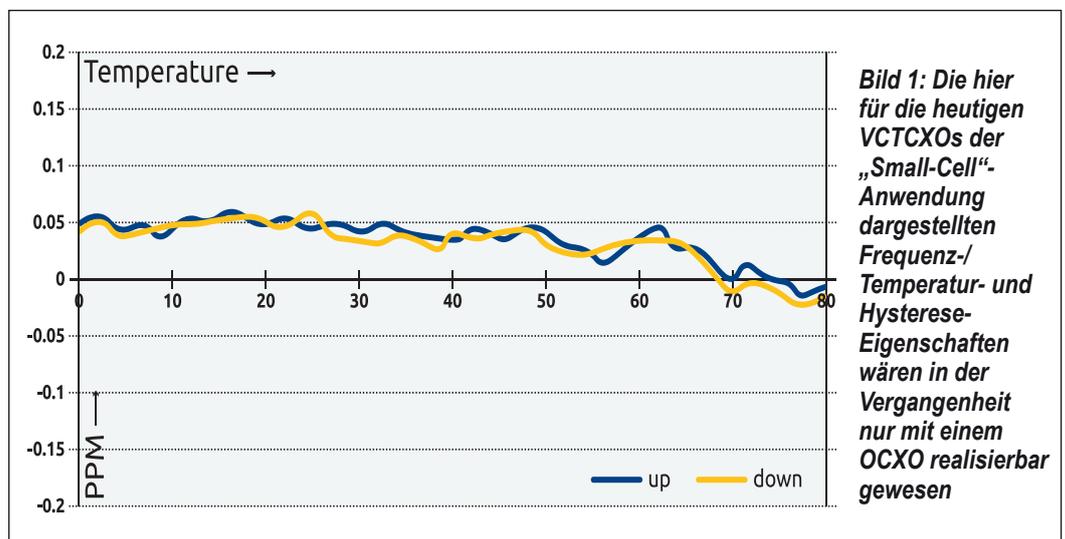
auf die Nennfrequenz zu bringen. Alle mit dem Quarz selbst zusammenhängenden Faktoren können jedoch nicht korrigiert werden und überlagern die resultierende Frequenz-Temperatur-Kurve, was Design und Herstellung des Quarzes zu einem schwierigen und kritischen Teil des VC-TCXO-Einsatzes macht.

Für die meisten VC-TCXOs wird eine Spannungsregelung benötigt, die eine exakte Einstellung der Frequenz und eine wegen der Langzeitalterung erforderliche Justierung ermöglicht. Zudem muss die Regelungsfunktion in der Lage sein, eine Phasensynchronisierung zwischen dem Bauteil und anderen Quellen vorzunehmen. Diese Funktion wird durch eine Justierung der Lastkapazität für den Quarz realisiert. Die Möglichkeit einer Spannungsregelung wird für die meisten Funk-Anwendungen als finale Feinjustierung benötigt.

Die genauen VC-TCXO-Spezifikationen sind von einem Hersteller zum anderen wie erwähnt häufig etwas unterschiedlich. Im Allgemeinen benötigen sogenannte „Small Cells“ eine Stabilität von $\pm 0.1 \text{ ppm}$ über einen spezifizierten Temperaturbereich. Zu den gängigen Spezifikationen gehören 0 bis 80 °C bei $\pm 5 \text{ ppm}$ Ziehbarkeit für die Spannungsregelungs-Funktion. Erst in den letzten Jahren hat sich



Autor:
Gerd Reinhold
Produktmarketing FCP bei der
WIDI AG
www.wdi.ag/de



QUARZE, OSZILLATOREN & MEHR

WELCOME TO THE WORLD OF CLOCKING

PRODUKTSPEKTRUM:

- + SMD/THT Quarze
- + Quarzoszillatoren
- + Silizium (MEMS) Oszillatoren
- + 32.768 kHz Ultra LP Oszillatoren
- + MHz Ultra Low Power Oszillatoren
- + 32.768 kHz Quarze
- + Low Power Oszillatoren
- + Differential Oszillatoren
- + Spread Spectrum Oszillatoren
- + VCXO, VCTCXO
- + High Temperature Oszillatoren
- + Stratum3 Oszillatoren
- + Automotive Oszillatoren
- + SPXO, LPXO
- + TCXO, OCXO
- + ULPO, ULPP0
- + Keramikresonatoren
- + Quarzfilter

APPLIKATIONEN:

- + Wireless (WLAN, WIFI, Sub GHz)
- + Smartphones & Tablets
- + IoT
- + Wearables
- + M2M
- + GPS
- + Embedded
- + Industrial
- + Telecom
- + Medical
- + Automotive
- + Consumer

PRODUKTVORTEIL & SERVICE:

- + Passende Lösung für jede Clocking Applikation
- + Höchste Qualität
- + Äußerst wettbewerbsfähige Preise
- + Sehr breiter Frequenzbereich
- + Erweiterter Temperaturbereich von -55/+125°C
- + Umfangreicher Design-in-Support
- + Großserienbetreuung
- + Weltweite Logistikkonzepte



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

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

WWW.PETERMANN-TECHNIK.DE



Merkmale	VCTCXO	OCXO
Stromaufnahme	1 bis 3 mA (typisch)	250 bis 400 mA beim Start, 70 bis 165 mA @ 25°
Größe	3.2 x 5 mm oder kleiner (typisch)	9 x 14 mm oder größer (typisch)
Relative Kosten	geringer	höher
Stabilisationszeit	0,1 bis 2 s	30 s bis 4 Min.
VCC	1.8 V bis 5 V verfügbar	3.3 V und 5 V verfügbar
Empfindlichkeit gegenüber anderen Quarzmoden	höher (Quarz über gesamten Temperaturbereich angeregt)	geringer (Quarz über engen Temperaturbereich angeregt)
Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen durch EFC/Spannungsregelung	gering	gering
Langzeitstabilität (Alterung)	ähnlich	ähnlich
Mechanische Komplexität	einfach (IC, Quarz)	komplex (IC, Quarz, Ofen, Controller)
Phasenrauschen	ähnlich bei Grundfrequenz, Oberton normalerweise nicht verwendet	ähnlich bei Grundfrequenz, besser bei Oberton
EFC/Spannungsregelung	± 4 bis ± 8ppm	± 4 bis ± 8ppm

Tabelle 1. Vergleich der Merkmale von OCXOs und VCTCXOs für „Small-Cell“-Anwendungen

die Quarztechnologie so weit verbessert, dass eine zuverlässige Kompensation auf diesem Niveau erreicht werden konnte. Bei der Herstellung solcher Quarze sind diverse technische Aspekte zu berücksichtigen. Die produzierten Quarze für einen VC-TCXO müssen störungsfrei sein und sehr geringe Alterungseigenschaften sowie eine geringe Hysterese aufweisen.

In Bezug auf den Temperatureingang der Frequenz und die Hysterese-Eigenschaften bewegt sich das Leistungsniveau heutiger VC-TCXOs für Funk-Anwendungen (Bild 1) in einem Bereich, der vor noch nicht allzu langer Zeit allein den OCXOs vorbehalten war. Dank verbesserter Halbleiterbauelemente und optimierter Prozesse in Quarzdesign und -herstellung können VC-TXCOs heute durchaus im Bereich von ±0.1ppm Stabilität mithalten. Die zum Ausgleich von Frequenzdrift und Langzeitalterungsmerkmalen erforderliche Korrekturspannung wird normalerweise durch NTP-/PTP-Implementierung (IEEE-1588) erzeugt. VC-TCXOs zeichnen sich durch sehr geringe Alterungsraten und sehr lineare Eigenschaften hinsichtlich der Spannungsregelungsfunktion aus.

Dabei sind es nicht nur die präzise Kompensation, die geringe

Hysterese und die geringen Alterungsraten, die VC-TCXOs zu einer außergewöhnlichen Lösung für „Small-Cell“-Anwendungen machen, sondern auch der deutlich geringere Stromverbrauch. Für Applikationen wie hier angesprochen, brauchen VC-TCXOs etwa 2 mA, während ein OCXO etwa 100 mA benötigen würde. Im direkten Vergleich sind die traditionellen OCXOs aufgrund ihrer Größe, ihres Leistungsbedarfs und der Aufwärmzeit deutlich im Nachteil.

Die OCXO-Technologie

„Quarzföfen“ oder temperaturstabilisierte Quarzoszillatoren werden üblicherweise in Anwendungen eingesetzt, die eine hochpräzise Frequenzregelung erfordern. Bei dieser Technik werden der Quarz und die zugehörige Oszillatorschaltung bis zum oberen Umkehrpunkt des Quarzes erwärmt (Bild 2).

Die Quarze für diese Oszillatoren werden so hergestellt, dass der obere Umkehrpunkt oberhalb des höchsten spezifizierten Temperaturbereichs liegt. Der Quarz und die zugehörige Schaltung werden bis auf ein schmales Temperaturfenster um diesen Punkt herum erwärmt und dort konstant gehalten. Der OCXO wird dann auf die Frequenz bei dieser Temperatur abgestimmt.

Der OCXO hat den Vorteil, dass der Quarz nur in dem erwähnten sehr engen Temperaturfenster betrieben wird. Auf diese Weise wird weitestgehend vermieden, ungewünschte Schwingungsmoden im Quarz anzuregen. In der VC-TCXO-Technik werden die Quarzeigenschaften hingegen elektronisch kompensiert. Damit wird die Qualität der in den Anwendungen benutzten Quarze zu einem äußerst wichtigen Kriterium.

In Tabelle 1 sind die Unterschiede zwischen OCXO- und VC-TCXO-Produkten zusammengefasst. Im Allgemeinen

werden VC-TCXOs bevorzugt, wenn Größe und Stromverbrauch kritische Faktoren für die Anwendung sind. OCXOs waren früher im Vorteil, da sie eine niedrigere Empfindlichkeit auch gegenüber geringen Stabilitätsveränderungen aufweisen, die bei Änderungen der Spannungsregelungsfunktion auf den Höchst- oder Mindestwert auftreten. Die in den Anwendungen verwendeten Halbleiter haben für diesen Zweck jedoch eine Kompensationsschaltung. Die verbesserte Leistung macht die heutigen VC-TCXOs gegenüber der OCXO-Technik ausgesprochen konkurrenzfähig. ◀

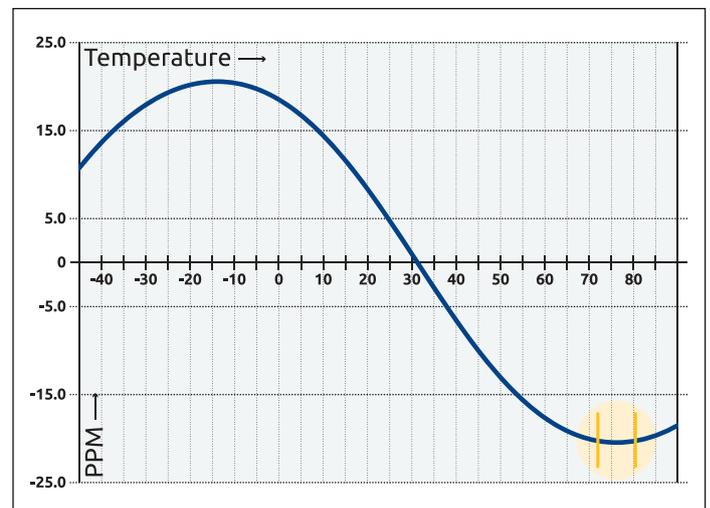


Bild 2: Der hier dargestellte, obere Umkehrpunkt des OCXO wird in der OCXO-Anwendung verwendet

Pasternack RF Product Guide 2017

Actives,
Passives and
Interconnects



Largest
In-Stock
Selection



Application
Engineers
Available

Same-Day
Shipping



24/7
Support



Buy
Online



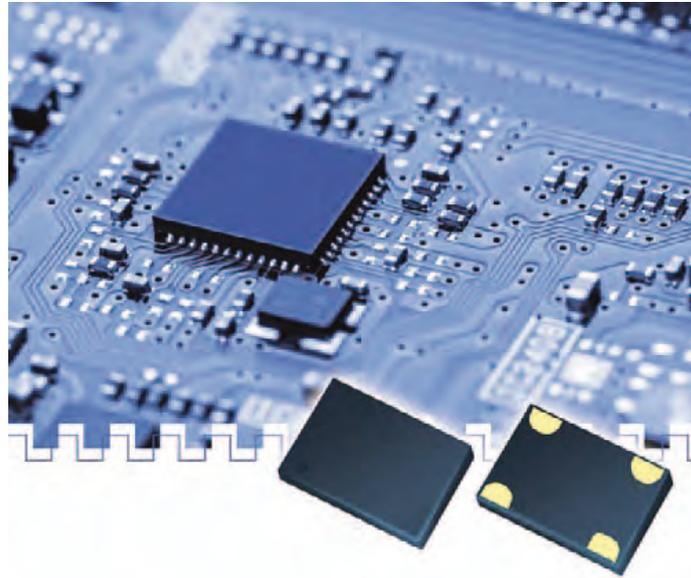
 **PASTERNAK**
THE ENGINEER'S RF SOURCE

In den mehr als 40 Produktkategorien von Steckern über Hohlleiterkomponenten und Kalibrierkits bis zu HF-Verstärkern finden Sie fast alles, was Sie zum schnellen Aufbau einer Schaltung benötigen. Über 99% der Produkte sind ab Lager verfügbar, bereit für den Versand am Tag Ihrer Bestellung!

Den neuen Pasternack-Katalog mit mehr als 40000 HF-Produkten bekommen Sie exklusiv bei MRC GIGACOMP

SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren reduzieren unerwünschte Abstrahlungen

Mit dem Thema Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) hat jeder Produktdesigner täglich zu kämpfen – vor allem, wenn frequenzbestimmende Bauteile wie Quarzoszillatoren verwendet werden.



Was die SoftLevel-Funktion bewirkt

Bild 1 zeigt die Periodendauer t eines LVCMOS Ausgangssignals mit t_{rise} und t_{fall} zwischen 20% bis 80%, Bild 2 den Flankenverlauf eines normalen LVCMOS-Rechtecksignals (rote Line) im Vergleich zum SoftLevel-LVCMOS-Ausgangssignals (blaue Line) mit der Versorgungsspannung von +3,3 VDC. Dabei ist deutlich zu sehen, dass die SoftLevel-Funktion die Kanten des Rechtecksignals abrundet (Form ähnlich einer Haifischflosse) und dadurch die harmonischen Oberwellen deutlich reduziert. Bild 3 zeigt die EMV-Dämpfung (ungerade harmonische Oberwellen) in Relation zu der Periodendauer t des Ausgangssignals. t_{rise} und t_{fall} werden im Verhältnis zur Periodendauer t des Clocksignals ausgedrückt. Dabei kann t_{rise} und t_{fall} im Bereich von 0,05 bis 0,45 (5% bis 45%) von t verlängert werden. Wird t_{rise} und t_{fall} im Vergleich zum Basissignal um 5% verlängert, dann kommt die Signalform dem Originalrechtecksignal ziemlich nahe. Mit einer Verlängerung um bis zu 45%, ähnelt die Form des Ausgangssignals immer mehr einer Haifischflosse und die EMV-Dämpfung beträgt bei der 11. harmonischen Oberwelle über

Die in den Oszillatoren verwendeten ICs generieren steile, scharfkantige Flanken und erzeugen dabei kräftige harmonische Oberwellen. Zwar gibt es Spread-Spectrum-Oszillatoren, die allerdings in vielen Applikationen nicht verwendbar sind.

Mit einem Center Spread von zum Beispiel $\pm 0,5\%$ wird die Ausgangsfrequenz in einem Bereich von $f_{out} \pm 0,5\%$ moduliert. Basierend auf einer Frequenz von 33,333 oder 66,666 MHz würde die Frequenzmodulation von $\pm 0,5\%$ einem Frequenzmodulationsbereich von 33,333 MHz $\pm 166,665$ kHz oder 66,666 MHz $\pm 333,330$ kHz entsprechen – zu viel, für ein genaues Clocking. Meistens sind in diesen Applikationen nur ± 50 ppm zulässig, also um den Faktor 100 weniger. Eine Frequenzstabilität von ± 50 ppm entspricht bei 33,333 MHz einer Toleranz von $\pm 1,66665$ kHz bzw. bei 66,666 MHz einer Toleranz von $\pm 3,3333$ kHz. Die Entwickler mussten in solchen Fällen bislang versuchen, die EMV durch sehr teure Maßnahmen zu reduzieren. Dies ist nun nicht mehr nötig. Denn basierend auf innovativer IC-Technologie, Next Generation Clocking, bietet die

Petermann-Technik verschiedenste SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren mit einem SoftLevel-Ausgangssignal an. Bei der SoftLevel-Technologie handelt es sich um ein programmierbares Ausgangssignal, bei dem durch die Erhöhung der Rise- (t_{rise}) und Fall-Time (t_{fall}) die harmonischen Oberwellen eines LVCOMS-Ausgangssignals deutlich reduziert werden können. Dank der SoftLevel-Technologie ist eine exakte Anpassung des Ausgangssignals an den jeweiligen Kundenbedarf möglich.



Autor:
Roland Petermann
Petermann-Technik
www.petermann-technik.de

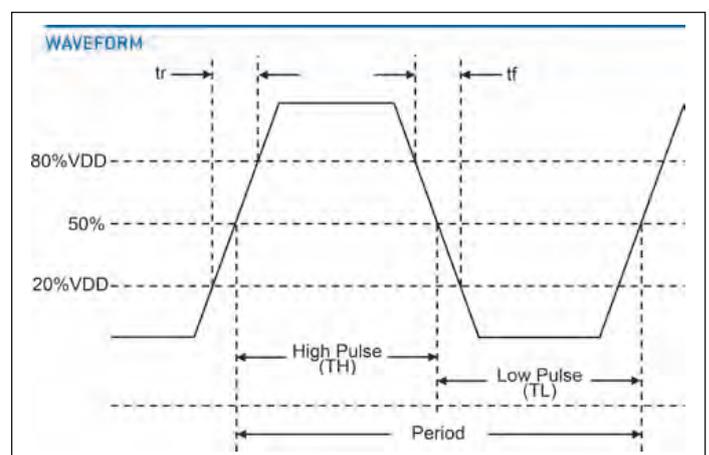


Bild 1: Periodendauer t eines LVCMOS Ausgangssignals mit t_{rise} und t_{fall} zwischen 20% und 80%

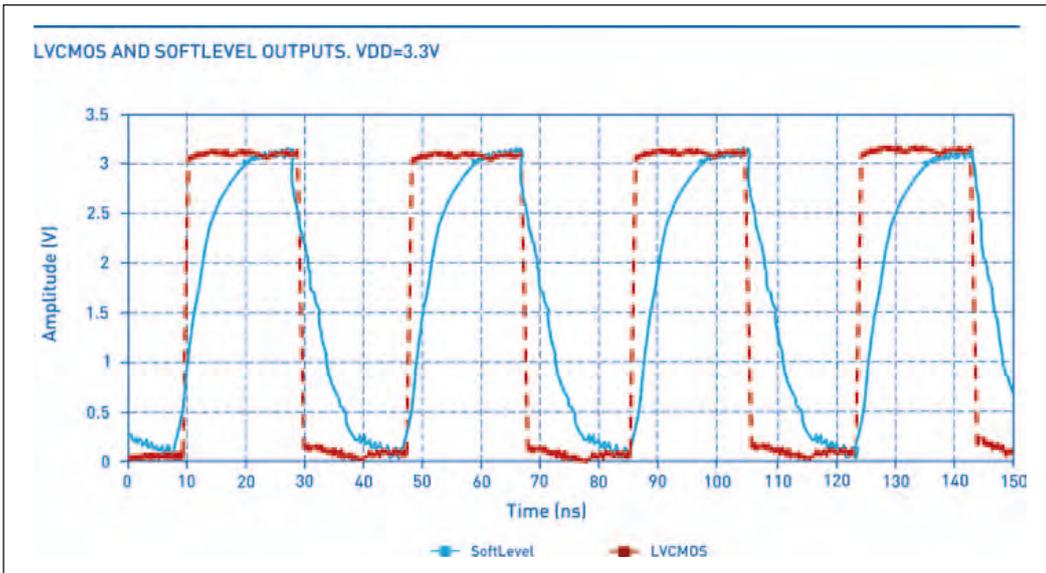


Bild 2: Flankenverlauf eines normalen LVCMOS-Rechtecksignals (rote Line) im Vergleich zu einem SoftLevel-LVCMOS-Ausgangssignal (blaue Line) mit abgerundeten Kanten

-60 dB. Ein enormer Wert, für eine derart einfache Anpassung von t_{rise} und t_{fall} .

Was kostet den Entwickler die SoftLevel-Funktion?

Nichts, denn die SoftLevel-Funktion ist ein Standard-Feature der SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren der Serien LPO, LPOP, HTLPO, WTLPO, UPO, HTLPO-AUT und WTLPO-AUT. (AUT = Automotive anhand AEC-Q100). Darüber hinaus sind diese Oszillatortypen in Standardgehäusen mit den Abmessungen von 7 mm x 5 mm, 5 mm x 3,2 mm, 3,2 mm x 2,5 mm, 2,5 mm x 2,0 mm und 2,0 mm x 1,6 mm lieferbar und können damit auf bereits vorhandenen Platinenlayouts bestückt werden, um Quarzoszillatoren sofort direkt ersetzen. Damit das In-House Engineering der PETERMANN-TECHNIK den Kunden optimal beraten und ein Produkt anhand seines Applikationsbedarfs programmieren kann, muss der Entwickler mitteilen, welche t_{rise}/t_{fall} -Zeit er in seiner Applikation akzeptieren kann. Über die Programmierung der Länge der t_{rise}/t_{fall} -Zeit wird die Dämpfung der ungeraden harmonischen Oberwellen erreicht. Beim Schaltungsdesign für die SMD-Silizium-Clock-Oszilla-

toren wird die Verwendung einer Entkoppelungskapazität von 0,1 μ F zwischen den Pins Supply Voltage und Ground empfohlen. Dadurch werden die Einflüsse der eingespeisten Versorgungsspannung deutlich minimiert.

Weitere Vorteile der SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren

Die SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren der oben genannten Serien sind auch mit einem

Versorgungsspannungsbereich von 2,25 bis 3,63 V_{DC} lieferbar. Innerhalb dieses V_{DD} -Bereiches können die Oszillatoren mit einer beliebigen Versorgungsspannung (z.B. 2,5 $V_{DC} \pm 10\%$, 2,8 $V_{DC} \pm 10\%$, 3,0 $V_{DC} \pm 10\%$ oder 3,3 $V_{DC} \pm 10\%$) betrieben werden. Damit muss der Produktentwickler nur noch einen Oszillator für vier klassische Versorgungsspannungen qualifizieren. Dieses Standard-Feature spart Geld in der Bauteilequalifizierung, in der Beschaffung,

Verwaltung und der Lagerung, da deutlich weniger Bauteile benötigt werden. Selbstverständlich ist die beschriebene SoftLevel-Funktion auch für den V_{DD} -Bereich von 2,25 bis 3,63 VDC als Standard-Feature möglich.

Darüber hinaus verfügen die SMD-Silizium-Clock-Oszillatoren standardmäßig über sehr genaue Frequenztoleranzen, zum Beispiel $\pm 20\text{ppm}@-40/85^\circ\text{C}$, $\pm 30\text{ppm}@-40/105^\circ\text{C}$ und $\pm 50\text{ppm}@-40/125^\circ\text{C}$. Selbstverständlich sind auch AEC-Q100-kompatible Oszillatoren (HTLPO-AUT und WTLPO-AUT) mit allen beschriebenen Features lieferbar.

SoftLevel-Funktion verbessert das EMV-Verhalten

Durch einfache und kostenlose Anpassung von t_{rise} und t_{fall} des Ausgangssignals kann mit der SoftLevel-Funktion das EMV-Verhalten von SMD-Clock-Oszillatoren deutlich verbessert werden, sodass teure Maßnahmen für das EMV-Verhalten einer Applikation nicht mehr nötig sind. Die SMD-Silikon-Clock-Oszillatoren können sofort auf bestehende Platinenlayouts bestückt werden. ◀

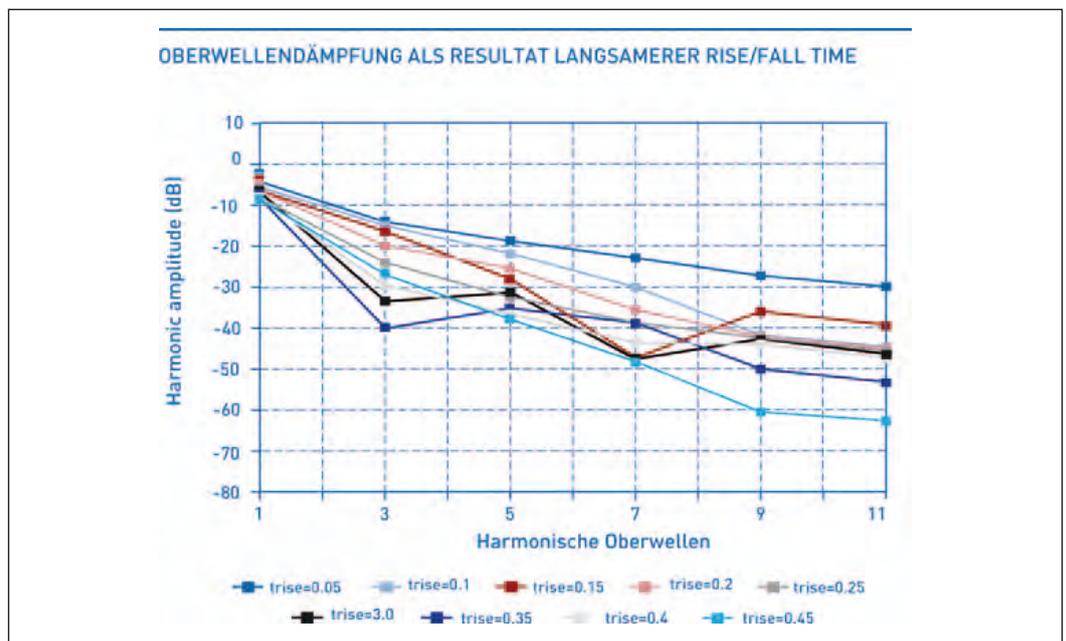


Bild 3: EMV-Reduktion in Relation zu der längeren Periodendauer

Quarzstabile Oszillatoren bis 10 GHz

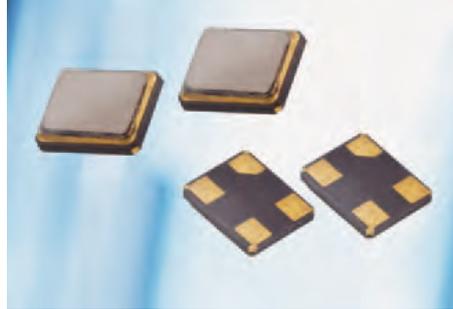


Der Frequenzbereich von Axtal-Oszillatoren schiebt sich zu immer höheren Frequenzen vor. Mit der Reihe Axiom1000 werden Präzisions-OCXOs bis 1,5 GHz im 50 x 50 mm großen Gehäuse angeboten, auch SAW-Ofenoszillatoren – sogenannte OCSOs – sind in diesem Gehäuse möglich. Temperaturkompensierte Quarzoszillatoren (TCXOs) gibt es als Axle175 in eine 25 x 25 mm großen SMD-Gehäuse bis 2,5 GHz in zwei Gehäusevarianten mit SMA-Buchsen (Axle1000 und Axle2000); es werden bis 7 GHz erreicht. Als VCXO wird die Type Axis1000 bis 1,3 GHz angeboten. Mit dem Modell Axis80 sind VCXOs mit extrem weitem Ziehbereich bis ± 2000 ppm bei Frequenzen bis 1,3 GHz im Programm. Schließlich gibt es noch Festfrequenzoszillatoren (SPXOs) auf Schwingquarzbasis bis 1,3 GHz (Axe1000) sowie Oszillatoren mit SAW-Resonatoren (SPSO) bis 1,8 GHz.

electronica, Halle B3, Stand 261

■ Axtal GmbH & Co. KG, www.axtal.com

Ultra-Miniatur-Schwingquarze



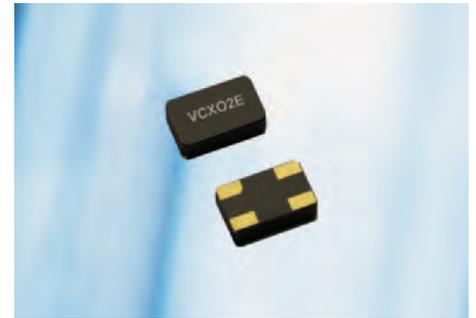
Der US-Hersteller Qantek Technology Corporation erweiterte mit der neuen QC16-Serie sein Produktportfolio an Schwingquarzen. Damit wird die kleinste Schwingquarz-Serie im 4-Pad-SMD-Keramikgehäuse vorgestellt. Mit Abmessungen von lediglich 1,6 x 1,2 x 0,4 mm wird ein Frequenzbereich von 24 bis 40 MHz abgedeckt. Wahlweise stehen Frequenztoleranzen bis zu ± 15 ppm bei 25 °C und sogar Frequenzstabilitäten bis zu ± 15 ppm über den industriellen Arbeitstemperaturbereich (-40 bis +85 °C) zur Auswahl.

Durch die geringen Abmessungen und die damit verbundenen Unempfindlichkeit gegenüber Schock- und Vibrationseinflüssen ist die QC16-Serie bestens geeignet für Applikationen wie beispielsweise ZigBee, Bluetooth, Handheld-Steuergeräte, batteriebetriebene Telemetrie-Geräte, Notebooks sowie Überwachungsgeräte. Die QC16-Serie ist ab sofort erhältlich.

electronica, Halle B6, Stand 249 und 255

■ WDI AG, www.wdi.ag

VCO für Hochtemperatur-Anwendungen



Die neue MCSO6-Serie des Schweizer Herstellers Micro Crystal in der SMD-Bauform 3,5 x 2,2 x 1,2 mm hält Arbeitstemperaturen bis zu 210 °C mühelos stand. Die Frequenzstabilität beträgt ± 100 ppm bei Arbeitstemperaturen von -55 bis +125 °C bzw. ± 400 ppm innerhalb des maximalen Arbeitstemperaturbereichs von -55 bis +210 °C. Bei dieser Temperaturbelastung weisen die Oszillatoren der MCSO6-Serie höchste Schockfestigkeit von 40 g sowie einer Vibrationsfestigkeit von 10.000 g auf.

Angeboten werden die Oszillatoren mit einem Frequenzbereich von 10 kHz bis 60 MHz. Versorgungsspannungen von 5, 3,3 sowie 2,5 V stehen zur Auswahl. Die MCSO6-Serie eignet sich besonders für Anwendungen bei extremen Bedingungen, wie beispielsweise in der Bohrgeräteindustrie, bei geothermischen Geräten sowie in bordgestützten Flugsystemen.

electronica, Halle B6, Stand 249 und 255

■ WDI AG, www.wdi.ag

LTE/UMTS/GSM/GPS Qualitätsantennen, Antennenzubehör & HF-Adapter zu Top-Preisen

Ob UMTS oder LTE, Magnetfuß oder Wandmontage – die Qualitätsantennen unserer Smart Collection-Serie sorgen zusammen mit unserem Adapter- und Konnektorenprogramm stets für optimale Sende- und Empfangsbedingungen. Selbstverständlich konfektionieren wir die Zuleitungen und Anschlüsse der Antennen auch individuell nach Ihren Wünschen.



Antennen verschiedenster Montagearten



HF-Adapter und passend konfektionierte Kabel

Sprechen Sie uns an.
Telefon 0511-67 69 99 181

www.mc-technologies.net/Antennen

MC/ TECHNOLOGIES

Ihr Partner für M2M-Projekte

- Konzeption Ihrer Lösung
- Entwicklung
- Hardware
- Software
- Services

alles aus einer Hand

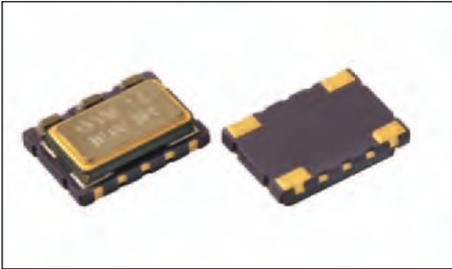
MC Technologies GmbH
Kabelkamp 2 – 30179 Hannover

Tel. +49 (0)511 67 69 99-0
Fax +49 (0)511 67 69 99-150

antennas@mc-technologies.net

Website & Shop:
www.mc-technologies.net

Oszillatoren für anspruchsvolle Anforderungen



TX7-705-TQ-HP (= TCXO) und VT7-705-TQ-HP (= VC-TCXO) sind neue Präzisions-TCXOs bzw. -VC-TCXOs mit hoher Frequenzstabilität im erweiterten Temperaturbereich. Sie weisen niedriges Phasenrauschen, hohe Vibrationsfestigkeit, geringe G-Sensitivity und kleine Hysterese auf. Die Schweizer Firma QuartzCom AG bietet damit Oszillatoren, die die hohen Anforderungen an Referenzakte erfüllen, wie sie typischerweise in professionellen Anwendungen vorkommen.

Kleines Baumaß

Diese SMD-Oszillatoren haben ein Baumaß von 7 x 5 mm. Sie werden für verschiedene Versorgungsspannungen (2,7, 3, 3,3 und 5 V) angeboten, und zwar entweder mit Clipped-Sinewave oder mit CMOS-Ausgang. Sie decken einen Frequenzbereich von 5 bis 100 MHz ab. Um zu den am Markt angebotenen Pinning-Varianten kompatibel zu sein, gibt es von diesen kleinen Hochpräzisions-TCXOs bzw. -VC-TCXOs verschiedene Pinning-Ausführungen, d.h. TX7-705-TQ-HP bzw. VT7-705-TQ-HP entsprechen der 4-Pin-Version (das Bild zeigt Vorder- und Rückseite dieser Oszillatorversion), und TX7-705-SQ-HP bzw. VT7-705-SQ-HP entsprechen der 10-Pin-Version. Diese kann optional mit Tristate-Funktion geliefert werden.

Einsatzgebiete

Diese analog kompensierten TCXOs bzw. VC-TCXOs kommen überall dort zum Einsatz, wo hohe Frequenzstabilität, geringes Phasenrauschen, Vibrations- und Schockfestigkeit, geringe G-Sensitivity oder geringe Hysterese eine wichtige Rolle für den Takt spielen.

Kleine Hysterese

Bei der Entwicklung dieser Oszillatoren wurde neben einer guten Phasenrauschcharakteristik (z.B. -155 dBc/Hz bei 20 MHz) vor allem auch auf eine niedrige G-Sensiti-

vity ($1 \times 10E-11/g$) und eine kleine Hysterese Wert gelegt. Die Bauteile verfügen über hohe Stoß- und Vibrationsfestigkeit.

Die Oszillatoren erreichen über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis $+85$ °C eine Frequenzstabilität von $\pm 0,2$ ppm, wobei sogar noch bessere Werte möglich sind (nur auf Anfrage). Diese kleine Bauform zeigt selbst über stark erweiterte Arbeitstemperaturbereiche jenseits von -40 bis $+85$ °C hochstabiles Temperaturverhalten (z.B. ± 1 ppm von -55 bis $+95$ °C). Aufgrund hervorragender Alterungseigenschaften lassen sich mit diesen TCXOs bzw. VC-TCXOs Gesamtfrequenzstabilitäten von $\pm 4,6$ ppm innerhalb von 20 Jahren garantieren (über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis $+85$ °C).

Interessante Alternative

Eine solche Lösung verbraucht weniger Strom und baut kleiner als die üblicherweise dafür eingesetzten großvolumigeren TCXOs bzw. OCXOs und stellt deshalb bei anspruchsvollen Taktanforderungen eine interessante Alternative zu diesen dar. Außerdem sind die kleineren TCXOs bzw. VC-TCXOs auch kostengünstiger und mit einer Lieferzeit von sechs bis acht Wochen schnell verfügbar.

Derartige Anforderungen an den Referenztakt finden sich z.B. in Anwendungen wie professioneller Mobilfunk (TETRA, DMR), Messgeräte, Satellitennavigation (z.B. GPS, Galileo, Glonass), Zugkommunikation, Synchronisation (z.B. Stratum III, IEEE 1588v2, SyncE und PTP), mobile Backhaul, Pico-, Femtocell, Point-to-Point-Verbindungen, 3D-Scanner, Audio & Video, Broadcasting, ziviler und militärischer Flugfunk. Dafür stehen Standardfrequenzen wie 10, 12,8, 13, 16, 16,384, 18,432, 19,2, 19,44, 20, 25, 26, 30, 30,72, 32, 32,768, 33,6, 40, 49,152 und 50 MHz zur Verfügung. Darüber hinaus ist die Schweizer Fertigungsstätte natürlich auch auf kundenspezifische Anfragen bzw. Frequenzen eingestellt und kann entsprechend schnell und flexibel reagieren. Datenblätter stehen auf Anfrage zur Verfügung. Muster sind für Standardtypen sofort erhältlich bzw. sind ansonsten sehr schnell lieferbar. Repräsentant bzw. Handelsvertretung von QuartzCom AG ist Resonal.

■ QuartzCom AG
sales@quartzcom.com
www.quartzcom.com

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

Maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Vorgaben für kundenspezifische Anwendungen, hergestellt mittels modernster Technologie, stehen für uns im Vordergrund. Mehr als 30 Jahre Erfahrung, qualifizierte Beratung und applikative Unterstützung unserer Kunden sowie namhafte Kooperationspartner sind die Bausteine für unseren Erfolg.



Zeichnungsteile
mittels Schneidplotter



Stanzteilherstellung
mittels Hochleistungs-
stanze



Zuschnitt
„cut to length“



Herstellung
von O-Ringen



Zuschnitt von
Rollenware



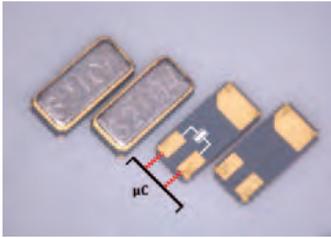
Stanzteilherstellung
mittels Swing-Beam-
Presse



Zuschnitt mittels
Wasserstrahltechnik

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

Kleinste Uhrenquarze



Neu im Sortiment der Endrich Bauelemente GmbH sind kleinste Uhrenquarze von Citizen Finedevice. Bei der unter der Bezeichnung CM315E angebotenen Serie liegen die beiden Anschlüsse für die Beschaltung des Quarzes an einer Stirnseite. Dies ermöglicht Variationen im Design der Leiterkarte. Insbesondere können dadurch die Anschlussleitungen zum Eingang des verwendeten Prozessors kurz gehalten werden. Dies reduziert negative Einflüsse möglicher EMI auf ein Minimum. Die Uhrenquarze werden für die meist verwendete Lastkapazität von 12,5 pF gefertigt, daneben werden auch Versionen für 9 und 7 pF angeboten.

Citizen wird in Kürze zudem eine Low-ESR-Version unter der Bezeichnung CM315EL auflegen. Dieser Typus eignet sich insbesondere für Low-Power-Applikationen, die auf Batterieversorgung angewiesen sind. Durch den geringeren Serienwiderstand (ESR) wird signifikant Leistung im Oszillatorkreis eingespart.

Die Uhrenquarze mit 3,2 x 1,5 mm Baugröße finden ihren

Einsatz in Anwendungen wie z.B. Haushaltsgeräte und Metering, insbesondere aber auch in Mobiltelefonen, die Datum und Uhrzeit anzeigen sollen. Dabei wird die Zeitreferenz durch einen Uhrenquarz, auch Stimmgabelquarz genannt, erzeugt. Aus dessen Frequenz von 32,768 kHz lässt sich durch Teilung der Frequenz der Sekundentakt generieren. Die Quarze der Serie CM315E sind ab sofort bei Endrich verfügbar.

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

SMD-Uhrenquarz mit 1,25 x 1,05 mm Grundfläche



Optimal für Anwendungen mit geringem Platzbedarf, wie z.B. Real Time Clock, mobile Medizinprodukte und Wireless-LAN, ist der neue Uhrenquarz KX-327 VT von Geyer. Der Quarz bietet über einen sehr langen Zeitraum eine akkurate Zeitmessung und ist somit ein sehr zuverlässiges Bauteil. Durch einen speziellen vollautomatischen Herstellungsprozess wird eine besonders hohe Qualität gewährleistet. Wichtigste Leistungsmerkmale und Vorteile:

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
 - erhältlich mit 7 und 12,5 pF
 - Standardtoleranz bei 20 ppm
- electronica**
Halle B5, Stand 319

■ **Geyer electronic**
www.geyer-electronic.de

Weitere Miniaturisierung im Bereich VC-TCXO



Der neue spannungsgesteuerte TCXO vom Typ KXO-81 mit nur noch 2 x 1,6 mm Grundfläche ist bestens für einen Einsatz in Anwendungen mit wenig Stromverbrauch geeignet. Diese finden sich in den Bereichen der mobilen Kommunikationstechnik, wie WLAN, ISM, NFT, drahtlose Module und so weiter. Hier die wichtigsten Leistungsmerkmale und Vorteile:

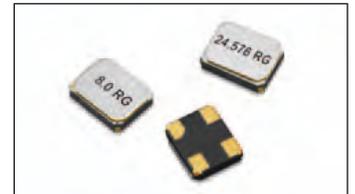
- Frequenzbereich 13 bis 40 MHz
- Abmessungen 2 x 1,6 x 0,7 mm
- Arbeitstemperaturbereich -30 bis +75 °C
- Frequenzstabilität ±2,5 ppm
- Ziehbereich min. ±9 ppm (max. ±15 ppm)
- Stromverbrauch max. 1,5 mA
- Versorgungsspannung 1,2...3,3 V
- Phase Noise -150 dBc bei 1 MHz

Der Oszillator ist auch als TCXO lieferbar. Die Produktspezifikation finden Sie auf der Geyer-Website.

electronica
Halle B5, Stand 319

■ **Geyer electronic**
www.geyer-electronic.de

Miniatur-Schwingquarz ab 8 MHz



Die Firma Geyer quartz technology bietet unter der Bezeichnung KX-7 einen zuverlässigen Miniaturquarz an. Mit Abmessungen von nur 3,2 x 2,5 x 0,8 mm ist dieses Bauteil jetzt bereits ab einer Frequenz von 8 MHz erhältlich. Der Frequenzbereich erstreckt sich bis 66 MHz. Der KX-7 ist in den Frequenztoleranzen von 10 bis 50ppm bei +25 °C und in einer engen Temperaturtoleranz und mit 20ppm z.B. auch für den Einsatz im Temperaturbereich von -40 bis +85 °C lieferbar. Der Schwingquarz ist besonders für Anwendungen in den Bereichen Telekom, Bluetooth, Wireless Communications und der Automobile geeignet.

electronica
Halle B5, Stand 319

■ **Geyer electronic**
www.geyer-electronic.de



Wainwright Instruments GmbH

Seit über 37 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.

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

HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer

Highpassfilter (Waveguide Design)

- geringe Baugröße
- geringe Einfügedämpfung
- besonders geeignet für Frequenzen oberhalb von 10 GHz
- unterschiedliche Cutoffs und Steilheiten möglich, je nach Anforderung

Beispiel:
Hochpass WHW-10000-13000-26500-40CC-2
Cutoff: 13 GHz
Sperrdämpfung: 40 dB min. von DC bis 10 GHz
geringe Durchlassdämpfung von unter 0.75 dB bis 26.5 GHz (ausgenommen Resonanzfrequenz bei 25.1 GHz)
Rückflussdämpfung: 10 dB min.
Steckverbinder: PC 2.92 female
20 W im Durchlassbereich



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

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

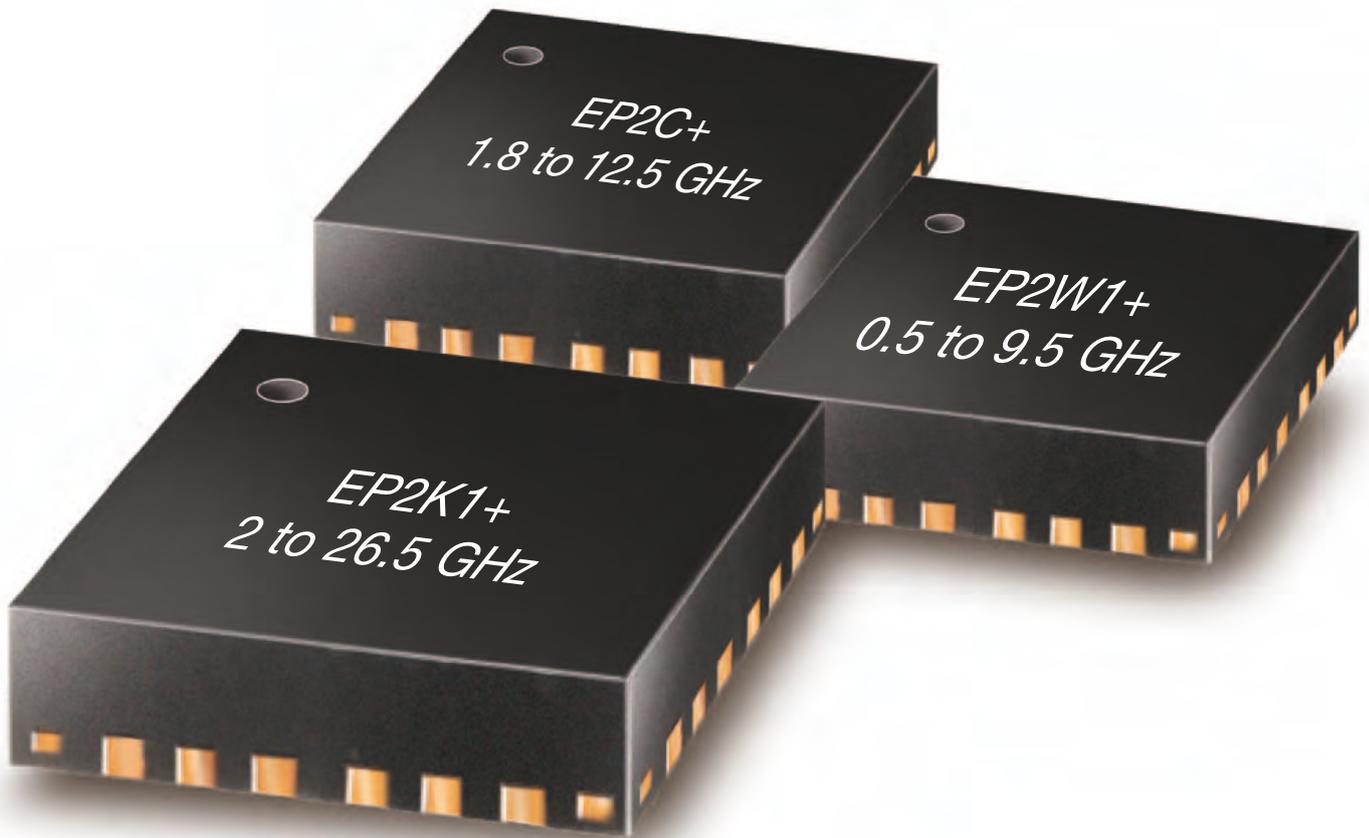
RoHS
Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinien

TÜV ISO 9001 ISO 14001
AUSTRIA OHSAS 18001

PIM-Testing



Ultra-Wideband MMIC SPLITTER/COMBINERS



Single Unit Coverage as Wide as **2 to 26.5 GHz**

Models from **\$5⁵⁶**
ea. (qty. 1000)

DIE GRÖSSTE BANDBREITE IM INDUSTRIEBEREICH MIT EINEM EINZIGEN MODELL!

Unsere neue EP-Serie ultra-breitbandiger MMIC-Splitter/Combiner eignet sich perfekt für Breitbandsysteme in Wehr- und Messtechnik sowie in allen Zellularfunkbereichen - einschließlich LTE - sowie für WiFi. Diese Modelle haben ein konsistentes Verhalten im gesamten Einsatzbereich, sodass Anwender die Anzahl der Komponenten auf ihrer Materialrechnung reduzieren können, denn sie benötigen jetzt nur noch ein einziges Bauteil! Die Splitter/Combiner verwenden GaAs-IPD-Technologie um industrieführende Performance, hohe Leistungs-Belastbarkeit und effiziente Wärmeabführung in einem kleinen Gehäuse zur Verfügung zu stellen. Das eröffnet dem Anwender ein neues Leistungsniveau und bietet ihm die Flexibilität, diese Bauteile fast überall auf seiner Platine anordnen zu können. Die Splitter/Combiner sind sofort ab Lager lieferbar!

- Typen für 0,5 bis 26,5 GHz
- mögliche Leistungen bis 2,5 W
- Einfügedämpfung typisch 1,1 dB
- Isolation typisch 20 dB
- geringe Phasen- und Amplituden-Unsymmetrie
- DC-Pass bis zu 1,2 A

EP2K-Serie, 4x4x1 mm

EP2W-Serie, 5x5x1 mm



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

549 Rev B

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

Quarzoszillatoren für unkonventionelle und konventionelle Anwendungen

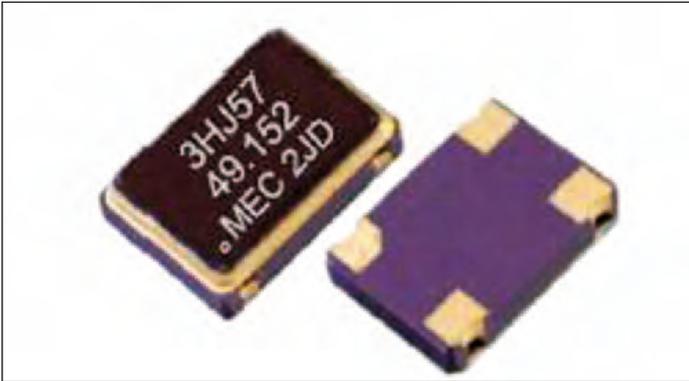


Bild 1: SMD-Quarzoszillator mit nur 48 fs Jitter

Vielfach sind die Anforderungen an Quarzoszillatoren oder Schaltungslösungen komplex und können mit herkömmlichen Oszillatorbausteinen nicht gelöst werden. Trotzdem liegen die räumlichen Abmessungen, Anforderungen an die Leistungsaufnahme und Kosten meist schon in engen Grenzen fest. Für solche Fälle gibt es Hersteller, die nicht auf Standard-Produkte, Tiefstpreise und Großserien setzen, sondern vielmehr durch ihr spezifisches Know how zur „Spezialitätenschmiede“

einer großen Palette spezieller und doch sehr lösungsbezogener Quarzprodukte wurden. In diesem Artikel stellen wir eine kleine Auswahl davon vor.

Low-Jitter-, Low-Phase-Noise-Oszillator

Der Typ HJ ist ein SMD-Quarzoszillator mit extrem niedrigem Jitter von typisch 48 fs, dementsprechend ist auch sein Phasenrauschen mit -120 dB bei 100 Hz sehr gering (Werte bei 49,125 MHz 3,3 V VDD) Er wird, entsprechend der Spannungsversorgung, in drei verschiedenen Gehäusen mit einem Frequenzbereich von jeweils 5,0 bis 50,0 MHz angeboten.

Telcon AG
www.telcon.com

Phasenrauschen

Das Phasenrauschen kann mit einem Spektrum-Analyzer gemessen werden, wenn das Rauschen seines internen Oszillators deutlich kleiner ist, als das zu messende Phasenrauschen.

Es wird in dBc/Hz (dB Carrier/Hz) in einem bestimmten Abstand (Offset) zur Oszillatorfrequenz angegeben. Da es sich beim Phasenrauschen um eine Rauschleistungsdichte handelt, muss zur Angabe einer Rauschleistung die Rauschleistungsdichte auf eine bestimmte

Bandbreite bezogen werden. Ein Beispiel:

- Oszillator-Ausgangsleistung 5 dBm
- Messbandbreite 1.0 Hz
- Rauschleistung bei 100 kHz Offset -120 dBm
- Resultierendes Phasenrauschen -125 dBc/Hz

Die Tabelle 2 zeigt weitere Beispiele.

Phasenrauschen kann in den Bereichen des Leistungsdichtespektrums ohne 1/f-Rauschen und bei Auftreten einer gleich-

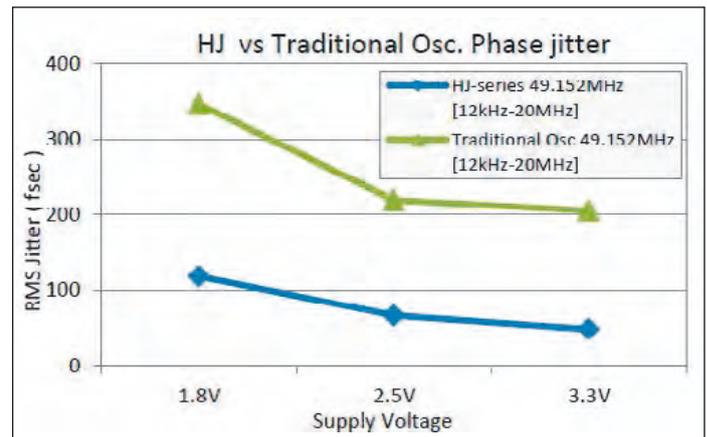


Bild 2: Oszillator-Phasen-Jitter der HJ-Serie gegenüber traditionellen Oszillatoren

Type	HJ32	HJ53	HJ57	
Dimensions	3.2 * 2.5 * 1,0 mm	5.0 * 3.2 * 1.2 mm	7.0 * 5.0 * 1.4 mm	
Available Frequency Range	5.0 ~ 50.0 MHz	5.0 ~ 50.0 MHz	5.0 ~ 50.0 MHz	
Supply Voltage V _{cc}	1.8 V _{cc} ± 10%	+2.5 V _{cc} ± 10%	+3.3 V _{cc} ± 10%	
Current Consumption	3 mA (typical) ; 5 mA (max.)	4.7 mA (typical) ; 7 mA (max.)	7 mA (typical) ; 10 mA (max.)	
Output Logic " High " , " 1 "	1.62 V (min.)	2.25 V (min.)	2.9 V (min.)	
Output Logic " Low " , " 0 "	0.18 V (max.)	0.25 V (max.)	0.33 V (max.)	
Rise Time (T _r) / Fall Time (T _f)	5.0 ns (typical) ; 10 ns (max.)	2.0 ns (typical) ; 10 ns (max.)	1.5 ns (typical) ; 10 ns (max.)	
Gemessen zwischen 10% ↔ 90% von V _{cc} (CL = 15 pF)				
Frequency Stability Codes	Frequency Stability over Operating Temperature Range	± 25ppm	± 50ppm	± 100ppm
	Commercial (-10°C - +70°C)	A	B	C
	Industrial (-40°C - +85°C)	D	E	F

Tabelle 1: Die wichtigsten technischen Daten der Oszillatoren HJ32, 53 und 57

Hoch-präzise Signale - „What you output is what you really get!“

 Unterstützt von
Keysight BenchVue

Präzise Trueform Technik. • Hohe Signal-Integrität. • Bandbreite bis 30 oder 120 MHz. • USB, LXI.



33509B	1 Kanal	20 MHz	250 MS/s, 16 bit	-
33510B	2 Kanäle			AWG 8 S...1 MS (optional 16 MS)
33511B	1 Kanal	-		
33512B	2 Kanäle			30 MHz
33519B	1 Kanal	-		
33520B	2 Kanäle		AWG 8 S...1 MS (optional 16 MS)	
33521B	1 Kanal	-		
33522B	2 Kanäle		80 MHz	1 GS/s, 14 bit
33611A*	1 Kanal	AWG optional bis 64 MS pro Kanal		
33612A	2 Kanäle			
33621A	1 Kanal	120 MHz		
33622A	2 Kanäle		-	

Lernen Sie die neue Signal-Generator-Generation kennen.

 Mit der einzigartigen Trueform Technologie erzeugen Sie **echte Punkt-für-Punkt Arbiträr-Waveforms** mit zehnmal geringerem Jitter als die gängige Direct Digital Synthesis (DDS) Technologie. Für **saubere, alias-freie Signale!**

 12 Modelle mit **1 oder 2 Ausgangskanälen** und Bandbreiten zwischen 20 MHz und 120 MHz (Sinus). Je nach Modell für Standard- und Arbiträr-Signale (AWG).

Großes Farb-Display mit integriertem „Waveform-Builder“ - für schnellen, effizienten Einsatz in Simulation und Test.

www.meilhaus.de/33509b.htm

SSB Phase Noise [49,152 MHz, 3,3 V]	Offset	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz	20 MHz
	dBc/Hz (typ.)	-91	-126	-141	-153	-166	-171	-172	-174
[49,152 MHz, 1,8 V]	dBc/Hz (typ.)	-97	-120	-132	-146	-159	-164	-164	-165

Tabelle 2: Weitere Beispiele.

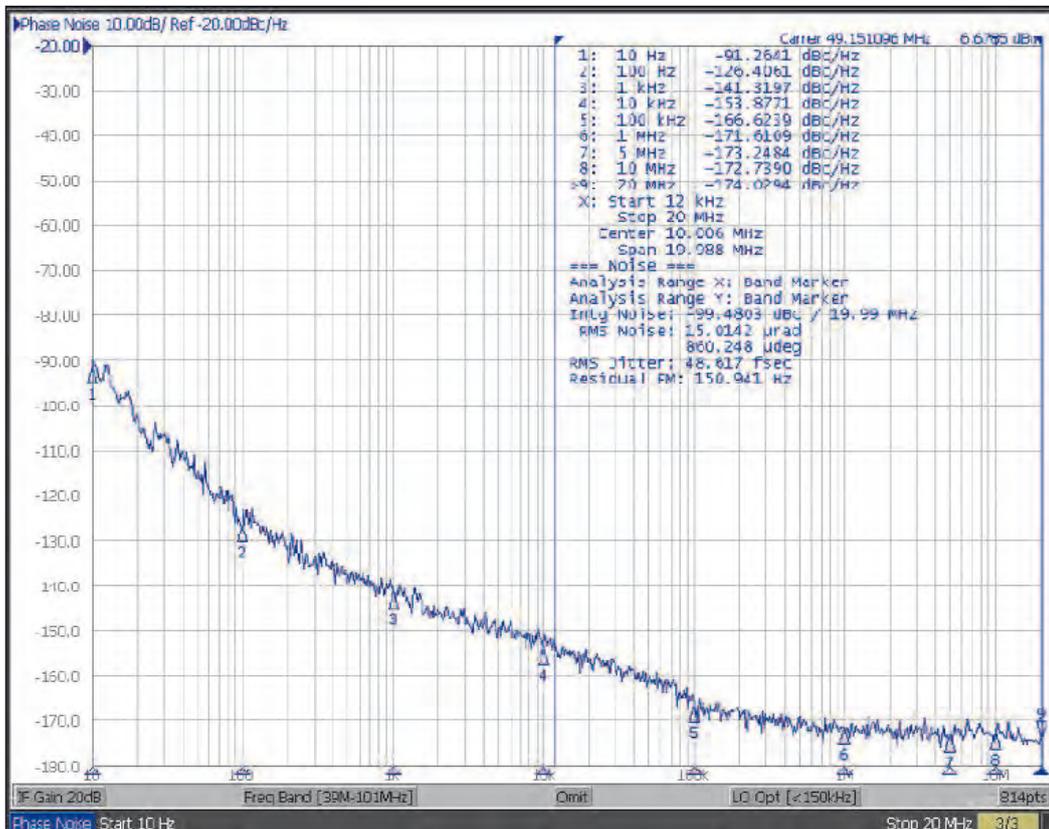


Bild 3: Messung des Phasenrauschens

mäßigen Änderungsrate von -20 dBc/Hz pro Dekade über folgende Gleichung näherungsweise in Bezug zum Cycle-to-Cycle-Jitter gesetzt werden:

Jitter

Als Jitter bezeichnet man das zeitliche Taktzittern bei der Übertragung von Digitalsignalen, d.h. eine leichte Genauigkeitsschwankung im Übertragungstakt (engl. Clock). Jitter ist als Störsignal im Normalfall unerwünscht. Allgemeiner ist Jitter in der Übertragungstechnik ein abrupter und unerwünschter Wechsel der Signalcharakteristik. Dies kann sowohl Amplitude als auch Frequenz und Phasenlage betreffen. Der Jitter ist die erste Ableitung einer Verzögerung (engl. delay). Die spekt-

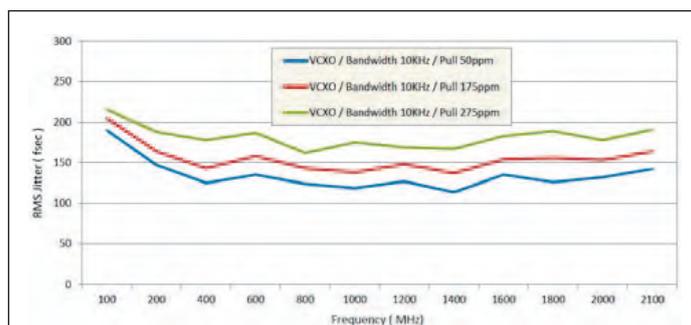


Bild 5: Jitterwerte bei 2 GHz

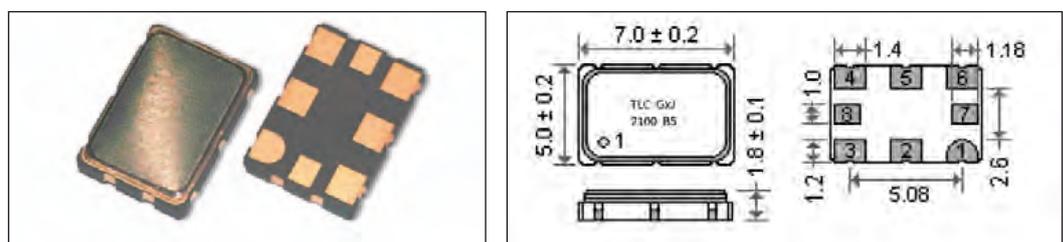


Bild 4: 7x5 mm Keramik-SMD-Gehäuse Mechanische Abmessungen

rale Darstellung der zeitlichen Abweichungen wird als Phasenrauschen bezeichnet.

Hochfrequente VCXO's

Unter der Bezeichnung HxJ wird ein Quarzoszillator und unter der Bezeichnung GxJ ein VCXO (voltage controlled crystal oscillator) im 7x5-mm-SMD Gehäuse angeboten. Sie decken einen Frequenzbereich von 150 MHz bis 2.1 GHz ab. Durch ein vom Hersteller speziell entwickeltes Frequenzaufbereitungsverfahren, ist der Oszillator wesentlich kostengünstiger herzustellen als z. B. konventionelle HF-VCXOs mit Grundtonschwingern in «Inverted Mesa»-Technologie. Auch kurze Lieferzeiten sind für den Entwickler ein gewichtiger Vorteil.

Die Oszillatoren decken Ziehbereiche von ±100ppm bis ±250ppm ab. Die Messwerte einer typischen Ziehkurve des Oszillators bei 2.0 GHz zeigt die Tabelle 3.

Der ME32 ist ein temperaturkompensierter Quarzoszillator in einem 3.2.2.5x1,3-mm-Keramik-SMD-Gehäuse, basierend auf einem Stimmgabel-Uhrenquarz von 32.768 kHz mit einem CMOS-Ausgang. Mit einer Frequenzstabilität von ±5ppm (±2.6 min./Jahr) von -40 °C bis +85 °C und einer Stromaufnahme von nur 1.5 µA bei 3.3 V ist er sehr vielseitig einsetzbar, speziell in batteriebetriebenen, tragbaren Geräten. Typische Anwen-

Ziehspannung	MHz	PPM	Linearität
3.3	200.025325	126.6	0.8
3	200.019828	99.1	
2.9	200.018205	91.0	
1.65	199.999864	-0.7	
0.4	199.981320	-93.4	
0.3	199.979849	-100.8	
0	199.975982	-120.1	%
Counter Voltage	MHz	PPM	Linearität
3.3	200.049778	248.9	0.9
3	200.038724	193.6	
2.9	200.035473	177.4	
1.65	199.998623	-6.9	
0.4	199.961747	-191.3	
0.3	199.958766	-206.2	
0	199.951186	-244.1	%

Tabelle 3: Messwerte einer Ziehkurve bei 2 GHz

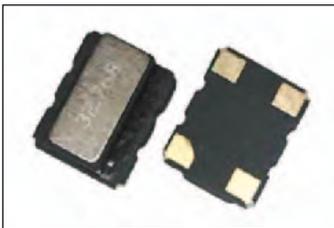


Bild 8: TCXO ME32 mit sehr niedriger Stromaufnahme

dungen sind: GPS-Empfänger, Smart Meters, Geodäsie-Messgeräte wie Theodoliten, Sport-Zeitmesssystemen, Zeitsynchronisation bei Datenübertragung, Telematik u.a.

Bild 7: Phasenrauschen bei 3,3 V, LVPECL, XO, 1000 MHz 32.768kHz, TCXO mit extrem niedriger Stromaufnahme

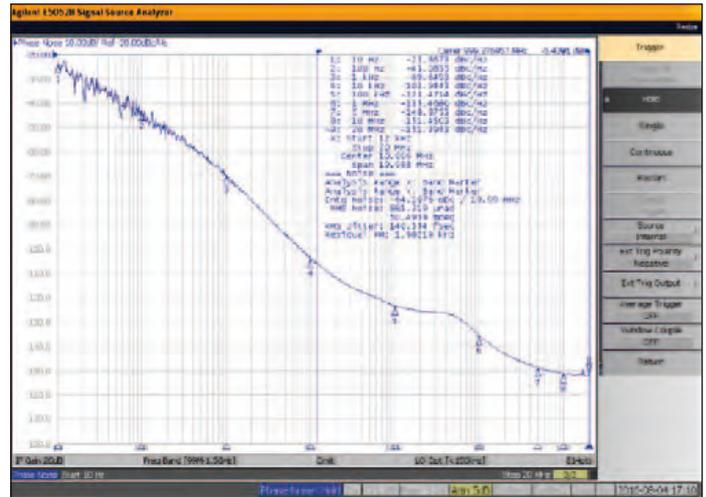


Bild 6: Phasenrauschen bei 3,3 V, PECL, VCXO, 1000 MHz, VC = GND

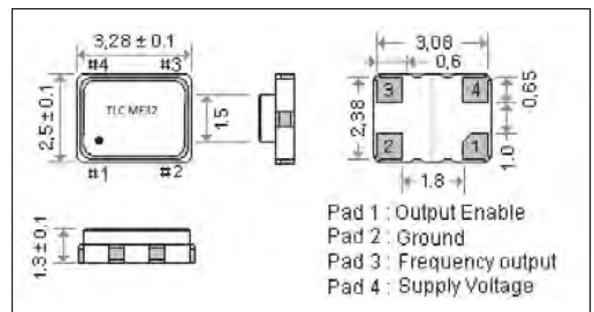
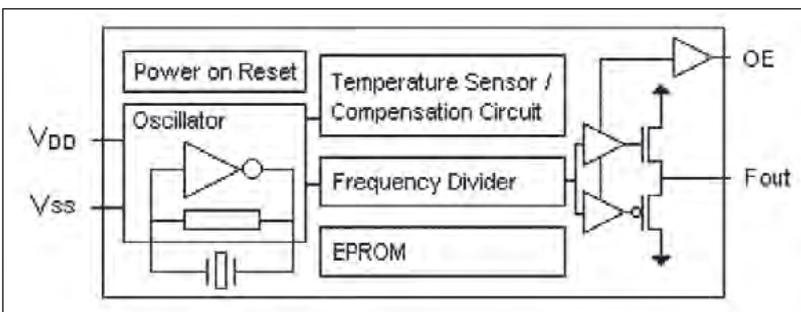
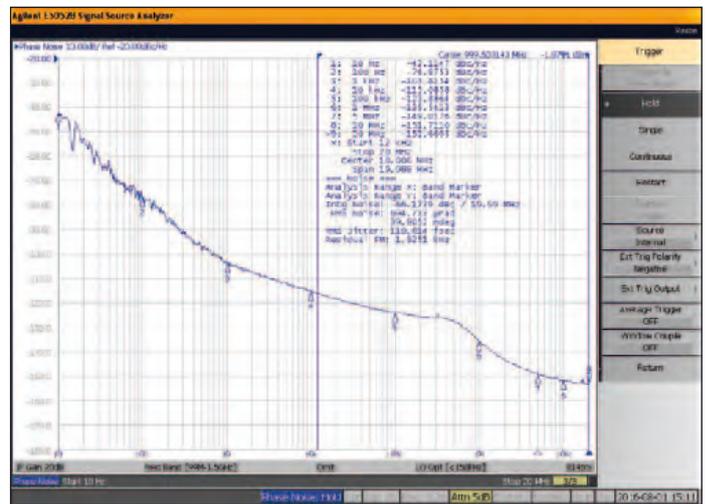


Bild 9: Block Diagramm des ME32, rechts die Gehäuse Abmessungen und PIN Belegung

Nominal Frequency		32,768 kHz				
Standard Supply Voltages (Custom V _{DD} is also available)	V _{DD}	1.0 ± 5 %	2.5 ± 5 %	3.0 ± 5 %	3.3 ± 5 %	5.0 ± 10 %
	Voltage code	18	25	3	33	5
Power Supply Current (I _{CC})		0,79 µA	1,05 µA	1,25 µA	1,37 µA	2,05 µA
Initial Calibration Tolerance		±1,5ppm (max.) bei T _{amb} = +25 °C ± 3 °C				
Frequency Stability over Temperature (max.)		±2ppm (0 °C bis +50 °C), ± 2,5ppm (-20 °C bis +70 °C), ±5 ppm (-40 °C bis +85 °C)				
Timing error over time [±5 ppm (-40 °C bis +85 °C)]		± 0,432 sec/day ; ± 12.960 sec/month ; ± 2.620 minutes / year , w.r.t fo at +25 °C.				

Tabelle 4: Die wichtigsten Parameter des ME32

Vibrationsempfindlichkeit von Quarzen und Quarzfiltern

Schwingquarze sind piezoelektrische Schwinger mit einer sehr hohen Güte, die sie zum idealen Bauelement für eine Vielzahl von Anwendungen macht, bei denen es auf hohe Frequenzgenauigkeit und -konstanz ankommt. Die hauptsächlichen Einsatzgebiete von Schwingquarzen in der Elektronik sind Quarzoszillatoren und Quarzfilter

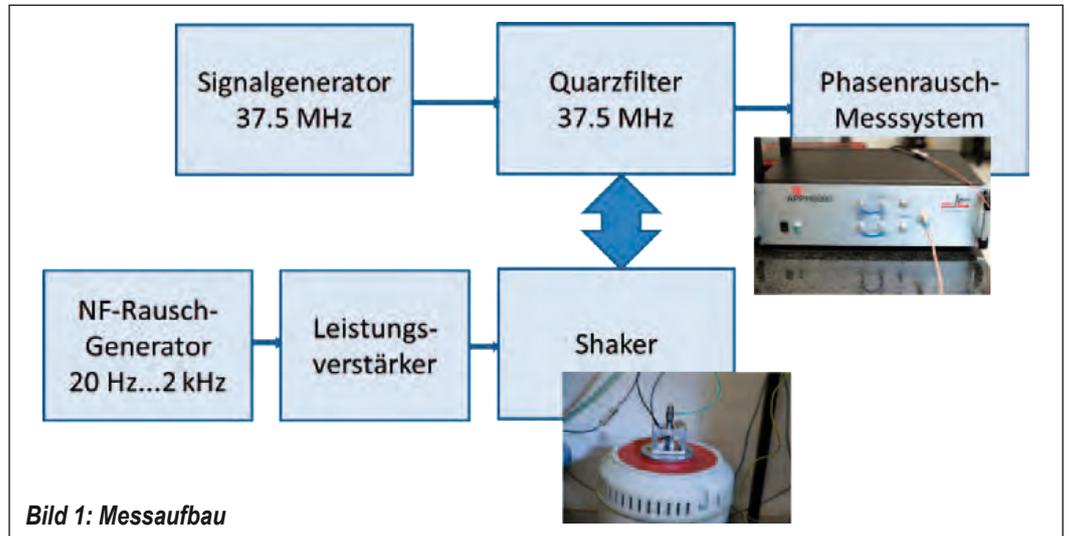


Bild 1: Messaufbau

Auch wenn die Applikationen für Quarzfilter in den letzten Jahrzehnten eher abgenommen haben, gibt es nach wie vor eine ganze Reihe von Anwendungen, bei denen die einzigartigen Eigenschaften von Quarzfiltern wichtig sind. Wenn für Anwendungen im Frequenzbereich von ca. 1 MHz bis 200 MHz schmalbandige Filterung (Bandbreiten von ca. 1 kHz bis 200 kHz) mit guter Frequenzstabilität, geringer Durchlassdämpfung und hoher Flankensteilheit im Übergang vom Durchlassbereich in der Sperrbereich gefordert ist, sind Quarzfilter unersetzbar. Quarzfilter werden heute meist als ZF-Filter für schmalbandige Funkanwendungen eingesetzt, neben dem Amateurfunk sind dies z.B. Satellitenfunk, Richtfunk über lange Distanzen, BOS-Funk (Behörden, Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste, etc.), Notsignalempfänger, Schmalband-Datenfunk um nur einige Beispiele zu nennen.

Das Thema Vibrationsempfindlichkeit von Quarzoszillatoren – im Englischen auch ‚G-Sensitivity‘ genannt – ist hinlänglich bekannt und wurde auch bereits in einem Fachbeitrag in HF-Praxis im Dezember 2015 beschrieben.

Weniger bekannt ist die Tatsache, dass auch Quarzfilter vibrationsempfindlich sind bzw. dass Signale, die durch ein Quarzfilter geführt werden, unter Vibrations Einfluss einer Verschlechterung der Frequenz- und Phasenstabilität unterliegen. Dies gilt grundsätzlich nicht nur für Quarz-, sondern auch für SAW-Filter oder weitere Filtertypen, die vibrationsempfindliche Elemente enthalten.

Leider haben alle piezoelektrischen Schwinger prinzipiell den Nachteil, dass dieser piezoelektrische Effekt auch invers funktioniert, d.h. Quarze reagieren auf äußeren Stress (schnelle Temperaturänderungen, mechanischer Schock oder Vibration) mit einer leichten Deformation des Kristallgitters. Diese Deformation sorgt für eine Veränderung der Resonanzfrequenz in Abhängigkeit von den auf den Kristall wirkenden Kräften. Auf den Kristall wirken auch Kräfte, wenn er einer Beschleunigung ausgesetzt wird – sowohl bei konstanter Beschleunigung wie der Erdbeschleunigung oder in einer Zentrifuge, als auch bei dynamischen Vorgängen wie Schock und Vibration. Bereits der Einfluss der Erdbeschleunigung G kann relative Frequenzänderungen im Bereich 1×10^{-10}



Bild 2: Messobjekt 8-Pol Quarzfilter 37,5 MHz

bis 1×10^{-7} hervorrufen; diese lassen sich mit hochpräzisen und -stabilen Ofenoszillatoren, im Englischen „Ovenized Crystal Oscillator“ (OCXO) genannt, bei der sog. 2G-Tipover-Messung auch erfassen. Die Änderung der Frequenz in Abhängigkeit von einer auf den Quarz wirkenden Beschleunigung wird im Englischen ‚Acceleration Sensitivity‘ oder auch einfach ‚G-Sensitivity‘ genannt und meist in „parts per billion“ (1ppb = 1×10^{-9}) pro g ($1 \text{ g} = 9.81 \text{ m/s}^2$) ausgedrückt. Diese quasi-statischen Frequenzänderungen sind für die allermeisten Anwendungen in der Praxis von keiner oder nur von geringer Bedeutung.

Das Problem

In der Praxis ist allerdings die „dynamische G-Sensitivity“, d.h. die Empfindlichkeit von Quarzen, Quarzoszillatoren und Quarzfiltern auf dynamische

Harald Rudolph
Leiter des
Produktmanagements
KVG Quartz Crystal
Technology
www.kvg.-gmbh.de

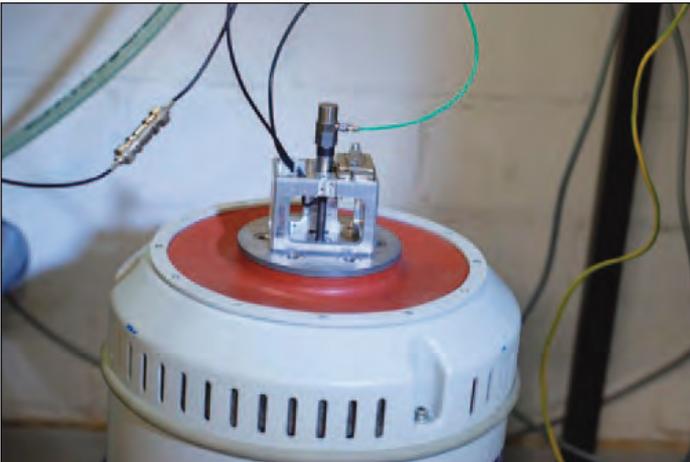


Bild 3: Vibrationstisch (Shaker) mit Beschleunigungs-Aufnehmer und Messobjekt

Beschleunigungsvorgänge, wie sie durch mechanische Schocks, Vibration (Luft-, Wasser- und Körperschall) hervorgerufen werden, von weitaus größerer Bedeutung. Diese Einflüsse verursachen Frequenz- und Phasensprünge, wenn sie diskret auftreten oder erzeugen eine Frequenz- bzw. Phasenmodulation des gefilterten Signals bei periodischer oder rauschähnlicher Anregung, was sich effektiv wie eine Verschlechterung des Phasenrauschens im Frequenzbereich bzw. des Jitters im Zeitbereich auswirkt.

Nachfolgende Messkurven zeigen das originäre Phasenrauschen eines Sinussignals mit einer Frequenz von 37,5 MHz, welches als Referenz für die Messungen dient. Dieses HF-Signal wird durch ein Quarzfilter (Bandpass) mit einer Mittenfrequenz von 37,5 MHz geführt. Dann wird das Quarzfilter einer „Random Noise“-Vibration mit einer Rauschleistungsdichte – (Power Spectral Density, PSD) - von 0,05 g²/Hz im Frequenzband von 20 Hz bis 2 kHz ausgesetzt. Das Signal erfährt dadurch eine Phasenmodulation, im englischen auch „Vibration Induced Phase Noise“ (VIPN) genannt. Im deutschen wird gerne der Begriff „Phasenrauschen unter Vibration“ benutzt. Beide Begriffe sind missverständlich, da die Art der Phasenmodulation vom anregenden Signal abhängt und nur dann rauschähnlich

ist, wenn eine rauschähnliche Vibration auf das Objekt einwirkt. Die auf das Objekt einwirkende Beschleunigung kann aber auch eine diskrete (Vibrations-) Frequenz oder ein Spektrum aus diskreten (Vibrations-) Frequenzen sein.

Das für diese Messung verwendete Quarzfilter ist ein 8-Pol-Filter mit einer Mittenfrequenz von 37,5 MHz und einer -3-dB-Bandbreite von 50 kHz (±25 kHz) mit folgenden Daten.

- Durchlassdämpfung kleiner als 3 dB
- Sperrdämpfung bei ±50 kHz mehr als 70 dB
- Weitabselektion besser als 80 dB.

Wie deutlich zu erkennen ist, verschlechtert sich das Phasenrauschen des Signals nach Übertragung über das Filter derart, dass es für viele Anwendungen nicht mehr akzeptabel ist. Die Verschlechterung rührt von der Vibrationsempfindlichkeit des Quarzfilters, welche wiederum drei Hauptursachen hat:

1. Die im Filter verwendeten Quarze (Quarzscheiben) sind aufgrund des piezoelektrischen Effekts grundsätzlich vibrationsempfindlich.
2. Eine wichtige Rolle spielt auch der mechanische Aufbau des Quarzes. Die Quarzscheibe bildet zusammen mit dem sog. Halter - auch Feder genannt - an welchem sie angekittet ist, ein

Masse-Feder-System mit einer ausgeprägten mechanischen Eigenresonanz bei ca. 1 kHz bis ca. 5 kHz- je nach Durchmesser und Dicke (Masse) der Scheibe und Federsteifigkeit des Halters. Im Bereich dieser Eigenresonanz wird die anregende Vibration noch um ein mehrfaches verstärkt.

3. Der mechanische Aufbau des Filters, d.h. die Montage der Quarze auf der Leiterplatte (PCB) und die Montage der PCB im Gehäuse bilden ebenso mehrere Masse-Feder-System mit ausgeprägten mechanischen Eigenresonanzen im Bereich von einigen hundert Hz bis zu einigen kHz.

Das Problem verschärft sich, wenn gefilterte Signale im MHz-Bereich auf Sendefrequenzen von 800 MHz bis 1,8 GHz oder bei Radaranwendungen noch höher hochmultipliziert werden. Durch diese Multiplizierung kommt es auch zu einer entsprechenden Vergrößerung des Modulationsindex der störenden Seitenbänder, d.h. diese erhöhen sich relativ zum Träger entsprechend. Dies führt z.B. zu einer größeren Bitfehlerrate bei der Datenübertragung oder zu unerwünschten Mischprodukten mit Nachbarkanälen. Eine typische Anwendung bei der dieser Punkt zum Tragen kommt, ist die mobile Mobilfunk-Basisstation, z.B. in Zügen. Aber auch für fest installierte

Basisstationen an Gebäuden oder an Masten, die Erschütterungen durch vorbeifahrende Züge oder LKWs ausgesetzt sind, ist die dynamische G-Sensitivity eine wichtige Charakteristik. Durch die zum Teil sehr hohen Vibrationseinflüsse durch Turbinen oder Rotoren können beispielsweise auch kritische Anwendungen in Hubschrauber oder Flugzeuge betroffen sein, und in besonders starkem Maße trifft dies auf die außerordentlich hohe Vibrationsbelastung durch Strahltriebwerke bei Raumfahrt-Anwendungen zu.

Durch die Vielzahl der verschiedenen Einsatzbereiche werden die auftretenden Vibrationen oder Erschütterungen klassifiziert. Erschütterungen durch Straßenverkehr oder Schienenfahrzeuge erzeugen ein kontinuierliches Spektrum vor allem tiefer Frequenzen. Strahltriebwerke haben auch einen spektralen Anteil höherer Frequenzen und Motoren oder Generatoren sorgen für ein diskretes Spektrum von Einzelfrequenzen. Weiterhin gibt es auch kurzzeitige Stossbelastungen wie sie durch Hagelkörner auf Systeme im Außenbereich auftreten oder durch Schlagwerkzeuge beim Einsatz in Bergwerken oder der Schwerindustrie.

Wenn man die Auswirkungen der Vibrationen vorhersagen möchte, muss man sowohl die Beschleunigungsempfindlichkeit des

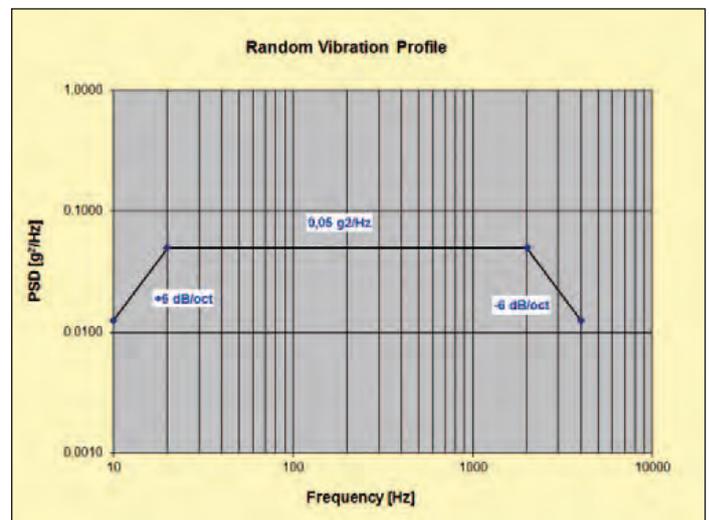


Bild 4: Vibration Profile (PSD als Funktion von f vib)

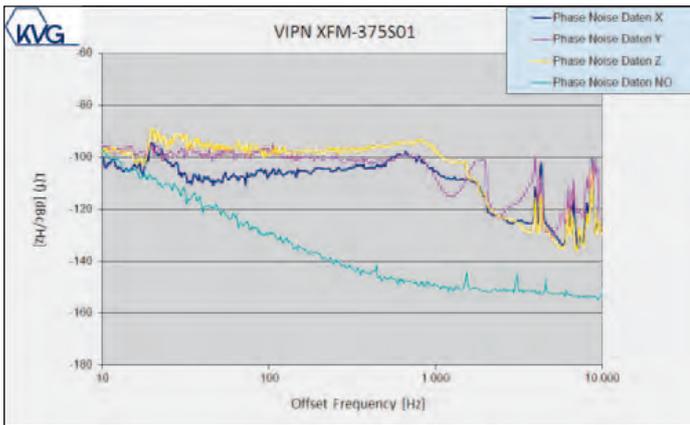


Bild 5: Originäres Phasenrauschen (türkis) und Vibration Induced Phase Noise für nicht-optimiertes Filter

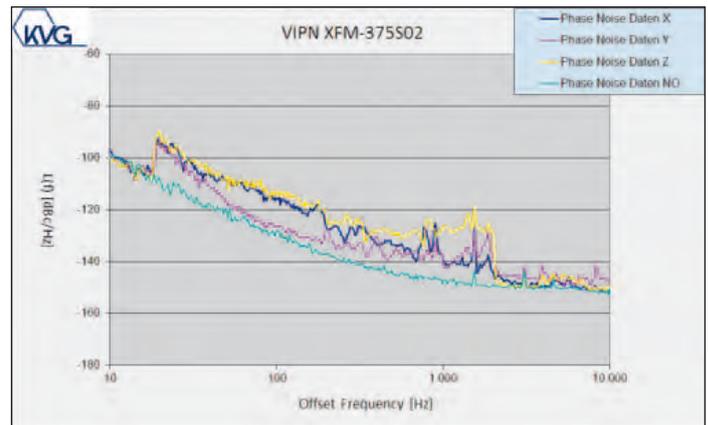


Bild 6: 'Vibration Induced Phase Noise' für optimiertes Filter

Quarzoszillatoren in Abhängigkeit von der Vibrationsfrequenz als auch das anregende Vibrationspektrum. Bei Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt oder auch militärischen Applikationen sind die Vibrationsspektren in der Regel bekannt und werden teilweise auch explizit in den Oszillatorspezifikationen festgelegt oder auf die entsprechenden MIL-STDs (z.B. 810, Method 514) verwiesen. In der MIL-STD-810 werden zahlreiche – meist militärische – Anwendungen und die zu erwartenden Beschleunigungen aufgeführt, die in einzelnen Frequenzbereichen weit über die bei diesen Messungen benutzten $0,05 \text{ g}^2/\text{Hz}$ hinausgehen.

Eigenschaften und der gleichen Charakteristik, d.h. gleiche Bandbreite, gleiche Sperrdämpfung etc. wie das erste Filter, aber entwickelt und gebaut unter Verwendung von Quarzen mit einer geringeren Vibrationsempfindlichkeit. Daneben wurde die Montage der Quarzblanks dahingehend verbessert, dass die mechanischen Eigenresonanzen ausreichend oberhalb des Frequenzbereichs liegen, in welchem Vibrationen als Körperschall normalerweise auftreten können. Auch die Montage der Quarze im Gehäuse wurde dahingehend optimiert, dass mechanische Eigenresonanzen zu höheren Frequenzen ver-

schoben und gleichzeitig weitgehend bedämpft werden. Wie deutlich zu erkennen ist, wurden – im für diese spezielle Anwendung kritischen Frequenzbereich von 100 Hz bis 2 kHz – Verbesserungen des VIPN von ca. 20 dB erreicht.

in mobilen Funkanwendungen verwendet werden, wo der Empfänger Vibrationen ausgesetzt ist. Es konnte gezeigt werden, dass durch sorgfältige Auslegung des Filterdesigns deutliche Verbesserungen erzielt werden können.

Fazit

Nicht nur Quarzoszillatoren sind vibrationsempfindlich, sondern auch Quarzfilter können - unter dem Einfluss von Vibration oder auch mechanischen Schocks - zu einer Beeinträchtigung der zu übertragenden Signalqualität beitragen. Dies ist besonders relevant, wenn Quarzfilter

Über den Autor:

Harald Rudolph ist Leiter des Produktmanagements bei der KVG Quartz Crystal Technology GmbH, einem der technologisch führenden Hersteller im Bereich präzise Quarze, hochstabile Quarzoszillatoren mit sehr geringem Phasenrauschen und kleiner G-Sensitivity und Quarzfilter mit besonderen Anforderungen. ◀

Problemlösung

Mittlerweile sind aber für mehrere Anwendungen, z.B. in der Messtechnik, die traditionell das beste Phasenrauschen benötigen, die Anforderungen derart hoch, dass schon die vom Gerät selbst erzeugten Vibrationen - z.B. eingebaute Lüfter, oder der normale Körperschall - im Labor oder Büro ausreichen, um das originär sehr gute Phasenrauschen des Nutzsignals nicht mehr nutzen zu können, da es vom VIPN überlagert wird. Unter Verwendung von Quarzen, die auf minimale G-Sensitivity optimiert sind, lassen sich heute Quarzfilter bauen, deren Empfindlichkeit unter 1 ppb/g liegt.

Bild 6 zeigt Messergebnisse eines Filters mit den gleichen

Literaturverzeichnis

- [1] John R. Vig, „Quartz Crystal Resonators and Oscillators For Frequency Control and Timing Applications - A Tutorial“
US Army Communications-Electronics Research, Development & Engineering Center Fort Monmouth, NJ, USA, February 2005.
- [2] Raymond L. Filler, „The Acceleration Sensitivity of Quartz Crystal Oscillators: A Review“
IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 35, NO. 3, MAY 1988.
- [3] R.C. Smythe, „Acceleration Effects in Crystal Filters – A Tutorial“,
IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONIC; FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL: 39; NO: 3; MAY 1992
- [4] R.L. Clark, McCoy Electronics, M.K. Yurtseven, Pennsylvania State University at Harrisburg
“SPURIOUS SIGNALS INDUCED BY VIBRATION OF CRYSTAL FILTERS”; 1988 ULTRASONIC SYMPOSIUM
- [5] Raymond L. Filler, John A. Kosinski and John R. Vig
“FURTHER STUDIES ON THE ACCELERATION SENSITIVITY OF QUARTZ RESONATORS”
US Army Electronics Technology & Devices Laboratory (ERADCOM), Fort Monmouth, New Jersey 07703

Theoretische Grundlagen:

Ausgehend von der allgemeinen Beschreibung eines nichtidealen, rauschenden Signals, wobei man zwischen Amplituden- und Phasenrauschen unterscheidet:

$$u(t) = (A_0 + \varepsilon(t)) \cdot \sin[2\pi f_0 t + \phi(t)] \quad (1)$$

mit: $\phi(t) = \phi_0 + \Delta\phi(t)$ Phasenrauschen (2)

$$\omega(t) = 2\pi \cdot f(t) = \frac{d\phi(t)}{dt}$$

Unter der Annahme dass eine Beschleunigung auf das Quarzfilter wirkt, wird sich die Mittenfrequenz des Filters leicht verschieben. Bei der Betrachtung im Durchlassbereich des Filters ist die Änderung der Amplitude sehr viel kleiner als die Änderung der Phase, sodass die Phasenänderung von sehr viel größerem Interesse ist.

Die Gruppenlaufzeit τ_g des Filters repräsentiert die Änderung der Phase bei der Referenzfrequenz:

$$\tau_g = \frac{d\phi}{df \cdot 2\pi} = \frac{d\phi}{d\omega} \quad \Delta\phi = 2\pi \cdot \frac{d\phi}{d\omega} \cdot \Delta F = 2\pi \tau_g \Delta F$$

Eine Beschleunigung verschiebt die Frequenz jedes Resonators (Quarzes) um:

$$\Delta f_c = f_0 \cdot (\vec{\Gamma} \otimes \vec{A})$$

Mit f_0 gleich der Quarzfrequenz ohne Einfluss von zusätzlicher externer Beschleunigung;

Γ ist der Beschleunigungs-Empfindlichkeits-Vektor des Quarzes;

A ist der Beschleunigungsvektor und Δf_c ist die Änderung der Quarzfrequenz;

$(\vec{\Gamma} \otimes \vec{A})$ steht für das Skalarprodukt der beiden Vektoren.

Die durch die Beschleunigung erzeugte Phasenverschiebung lässt sich wie folgt darstellen:

$$\Delta\phi = 2\pi \cdot \tau_g \cdot F_0 \cdot (\vec{\Gamma}_{eff} \otimes \vec{A})$$

Unter der Annahme von sehr kleinen Phasenänderungen ($<0,1$ rad) ist das dadurch erzeugte Phasenrauschen bei sinusförmiger Vibration:

$$L(f) = \left[\pi \tau_g F_0 \cdot (\vec{\Gamma}_{eff} \otimes \vec{A}_p(f)) \right]^2 \quad \text{oder in dB ausgedrückt:}$$

$$L_{dB}(f) = 20 \cdot \log \left[\pi \tau_g F_0 \cdot (\vec{\Gamma}_{eff} \otimes \vec{A}_p(f)) \right]$$

Im Falle der Anregung mit rauschförmiger Vibration (Random Noise Vibration) ergibt sich:

$$L_{dB}(f) = 20 \cdot \log \left[\pi \tau_g F_0 \cdot (\vec{\Gamma}_{eff} \otimes \vec{u}) \cdot \sqrt{2 \cdot G(f)} \right]$$

mit $G(f)$ = Power Spectral Density in $[g^2/Hz]$

Im Unterschied zu Quarzoszillatoren ist das durch die Vibration erzeugte Phasenrauschen theoretisch nicht von der Vibrationsfrequenz abhängig; dafür geht die Gruppenlaufzeit des Filters in die Berechnung mit ein. Das heißt, theoretisch

müsste bei einer konstanten Gruppenlaufzeit und einer konstanten PSD auch das dadurch erzeugte Phasenrauschen konstant sein, was sich in der Praxis bei den Messungen nicht so gezeigt hat. Die Ursache für diese Abweichung muss noch

untersucht werden, möglicherweise ist die Annahme einer max. Phasenänderung von nur 0,1 rad bei der gewählten PSD von 0,05 g^2/Hz in Kombination mit mechanischen Resonanzen nicht mehr zutreffend, sodass auch Bessel-Terme höherer

Ordnung berücksichtigt werden müssten. Bei der Herleitung einiger Formeln oben, wurden Zwischenschritte übersprungen, die aber bei Interesse in den im Literaturverzeichnis aufgeführten Papers nachgelesen werden können.

Auswahl von Takt-ICs für drahtlose Anwendungen

Moderne Funkanwendungen benötigen hochwertige integrierte Taktlösungen, um die oft kritischen Timing-Anforderungen erfüllen zu können.



Gefordert werden flexible ICs für Designs, die den hohen Taktanforderungen nachkommen, innovative Takt-ICs zum Einsatz in drahtgebundenen und drahtlosen Netzwerken sowie kosteneffiziente Lösungen zur High-Performance-Taktgenerierung und -verteilung.

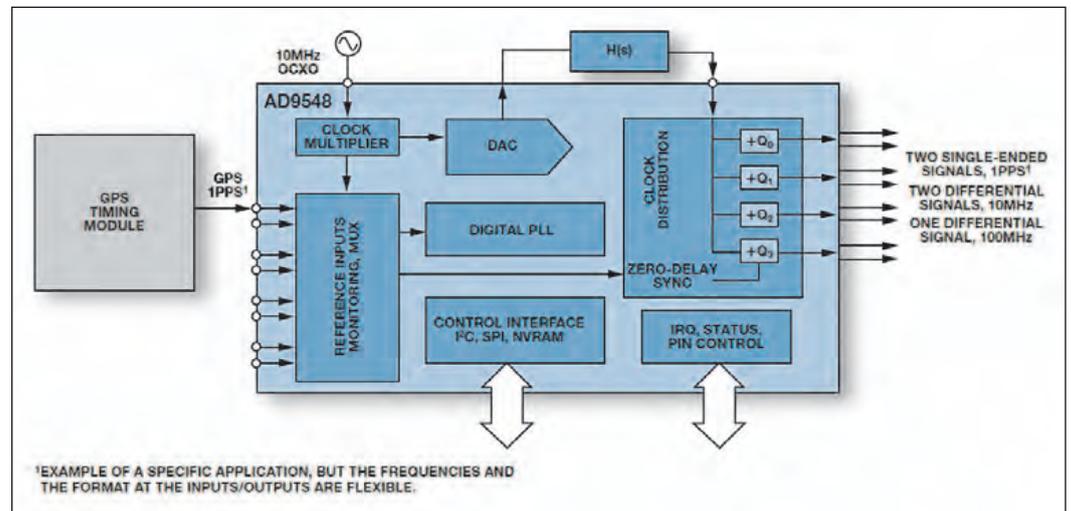
Firmen wie Analog Devices bieten für drahtlose High-Performance-Taktapplikationen eine Palette komplexer und leistungs-

fähiger ICs. Denn die meisten auf 2G, 3G, WiMAX oder LTE basierenden Transceiver-Stationen werden über eine absolute Zeitreferenz synchronisiert.

Bei CDMA beispielsweise sorgt die Synchronisation für einen Zeitversatz zwischen Basisstationen, die einem mobilen Teilnehmer den geregelten, unbemerkten Übergang von einer Station zur anderen ermöglicht. In vielen Fällen wird die Zeitsyn-

chronisation der Basisstation durch eine Phasenanbindung an ein 1-Hz-Signal erreicht, welches ein GPS-Receiver liefert.

Der AD9548 (siehe Blockdiagramm) bietet eine solche integrierte High-Performance-GPS-basierte Synchronisation. Doch worauf kommt es bei der Auswahl des Takt-ICs für eine bestimmte Applikation eigentlich an? Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:



Quelle:
Analog Devices: Clock and Timing ICs for Wireline Applications
www.analog.com
Teilübersetzung von FS

Blockdiagramm des AD9548

- Synchronisation
- Redundanz
- Frequenzumstellung (Frequency Translation)
- Jitter-Reinheit (Jitter Cleanup)
- Anwenderfreundlichkeit

Synchronisation

Phasensynchronisation liegt vor, wenn die Flanken an Eingang und Ausgang durch einen festen Phasenwinkel gekoppelt sind. Bei hochwertigen Produkten wird hier eine Zero-Delay-Funktionalität erreicht. Frequenzsynchronisation ist eine grundlegende Anforderung im Netzwerk-Bereich und liegt vor, wenn Eingangs-Taktfrequenz und Ausgangsfrequenz in einem festen Verhältnis stehen. Wenn also die Eingangsfrequenz driftet, dann tut dies entsprechend dem Verhältnis auch die Ausgangsfrequenz. Eine nähere Betrachtung erfordern, sowohl bei der Phasensynchronisation als auch bei der Frequenzsynchronisation, schnelle und kurzzeitige Störungen, hochwertige Lösungen können diese berücksichtigen oder ausblenden, je nach konkreten Applikationsanforderungen.

Redundanz

Um die Zuverlässigkeit und die Stabilität des Netzwerks zu erhöhen, bieten einige Produkte eine Redundanz, indem sie Mehrfacheingänge managen (Switchover-Funktionalität), wobei die Priorität auf einem sanften (hitless) Umschalten zwischen den Eingängen liegt, sowie eine Holdover-Funktionalität (Aufrechterhalten des Ausgangs-Taktsignals bei Ausfall des Eingangs-Taktsignals). Damit gelangen dem Designer Systeme mit höherer Up-Time, und es erübrigt sich die Sorge, dass ein intermittierendes oder fehlendes Referenzsignal zum Crash des Systems führt. Die Holdover-Fähigkeit kann entweder durch Controller/Prozessor-Elemente im System oder durch Einführung einer Monitoring-Funktion, welche den Holdover-Modus bei Ausfall des Referenzsignals am Eingang aktiviert, erreicht werden. Die Umschalt-Fähigkeit zwischen verschiedenen Referenzeingängen macht es möglich, dass im Bedarfsfall ein alternatives Referenzsignal genutzt wird. Ein wichtiger Aspekt bei der Switchover-Funktion besteht darin, dass kein zusätzlicher Impuls oder extra langer Impuls hierbei erzeugt wird. Downstream PLLs dürfen durch das Umschalten nicht die Führung verlieren, und zwar besonders auch dann, wenn es keine vordefinierte Beziehung zwischen den Frequenzen und Phasen der verschiedenen Referenzsignale an den Eingängen gibt.

Frequenzumstellung

Die Fractional-N-Takt-ICs von Analog Devices z.B. lassen sich zwischen jeder von zwei Standardfrequenzen mit 0ppm Fehler umstellen. Viele verschiedene Taktfrequenzen können von einer einzigen Baustufe synchronisiert werden, wobei jeweils vier Logikstandards am Ausgang möglich sind. In allen Fällen hängt die absolute Genauigkeit der Ausgangsfrequenz hauptsächlich von der absoluten Genauigkeit der Referenzfrequenz ab. Das entscheidende Element für den Unterschied zwischen verschiedenen Produkten ist der mögliche Faktor zwischen Eingangs- und Ausgangsfrequenz. Der Designer wird also seine Auswahl zunächst hieran ausrichten.

Jitter-Reinheit (Jitter Cleanup)

Egal woher das Taktsignal stammt und wie es übermittelt wird, ein solches Netzwerk-Referenzsignal erzeugt oft einen beachtlichen Störpegel auf seiner Reise durch das System. Ein Clock-IC sollte daher dazu in der Lage sein, die Störungen (Noise/Jitter) an seinem Referenzeingang zu filtern, sodass die Signale ausreichend sauber bleiben und den vorgeschriebenen Jitter-Pegeln der anzuwendenden Netzwerk-Standards entsprechen.

Heute sind Takterzeugungs-Produkte erhältlich, welche bezüglich Jitter-Erzeugung die Anforderungen der Vorschriften OC-12 bis OC-768 übertreffen, und zwar mit Leistungen besser als $200 f_{s_{rms}}$ im Bereich 12 kHz bis 20 MHz. Wichtig ist bei Verwendung solcher Produkte, dass eventuelle Taktverteiler (Fanout Buffers) einen zusätzlichen Jitter von möglichst unter $25 f_s$ (12 kHz bis 20 MHz) bewirken. Kommt dann noch eine programmierbare Loop-Bandbreite unter 1 mHz hinzu, so erhält man einen Netzwerk-Takt mit einer extrem hohen Jitter cleanup.

Takterzeugungs- und verarbeitungs-ICs sollten die üblichen Standard-Frequenzkombinationen für SONET/SDH, Gb Ethernet, Synchronous Ethernet, GPON/EPON, Fibre Channel und DOCSIS mithilfe von über Pins programmierbaren Modi beherrschen. Interessant ist ferner ein SPI/I2C-Port, um die Flexibilität zu erhöhen. Sinnvoll ist zudem ein integriertes EEPROM, um die vom Anwender gewünschten Konfigurationen zu speichern. Da die Clocking-Erfordernisse für drahtgebundene und drahtlose Netzwerke voneinander abweichen, bieten Hersteller wie Analog Devices eine entsprechende Device-Architektur, um die kritischen Timing-Funktionen zu unterstützen. ◀

HF-LEISTUNGSVERSTÄRKER

komplette Verstärker-Rack-Lösungen
SATCOM-Verstärker
TWTA - Verstärker
SSPA - Verstärker



HF-Hohlleiter

Systeme & Subsysteme
flexible Hohlleiter
Speisenetzwerke
Drehkupplungen
Antennenfeeds
WR10 - WR650
Filter



HF- & MIKROWELLEN-KOMPONENTEN

optische Strecken bis 40 GHz
kundenspezifische Lösungen
passive Komponenten
aktive Komponenten
Subsysteme
Absorber
DC - 100 GHz



HF- & MIKROWELLEN-MESSTECHNIK

AVIONIK Mess- & Prüfgeräte
Wireless- & Mobilfunktester
Zeit- & Frequenzstandards
Funkmessplätze (RTS)
Netzwerkanalysatoren
GNSS-Simulatoren
Signalgeneratoren
Pulsgeneratoren
Kalibrierkits



Wir verstehen die Welle

Extrem kleines Bluetooth-Smart-Modul



Der Erfolg des Bluetooth-Smart-Moduls ISP130301 veranlasste die Entwickler von tekmoduls Partner InsightSiP dazu, einen großen Schritt weiterzugehen. Mit dem neuen ISP1507 wird die neuste Bluetooth-Technologie in einem ultra-kleinem Package inklusive Antenne, Quarzen und M4-Prozessor angeboten.

Das ISP1507 ist mit einer Größe von nur 8 x 8 mm und eine Dicke von maximal 1 mm (typ. 0,95 mm) eines der kleinsten Bluetooth-Smart-Module auf

dem Markt. Es basiert auf dem WLCCSP nRF52832 Chip von Nordic Semiconductor. Mit seiner 32-Bit ARM Cortex M4 CPU, 512 kB Flash Memory, analoger und digitaler Peripherie, SPI, I²C und GPIOs wird aktuell Bluetooth V4.2 unterstützt. Durch die integrierten Quarze (16 MHz und 32 kHz) und die ebenfalls integrierte Antenne stellt das kostenoptimierte Modul einen bereits fertigen BLE-Knoten dar und kann in verschiedene Anwendungen integriert werden.

Das ebenfalls vorhandene NFC-Interface ermöglicht nach Anschluss einer externen RFID/NFC-Antenne z.B. das Out-of-Band Pairing von Geräten durch einfaches Auflegen eines NFC Readers oder Smartphones.

Durch seine große Speicherkapazität und den leistungsstarken Prozessor kann das Modul als Knotenpunkt für anspruchsvolle Applikationen eingesetzt werden und meistens Applikations-Mikrocontroller ersetzen.

Trotz der zusätzlichen Rechenleistung ist der Stromverbrauch sogar noch geringer als bei den vorherigen Generationen. Das Modul benötigt nur 5,5 mA für die Datenübertragung, 1,5 mA im Standby-Modus und nur 0,7 mA im Deep-Sleep-Modus, und mit seinem Advanced Power Management liegt die Batterielebensdauer anwendungsspezifisch im Bereich von mehreren Jahren. Die Sendeleistung erreicht maximal 4 dBm, und die Empfanglichkeit hat sich auf -96 dBm verbessert.



denen der Stückpreis entscheidend ist und die trotzdem keine Einschränkungen in Leistung und Größe haben wollen. Das Modul basiert auf dem nRF51822-Chip von Nordic Semiconductor mit 32-Bit ARM Cortex CPU, 128 kB Flash-Speicher, analog&digital SPI, I²C und GPIOs. Der Stromverbrauch beim Senden beträgt 10,5 mA und beim Empfang 12 mA. Nur 2,3 µA fließen im Standby Mode, und der zusätzliche Deep-Sleep Mode ermöglicht mit seinen 0,5 µA eine lange Batterielebensdauer. Die Sendeleistung erreicht 4 dBm, und die Empfangsempfindlichkeit liegt bei -93 dBm.

■ CompoTEK GmbH
www.compotek.de

Äußerst kleines Lowcost-BLE-Modul

Tekmoduls Partner InsightSiP präsentierte das neue Lowcost-Bluetooth-Funkmodul ISP1302 nach dem Bluetooth-4.1-Standard. Mit einer Größe von nur 8 x 8 x 1 mm ist es eines der kleinsten BLE-Module am Markt. Das kostenoptimierte Modul ist mit seinem sehr guten Preis/Leistungs-Verhältnis die optimale Lösung für Kunden, bei

Bidirektionaler Verstärker

KU BDA 240250-25 A

2400 ... 2500 MHz • 37 dBm COFDM



electronica
Halle A1 - Stand 135

High Quality Made in Germany

Anwendungen

- Digitale Rundfunksysteme (DVB-T, DVB-S)
- COFDM - Systeme mit Modulationsarten QPSK, QAM
- WLAN-Anwendungen nach IEEE 802.11b/g
- Analoge & digitale Übertragungssysteme

Features

- LDMOS - Technologie
- RX/TX-Umschaltung abhängig vom Eingangsleistungspegel
- Zirkulator zum Schutz gegen hohes VSWR
- Status LED zur Anzeige von RX/TX-Betrieb
- Fernspeisung über den "Radio"-Anschluss
- Zusätzlicher Eingang zum direkten Anschluss der Versorgungsspannung



Neue Website!

www.kuhne-electronic.de

Kuhne electronic GmbH

Scheibnacker 3 Telefon: +49 (0) 9293 / 800 640
95180 Berg - Germany E-Mail: info@kuhne-electronic.de

KUHNE electronic
MICROWAVE COMPONENTS

Solutions for the wireless world

Smart Solutions

that integrates all your testing needs



Visit us at



electronica 2016

Hall A1 - Booth 269

Fully Integrated Test Systems for Applications from DC to 50 GHz

Whether you choose one of our standard test systems - or have AR build a system to your specs - you'll be amazed at how easy, accurate, efficient, and affordable testing can be. Everything you need is right at your fingertips. It all works together perfectly, because everything has been carefully selected and assembled by AR engineers, using the most dependable and most innovative equipment on the market today.

AR can deliver a solution that integrates all your testing needs: radiated and conducted immunity, radiated and conducted emissions, electrostatic discharge, lightning simulation...whatever you need. We have the expertise and experience to supply fully automated systems needed to test various standards including IEC 61000, MIL-STD 461 and 464, DO-160, wireless, automotive, HIRF and HERO.



ar deutschland

AR Deutschland GmbH | Theodor-Heuss-Str. 38, 61182 Bad Vilbel | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com
In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000

Herausforderungen durch Interferenzen effizient meistern

In der drahtlosen Welt ist Interferenz ein unerwünschter Nebeneffekt, der Störungen verursacht, Mobiltelefon-Anrufe unterbrechen und im Allgemeinen die Kommunikation beeinträchtigen kann. Im Fall von Mobilfunknetzen sind Interferenzen ein Teil des Netzwerks.

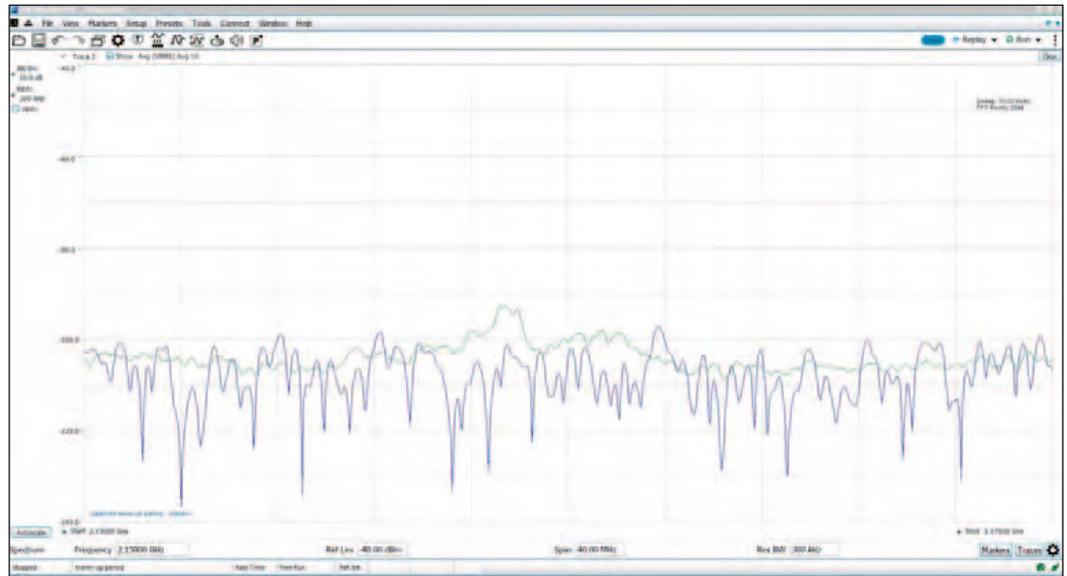


Bild 1: Beispiel eines per OTA gemessenen LTE-Signals

Inzwischen verfügen immer mehr Netzwerke über integrierte Funktionen, die Interferenzen erkennen können. Jedoch fehlt diesen Tools häufig das Hintergrundwissen, da sie nur für einige Signalarten ausgelegt sind und die Auswirkungen des Problems nur in einem einzigen Kanal messen können. Ein Spektrumanalysator ist ein

für Ingenieure vertrautes Tool, um Interferenzquellen zu messen und zu identifizieren. Es gibt viele unterschiedliche Arten von Spektrumanalysatoren auf dem Markt, aber oftmals kommen kleine batteriebetriebene Geräte zum Einsatz, da man sich damit frei bewegen und Daten von mehreren Standorten vergleichen kann. Auf der Jagd

nach Interferenzen besteht die erste Herausforderung darin zu bestimmen, ob das Störsignal überhaupt gemessen werden kann. Normalerweise ist der gestörte Empfänger, und das ist der erste Schritt der Untersuchung, einfach zu identifizieren. Die Herausforderung besteht darin, dass Funkempfänger sehr kleine Signale erfassen können.



Autor:
Dean Miles
EMEA Technical Marketing
Manager
bei Tektronix
www.tektronix.de

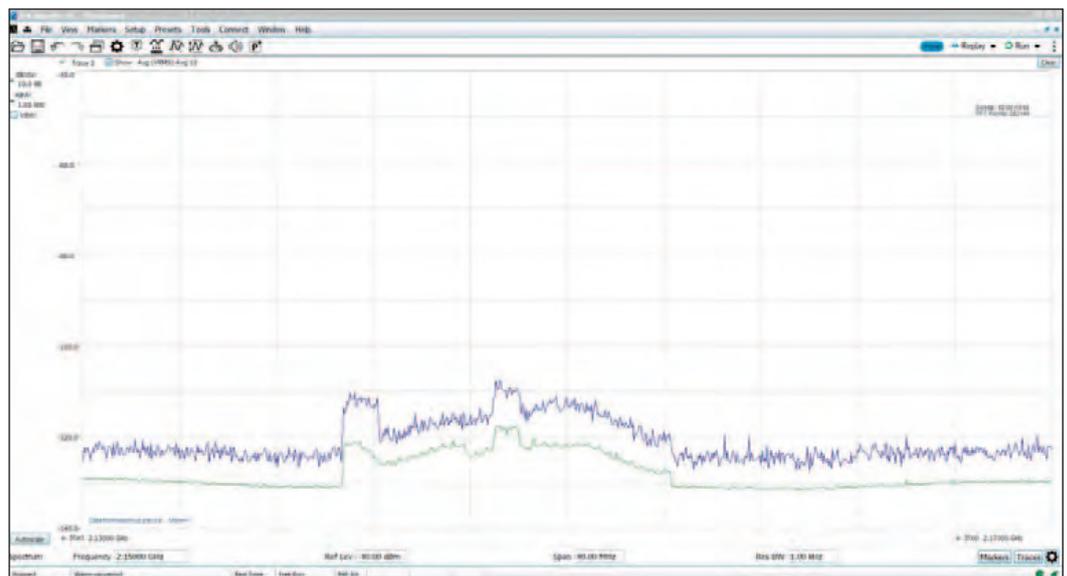


Bild 2: Ein Echtzeit-Spektrumanalysator mit einem 1-kHz-RBW-Filter verbessert die Sichtbarkeit bei LTE-Signalen

Deshalb muss der Spektrumanalysator so eingestellt werden, dass er quasi mit der gleichen Empfindlichkeit wie der gestörte Empfänger arbeitet und somit auch das Gleiche „sieht“ wie der Empfänger. Ein normaler LTE-Empfänger hat beispielsweise eine Empfindlichkeit von etwa -120 dBm. Dies bedeutet, dass alle Hochfrequenz-Störsignale auf dem Empfangskanal, die stärker als -120 dBm sind, den Betrieb des Empfängers stören können.

Es gibt zwei Parameter bei einem Spektrumanalysator, welche die Empfindlichkeit beeinflussen: der Referenzpegel (RefLvl) und die Auflösungsbandbreite (RBW). Die Herausforderung besteht darin, dass bei Messungen über die Luftschnittstelle (OTA - Over the Air) der Referenzpegel relativ hoch (-30 dBm) gehalten werden muss, so dass der Spektrumanalysator nicht durch die gesamte gemessene Hochfrequenz-Energie überlastet wird.

Bei den meisten Spektrumanalysatoren wird der RBW-Parameter automatisch eingestellt, und zwar auf der Basis des Frequenzbereichs, den der Anwender konfiguriert hat. Bei OTA-Messungen sollten die RBW-Werte reduziert werden, um auch kleine Signale zu erkennen, die den gestörten Empfänger beeinflussen könnten. Diese Kombination hat bei den meisten batteriebetriebenen Spektrumanalysatoren eine sehr langsame Sweep-Rate zur Folge, so dass periodisch auftretende transiente Signale mit niedrigem Pegel kaum zu sehen sind. Aber eben solche Signale verursachen störende Interferenzen.

Echtzeit-Spektrumanalysatoren adressieren dieses Problem, da sie das Spektrum mit einem schmalen RBW-Filter schneller messen können, als einfache, universelle Spektrumanalysatoren. Bild 1 zeigt ein Beispiel eines über OTA gemessenen LTE-Signals. In diesem Fall wird der Frequenzbereich auf 40 MHz eingestellt, was eine RBW von 300 kHz zur Folge hat. Die Bestimmung der

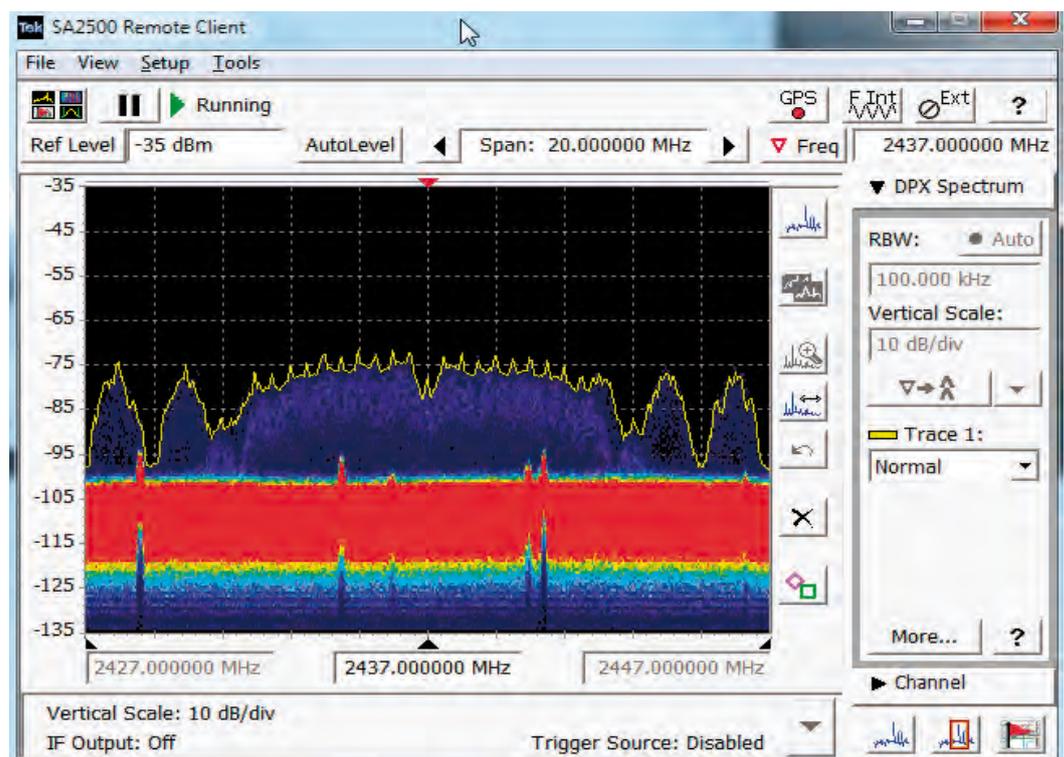
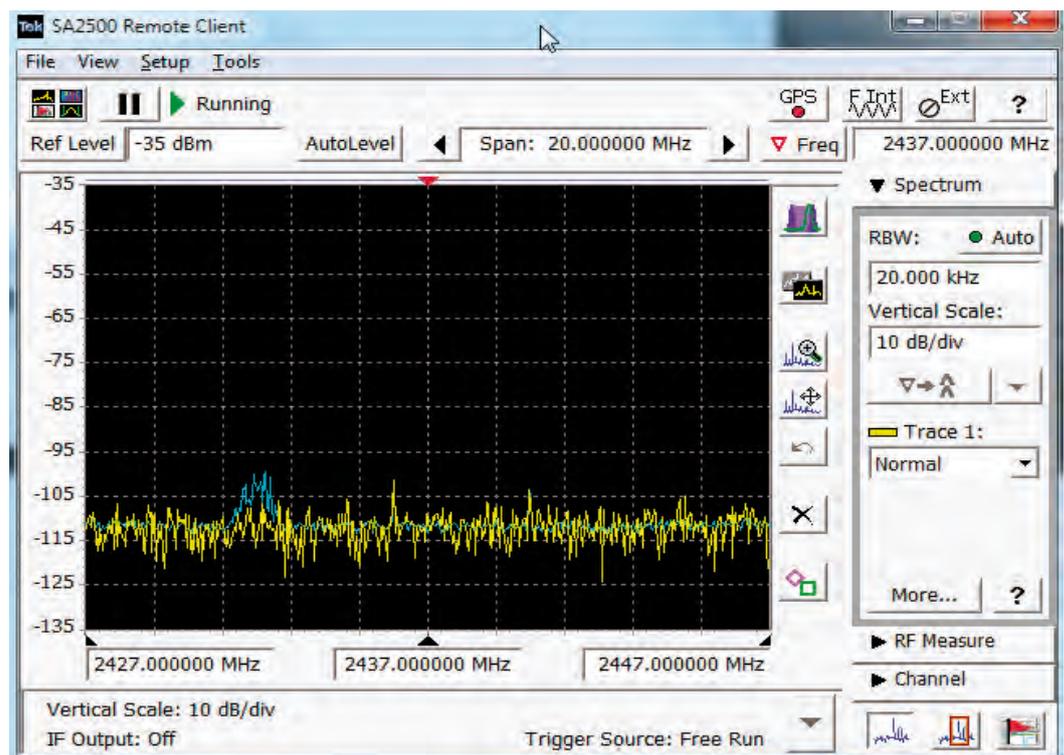


Bild 3: Ein Echtzeit-Spektrumanalysator kann sehr viel mehr Informationen darstellen, als ein konventioneller Spektrumanalysator

Emission im Zentrum der Darstellung ist allerdings relativ schwierig. Es ist fast unmöglich, eine schmalbandige Störquelle (< 300 Kilohertz) mit dieser Einstellung zu erkennen. Bild 2 zeigt dieselbe Einstellung mit einem 1

kHz RBW-Filter. In diesem Fall hat sich die Messzeit für den LTE Kanal und die effektive Sweep-Zeit auf nur 40 ms erhöht. Das ist einer der Vorteile eines Echtzeit-Spektrumanalysators (RTSA) bei der Messung von Interferenzen

auf einem Funkkanal. Derartige Geräte sind leider teuer und auch nicht mobil. Mittlerweile ist aber eine neue Klasse von kostengünstigen, batteriebetriebenen Echtzeit-Spektrumanalysatoren mit USB-Schnittstelle erhältlich.

lich. Diese RTSAs sind praktische Geräte, um Interferenzen in unterschiedlichsten Anwendungen aufzuspüren.

Messung der Interferenz-Frequenz

Normalerweise werden die verschiedenen Trace-Modi eines Spektrumanalysators genutzt, um Hochfrequenz-Signale zu charakterisieren. Zu den gängigen Funktionen gehört die Ermittlung von Spitzenwerten, Mittelwert und Minimalwert. Allerdings lässt sich auch mit Hilfe dieser Trace-Modi nur schwierig bestimmen, wie oft ein Signal auftritt, oder ob ein Signal mit anderen Signalen im selben Frequenzbereich in Bezug steht.

RTSAs bieten eine Lösung für dieses Problem: Schnelle Spektrumdarstellung mit Nachleuchteffekt. Bei einem Echtzeit-Spektrumanalysator führt das Instrument zur Messung des Spektrums in jedem Frequenzbereich bis zum maximalen Echtzeit-Frequenzbereich kein Sweeping durch. Dadurch kann es das Spektrum Zehntausende Mal pro Sekunde messen. Allerdings lässt sich das Spektrum nicht so schnell darstellen. Um dieses Problem zu umgehen, wurden Spektrumanalysatoren mit nachleuchtenden Displays entwickelt (Bild 3).

Ein Display mit Nachleuchtefunktion (oder Digitalphosphor-Display) zeichnet die Signale übereinander auf - Pixel für Pixel - so oft, wie die Messung erfolgt. Die Farbe des Pixels verdeutlicht, wie oft ein Signal aufgetreten ist. Bei einer Temperaturskalierung bedeutet ein rotes Pixel, dass das Signal häufig vorkommt, während es bei Blau weniger häufig ist. Mit der Kombination von schnellen Spektrum-Messungen und Nachleuchten können selten auftretende Ereignisse leichter identifiziert werden. Bei der Echtzeit-Darstellung ist die Einstellung des RBW-Filters sehr sorgfältig auszuwählen. Wie bei einer normalen Spektrum-Darstellung beeinflusst das RBW-Filter sehr

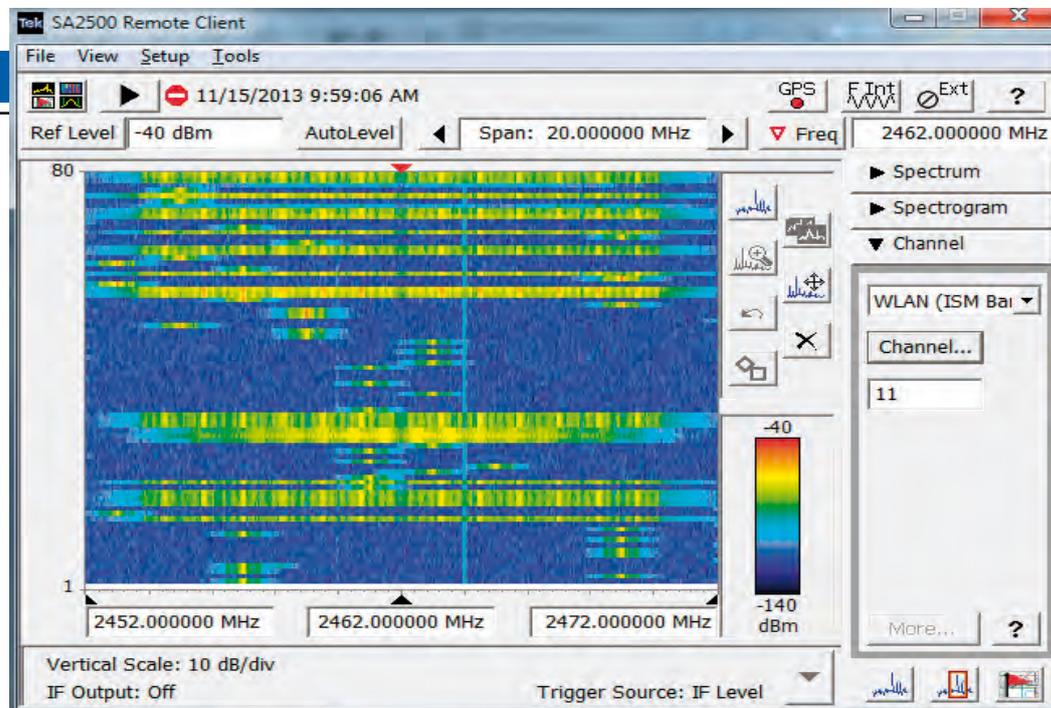


Bild 4: Das Spektrogramm ermöglicht eine Aufzeichnung des Spektrums über eine längere Zeit und die spätere Betrachtung problematischer Bereiche

stark die Geschwindigkeit der Spektrum-Messungen. Eine wichtige Spezifikation eines RTSA ist die Erfassungswahrscheinlichkeit (POI - Probability of Intercept). Dieser Wert spezifiziert die minimale Signaldauer, die das Instrument sicher erfassen kann. Die Auswahl eines schmalen RBW verändert die POI der Messung - ein wichtiger Faktor, der beachtet werden muss.

Das Gesamtbild

Obwohl mit einem Nachleuchte-Display eine viel größere Menge an Informationen als mit einer normalen Spektrum-Darstellung gewonnen werden kann, offenbart auch diese Methode immer noch nicht das Gesamtbild. In der modernen Funktechnik kommen verschiedene Protokolle zum Einsatz, die CCA-Verfahren (Clear Channel Assessment) nutzen. Derartige Sender können feststellen, wie stark ein Funkkanal belegt ist und starten die Übertragung erst, wenn kein anderer die Frequenz nutzt. Selbst ein schnelles Nachleuchte-Display kann die Timing-Beziehungen zwischen zwei Signalen nicht darstellen. Um das Timing von Signalen zu bestimmen, wird die Spektrogramm-Funktion benötigt (Bild 4). Diese stellt die Spektrum-Daten über der Zeit dar, um zu bestimmen, wie oft die Signale

aktiv sind. Spektrogramme sind eine Art Wasserfall-Anzeige, welche die Spektrum-Aktivität über der Zeit darstellen. Wie in einer typischen Spektrum-Anzeige liegen die Start-Frequenz am linken Ende und die Stopp-Frequenz am rechten Ende des X-Achse. Die Amplitudenskala ist auf der Y-Achse aufgetragen, wobei die Farbe die jeweilige Signalamplitude verdeutlicht - rot für die höchste Amplitude und schwarz für die niedrigste. Das Spektrogramm wird aus den erfassten Spitzenwert-Daten der Nachleuchtefunktion zusammengesetzt, wobei die Menge der aggregierten Spektrum-Daten durch den Anwender festgelegt wird.

Mit diesen Steuermöglichkeiten kann der Anwender die Daten über eine längere Zeitdauer (Stunden) aufzeichnen und dann exportieren sowie die Ergebnisse weitergeben. Das ist besonders nützlich, wenn es ein schwieriges Interferenzproblem gibt und das Spektrum über eine gewisse Zeit überwacht werden muss. Bei einem Intermodulationsproblem kann das Spektrogramm helfen, die grundlegenden Elemente der Mischung zu bestimmen. Entscheidend dabei ist, dass mit einem RTSA die Spektrum-Information gleichzeitig für den kompletten Zeitbereich gemessen wird. Dies bedeutet, dass mit diesen Daten eine visuelle Korre-

lation der Trägersignale möglich ist, um die Timing-Beziehungen zwischen den Trägersignalen der Quelle und den Interferenzprodukten zu prüfen.

Auf zur Jagd!

Interferenzen sind unerwünschte Störungen in unserer drahtlosen Welt, die immer vorhanden sein werden. Die beste Lösung für dieses wichtige Problem sind gute Jäger mit Echtzeit-Spektrumanalysatoren, die Störsignale anzeigen können, egal, wie schwer erfassbar diese sind. ◀

Über den Verfasser:

Dean Miles is a senior EMEA Technical Marketing Manager at Tektronix responsible for Tektronix' High Performance Product Portfolio. Dean has held various positions with Tektronix during his more than 20 years with the company, including Global Business Development Manager for Tektronix RF Technologies and Business Development Manager for Tektronix' Optical Business Unit. Dean has presented Tektronix' technologies in more than 80 countries around the world, met with more than 10,000 engineers and had more than 40 technical papers published.

Test Equipment Angebote

Mieten, Qualitätsgeprüfte Gebrauchteräte oder Kostengünstig Angebote

Dies ist nur eine Auswahl von mehr als 8.000 Produktlinien die zur Verfügung stehen. Fragen Sie nach mehr!

**Kein Capex?
Kein Problem.**

Microlease bietet einzigartige Leasing- und Finanzierungslösungen an, für mehr Flexibilität... Entdecken Sie unser spezielles Easy2Source Angebot.

Heisse Mietgeräte!



JETZT ERHÄLTlich!

Qualitätsgeprüfte Gebrauchteräte

Allgemeine Messtechnik /HF



SAVE 20%

Rohde & Schwarz RT01044
Digital Oscilloscope



SAVE 38%

Keysight N1912A
P-Series Power Meter Dual Channel

PRODUKTGRUPPE	SEITE
AC & DC Power Analysers	5
DC Netzteile	5
Digitale Oszilloskope	5-6
Allgemeine Messtechnik	6
HF Netzwerkanalysatoren	6
RF Power Meter & Voltmeters	7
HF Signalgeneratoren	7
Spektrumanalysatoren	8

Telekommunikation



SAVE 84%

Viavi Solutions MTS6000A
C1004-SDH/Sonet/
Eth./FC/OTN Tester
Up To 10Gig

PRODUKTGRUPPE	SEITE
Lan-Kabeltester	8
Übertragungstester	9
Transmitter Tester	9
XDSL & Kupfer Zugangstester	9

Telecom Optical



SAVE 77%

Viavi Solutions MTS8000E
MTS-8000V2 Mainframe +
Optical Spectrum Analyzer
OSA-500

PRODUKTGRUPPE	SEITE
Dispersions Test-Geräte	10
Spleissgeräte	10
Optische Messgeräte	10
Optische Spektrum Analysatoren	11
OTDR	11

Drahtlose Kommunikation



SAVE 65%

Viavi Solutions JD724C
Cell Advisor Cable
and Antenna Analyzer
1 Port, 5MHz - 4GHz

PRODUKTGRUPPE	SEITE
Cable & Antenna Analyzers	12
Digital Mobile Test Sets	12

Kostengünstig Angebote



SAVE 64%

Keysight 54622A
MegaZoom
Oscilloscope
100MHz -
2 Channels

PRODUKTGRUPPE	SEITE
Multifunktionsgeräte	13-14
Telekommunikation	14-15
Telecom Optical	15

PRODUKTGRUPPE	SEITE
Multifunktionsgeräte	2
Telekommunikation	3

Heisse Mietgeräte!

Mietlösungen von Microlease - **Riesen-Lagerbestand & Flexibilität!**

Hier sind die heißesten Produkte, die wir diesen Monat zur Miete anbieten.

Das ist nur eine kleine Auswahl unserer Produktpalette von 57.000 Geräten in 8.000 Produktlinien.

Es gibt viele gute Gründe von Microlease zu mieten!

Versandbereit!
Rufen Sie uns an,
um die genaue
Mietrate zu
erfahren!

Allgemeine Messtechnik /HF



JETZT ERHÄLTlich!

Keysight N9000B
CXA Signal Analyzer, Multi-touch



JETZT ERHÄLTlich!

Keysight E825D
PSG Analog Signal Generator



JETZT ERHÄLTlich!

Fluke 435-II
Advanced PQ and Energy Analyzer



JETZT ERHÄLTlich!

Rohde & Schwarz ZND8
8.5GHz Vector Network Analyzer



JETZT ERHÄLTlich!

Keysight DSAX92504Q
Digital Signal Analyzer



JETZT ERHÄLTlich!

Tektronix MS072004C
20GHz 4CH 50GSa/s Oscilloscope



JETZT ERHÄLTlich!

Yokogawa DL850
ScopeCorder



JETZT ERHÄLTlich!

Keithly 2420
High-Current SourceMeter



JETZT ERHÄLTlich!

Megger MIT510
Insulation Tester

Weitere Konfigurationen auf Anfrage erhältlich. Bitte erfragen Sie konkrete Mietgebühren telefonisch.

Versandbereit!
Rufen Sie uns an,
um die genaue
Mietrate zu
erfahren!

Telekommunikation



Fluke DSX5000
DSX Cable Analyzer

JETZT ERHÄLTlich!



Sumitomo T-71+
Core Alignment Fusion Splicer

JETZT ERHÄLTlich!



Rohde & Schwarz ZVH4
Handheld Cable Antenna Analyzer

JETZT ERHÄLTlich!



Exfo Max-940
Fiber Certifier

JETZT ERHÄLTlich!



Narda S3
Personal Monitor

JETZT ERHÄLTlich!



Exfo Max-730C
OTDR

JETZT ERHÄLTlich!



Viavi DSAM6300
A Wavetek™ Series Field Meter

JETZT ERHÄLTlich!



Anritsu MT1000
Network Master Pro

JETZT ERHÄLTlich!



Viavi MTS5800
Handheld Network Tester

JETZT ERHÄLTlich!

Weitere Konfigurationen auf Anfrage erhältlich. Bitte erfragen Sie konkrete Mietgebühren telefonisch.

Warum von Microlease mieten?

- Flexible Möglichkeiten für Umtausch, Upgrade, Auf- und Abrüstung
- Sichere Auslieferung an Ihre Wunschadresse
- Wir benachrichtigen Sie vor Ablauf Ihres Mietvertrags – ohne versteckte Kosten!
- Über 57.000 Geräte und 8000 Produktsortimente zur Auswahl

Hundert Prozent Flexibilität	Tür-zu-Tür-Lieferung
Erinnerung vor Mietvertragsende	Riesen-Lagerbestand

Als global führendes Unternehmen für Testgeräte-Management bieten wir zuverlässigen Service, der Ihnen hundertprozentige Gewissheit bietet, Ihre Projekte wie geplant umsetzen zu können.

ERSPARNIS BIS ZU 87 %

mit unserer in **23 Schritten** geprüften
Certified-Pre-Owned-Testtechnik

Die Nutzung gebrauchter Test- und Messtechnik (T&M) ist eine hervorragende Möglichkeit zur Senkung der Kosten für die Anschaffung von Geräten. Und jetzt bieten wir Ihnen eine fantastische neue Gelegenheit: **Microlease Certified Pre-Owned!**

Microlease Certified Pre-Owned ist unser Gütesiegel-Programm streng geprüfter gebrauchter Messtechnik und Kern unseres Anspruchs, Ihnen hocheffiziente Unterstützung bei Beschaffung, Nutzung und Verwertung zu bieten. Wir stellen Ihnen sorgfältig ausgewählte Instrumente zur Verfügung, darunter von Microlease ständig gewartetes ehemaliges Mietequipment sowie hochwertige Technik aus namhaften Spitzenunternehmen, deren T&M-Equipment wir verwalten. Alles komplett generalüberholt und inklusive einem umfangreichen Garantiepaket – bis zu 87 % unter dem Listenpreis!

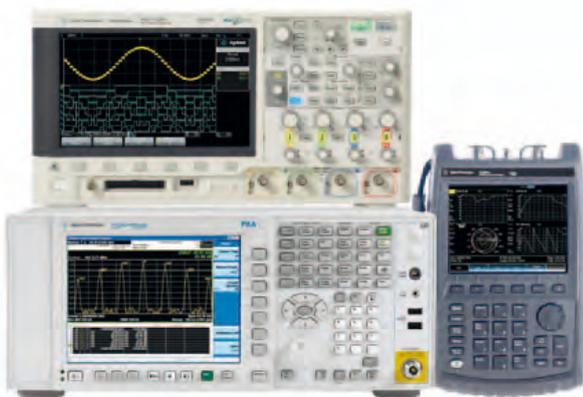
Im Gegensatz zu vielen anderen bewerben wir nur umgehend verfügbare Technik und aktualisieren unsere Bestände kontinuierlich.

Vorteile des Certified-Pre-Owned-Konzepts von Microlease auf einen Blick:

- **Hohe Verfügbarkeit** – über 5000 Geräte versandbereit
- **Geld sparen** – bis zu 87 % Rabatt auf Listenpreis
- **Qualität** – 23-Punkte-Qualitäts-Check vor Zulassung und Kalibrierung inklusive
- **Sicherheit und ein gutes Gefühl** – 12 Monate Garantie und Laufzeitverlängerungen möglich
- **Schnelligkeit** – umgehendender Versand in über 150 Länder

Fragen Sie nach unseren Finanzierungsprogrammen wie „Rent to Buy“ und „Divide by 12“.

Die gezeigten Instrumente dienen nur zur Orientierung und die Verfügbarkeit wechselt ständig. Wenn Sie ein bestimmtes Produkt suchen oder die komplette Liste wünschen, rufen Sie uns bitte an: **+49 6151 36041-0** oder besuchen Sie www.microlease.de oder www.livingston.de.



MICROLEASE-ZERTIFIZIERUNGSPROZESS IN **23** SCHRITTEN

ELEKTRISCHE UND FUNKTION- SPRÜFUNGEN

- 1 Prüfung von Spannung und Sicherungseinstellungen vor dem Einschalten.
- 2 Durchführung elektrischer Sicherheitsprüfung.
- 3 Durchführung von Selbsttests, Kontrolle aller Anzeigen und Leuchten auf volle Funktionsfähigkeit.

PRODUKT- UND GERÄTE- VALIDIERUNG

- 4 Physische Verifizierung aller Hardware- und Softwareoptionen.
- 5 Prüfung von Geräte- und Serien-Nummer auf Übereinstimmung im Microlease-System.

GENERALÜB- ERHOLUNG

- 6 Validierung von Firmware- und Software-Revisionen und Gewährleistung virenfreien Betriebs.
- 7 Prüfung und Löschung interner Speicher.
- 8 Abnahme aller Abdeckungen und Bedienplatten zwecks Reinigung innerer und äußerer Flächen und Entfernung veralteter Etiketten.
- 9 Prüfung von Füßen, Griffen, Knöpfen, Schaltern, Lüftern und Filtern.
- 10 Prüfung von Speicher-/Uhren-Backup-Batterien und vom Benutzer zu wechselnden Batterien.
- 11 Versandbereitschaft herstellen und Geräte-Selbsttests wiederholen.

KONFIGURI- ERUNG LAUT AUFTRAG

- 12 Konfigurierung von Hardware- und Softwareoptionen im Einklang mit Kundenanforderung.

KONFIGU- RIERUNG UND KALIBRIE- RUNG

- 13 Verifizierung/Durchführung der Kalibrierung gemäß gefordertem Standard, sofern erforderlich.
- 14 Erstellung des Kalibrierungs-/Verifizierungs-Zertifikats, sofern erforderlich.
- 15 Anbringen von Sicherheitssiegeln, Kalibrierungsetiketten und Kennzeichnung elektrischer Sicherheit.

ANPASSUNG AN BESTIM- MUNGORT

- 16 Einstellen korrekter Spannung, Sicherung und Bereitstellung passender Stromversorgungskabel für das Bestimmungsland.
- 17 Einstellen von Zeit, Datum und Sprache für das Bestimmungsland, sofern möglich.

VERSCHLIES- SEN UND VERPACKEN

- 18 Anbringen von Schutzabdeckungen an externe anschlüsse/buchsen.
- 19 Vorbereitung und Bereitstellung aller Standardzubehörlteile und Handbücher.
- 20 Sichere Microlease „Instapak“-Verpackung mit Dokumentation für das Bestimmungsland.

INVESTITIO- NSSCHUTZ

- 21 Microlease-Garantie auf 10-tägiges Rückgaberecht gegen volle Erstattung.
- 22 Einschließlich 12-Monate Microlease-Gewährleistung.
- 23 Microlease gewährt Technischen Support für Equipment.

Qualitätsgeprüfte Gebrauchtgeräte

mit bis zu 87% Rabatt!

QUALITÄTSGEPRÜFTE
GEBRAUCHTGERÄTE

Allgemeine Messtechnik /HF

AC & DC POWER ANALYZERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Dent Instruments ELLITEPRO	Elite Pro XC Energy Logger - Wifi Build In	10,848	1,008	40%
Dranetz PX5	Power Xplorer Power Quantity Logger, 4 Channels, 50/60Hz	7,811	3,240	59%
Fluke 435	Power Quality Analyzer, Three Phase Incl. Current Clamps	5,323	3,600	32%
Voltech PM6000	Power Analyzer Incl. 3 x PM6 Current Clamps	10,196	6,000	41%

Auch zur
Miete



Dent Instruments ELLITEPRO
Elite Pro XC Energy Logger -
Wifi Build In

DC NETZTEILE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
California Inst 1251RP	AC Power Source 1250VA	3,833	2,640	31%
Farnell AP10030	DC Power Supply 100V, 30A, 1KW	3,090	1,200	61%
Keysight 6624A	DC Power Supply, Quad-Output 2 Outputs at 7V/5A	9,518	632	93%
Keysight N5743A	DC Power Supply 12.5V, 60A, 750W GPIB, LAN, USB, L	2,068	1,380	33%
Keysight 6038A	DC Power Supply 60V, 10A, 200W	4,229	1,794	58%
Keysight N6711A	DC Power Supply 600W, Configurable	4,052	2,736	32%
Keysight N8731A	DC Power Supply 8V, 400A, 3200W; GPIB, LAN, USB, L	3,900	3,019	23%
Pacific Power Source Inc 120ASX	Programmable AC Power Source 2.000 VA	9,990	5,940	41%



California Inst 1251RP
AC Power Source

DIGITALE OSZILLOSKOPE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight MSOX4154A	MegaZoom Oscilloscope, 1.5GHz, 4+16 Channels	17,942	11,250	37%
Keysight DS080604B	High Performance Infiniium Oscilloscope, 6GHz, 4 Channels	54,000	11,828	78%
Keysight MSOS104A	Mixed Signal Oscilloscope, 1GHz, 4+16 Channels	21,164	16,800	21%
Keysight DSA91304A	Infiniium Oscilloscope, 13GHz, 4 Channels	105,870	37,500	65%
Keysight DSAX92504A	Infiniium Oscilloscope, 25GHz, 4 Channels	191,207	123,750	35%



Keysight DSAX92504A
Infiniium Oscilloscope

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

DIGITALE OSZILLOSKOPE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Rohde & Schwarz RT01044	Digital Oscilloscope, 4GHz, 4 Channels	42,780	34,018	20%
Tektronix MS03014	Mixed Signal Oscilloscope, 100MHz, 4 Channels	4,253	3,825	10%
Tektronix TDS5034B	Digitising Oscilloscope, 350MHz, 4 Channels	8,124	5,626	31%
Yokogawa WDLM2054	Mixed Signal Oscilloscope, 500MHz, 4+8 Channels	14,796	10,986	26%

**Auch zur
Miete**

Rohde & Schwarz RT01044
Digital Oscilloscope

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keithley 236	Source-Measure Unit 110V, 100mA	6,085	2,700	56%
Keysight 33220A	Function / Arbitrary Waveform Generator, 20MHz	2,066	1,380	33%
Keysight 53181A	RF Counter, 1.5GHz	2,873	1,426	50%
Keysight 5371A	Frequency/Time Interval Analyzer	7,059	1,876	73%
Keysight 33250A	Function/Arbitrary Waveform Generator, 80 MHz	4,116	2,700	34%
Keysight 4286A	RF LCR METER	21,600	11,040	49%
Keysight N8975A	NFA Series Noise Figure Analyzer 10MHz, 26.5GHz	60,680	31,126	49%
NoiseCom UFX7112	Noise Generator, 1MHz - 2GHz	9,000	7,140	21%


Keysight 4286A
RF LCR METER

HF NETZWERKANALYSATOREN

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight (Agilent) 8753D	Colour Network Analyzer, 3GHz	32,400	6,600	80%
Keysight N9918A	FieldFox Portable Network Analyzer, 26.5GHz	28,369	18,000	37%
Keysight E5071C	ENA-C 4-Port Network Analyzer 9kHz-8.5GHz Without Bias-T's	44,750	26,400	41%
Rohde & Schwarz ZND8	Vector Network Analyzer 2 Port, 8.5GHz	32,666	15,000	54%
Rohde & Schwarz ZNB20	Vector Network Analyzer 4 Port, 100kHz - 20GHz	73,480	36,000	51%


Keysight N9918A
FieldFox Portable Network Analyzer,
26.5GHz

**Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte**

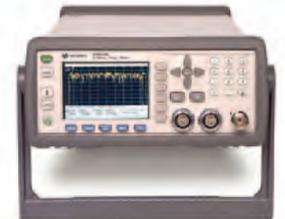
Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

RF POWER METERS & VOLTMETERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Anritsu MA24108A	USB Power Sensor, 10MHz - 8GHz	1,890	900	55%
Anritsu MA24126A	USB Power Sensor, 10MHz - 26GHz	2,981	1,440	52%
Keysight E4418B	Digital Power Meter	3,542	1,380	61%
Keysight 8991A	Peak Power Analyzer	7,056	2,340	67%
Keysight U2000B	USB Power Sensor, 10MHz to 18GHz, -30dBm to +44dBm	4,370	2,520	42%
Keysight U2002H	USB Power Sensor, 50MHz to 24GHz, -50dBm to +30dBm	4,271	2,520	41%
Keysight 8508A	Vector Voltmeter	4,224	2,640	38%
Keysight N1912A	P-Series Power Meter Dual Channel	9,055	5,626	38%
Rohde & Schwarz NRT	Power Reflection Meter	3,143	1,500	52%
Rohde & Schwarz NRP	Power Meter - Dual Input	8,456	5,040	40%

Auch zur
Miete



Keysight N1912A
P-Series Power Meter Dual Channel

HF SIGNALGENERATOREN

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight N5181A	MXG Analog Signal Generator, 6GHz	18,409	6,600	64%
Keysight N5171B	EXG X-Series RF Analog Signal Generator, 9kHz - 6GHz	14,060	10,200	27%
Keysight N5172B	EXG X Series Vector Signal Generator 9kHz - 3GHz	43,607	12,000	72%
Keysight E4438C	Signal Generator, 250kHz, 6GHz	80,401	13,500	83%
Keysight E8257D	PSG Analog Signal Generator, 20GHz	54,072	29,400	46%
Keysight E8267D	PSG Vector Signal Generator, 20GHz	95,698	72,000	25%
Marconi Instruments 2024	Signal Generator, 10kHz - 2.4GHz	5,100	2,940	42%
Rohde & Schwarz SMHU	Signal Generator, 4GHz	7,200	2,700	63%
Rohde & Schwarz SMBV100A	Vector Signal Generator, 3.2GHz	31,579	17,400	45%
Rohde & Schwarz SMW200A	Vector Signal Generator, 6GHz	45,552	32,400	29%



Keysight E8267D
PSG Vector Signal Generator, 20GHz

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

Spektrumanalysatoren

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Anritsu MS2711E	Handheld Spectrum Analyzer, 3GHz	5,213	3,300	37%
Anritsu MS2668C	Spectrum Analyzer, 40GHz	32,897	11,400	65%
Keysight E4402B	ESA-E Spectrum Analyzer, 3GHz	14,860	4,680	69%
Keysight N9000A	CXA Signal Analyzer, 9kHz - 7,5GHz	13,644	7,800	43%
Keysight 8563EC	MW Spectrum Analyzer, 30 Hz - 26.5 GHz	35,940	14,100	61%
Keysight E4407B	ESA-E Spectrum Analyzer, 26.5GHz	41,086	15,000	63%
Keysight N9010A	EXA Signal Analyzer, 10Hz - 26.5GHz	34,410	22,500	35%
Keysight N9030A	PXA Signal Analyzer, 26.5GHz	82,109	41,250	50%
Keysight E4446A	PSA IV Spectrum Analyzer, 3 Hz - 44 GHz	134,364	50,400	62%
Keysight E4448A	PSA Spectrum Analyzer, 10Hz - 50GHz	148,979	63,000	58%
Rohde & Schwarz FSH3	Handheld Spectrum Analyzer, 3 GHz	12,667	2,220	82%
Rohde & Schwarz FSL6	Spectrum Analyzer, 9 kHz - 6 GHz	16,530	7,500	55%
Rohde & Schwarz FSU8	Spectrum Analyzer, 8GHz	52,130	39,000	25%

Auch zur
Miete



Keysight N9000A
CXA Signal Analyzer, 9kHz - 7,5GHz

Telekommunikation

LAN-KABELTESTER

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Fluke LINKRUNPRO	Linkrunner PRO Network Multimeter	1,588	1,200	24%
Fluke DTXMFM	Fiber Test Module for DTX-1800 Multimode	2,959	2,100	29%
Fluke DTX1800	DTX Cable Analyzer Cat.5/6/7	8,993	5,200	42%
Fluke DSX5000	DSX Cable Analyzer Includes Versive Mainframes	10,399	8,640	17%
Fluke OF-500	OptiFiber PRO QUAD OTDR, 850/1300 & 1310/1550nm	19,123	10,200	47%
Megger TDR2000	Dual Channel Time Domain Reflectometer	2,250	1,200	47%
Viavi Solutions NGC4500	MPO Light Source and Power Meter To Be Used with NGC-4500	4,774	1,800	62%
Viavi Solutions NGC4500	Cable Tester - Certifier 40G Class FA Copper Kit	7,854	3,600	54%



Fluke DSX5000
DSX Cable Analyzer
Includes Versive Mainframes

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

ÜBERTRAGUNGSTESTER

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Consultronics PUMA4200E	Puma Telecom Analyzer E1	3,131	946	70%
Exfo FTB-1	FTB-860-Ethernet Tester, 10/100/1000M	6,036	1,980	67%
Exfo FTB8130NG	Multiservice SONET/SDH/Ethernet Module, 10/10, 7Gig	51,600	7,800	85%

Auch zur
Miete

TRANSMITTER TESTER

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Fluke OPTIVIEW	OPTIVIEW XG, Network Analyzer 10G WiFi	33,391	5,400	84%
Sunrise Telecom SSSDHC	SunSet SDHC Jitter, 2/34/45/STM0/1/4/16	15,652	1,699	89%
Trend UNIPROGE	UNIPRO - 1Gig Ethernet Tester	2,520	1,140	55%
Viavi Solutions SMARTCLASSE1	SmartClass E1 & Datacom Package	3,322	1,644	51%
Viavi Solutions ANT5	Handheld SDH Tester (STM-1/4/16oD)	23,178	1,734	93%
Viavi Solutions MTS5800	MTS-5801 Ethernet Tester 10/100/1000M	3,745	1,860	50%
Viavi Solutions MTS8000	CC8015TM-Ethernet Tester 1 & 10GigE LAN	52,140	3,000	94%
Viavi Solutions DSAM6300	DSAM-6300 Sweep Pkg, DOCSIS 3, 65MHz	6,329	3,990	37%
Viavi Solutions MTS6000A	C1004-SDH/Sonet/Eth./FC/OTN Tester Up To 10Gig	74,244	12,000	84%



Viavi Solutions MTS6000A
C1004-SDH/Sonet/Eth./FC/OTN
Tester Up To 10Gig

XDSL & KUPFER ZUGANGSTESTER

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Exfo AXS-635	AXS-200/635 VDSL2, Copper & IP Test Set	5,740	1,199	79%
Spirent Communications TEXH-X	ADSL/VDSL2 & Copper Tester	4,696	1,795	62%
Sunrise Telecom SSMTT	SHDSL Module for Sunset MTT	1,202	350	71%
Viavi Solutions SMARTCLASSTPS	SmartClass TPS DSL Tester, ADSL, ADSL2+ & VDSL	5,294	1,068	80%
Viavi Solutions MTS4000	MTS-4000 with CU-VDSL Combo Copper VDSL Infineon	11,062	5,304	52%



Exfo AXS-635
AXS-200/635 VDSL2,
Copper & IP Test Set

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

Telecom Optical
DISPERSIONS TEST-GERÄTE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Exfo FLS	CD/PMD Analyzer Source	9,204	1,980	78%
Exfo FTB-5500B	PMD Analyzer Module, for in FTB-500	18,312	7,866	57%
Exfo FTB-5800	CD Analyzer Module, for in FTB-500	30,660	11,574	62%
Viavi Solutions E81DISPAP	Combined CD, PMD & AP Long Range Module	46,512	21,000	55%

**Auch zur
Miete**
SPLEISSGERÄTE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Fitel/Furukawa S178A	Core Alignment Fusion Splicer Kit with Cleaver	11,700	3,960	66%
Fujikura FSM-12S	V-Groove Splicer Kit with Cleaver	2,700	1,500	44%
Fujikura FSM-60S	Core Alignment Fusion Splicer Kit with Cleaver	7,794	3,990	49%
Fujikura FSM-70S	Core Alignment Fusion Splicer Kit with Cleaver	8,280	5,990	28%
Sumitomo T-25-ES-LC	V-Groove Splicer Kit with Cleaver	4,320	1,980	54%
Sumitomo T-39	Core Alignment Fusion Splicer Kit with Cleaver	18,034	2,989	83%
Sumitomo T-71C	Core Alignment Fusion Splicer Kit with Cleaver	8,100	3,960	51%


Sumitomo T-71C
Core Alignment Fusion Splicer Kit
with Cleaver

OPTISCHE MESSGERÄTE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Viavi Solutions OLA15	Digital Optical Attenuator	2,964	900	70%
Viavi Solutions OLP87	FTTX Power Meter, 1310/1490/1550nm	1,190	930	22%
Viavi Solutions FIT	Cleanblast System- Portable Fiber Connector Cleaning System	6,000	1,000	83%
Viavi Solutions OLT55	Optical Loss Test Set 1310/1550nm	3,556	1,020	71%
Viavi Solutions FIT	P5000i Digital Fiber Inspection Probe + FIBERCHEKPRO Software	1,718	1,080	37%
Viavi Solutions OLS56	Optical Laser Source, 1310/1550nm & 850/1300nm	3,726	1,140	69%
Viavi Solutions OMK38	HiPower Smart Optical Loss Test Set - Single Mode	2,388	1,920	20%


Viavi Solutions OLP87
FTTX Power Meter,
1310/1490/1550nm

**Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte**

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

OPTISCHE SPEKTRUM ANALYSATOREN

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Exfo FTB5320	Multi-Wavelength Meter Module	22,200	1,800	92%
Exfo FTB5240	Optical Spectrum Analyzer Module, For In FTB-200/500	14,016	2,640	81%
Viavi Solutions MTS4000	C-OSA-4055 CWDM Analyzer Incl. MTS-4000 Mainframe	5,118	2,076	59%
Viavi Solutions OCC56	Optical Channel Checker - C-band	5,614	2,160	62%
Viavi Solutions MTS8000	Optical Spectrum Analyzer System (OSA300)	40,080	2,640	93%
Viavi Solutions MTS8000E	MTS-8000V2 Mainframe + Optical Spectrum Analyzer OSA-500	26,010	6,000	77%

OTDR

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Anritsu MT9083A	OTDR, 1310/1550nm 38/36.5dB	5,088	2,640	48%
Anritsu MT9090	Micro OTDR, 1310/1550/1625nm 38/37/35dB	5,354	3,180	41%
Exfo FTB-1	FTB-730 OTDR, 1310/1550nm 39/37dB	8,040	3,600	55%
Exfo MAX-730B	FTTx/MDU PON OTDR, 1310/1550/1625nm 39/37/37dB	9,348	7,020	25%
Viavi Solutions E8126HD	OTDR-Module 1310/1550nm 42/40dB For In MTS6000/MTS8000	10,998	2,700	75%
Viavi Solutions E4126MA	OTDR-Module MA 1310/1550nm 40/38dB For In MTS4000	5,214	3,600	31%
Viavi Solutions MTS6000A	OTDR 1310/1550 nm 42/40 dB Incl. Mainframe	15,887	5,934	63%
Viavi Solutions E8136UHD	Ultra Long Range OTDR Module 1310/1550/1625nm 46/50/46dB	18,974	7,200	62%

Auch zur
Miete



Viavi Solutions MTS8000E
MTS-8000V2 Mainframe + Optical
Spectrum Analyzer OSA-500



Exfo MAX-730B
FTTx/MDU PON OTDR,
1310/1550/1625nm 39/37/37dB

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

Drahtlose Kommunikation

CABLE & ANTENNA ANALYZER

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Anritsu S331D	Sitemaster Cable and Antenna Analyzer, 4GHz	6,494	3,000	54%
Keysight N9912A	FieldFox RF Cable/Antenna Analyzer, 4GHz	6,792	5,520	19%
Rohde & Schwarz ZVH8	Handheld Cable and Antenna Analyzer, 8GHz	10,176	7,140	30%
UMTS Partners SPAA05	Satellite Positioning Antenna Alignment Tool	10,800	1,620	85%
Viavi Solutions JD724C	Cell Advisor Cable and Antenna Analyzer 1 Port, 5MHz - 4GHz	8,228	2,880	65%
Viavi Solutions JD725A	Cell Advisor Cable and Antenna Analyzer 2 Port, 25MHz - 4GHz	9,022	3,500	61%

**Auch zur
Miete**



Viavi Solutions JD724C
Cell Advisor Cable and Antenna Analyzer 1 Port, 5MHz - 4GHz

DIGITAL MOBILE TEST SETS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight E5515C	8960 Series 10 Wireless Communications Test Set	83,388	3,000	96%
Keysight N4010A	Wireless Connectivity Test Set	28,559	4,740	83%
Racal Dana 6113E	Base Station Test Set for GSM and DSC-1800	32,232	7,200	78%
Rohde & Schwarz CMU200	Radio Communication Tester - Various Configurations	33,391	3,934	88%
Rohde & Schwarz CMW500	Mobile Wireless Connectivity Tester - Various Configurations	180,000	Call	



Rohde & Schwarz CMW500
Mobile Wireless Connectivity Tester - Various Configurations

**Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte**

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an. Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

Microlease Qualitätsgeprüfte Gebrauchtgeräte

- Die Verfügbarkeit der gelisteten Produkte, sowie die hier angegebenen Preise sind zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Liste erstellt worden. Preise und Verfügbarkeit gelten unter Vorbehalt
- Vermietung und Finanzoptionen wie z.B. Mietkauf, Leasing sind für alle Geräte verfügbar
- 23 Schritt- Zertifizierung / Überprüfungsprogramm
- 10-Tage Rückgaberecht und 1 Jahr Garantie auf die meisten Modelle

Als Marktführer für Test- und Messequipment-Management, bieten wir einen Service auf den Sie sich verlassen können, sodass Sie Ihre Projekte erfolgreich abschließen können.

Sofortige Verfügbarkeit	Lieferung am nächsten Tag
Totale Flexibilität	Top Hersteller Auswahl von Branchenführern

Kostengünstig Angebote

Dies ist eine Auswahl von besonders günstigen Produkten außerhalb des Certified Pre-Owned Programm die voll funktionsfähig sind. Fragen Sie nach der vollständigen Liste oder gezielt nach einem gewünschten Gerät. Bitte überprüfen Sie individuell in Bezug auf die Kalibrierung und Garantiebedingungen .

Artikel
sofort
lieferbar

Multifunktionsgeräte

DIGITALE OSZILLOSKOPE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight 54600B	Digital Oscilloscope 100MHz - 2 Channels	2,122	400	86%
Keysight 54622A	MegaZoom Oscilloscope 100MHz - 2 Channels	2,784	1,336	64%



Keysight 54622A
MegaZoom Oscilloscope 100MHz -
2 Channels

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Chase Electronics ST16S	Survey Signal Generator 1800-1900Mhz 2-20Watt	8,760	1,188	86%
Fluke 175 ESFP	True RMS Multimeter AC/DC up to 1000V - DC current to 10.000A	270	180	33%
Keysight E3610A	DC Power Supply, Low-cost. Dual-range: 8V/3A	344	94	73%
Keysight U3401A	Digital Multimeter 4,5 Digits	385	222	42%
Keysight E3630A	Triple DC Power Supply 0-6 Volt - 0-2,5A	520	353	32%
Keysight 34405A	Digital multimeter, 5.5 digit, 120.000 counts resolution	979	526	46%
Keysight 34401A	Multimeter - 6,5 Digits DC Volt to 1000V in 5 ranges	964	682	29%
Keysight 53181A	RF Counter - 225Mhz	2,285	826	64%
Keysight E3631A	DC Power Supply. Triple Output: 0- +25V, 0-1A	1,096	840	23%
Megger DET4	Earth Tester DET4TC2 - Battery Powered	835	540	35%
Tektronix AFG320	Arbitrary Function Generator - 2 Channels	1,920	1,050	45%



Keysight 53181A
RF Counter - 225Mhz



Anritsu MA24108A
USB Power Sensor - 8GHz -
40 to 20dBm

RF POWER METERS & VOLTMETERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Keysight 8484A	Power Sensor - 18GHz -70 to 20dBm	1,042	300	71%
Keysight 437B	Digital Microwave Power Meter	3,048	354	88%
Anritsu MA2442A	Power Sensor - 18GHz -67 to 20dBm	1,486	750	50%
Anritsu MA24108A	USB Power Sensor - 8GHz -40 to 20dBm	1,980	900	55%

Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

[Weitere Angebote auf der nächsten Seite.](#)

Besuchen Sie
unseren eBay-Shop 
go.microlease.com/eBay

RF POWER METERS & VOLTMETERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Bird 5000H	Power Meter Elements 2-30MHz - 500Watt	132	66	50%
Bird 5000DPM	Digital Power Meter - Requires Power sensor/Element	3,600	600	83%
Keysight U2001A	USB sensor 10MHz - 6GHz	2,396	1,050	56%
Marconi Instruments 6970	RF Power Meter - Requires Power Sensor	1,756	540	69%
Marconi Instruments 6920	Power Sensor 10Hz - 20GHz	1,535	540	65%
Marconi Instruments 6934	Power Sensor 10Hz - 40GHz -15 to 30dBm	2,094	540	74%
Marconi Instruments 6914	Power Sensor 10Hz - 40GHz	1,256	750	40%

**Artikel
sofort
lieferbar**

Marconi Instruments 6970
RF Power Meter

Telekommunikation
2M TEST EQUIPMENT

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Consultronics PUMA4200E	Puma E1 Telecom Analyzer	3,131	946	70%
Sunrise Telecom SUNLITE	SunLite E1 Tester	1,669	540	68%
Viavi Solutions SMARTCLASSE1	Smartclass E1 Tester	1,938	1,020	47%


Sunrise Telecom SUNLITE
SunLite E1 Tester

ETHERNET & TRANSMISSION TESTERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Exfo AXS-850	Ethernet Tester 10/100/1000M	6,522	1,000	85%

HST

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module ETSI ISDN BRA SIM	2,046	214	90%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module Ethernet 10/100/1000Mbit incl. Cu Access	2,226	300	87%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module E1 / 2Mbit	3,300	300	91%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module ADSL2+ T1 - ATU-R Annex A	768	354	54%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module Infineon VDSL SIM with WB2 copper	3,704	420	89%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module OLP-3057 Optical FTTx SIM module	1,574	540	66%
Viavi Solutions HST3000	HST3000 Module Cu,4 wire G.SHDSL (STU-R/C, Annex A/B) rev J	2,388	594	75%


Viavi Solutions HST3000
HST3000 Module Infineon VDSL SIM with WB2 copper

**Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte**

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

Weitere Angebote auf der nächsten Seite.

Besuchen Sie unseren eBay-Shop 
go.microlease.com/eBay

MTT

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Sunrise Telecom SSMTT	MTT Module - SHDSL for Sunset MTT	1,202	350	71%
Sunrise Telecom SSMTT	MTT-ACM Lite Mainframe + MTT-14B-E1 Module	2,759	600	78%
Sunrise Telecom SSMTT	MTT Module - 48 - ADSL/VDSL	2,346	950	59%

RXT

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Sunrise Telecom RXT1000A	RXT Mainframe with Wifi	1,304	950	27%
Sunrise Telecom RXT2600	RXT Module SHDSL	2,191	1,000	54%

SDH ANALYZERS

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Viavi Solutions ANT5	Handheld PDH / SDH Tester 2Mbit to STM-1 Optical	12,522	720	94%

**Artikel
sofort
lieferbar**



Sunrise Telecom RXT1000A
RXT Mainframe with Wifi

Telecom Optical

OPTISCHE

Typenbezeichnung	Beschreibung	List EUR	Sale EUR	Rabatt
Exfo FPM-302	Optical Power Meter +26dB	572	348	39%
Viavi Solutions OVF1	Visible Light Source 635nm	180	94	48%
Viavi Solutions FIT	USB Optical Power Meter	240	120	50%
Viavi Solutions OLP15	Optical Power Meter 780 - 1700nm	1,277	360	72%
Viavi Solutions OLS5	OLS-5 Optical LED source: 850/1300nm, ST(PC)	966	370	62%
Viavi Solutions OLA15	Digital Optical Attenuator 1260 - 1600nm	3,720	900	76%
Viavi Solutions OLP87	FTTX Power Meter 1310/1490/1550nm, SC-APC	1,190	930	22%
Viavi Solutions OMK6	Optical Test Set (1310/1550nm) OLP-6 + OLS-6	2,593	1,074	59%
Viavi Solutions E4126LA	OTDR-Module LA 1310/1550nm 35/33dB for usage in MTS-4000	2,238	1,080	52%
Viavi Solutions OLS56	OLS-56 Laser Source 1310/1550nmS-M+850/1300nm	3,726	1,140	69%



Viavi Solutions OLP87
FTTX Power Meter
1310/1490/1550nm, SC-APC

**Wir kaufen
auch ihre
gebrauchten
Geräte**

Zusätzliche Konfigurationen verfügbar. Für Mietanfragen rufen Sie uns bitte an.
Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten und lokale Steuern.

Besuchen Sie unseren eBay-Shop 
go.microlease.com/eBay

Clevere Finanzierungskonzepte

maßgeschneidert auf individuelle Situationen.

Equipment auf Dauer besitzen

Microlease bietet unterschiedliche Finanzierungsmöglichkeiten für Test- und Messgeräte an. Auf dem Markt kursieren diverse Begriffe und Produktnamen für Finanzierungsmodelle und nicht immer ist man sich einig, was eigentlich gemeint ist. Noch schwieriger wird es, wenn ausgewählt werden soll, welche Lösung die Beste für den eigenen Bedarf ist.

„Keep it simple“, sagen die Briten. Wenn ermittelt wurde, welches Messgerät für Ihre Anforderung passt, stellt sich die Frage, ob man es auf Dauer sein Eigen nennen möchte. „JA, NEIN oder VIELLEICHT“ könnte die Antwort lauten. Wir haben für alle drei Antworten eine Lösung.

Leasing

Ein Operate-Leasing von Microlease bietet Ihnen ein Langzeitmietarrangement mit steuerlichen Vorteilen, mit dem Sie Ihre monatlichen Kosten für Testequipment auf dem absolut niedrigsten Niveau halten können.

Ein Finanzierungsleasing von Microlease bietet Ihnen einen langfristigen, auf Ihren Bedarf zugeschnittenen Zahlungsplan inklusive Option auf Erwerb des Equipments bei Ablauf des Vertrags.

Ratenkauf

Neue oder gebrauchte Messgeräte können erworben werden, indem der Kaufpreis auf mehrere Monatsraten aufgeteilt wird. Denkbar sind Zeiträume zwischen 3 bis 18 Monaten, abhängig vom Gerät und der individuellen Situation.

Mietkauf

Neues Equipment zunächst ohne Risiko mieten und später vielleicht kaufen, selbstverständlich unter Anrechnung eines Teils der bis dahin bezahlten Mietgebühren.

easy2source

Mieten Sie für eine feste Zeitspanne das Gerät und wandeln es dann zum reduzierten Preis zum Kauf mit voller Anrechnung der gezahlten Raten.

Jede Situation ist besonders. Aktuelle Messtechnik aus dem eigenen Bestand im Labor oder auf der Baustelle benutzen zu können, ist kein ungewöhnlicher Wunsch. Wenn eine Anmietung von Equipment wirtschaftlich keinen Sinn macht und die verfügbaren finanziellen Mittel nicht ausreichen, ein Gerät direkt zu kaufen, ist eine Finanzierung eine mögliche Lösung. Wir beraten Sie gerne.

Das Ergebnis, dass unsere Experten mit Ihnen zusammen entwickeln, könnte beispielsweise in einen Ratenkauf oder in ein Mietkauf-Modell münden. Auch Leasing ist eine interessante Option. Egal, für welche Lösung Sie sich begeistern werden – auf Transparenz und vorhersagbare Kosten können Sie von Anfang an zählen.

Über 8.000
Produktlinien
verfügbar!



16

Elektromagnetische Feldstärkesimulation mit MEFiSTo-2D Classic

Simulation der Felder eines zweikanaligen Kompensationsstromsensors, Teil 2

Damit die empfindlichen elektronischen Komponenten fehlerfrei arbeiten können, müssen bei der Konstruktion von Elektroautos von Anfang an Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund wurde mit Hilfe eines zweidimensionalen Feldsimulations-Programmes untersucht, wo sich der beste Einbauort für einen Stromsensor in einem Elektrofahrzeug befindet.

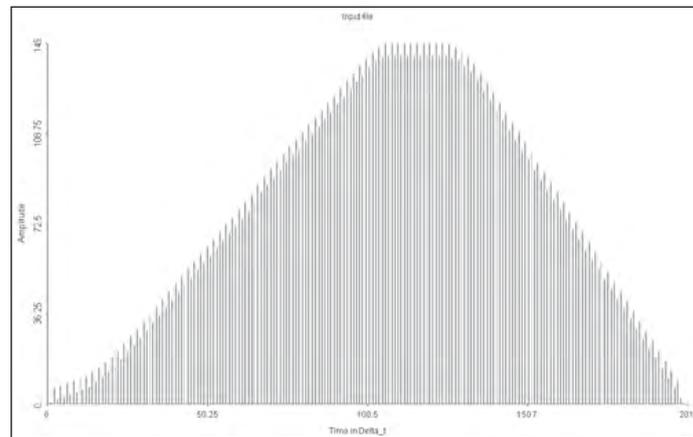


Bild 2: Pulsweitenmoduliertes Signal mit überlagertem CAN-Bus Signal

Durchführung der Simulation

Wie bereits in Teil 1 erwähnt, wurden zwei grundlegende Modelle des E-Corsa-Fahrzeugs erstellt. In einem Modell wurde die Kabellänge zwischen der Hochvoltbatterie und dem Frequenzumrichter zu 1824 mm gewählt. Dabei bildeten sich im Simulationsverlauf auf der Hochvoltleitung deutliche Stehwellen aus. In einem zweiten Modell wurde die Kabellänge auf 1800 mm festgelegt. Hier

konnten keine ausgeprägten Stehwellen mehr beobachtet werden. Ausgehend von diesen zwei Grundmodellen wurden drei Versionen mit verschiedenen Gehäuseformen des Stromsensors erstellt: ein Stromsensor jeweils mit einem kurzen und einem langen Gehäuse sowie ein zweikanaliger Stromsensor in einem doppelten Gehäuse. Die verschiedenen Gehäuseformen des Stromsensors wurden an drei Stellen auf dem Kabel zwischen Hochvoltbatterie und Frequenzumrichter angeordnet. Das

Gehäuse des Stromsensors ist durch Interface-Wände nachgebildet worden. Von innerhalb des Gehäuses ausgestrahlte elektrische Wellen werden nach außen hin leicht verstärkt. Von außerhalb auf das Gehäuse treffende elektrische Wellen werden dagegen zum Inneren des Sensorgehäuses leicht abgeschwächt.

So war es am besten möglich, unter Ausnutzung der Möglichkeiten des Simulationsprogramms, allgemeine elektromagnetische Eigenschaften des Sensorgehäuses nachzubilden. Als Wellenform der Quellregionen wurde ein pulswellenmoduliertes Signal verwendet, das zusätzlich von CAN-Bus-Signalen überlagert ist. Damit ist der Frequenzumrichter mit den von ihm erzeugten pulswellenmodulierten Signalen als Hauptstörquelle berücksichtigt worden. Das Quellensignal für die Simulation stammt ebenfalls aus der Projektarbeit, aus welcher auch der Aufbau der Hochvoltkabel übernommen wurde und ist in Bild 2 zu sehen [8]. Der Frequenzbereich, in dem die Simulation stattfand, wurde von 0 Hz bis 3 GHz festgelegt und

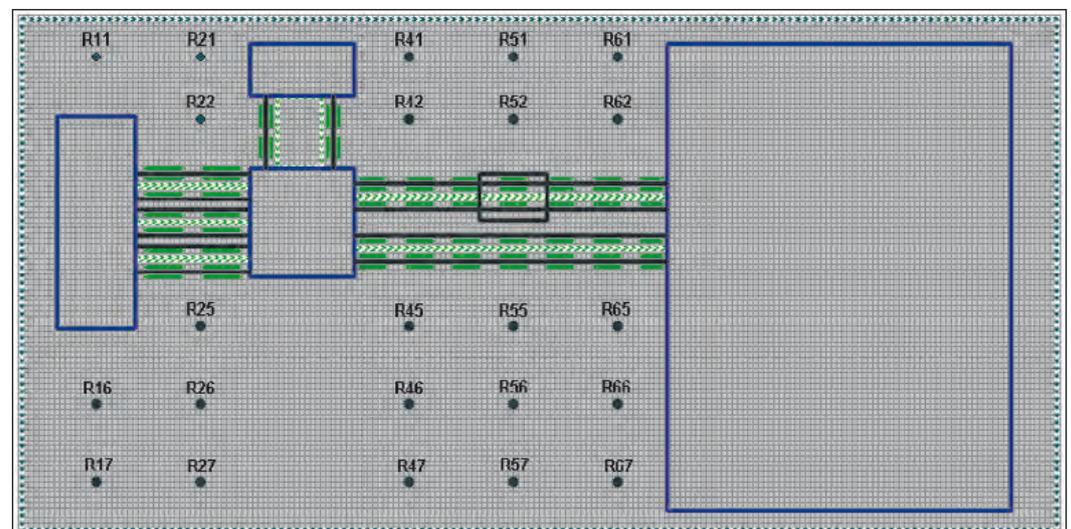


Bild 3: Vollständige Anordnung der Messproben im Simulationsmodell

Christian Hübner,
Frank Gräbner,
Ass.Prof.(BG) Dr.-Ing.
IMG Electronic & Power
Systems GmbH
www.img-nordhausen.de

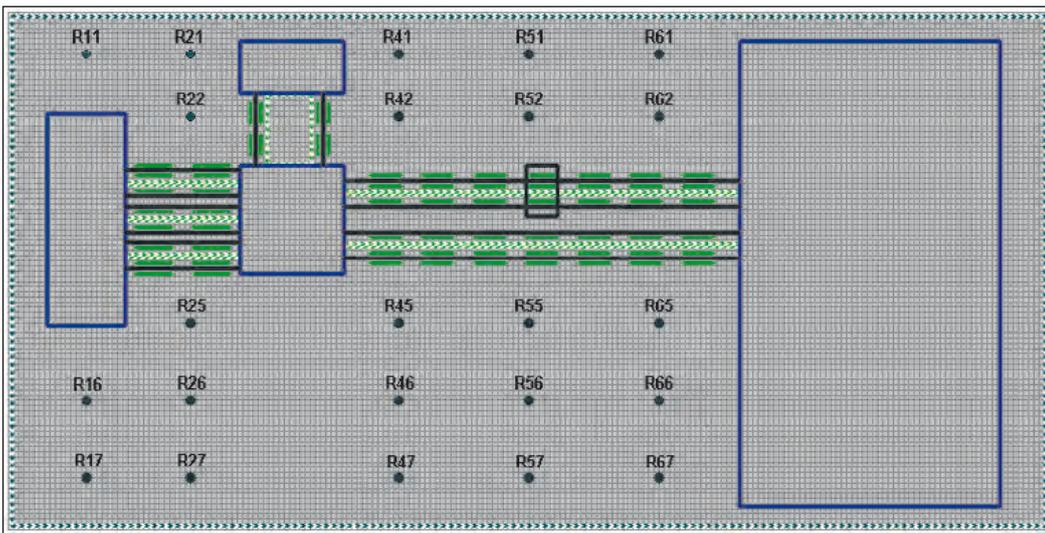


Bild 4: Simulationsmodell mit Messproben, Modell „lange Leitung, kurzer Sensor mittig“

die Feldkomponente, die senkrecht auf den zweidimensionalen Strukturen steht. Aus diesen Gründen können insgesamt keine quantitativen, sondern nur qualitative Aussagen über die Feldverteilung im Modell gemacht werden. Die Erfassung der Verteilung des elektrischen Feldes im Modell erfolgte durch 23 Messproben. Die Anordnung der Messproben unterscheidet sich nur zwischen den beiden grundlegenden Modellen mit langer Leitung und kurzer Leitung. In einem Simulationsdurchlauf konnten jeweils programmbedingt nur drei Messproben eingesetzt werden. Deswegen setzt sich ein vollständig simuliertes

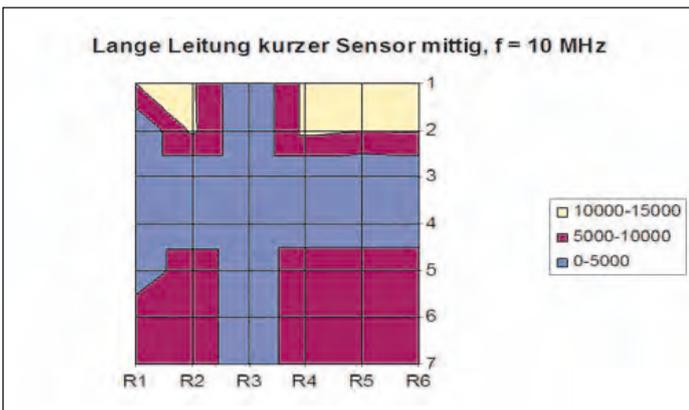


Bild 5: Feldstärke-Flächenscan zu Bild 4

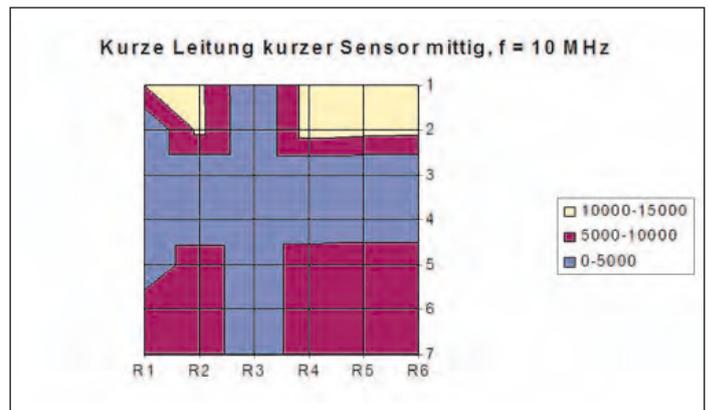


Bild 7: Feldstärke-Flächenscan zu Bild 6

in 300 Schritte unterteilt. Das bedeutet, dass in einer Schrittweite von 10 MHz Simulationsergebnisse vorliegen und dass

sich das Frequenzspektrum aus 300 Werten zusammensetzt. Die mittels Fouriertransformation erzeugten Messergebnisse sind

einheitenlos, da es sich um normierte Werte handelt. Außerdem wurde nur das elektrische Feld in Y-Richtung simuliert, also

Modell aus acht Teilsimulationen zusammen. In Bild 3 ist die vollständige Struktur der Messproben beispielhaft für das Modell mit kurzer Leitung und mittig angeordnetem Stromsensor mit langem Gehäuse dargestellt.

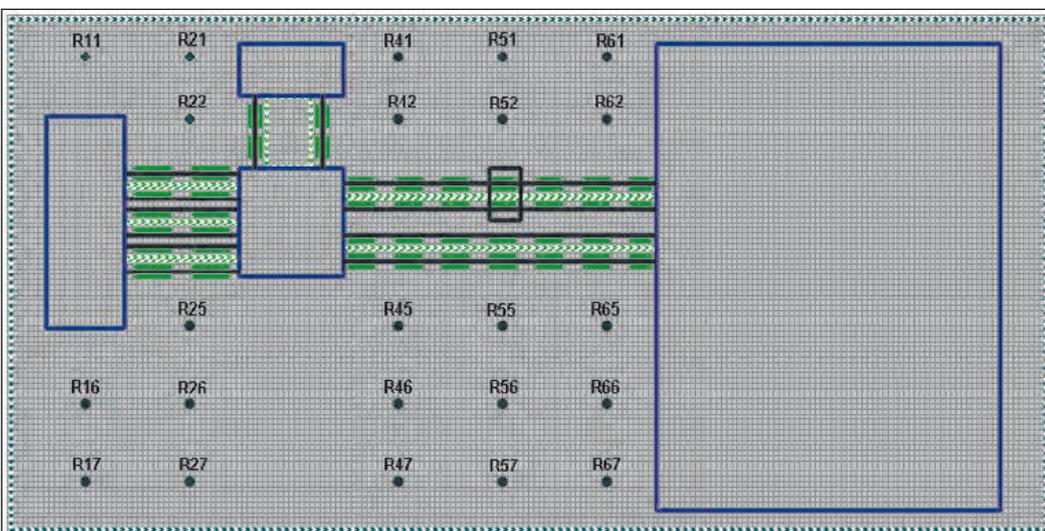


Bild 6: Simulationsmodell mit Messproben, Modell „kurze Leitung, kurzer Sensor, mittig“

Die Messproben sind mit R11 bis R67 durchnummeriert. Die Positionierung der Messproben wurde so gewählt, dass sie den für einen störсяheren Einbauort des Stromsensors relevanten Feldstärkeverlauf gut erfassen. Da die Fouriertransformation der Impulsantworten der jeweiligen Messproben das Ergebnis für jeden Frequenzpunkt in Realteil und Imaginärteil aufgeteilt liefert, wurde für jede Messprobe für jeden Frequenzpunkt der Betrag aus Realteil und Imaginärteil ermittelt und zur Darstel-

4-Channels
in 1 Compact Device

Ultra-Wideband
10 MHz to 13 GHz

Power Handling
up to 2W

NEW!
Programmable
ATTENUATORS from **\$395**

*0 to 120dB 0.25dB Step 1 MHz to 13 GHz**

- Modelle mit einem Dämpfungsbereich bis 30, 60, 90, 110 oder 120 dB
- einschließlich USB-, Ethernet-, RS232- oder SPI-Steuerungs-Option
- nutzerfreundliches GUI und DLLs inklusive (für 32/64-Bit-Windows-Umgebungen mit ActiveX und .NET)
- vom Anwender definierte Dämpfungsmuster möglich (Schritt für Schritt oder sprunghaft)
- Gehäuse im Taschenformat mit nur 3 x 2 x 0,6 Zoll
- sofort ab Lager lieferbar
- Jetzt 16 verschiedene Modelle auf Lager zur sofortigen Auslieferung



Unser neuer RC4DAT-6G-95 verfügt über vier Kanäle mit synchroner oder unabhängiger Steuerung über ein simples Interface für Multikanal-MIMO-Tests, Handover-Tests zellulärer Basisstationen und viel mehr!

Besuchen Sie die Web-Seite www.minicircuits.com, um detaillierte Modellspezifikationen, Applikationsberichte und andere Informationen zu erhalten! Bestellen Sie noch heute, um diese Produkte schnellstmöglich auf ihrem Labortisch zu haben!



www.minicircuits.com/products/programmable_attenuators.shtml



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

DISTRIBUTORS

523 RevJ

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-65719 Hohlheim-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

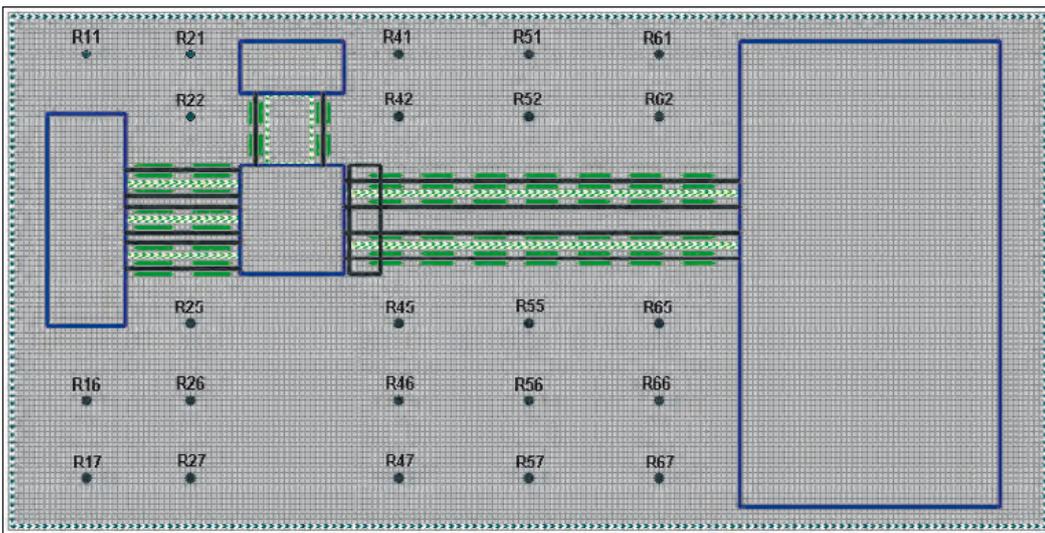


Bild 8: Simulationsmodell mit Messproben, Modell „lange Leitung“ doppelter Sensor“ links

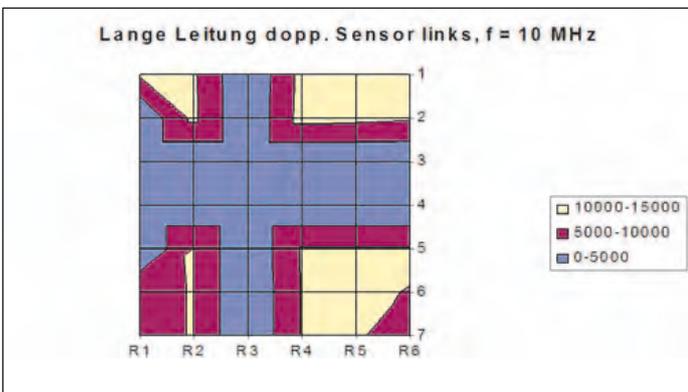


Bild 9: Feldstärke-Flächenscan des vorhergehenden Modells

lung der Simulationsergebnisse verwendet.

Darstellung der Simulationsergebnisse

Insgesamt wurden 18 verschiedene Modelle erzeugt und simuliert. Diese können jedoch aus Platzgründen nicht alle dargestellt und ausführlich ausgewertet werden. Deshalb beschränke ich mich an dieser Stelle auf eine Darstellung von vier Ergebnissen. Außerdem erfolgt eine Begrenzung der Darstellung der Simulationsergebnisse auf einen Frequenzbereich von 10 MHz, da diese Frequenz aus Sicht der elektromagnetischen Verträglichkeit relevant ist. Zuerst werden die Modelle mit einem kurzen Sensorgehäuse auf der langen und kurzen Leitung mit dem jeweils mittig angebrachten Sensorgehäuse miteinander

verglichen. In Bild 4 sind die Anordnung der Messproben und der Stromsensor in der Mitte der Leitung zu sehen.

Die Schnittpunkte im Raster des Koordinatensystems des Feldstärke-Flächenscans aus Bild 5 geben die Lage der Messproben aus dem zugehörigen Modell in Bild 4 wieder. Dabei wird beispielsweise die Lage der Messprobe R11 aus Bild 4 durch den Schnittpunkt der R1-Spalte und der 1. Reihe wiedergegeben. Die Position der Messprobe R45 aus Bild 4 entspricht in Bild 5 dem Schnittpunkt der R4-Spalte mit der 5. Reihe. Der Feldstärke-Flächenscan gibt die Verteilung des elektrischen Feldes in der Simulationsebene an. Den normierten und dimensionslosen Beträgen der elektrischen Feldstärke sind unterschiedliche Farben zugeordnet, wie die Legende auf der

rechten Seite in Bild 5 verdeutlicht. Die von den jeweiligen Messproben detektierten Beträge der Feldstärke wurden nicht einzeln angegeben, da die Streuung der Beträge sehr gering ist und sie sich somit nur übersichtlich, wie in Bild 5 gezeigt, in einem Flächenraster darstellen lassen. Die blau markierte Fläche gibt den Bereich mit der geringsten Feldstärke an. Das liegt daran, dass sich in diesem Bereich keine Messproben befinden und somit auch keine Feldstärke detektiert werden konnte. Die gelbe Fläche markiert den Bereich, in dem die größte elektrische Feldstärke auftrat. Rot dargestellt sind die Bereiche mit einer mittleren elektrischen Feldstärke sowie Übergangsbereiche zwischen den größten und kleinsten Werten. In Bild 6 und 7 ist das äquivalente Simulationsmodell nur mit einer kürzeren Hochvoltleitung und damit geringer ausgeprägten Stehwellen abgebildet. Ein Vergleich der beiden Feldstärke-Flächenscans aus Bild 5 und Bild 7 zeigt nur sehr geringe Unterschiede.

Als nächstes wird das Simulationsmodell für eine lange Leitung mit einem doppelten Sensorgehäuse, welches am linken Ende der Leitung angebracht wurde, dargestellt.

Der Feldstärke-Flächenscan aus Bild 9 unterscheidet sich ebenfalls nicht wesentlich von

den Feldstärke-Flächenscans in Bild 5 und 7. Es fällt lediglich auf, dass die Messproben R25, R26 und R27 in Bild 9, eine größere elektrische Feldstärke detektiert haben. Im Vergleich mit den ersten beiden Modellen mit den mittig angebrachten kurzen Sensorgehäusen aus Bild 4 bis 7, ist jedoch eine größere elektrische Feldstärke im unteren rechten Bereich von Bild 9 zu erkennen. Zuletzt soll noch ein Simulationsergebnis für eine kurze Leitung mit einem langen Sensorgehäuse, welches rechts auf dem Hochvoltkabel angeordnet ist, dargestellt werden.

Auch der Feldstärke-Flächenscan in Bild 11 unterscheidet sich nicht wesentlich von den bereits gezeigten Feldstärke-Flächenscans. Im Vergleich mit den beiden ersten Feldstärke-Flächenscans in Bild 5 und 7 ist auch hier in der rechten unteren Ecke eine größere elektrische Feldstärke zu erkennen. Jedoch nimmt die Feldstärke in Richtung zum unteren Rand hin stärker ab als in dem Feldstärke-Flächenscan aus Bild 9. Da sich die übrigen Simulationsergebnisse nicht wesentlich von denen der hier dargestellten Ergebnisse unterscheiden, werden sie an dieser Stelle nicht aufgelistet.

Auswertung der Simulationsergebnisse

Die ersten beiden Feldstärke-Flächenscans in Bild 5 und 7 weisen keine Unterschiede auf. Die den Simulationsergebnissen zugrunde liegenden Modelle unterscheiden sich nur hinsichtlich der Länge des Hochvoltkabels zwischen Hochvolt-Batterie und Frequenzrichter. In dem Modell aus Bild 4 kam es zudem zu einer ausgeprägten Stehwellen-Ausbildung. Dies ist auf die längere Hochvoltleitung zurückzuführen. Auf die Verteilung des elektrischen Feldes im Modell hatte dies aber keine Auswirkung. Es fällt jedoch auf, dass die größten Beträge der elektrischen Feldstärke oberhalb der Dreiphasenwechselstromkabel sowie des Hochvoltkabels zwischen Batterie und Frequenzrichter detektiert wurden. Dieser

Umstand lässt sich durch das Hochvoltkabel zwischen Frequenzrichter und dem DC/DC-Spannungswandler erklären, welches als zusätzliche Störquelle auf die Messproben einwirkt.

In dem darauffolgenden Beispiel wurde ein Modell mit langer Hochvoltleitung, mit einem doppelten Sensorgehäuse welches sich nah am Frequenzrichter befindet simuliert. Das Simulationsmodell mit dem dazugehörigen Feldstärke-Flächenscan ist in Bild 8 und 9 zu sehen. Wie unter [5] bereits erwähnt, unterscheidet sich die Verteilung der elektrischen Feldstärke im Vergleich zu den beiden vorangehenden Modellen nicht wesentlich voneinander. Lediglich im unteren linken und rechten Bereich des Feldstärke-Flächenscans des Modells mit dem doppelten Sensorgehäuse, Bild 9, wurde eine größere Feldstärke detektiert. Dies liegt daran, dass das doppelte Gehäuse des Stromsensors auch die untere Leitung des Hochvoltkabel überdeckt und somit in diesem Bereich die Abstrahlung der elektrischen Feldstärke durch das Hochvoltkabel verstärkt wird. Dieser Effekt wird auf die Eigenschaften der Interface-Wände zurückgeführt, welcher schon unter [4] erwähnt wurde. Auf diese Weise sind Reflexionseigenschaften des Sensorgehäuses gegenüber elektrischen Wellen im Simulationsmodell berücksichtigt worden. Vergleicht man die Feldstärke-Flächenscans der ersten beiden Modelle mit dem mittig angeordneten Sensorgehäuse aus Bild 5 und 7 mit den Feldstärke-Flächenscans der nachfolgenden beiden Modelle, die Bild 9 und 11 zeigt, fällt auf, dass im rechten unteren Bereich von Bild 9 und 11 eine größere Feldstärke detektiert wurde als in Bild 5 und 7. Dies lässt sich ebenfalls dadurch erklären, dass durch die größere Sensorfläche der langen und doppelten Gehäuseform aus den von ihnen überdeckten Bereichen des Hochvoltkabels, verstärkt elektrische Wellen abgestrahlt wurden, als

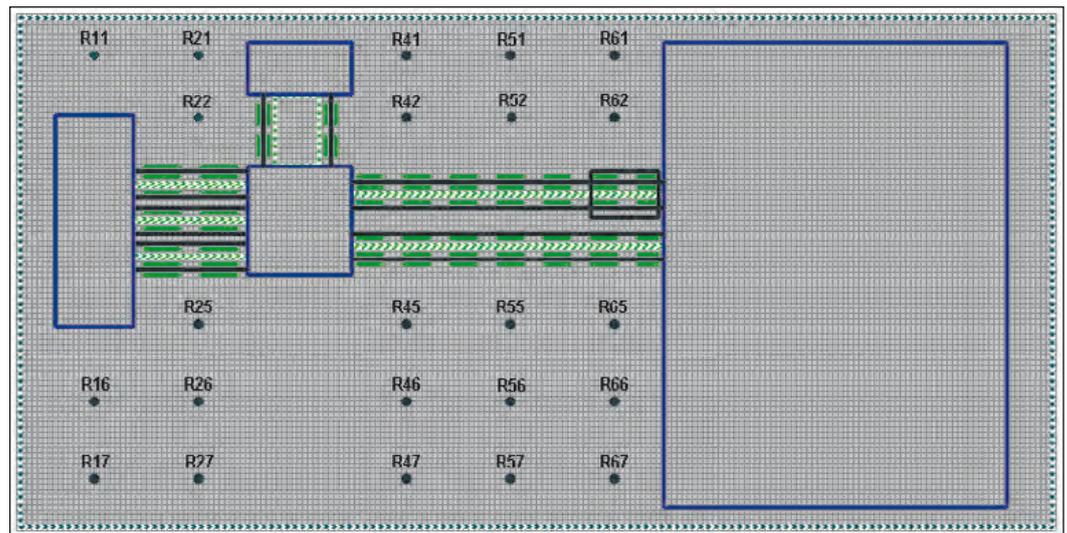


Bild 10: Simulationsmodell mit Messproben, Modell „kurze Leitung, langer Sensor, rechts“

bei den Modellen mit der kurzen Gehäuseform des Sensors.

In der Simulation des letzten dargestellten Modells mit einem langen Sensorgehäuse, das auf einer kurzen Hochvoltleitung rechts nahe der Hochvoltbatterie angebracht war, nimmt im rechten unteren Bereich des Feldstärke-Flächenscans, Bild 11, die elektrische Feldstärke nach außen hin etwas stärker ab, als in dem vorangehenden Modell mit den Feldstärke-Flächenscan aus Bild 9. Dies liegt an der verwendeten kürzeren Hochvoltleitung, auf der sich nur geringfügig Stehwellen ausbreiteten und somit auch eine geringere Feldstärke abgestrahlt wurde. Die Simulationsergebnisse der vier vorgestellten Modelle unterscheiden sich nur unwesentlich, trotz unterschiedlicher Länge der Hochvoltkabel, der Gehäuseform und des Einbauortes des Stromsensors in ihrer Verteilung der elektrischen Feldstärke entlang des Hochvoltkabels, an dem der Stromsensor angebracht wurde, voneinander. Aus diesem Grund kann keine abschließende Aussage über einen bestmöglichen Einbauort für einen Stromsensor getroffen werden. Die These, die unter 2.2 aufgestellt wurde, dass sich ein Stromsensor möglichst weit von einer elektromagnetischen Störquelle befinden soll, um nur geringsten Störungen ausgesetzt zu sein, konnte mit

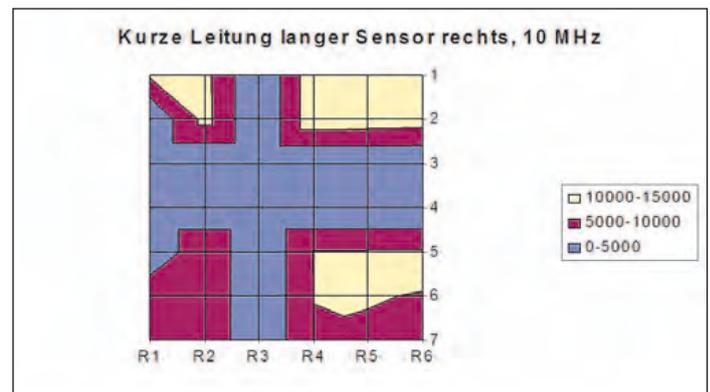


Bild 11: Feldstärke-Flächenscan des oberen Modells

den durchgeführten Simulationen nicht bestätigt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel war es, einen geeigneten Einbauort aus Sicht der elektromagnetischen Verträglichkeit für einen Stromsensor in ein Elektrofahrzeug zu finden. Um diese Aufgabe lösen zu können, wurden mit dem Simulationsprogramm MEFiSTo-2D Classic, welches zur Darstellung von elektromagnetischen Wellen konzipiert ist, verschiedene Modelle eines Elektrofahrzeugs entworfen und simuliert. Als Vorlage für die Simulationsmodelle diente dabei ein E-Corsa Fahrzeug. Als Hauptstörquellen im Elektrofahrzeug sind die Hochvoltleitungen zwischen Hochvoltbatterie und Frequenzrichter sowie zwischen Fre-

quenzrichter und Elektromotor mit ihren pulsformigen Signalen ausfindig gemacht worden. Die übrigen Komponenten der Leistungselektronik, wie beispielsweise der Frequenzrichter, sind von einem schirmenden Gehäuse umschlossen und kommen damit als potenzielle Störquelle weniger in Betracht. Dieser Umstand wurde bei der Erstellung der Simulationsmodelle berücksichtigt. Die erstellten Modelle unterschieden sich hinsichtlich der Länge des Hochvoltkabels zwischen Frequenzrichter und Hochvoltbatterie sowie zwischen unterschiedlichen Gehäuseformen des Sensors und verschiedenen Einbauorten des Stromsensors. Durch die verschiedenen Gehäuseformen des Stromsensors sollten Rückschlüsse über das Reflexionsverhalten des Gehäuses getroffen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Friedhelm Weidlich: „Elektromagnetische Störquellen im Elektroauto“, in: INGENIEUR.de, 2012, VDI Verlag GmbH, unter:
<http://www.ingenieur.de/Themen/Elektromobilitaet/Elektromagnetische-Stoerquellen-im-Elektroauto>
- [2] Helmut Tschöke (Hrsg.), Ralf Wick: „Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs – Basiswissen“, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015
- [3] „Schönheit und Schrecken – Messtechnik & EMV“, in: E&E Faszination Elektronik, 2016, publish-industry Verlag GmbH, München, unter:
http://www.mobility20.net/E-und-E-Magazin/de_DE/themen/Messtechnik-undEMV/schoenheit-und-schrecken-1606903?searchTerm=Akkumulatoren
- [4] Bastian Arndt: „EMV-Simulation an einem HV-Systembeispiel“, in: „EMV von Hochvolt-Antriebssystemen in Elektro- und Hybridfahrzeugen“, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V., Regensburg, 2015
- [5] Werner Walzik (Hrsg.), Lothar Laske, Wolfgang Kühn: „EMV in der Kfz-Technik – Störquellen, Koppelmechanismen, Meßmethoden, Meßmittel, EMV-Vorschriften“, Franzis-Verlag GmbH, Poing, 1995
- [6] Florian Krug: „Simulationstechnik von EMV-Problemen“, in: Elektrofachkraft, 2012, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, Kissing, unter:
<http://www.elektrofachkraft.de/expertenbeitraege/simulationstechnik-von-emv-problemen>
- [7] „MEFiSto-2D Electromagnetic Simulator“, von: Faustus Scientific Corporation, 1256 Beach Drive Victoria, BC V8S 2N3 Canada, unter:
http://www.faustcorp.com/products/mefisto2dclassic/brochure_classic.pdf
- [8] Gospodinov, Ivanov, Nedev: „E-car EMC Project“, 2014

Die Simulation von mehreren unterschiedlichen Modellen liefert insgesamt eine Vielzahl von Ergebnissen und erhöht so den Freiheitsgrad bei der Entscheidungsfindung für einen möglichen Einbauort des Stromsensors. Die anfänglich aufgestellte These, dass sich der Stromsensor räumlich entfernt von einer potenziellen Störquelle befinden muss, um nur geringen elektromagnetischen Störungen ausgesetzt zu sein, konnte in der Auswertung der Simulationsergebnisse nicht nachgewiesen werden, da sich die qualitative Verteilung des elektrischen Feldes in der unmittelbaren Umgebung des Stromsensors in den verschiedenen Modellen nicht wesentlich voneinander

unterscheidet. Jedoch fällt auf, dass ein kleines Sensorgehäuse geringere elektromagnetische Abstrahlungen verursacht als ein langes oder doppeltes Gehäuse.

Ein wesentlicher Einfluss als elektromagnetische Störquelle auf den Stromsensor konnte der Dreiphasenwechselstromleitung zwischen Frequenzumrichter und Elektromotor nicht nachgewiesen werden. Dies lag daran, dass der Stromsensor durch das Gehäuse des Frequenzumrichters gut von der Dreiphasenwechselstromleitung abgeschirmt wurde. Auch die Leitung zwischen Frequenzumrichter und DC/DC-Spannungswandler, die als Störquelle fungierte, übte in sämtlichen Modellen einen konstanten elektromagnetischen Ein-

fluss auf den Stromsensor aus, unabhängig von der Stelle an dem der Sensor angeordnet war.

Um aussagekräftigere Simulationsergebnisse zu erhalten, hätte das Fahrzeugmodell detaillierter modelliert werden müssen. So sind die Fahrzeugaußenwände, die das Fahrzeug abschließen und so einen Resonanzraum für elektromagnetische Wellen bilden, in den simulierten Modellen nicht berücksichtigt worden. Auch ist es kritisch zu sehen, dass sich bei der Auswahl der Störquellen auf die Hochvoltleitungen beschränkt wurde. Die Komponenten der Leistungselektronik hätten als Störquellen stärker berücksichtigt werden können. Ebenso wäre es besser gewesen als Gehäuse-

wände für den Stromsensor Reflexionswände anstelle von Interface-Wänden zu verwenden. Auf diese Weise ließen sich die reflektierenden Eigenschaften des Gehäuses besser nachbilden.

Um eine feinere Auflösung in den Feldstärke-Flächenscans zu erreichen, wäre es nötig gewesen ein dichteres Netz von Messproben im Simulationsmodell aufzubauen. Dies hätte jedoch den Aufwand in der Auswertung erheblich erhöht, da in einem Simulationsdurchlauf programmbedingt nur drei Messproben zur Verfügung stehen. Erwähnt werden soll auch, dass die Möglichkeiten des Programms MEFiSto-2D Classic bei der Erstellung von Simulationsmodellen limitiert sind. Die Anzahl der in einem Modell eingesetzten Interface- und Reflexionswände ist durch das Programm begrenzt. Zudem können nur relativ einfache Geometrien aufgebaut werden. Insgesamt sind aber die Möglichkeiten, die das Programm MEFiSto-2D Classic bietet, gut ausgenutzt worden. Möchte man genauere Erkenntnisse über die räumliche Verteilung der elektromagnetischen Felder in einem Elektrofahrzeug gewinnen, ist vermutlich ein mächtigeres Simulationswerkzeug, welches die Erstellung eines dreidimensionalen Modells erlaubt, zu empfehlen, da die Abbildung des inneren Aufbaus eines Elektrofahrzeugs in einem wirklichkeitsnahen Modell doch recht komplex ist. Zudem wäre die Kenntnis über die Verteilung der wahren Feldimpedanz im Elektrofahrzeug notwendig. ◀

SEMATRON DEUTSCHLAND

GmbH

www.sematron.de

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

**Ihr
Partner
für**

SYSTEME/GERÄTE

SATELLITENKOMMUNIKATION

RF- und mmW-KOMPONENTEN

ENTWICKLUNG bis 240 GHz

40 GHz
(KBL-Series)

Precision 75Ω
(CBL-Series)

Precision 50Ω
(CBL-Series)

Armored
(APC-Series)

Ultra-Flexible
(ULC-Series)

Flexible
(FLC-Series)

Precision VNA
Cables
(VNAC-Series)

TEST CABLES up to 40 GHz!

Zuverlässigkeit, auf die Sie bauen können... from **\$68⁹⁵** ea. (qty.1-9)

Warum vertrauen 10.000 Kunden den Test-Kabeln von Mini-Circuits? Ganz einfach: Weil diese niemals unzuverlässig sind! Unsere Test-Kabel bieten ihre ausgewiesene Performance auch noch bei 20.000 Biegebeanspruchungen (außer VNAC-2R1-K+) und kommen mit einer sechsmonatigen Produktgarantie. Daher können Sie sicher sein, eine robuste Konstruktion, hohe Zuverlässigkeit und wiederholbare Ergebnisse zu

erhalten. Egal, ob Sie Produktions-, Burn-in-, Temperatur- oder Hi-rel-Tests durchführen wollen – Mini-Circuits hat das passende Test-Kabel auf Lager und kann es sofort ausliefern. Bestellen Sie doch einige Typen für Ihr Test-Setup auf www.minicircuits.com und überzeugen Sie sich von der Langzeit-Performance, die durch weniger Nachtests und weniger falsche Zurückweisungen von Messobjekten zu dauerhaften Einsparungen führt.

Model Family	Capabilities	Freq. (GHz)	Connectors†
KBL	Precision measurement, including phase, through 40 GHz	DC-40	2.92mm
CBL- 75+	Precision 75Ω measurement for CATV and DOCSIS® 3.1	DC-18	N, F
CBL	All-purpose workhorse cables for highly-reliable, precision 50Ω measurement through 18 GHz	DC-18	SMA, N
APC	Crush resistant armored cable construction for production floors where heavy machinery is used	DC-18	N
ULC	Ultra-flexible construction, highly popular for lab and production test where tight bends are needed	DC-18	SMA
FLC	Flexible construction and wideband coverage for point to point radios, SatCom Systems through K-Band, and more!	DC-26	SMA
NEW! VNAC	Precision VNA cables for test and measurement equipment through 40 GHz	DC-40	2.92mm (MtoF)

† Verschiedene Anschlussoptionen auf Anfrage lieferbar; teilen Sie über apps@minicircuits.com Ihre speziellen Anforderungen mit.



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

507 rev E

DISTRIBUTORS

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

Mini-Circuits Europe

Registered in England No 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

Reflektionsfreie HF-Filter absorbieren störende Signale

Filter gehören zu den Grundbestandteilen von Hochfrequenz- und Mikrowellen-Schaltungen und sollen unerwünschte Signale eliminieren. Genau betrachtet reflektieren jedoch konventionelle Filter einen großen Teil dieser Signale zurück zur Quelle, was Probleme wie Intermodulation oder Interferenzen verursachen kann.

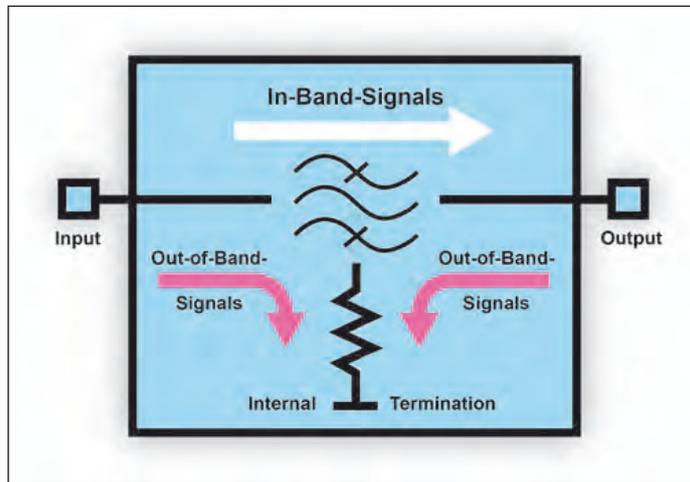


Bild 1: Durchlass- und Sperrpfade bei einem reflektionsfreien Bandpassfilter

Es gibt inzwischen aber auch Filter, die störende Signale absorbieren. Sie vereinfachen nicht nur das Schaltungsdesign, sondern eröffnen auch neue Möglichkeiten.

Die Hauptaufgabe eines Filters besteht darin, bestimmte Signale durchzulassen und andere zu sperren. Konventionelle Filter reflektieren allerdings einen Teil der unerwünschten Signale auch zurück zur Quelle. Diese Reflexionen können in nicht-linearen Komponenten zu Intermodulation oder Interferenzen führen. Besonders anfällig hierfür sind Hochfrequenz- und Mikrowellen-Schaltungen, wie Mischer, Multiplizierer oder Verstärker. Die Folgen sind schlechtere Linearität oder ein geringerer

Dynamikbereich, so dass die Entwickler zusätzliche Maßnahmen ergreifen müssen, um derartige Störungen zu unterdrücken.

Seit einigen Monaten sind neuartige Filter erhältlich, welche die zu sperrenden Signale absorbieren, anstatt sie zurückzusenden. Diese reflektionsfreien Filter basieren auf einer symmetrischen Struktur, in der die Signale im Durchlassbereich das Filter direkt vom Eingang zum Ausgang durchlaufen. Signale im Sperrbereich dagegen werden Widerständen zugeführt, die das Signal intern abschließen und absorbieren (Bild 1). Diese Topologie lässt sich nicht nur für Tiefpassfilter, sondern ebenso für Hoch- und Bandpass-Filter sowie Bandsperren verwenden.

Mehrstufige Filter

Dieser Designansatz eignet sich auch für Filter höherer Ordnung, wobei sich durch verschiedene Anpassungen zudem Verbesserungen im Hinblick auf die Dämpfung im Sperrbereich und die Steilheit im Übergangsbereich erreichen lassen. Filter dritter Ordnung können beispielsweise durch die Verschachtelung von drei reflektionsfreien Filtern realisiert werden. Gegenüber Filtern erster Ordnung zeichnen sich diese durch steilere Flanken und eine höhere Dämpfung in der ersten Oktave des Sperrbereichs aus.

Ebenso ist eine Kaskadierung mehrerer unterschiedlicher Filter möglich. Mit einer derartigen Reihenschaltung lassen sich beispielsweise Hoch- und Tiefpassfilter zu einem Bandpass kombinieren. Bei konventionellen Filtertopologien kann eine Kaskadenschaltung eine Welligkeit oder Phaseninstabilität verursachen, wogegen diese Effekte bei reflektionsfreien Filtern nicht auftreten.

Anwendungsbereiche

Reflektionsfreie Filter sind ideal für eine Kombination mit empfindlichen, nichtlinearen Elementen geeignet. Bei klassischen Filtern kommt es hier dagegen immer wieder zu Problemen. Folgt beispielsweise im Signalpfad ein Filter auf einen Mischer, dann können durch

Municom GmbH
info@municom.de

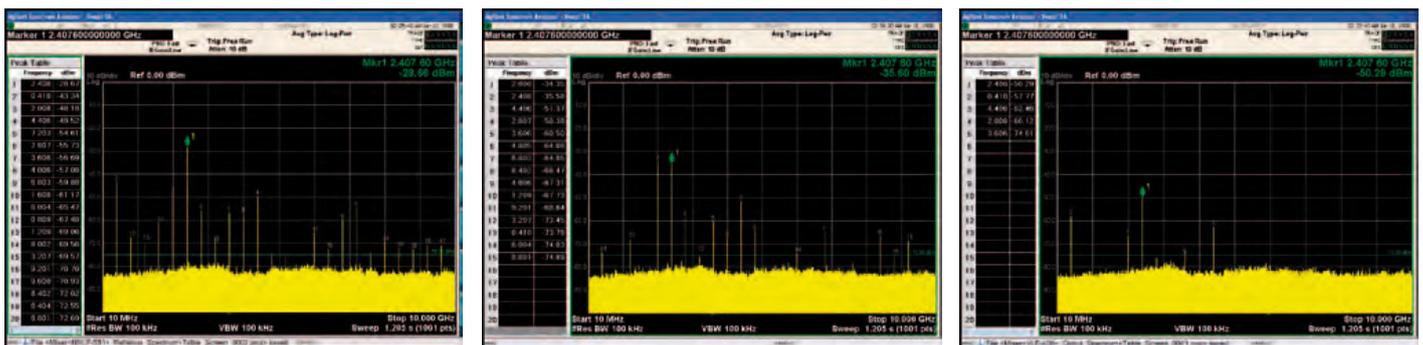


Bild 2: Ausgangsspektrum eines Mixers ohne Filter, mit konventionellem Filter und reflektionsfreiem Filter

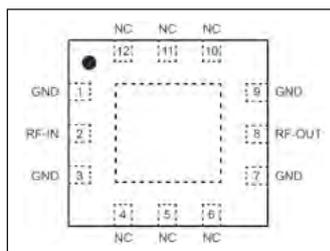
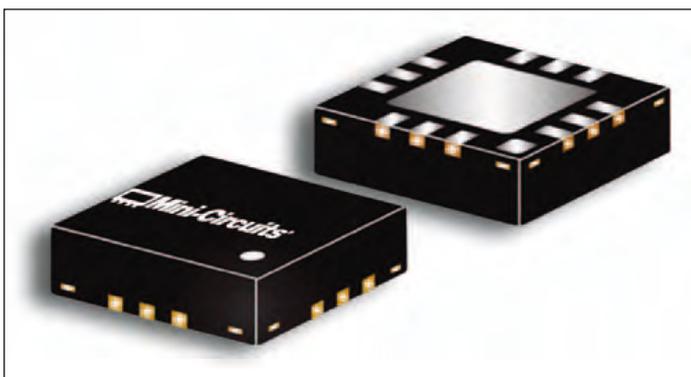


Bild 3: Gehäuseform und Pinbeschaltung bei Filtern der X-Serie von Mini-Circuits



Bild 4: Reflektionsfreies Filter für höhere Leistungen von Werlatone

die reflektierten Signale unerwünschte Mischprodukte und Harmonische höherer Ordnung entstehen, die durchaus in den Durchlassbereich des Filters fallen können.

Eigentlich sollte das Filter unerwünschte Signale nach dem Mischer herausfiltern und nicht

zusätzliche Störsignale generieren. Diese Intermodulationsprodukte haben die anfangs genannten Effekte zur Folge, wie höhere Welligkeit im Durchlassband, Instabilitäten von Verstärkern oder Reduzierung der Systemdynamik. Mit einem reflektionsfreien Filter lassen sich derartige Probleme von vornherein

vermeiden, da die Signale des Stoppbands nicht reflektiert, sondern intern absorbiert werden (Bild 2). Damit können in der Regel auch nachgeordnete Dämpfungsglieder, Isolationsverstärker und Zirkulatoren entfallen, die sonst bei konventionellen Filtern zur Entkopplung der entstandenen unerwünschten Mischprodukte benötigt werden.

Reflektionsfreie Filter stellen damit einen entscheidenden technischen Fortschritt dar, der nicht nur seit langem bestehende Probleme löst, sondern zudem die Leistung von Hochfrequenz- und Mikrowellensystemen deutlich verbessert.

Zwei Hersteller, zwei unterschiedliche Technologien

municom bietet derzeit reflektionsfreie Filter von zwei Herstellern an. Das US-amerikanische Unternehmen Mini-Circuits produziert derartige Filter in Form von SMD-Bauteilen für Frequenzen im Bereich von DC bis

zu einem Durchlassbereich von 18 GHz und einem Sperrbereich von 34 GHz (Bild 3). Die Bauteile sind als Tief-, Hoch- und Bandpassfilter im 3 x 3 mm großen QFN-Gehäuse katalogmäßig erhältlich. Die Filter werden auf der Basis eines GaAs-Halbleiterprozesses unter Verwendung des IPD-Verfahrens (Integrated Passive Device) hergestellt und verfügen über einen sehr guten ESD-Schutz. Trotz der kleinen Bauform eignen sich die Filter für Leistungen bis etwa 2 Watt und zeichnen sich durch eine hohe Temperaturstabilität von $\pm 0,3$ dB aus.

Der Hersteller Werlatone, ebenfalls mit Sitz in den USA, ist auf Komponenten für hohe HF-Leistungen spezialisiert und bietet absorbierende Hoch- und Tiefpassfilter für Frequenzen von 1 MHz bis zu einem Durchlassbereich von 870 MHz und einem Sperrbereich von 4 GHz an. Die Filter verfügen über N- oder SMA-Steckverbinder und eignen sich für einen Temperaturbereich von -55 °C bis 75 °C (Bild 4). Das Unternehmen fertigt nicht nur Standardprodukte bis zu einer Leistung von 5 kW, sondern auch kundenspezifische Lösungen.

Die Produkte beider Hersteller sind im deutschsprachigen Bereich von municom teilweise direkt ab Lager erhältlich. Das Unternehmen unterstützt die Anwender zudem durch eine fundierte technische Beratung sowohl bei der Produktauswahl als auch beim Design-in. ◀

ENGINEERING + MANUFACTURING FOR A NETWORKED WORLD



MATRICES · SWITCHING UNITS · MULTICOUPLERS · CROSSBARS · COMPONENTS

CONTACT: Phone: +49 (0) 9078 9695 - 95 | E-Mail: sales@novotronik.com | Web: www.novotronik.com

Drehkupplungen für die Übertragung von HD-SDI-Signalen durch eine blockierte Mittelachse

Der Übergang von Analog- auf Digitalvideo und insbesondere auf HD-SDI 292M oder 424M ist nicht einfach. Normale Koaxialkabel können bei nicht rotierenden Anwendungen eingesetzt werden. Dreht sich das System, muss das digitale Signal jedoch die Drehkupplung durchlaufen.

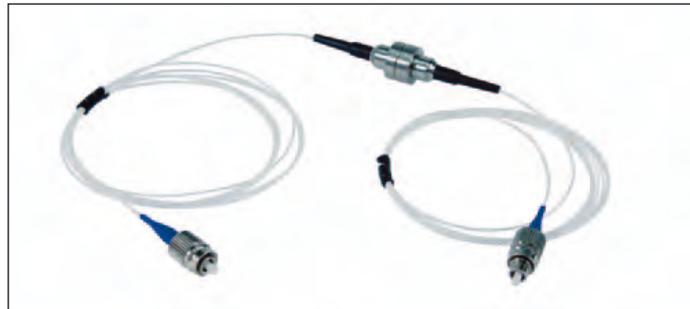


Bild 1: 1-Kanal-Drehkupplung FORJ 1.14.



Bild 2: FORJ 1.17 wurde für raue Umgebungen konstruiert

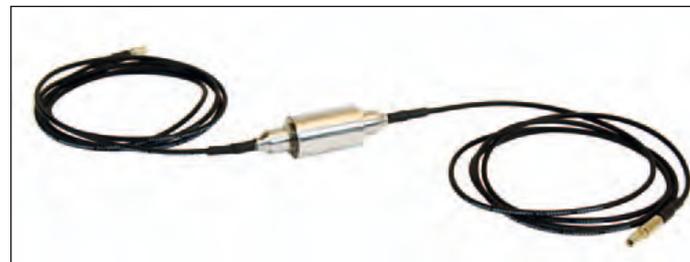


Bild 3: FORJ 1.22 ist klassifiziert nach Schutzklasse IP 65

Zur Übertragung langsamerer Signale gehört bei den herkömmlichen Lösungen der Einsatz von Gold-auf-Gold-, Silber-Graphit auf Messing- oder versilberten

Schleifringbahnen. Der Durchmesser der Gesamtsysteme ist hierbei der begrenzende Faktor. Diese können bei Frequenzen bis zu 250 MHz mit sehr klei-

nen Durchmessern und bis zu 100 MHz mit größeren Durchmessern arbeiten. Bei Signalen mit 1,5 Gbit/s ist jedoch eine andere Übertragungstechnologie erforderlich. Nicht kontaktierende Technologien sind die beste Lösung für blockierte Mittelachsen. Ist die Achse offen, ist eine faseroptische Verbindung der beste Ansatz. Für die Fälle, in denen die Mittelachse blockiert ist (weil sie eine mechanische Schnittstelle, RF-Komponenten usw. enthält) gab es bis vor kurzem für die Übertragung eines Testsignals mit einem pathologischen Muster keine annehmbare Lösung. Vor diesem Hintergrund hat SPINNER seine kapazitive Standardkupplung so angepasst, dass über die HD-SDI 292M oder 424M übertragen werden kann. Die Messergebnisse zeigen hier ein sehr gutes Augendiagramm. Für HD-SDI-Signale hat SPINNER eine Reihe von hybriden Drehkupplungseinheiten, darunter Signal-Multiplexer für RS422, RS232, CAN-Bus, I/O-Leitungen und 1000BaseT Ethernet, angepasst. Ein Beispiel dafür ist eine sehr komplexe Drehkupplung mit drei HD-SDI-Strecken sowie 150 digitalen RS422-Leitungen, die mit Signalmultiplexern kontaktlos übertragen werden. Hierfür wurde die kapazitive Drehkupplungseinheit entwickelt, die halb



Bild 4: FORJ 2.28 eignet sich als 2-Kanal-Drehkupplung in Singlemode-Konfiguration in Grundaussführung

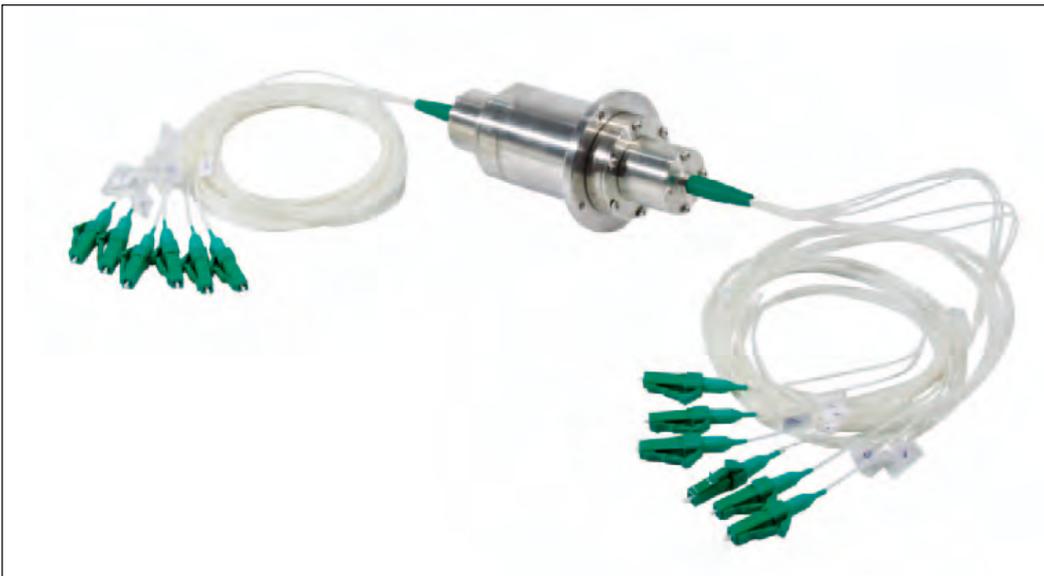


Bild 5: FORJ x.40 hat einen Gehäuseaußendurchmesser von nur 39,5 mm

so groß ist wie eine herkömmliche Schleifringeinheit und eine mittlere Lebensdauer (MTBF) von mindestens 300.000 Stunden aufweist. Das entspricht einer Verbesserung von 1000%.

Zu den weiteren Vorteilen einer Lösung wie dieser gehören ein geringeres Gewicht, kleinere Abmessungen, kostengünstigeres Design sowie ein Ende der Probleme in den Bereichen Abschluss und Nennwiderstand.

Derzeit werden nicht kontaktierende HD-SDI-Drehkupplungen in Radarsystemen, Geschützsystemen und optronischen Marinesystemen verwendet. Diese sind mit freien Innendurchmessern von bis zu 300 mm und mehr erhältlich. Ist die Mittelachse frei, so können faseroptische Drehkupplungen eingesetzt werden.

Faseroptische Drehkupplungen

SPINNER hat eine Reihe von faseroptischen Drehkupplungen (Englisch: Fiber-Optic Rotary Joints, abgekürzt FORJs) entwickelt. FORJs in Singlemode- oder Multimode-Konfiguration werden, entweder allein oder in einen Schleifring integriert, und können in Anwendungen an Land, auf See und in der Luft eingesetzt werden.

Die neue 1-Kanal-Produktfamilie FORJ 1.14 (siehe Bild 1) weist trotz ihrer sehr kompakten Abmessungen eine hervorragende Leistung auf. Ihre Konstruktion reduziert die typische Durchgangsdämpfung auf weniger als 1,0 dB mit Singlemodefasern. Dank ihrer geringen Größe und ihrem geringen Gewicht von nur 18 g sind Drehbewegungen bei Geschwindigkeiten von mind. 10.000 Umdrehungen pro Minute möglich. Darüber hinaus erleichtert der FLEXIFLANGE von SPINNER die Anpassung dieser Drehkupplung für spezielle Anwendungen.

Die Drehkupplung FORJ 1.17 (siehe Bild 2) wurde für raue Umgebungen entwickelt und kann starken Vibrationen, starken Stößen, hoher Feuchtigkeit und Salzwasser standhalten. Ursprünglich wurde sie für die Anforderungen von Offshore- und Unterwasserfahrzeugen entwickelt und hat die Schutzklasse IP 68. Die 1-Kanal-Drehkupplung in der Version FORJ 1.17pc wird mit einem integrierten Druckausgleich für Tiefseeanwendungen bis zu einer Tiefe von 4500 m geliefert.

Für raue Industrieumgebungen

ist die Drehkupplung FORJ 1.22 (siehe Bild 3) nach Schutzklasse IP 65 (Schutz vor Staub und

Feuchtigkeit) klassifiziert. Sie ist mit einem Schutzschlauch für die Fasern ausgestattet, um zu vermeiden, dass sie während oder nach dem Einbau brechen

oder anderweitig beschädigt werden. Die 2-Kanal-Drehkupplung FORJ 2.28 (siehe Bild 4) eignet sich als 2-Kanal-Drehkupplung in Singlemode-Konfiguration in Grundausführung. Dank ihres patentierten mechanischen Systems ist sie mit einer Gesamtlänge von nicht einmal 90 mm und einem Außengehäusedurchmesser von gerade einmal 28 mm sehr kompakt. Sie wird in Versionen entweder ausschließlich mit Multimode-Konfiguration oder aber in einer Kombination aus Singlemode- und Multimodefasern angeboten.

Die Drehkupplung FORJ x.40 (siehe Bild 5), mit einem Außengehäusedurchmesser von nur 39,5 mm, erhebt den Anspruch, marktführende Kompaktheit für Mehrkanallösungen mit bis zu sechs Kanälen zu bieten. Sie ist in Single-Mode-, Multi-Mode- und Mischfaser-Konfigurationen erhältlich. ◀

Wir haben Lösungen für Ihre Störstrahlungsprobleme

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

Wenn es um EMV- und ESD-Beschichtung Ihrer Produkte geht, sind wir Ihr kompetenter Ansprechpartner, auch für Beratung, Planung und Lieferung kompletter Beschichtungsanlagen.

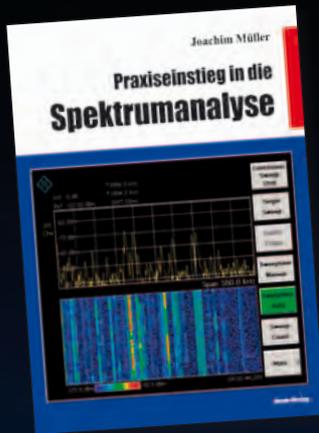
Von der Idee bis zum fertigen Produkt sind wir Ihr Partner!



EUKATEC Europe Ltd.

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

Fachbücher für die Praxis



Praxiseinstieg in die Spektrumanalyse

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

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

Hintergrundwissen:

- Der Zeit- und Frequenzbereich, Fourier
- Der Spektrumanalyzer nach dem Überlagerungsprinzip
- Dynamik, DANL und Kompression
- Trace-Detektoren, Hüllkurvendetektor, EMV-Detektoren
- Die richtige Wahl des Detektors
- Moderne Analyser, FFT, Oszilloskope mit FFT
- Auswahl der Fensterung - Gauß, Hamming, Kaiser-Bessel
- Die Systemmerkmale und Problemzonen der Spektrumanalyser etc.



Hochfrequenz-Transistorpraxis

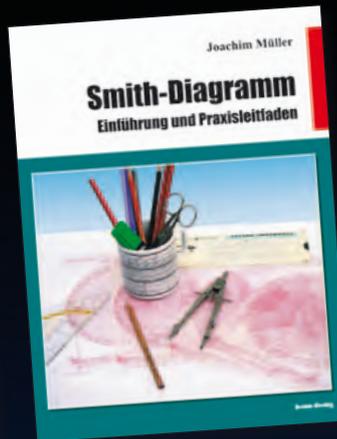
Schaltungstechnik, Einsatzprinzipien, Typen und Applikationen

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

Das Buch beschreibt die Anwendung von diskreten Transistoren und erläutert die Schaltungstechnik praxisorientiert mit einer Fülle ausgewählter Applikations-schaltungen.

Aus dem Inhalt:

- Bipolartransistoren
- Grundsaltungen
- Schaltungstricks
- Anpassung
- FETs im Überblick
- FET-Grundsaltungen
- Die Welt der Power-MOS-FETs
- Rund um die Kühlung
- Transistorschaltungen richtig aufbauen
- HF-Kleinsignal-Verstärkerschaltungen
- Leistungsverstärker
- Oszillatorschaltungen
- Senderschaltungen
- Mess- und Prüftechnik



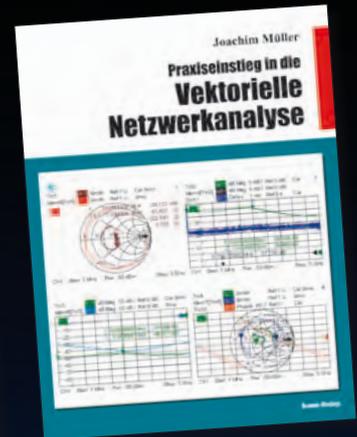
Smith-Diagramm Einführung und Praxisleitfaden

Joachim Müller,
21 x 28 cm, 117 Seiten,
zahlr. Abb. und Diagramme
ISBN 978-3-88976-155-2,
beam-Verlag 2009, 29,80 €
Art.-Nr.: 118082

Das Smith-Diagramm ist bis heute das wichtigste Instrument zur bildlichen Darstellung der Anpassung und zum Verständnis der Vorgänge in HF-Systemen. Dieses Buch bietet eine grundlegende Einführung in den praxisnahen Aufbau und die Handhabung des Diagramms.

Aus dem Inhalt:

- Der Weg zum Smith-Diagramm
- Reflexionsfaktor
- Rückflussdämpfung
- Praxis mit dem Smith-Diagramm, u.a.: Kompensation von Blindanteilen, Ortslinie über Frequenz, Leitung als Transformator, elektrisch kurze bzw. lange Leitung, S-Parameter und Smith-Diagramm
- Leitwert-Smith-Diagramm
- Stubs
- Anpassung, usw.



Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

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

Hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren sind inzwischen leicht zu bedienen und auf Handheldgröße verkleinert. Fehlt nur noch eine geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis. Dieses Buch stellt die Grundlagen des Messaufbaus anschaulich dar.

Aus dem Inhalt:

- Hintergründe zur vektoriellen Netzwerkanalyse
- S-Parameter, Netzwerkparameter
- Der Datenaustausch im Touchstone Fileformat
- Grundfunktionen in der Gerätetechnik
- Kalibrierung - Festlegung der Messbezugsebene
- Messungen an Antennen
- Untersuchungen an Leitungen
- Messungen an Bauteilen

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter
www.beam-verlag.de
oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de

Anpassungsschaltungen und Balun-Übertrager für die Mischer-Familie RFFC207x und RFFC507x, Teil 2

Der zweite Teil dieses Beitrages befasst sich mit Schmalband-Keramik-Baluns, schmalbandigen Baluns mit diskreten Bauelementen und weiteren Techniken für die Anpassung eines Mischer-Ausgangs

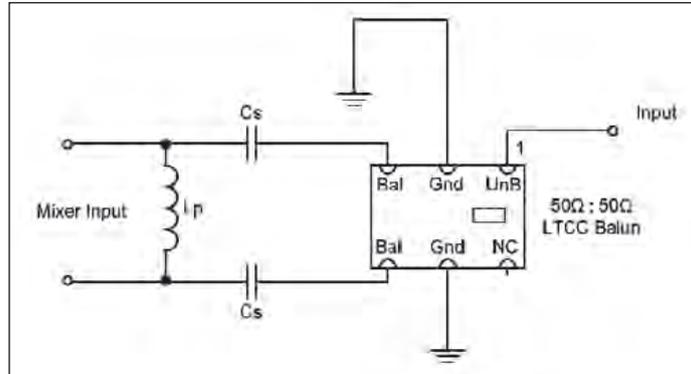


Bild 15: Beschaltung des Mischereingangs

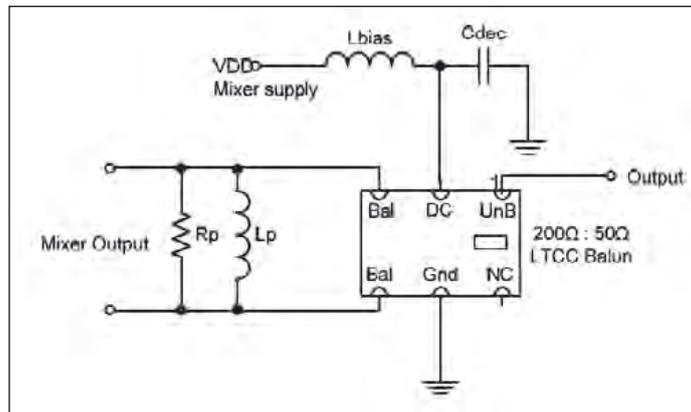


Bild 16: Mischerausgang mit Anpassungsschaltung und Balun

4. Schmalband-Keramik-Baluns

Schmalbandige Keramik-Baluns vom LTCC-Hybrid-Typ, sind von verschiedenen Herstellern erhältlich, u.a. Murata Manufacturing Company, Ltd. (LDB Serie), Anaren und Johanson

Technology, Inc. Sie werden überwiegend für Frequenzbänder mit großvolumigen Anwendungen angeboten, wie z.B. für die Zellular-Bänder und das 2.4-GHz-ISM-Band.

Die gebräuchlichste Package-Größe ist gegenwärtig 0805.

LTCC-Baluns mit Impedanzverhältnissen von 50 Ω : 50 Ω, 50 Ω : 100 Ω und 50 Ω : 200 Ω stehen zur Verfügung, die für den Einsatz in Schaltungen mit den Mixern RFFC207x und RFFC507x geeignet sind. Diese Komponenten sind ideal für HF-Schmalband-Anwendungen, vorausgesetzt die Bauteile werden für den geforderten Frequenzbereich angeboten. Sie bieten u.a. folgende Vorteile:

- niedrige Kosten, bei hohen Stückzahlen
- geringe Abmessungen
- kleine Verluste

Die standardmäßigen RFFC507x-Evaluation-Boards verwenden keramische-3700-MHz-Baluns von Johanson Technology an den HF-Ports. Ein 50 Ω : 50 Ω Keramik-Balun (Modell 3700 BL1500B050) wird am HF-Eingang vorgesehen, ein 50 Ω : 200 Ω-Balun am HF-Ausgang (Modell 3700BL1500B200). Die ZF-Ports werden über die Baluntypen RFXF9503 und RFXF8553 angeschlossen (siehe Abschnitt 3).

4.1 Mischereingänge

Ein 50 Ω : 50 Ω LTCC-Balun lässt sich am Mischereingang einsetzen und leicht anpassen, wie Bild 15 zeigt. Diese Anpassungskonfiguration benötigt die geringste Anzahl von Komponenten, da die Serien-Kondensatoren in der Anpassungsschal-

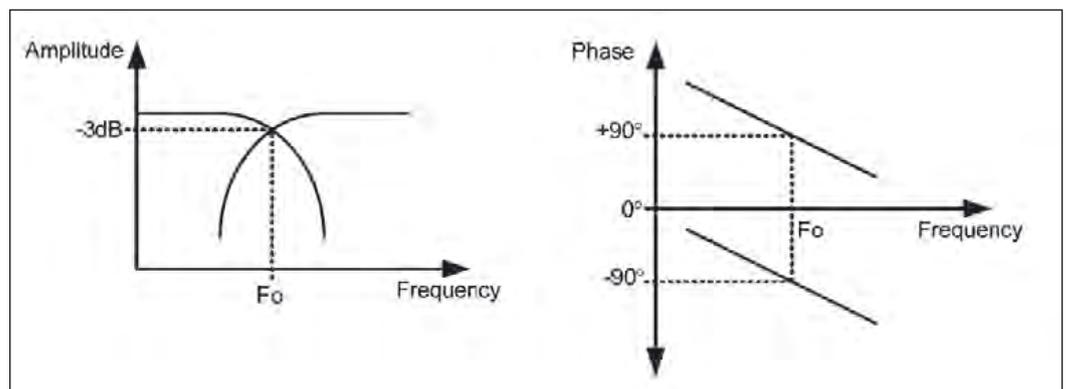


Bild 17: Amplituden- und Phasengänge der beiden Balun-Sektionen

Unter Verwendung der Integrated Synthesizer/Mixer Application Note: "Matching Circuits and Baluns for the Product Families RFFC207x and RFFC507".
RF MICRO DEVICES
www.rfmd.com

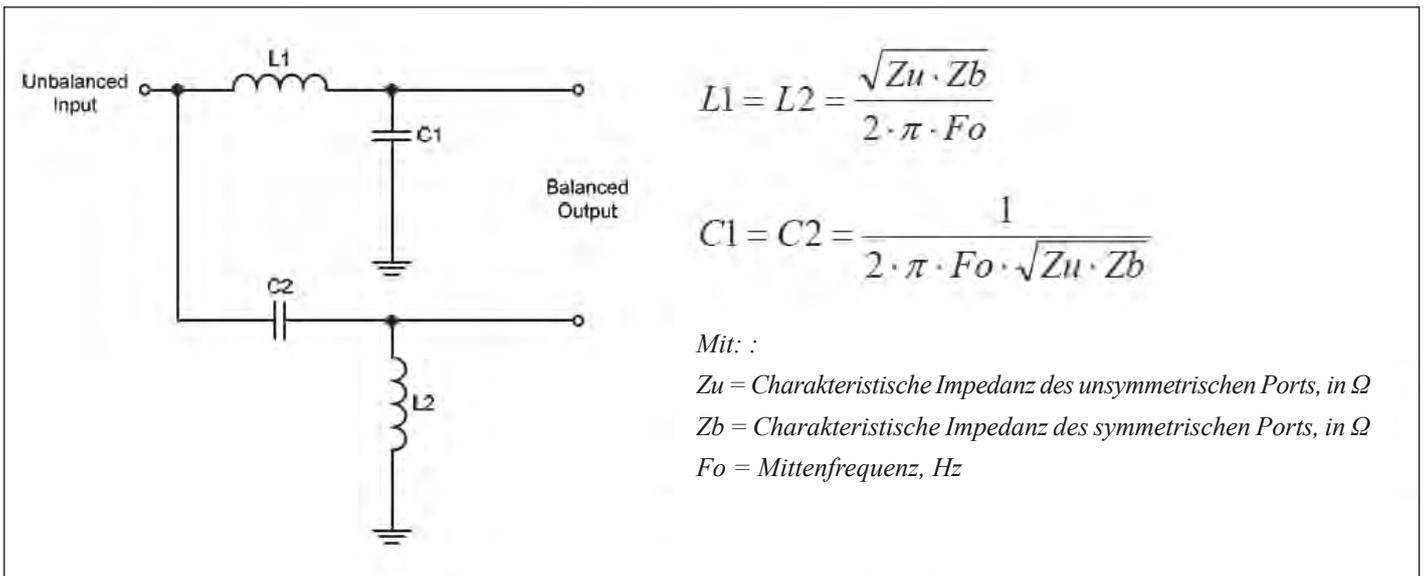


Bild 18: Schaltung eines Baluns mit vier diskreten Komponenten

tung auch für die AC-Kopplung sorgen.

Da der Realteil der Mischer-Eingangsimpedanz bei ca. 85 Ω liegt, abhängig von der Frequenz und der Stromeinstellung, kann auch ein 100 Ω : 100 Ω -Balun verwendet und die Anpassungsschaltung entsprechend geändert werden.

4.2 Mischer-Ausgänge

Die einfachste Konfiguration würde in der Verwendung eines 50 Ω : 200 Ω -LTCC-Baluns am Mischerausgang sowie einer DC-Zuführung bestehen, die den Mischer über die Ausgangspins mit der Betriebsspannung

versorgt. Auch hier können wieder ein Parallelwiderstand und eine Induktivität zur Verbesserung der Ausgangsanpassung vorgesehen werden.

Bei den RFFC507x-Mischern ist eine andere Lösung erforderlich, wenn die Ausgangsfrequenz über ca. 4500 MHz liegt. Die Ausgangskapazität des Mixers ist dann immer schwieriger mit einer Parallelinduktivität anzupassen, da speziell die Ausgangsbonddrähte einen erheblichen Anteil von jeweils 0,5 nH zur Ausgangsinduktivität beitragen. Es wird daher empfohlen, die Ausgangs-Impedanz zu erniedrigen, indem man einen 50 Ω :

100 Ω oder 50 Ω : 50 Ω -Balun bzw. den Shuntwiderstand R_p vorsieht.

Es ist zweckmäßig, die interne Konfiguration des verwendeten LTCC-Baluns zu überprüfen, speziell am Mischerausgang. Die Gleichspannungsanschlüsse variieren nämlich in Abhängigkeit von der Art und Weise, wie der Balun implementiert wurde.

Beachten Sie, dass jede Schmalband-Lösung den Nachteil aufweist, dass die Mischer-Ports keine symmetrische Last bei allen Frequenzen haben. Das könnte bedeuten, dass die LO- und HF-Unterdrückung am Ausgangsport nicht so gut ist wie bei

einem Breitband-Transformator. Die Gleichtaktunterdrückung (CMRR) des Ausgangs-Baluns und der Anpassungsschaltung ist wichtig, da sie den Rauschboden und die Nebenwellen am Mischerausgang beeinflussen kann. Das CMRR des Baluns wird schlechter, wenn die Phasen- und Amplituden-Unsymmetrie ansteigt.

5. Schmalbandige Baluns mit diskreten Bauelementen

Schmalband-Baluns können unter Verwendung von diskreten Komponenten entwickelt wer-

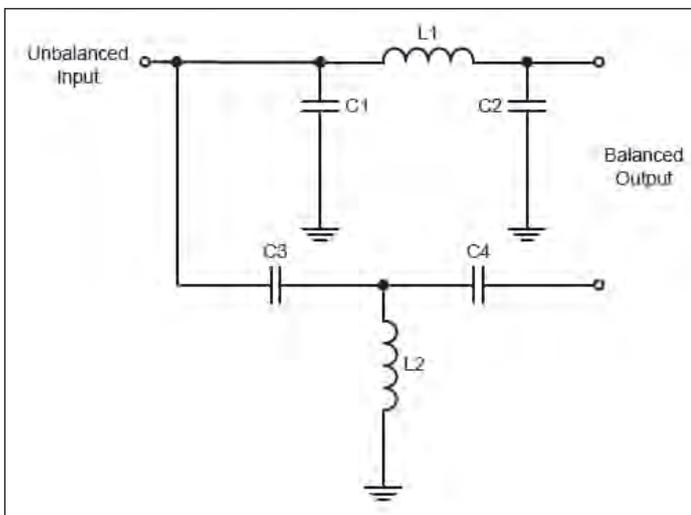


Bild 19: Balun mit PI- und T-Filtern

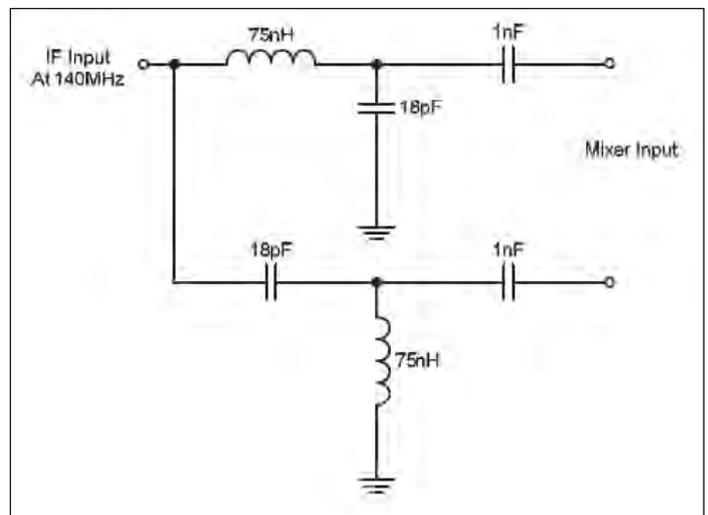
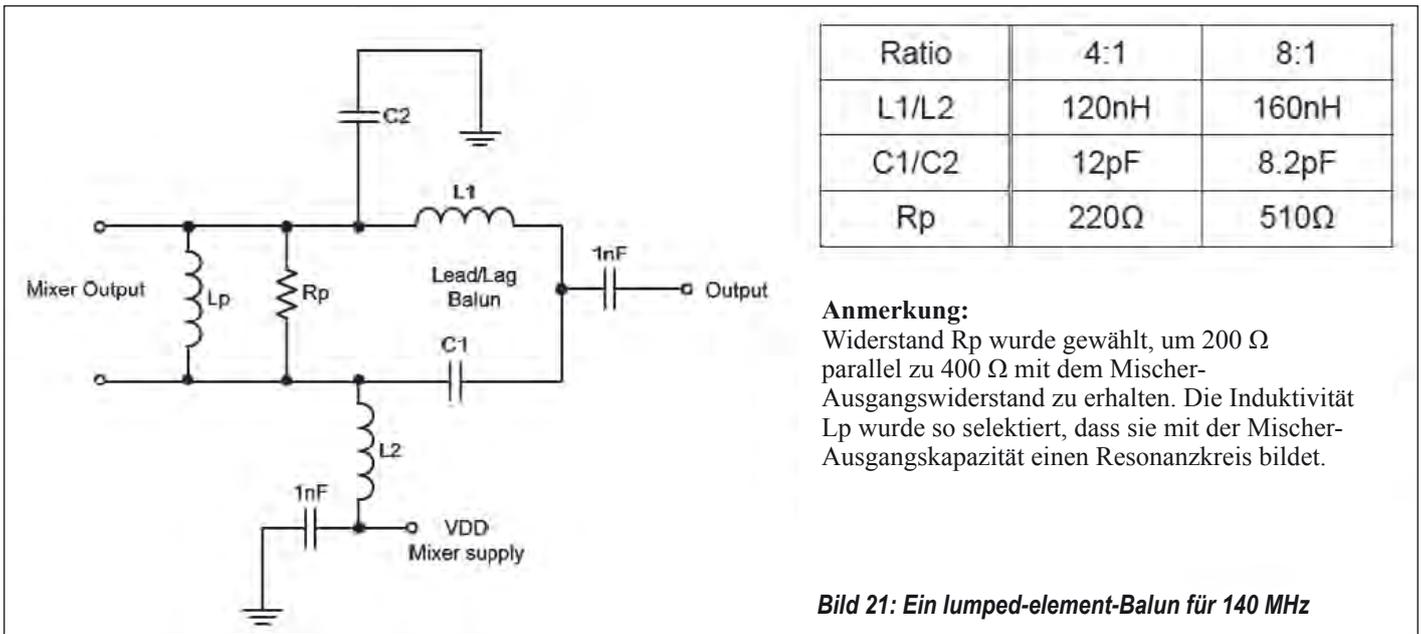


Bild 20: Mit konzentrierten Elementen aufgebauter Balun



Anmerkung:

Widerstand Rp wurde gewählt, um 200 Ω parallel zu 400 Ω mit dem Mischer-Ausgangswiderstand zu erhalten. Die Induktivität Lp wurde so selektiert, dass sie mit der Mischer-Ausgangskapazität einen Resonanzkreis bildet.

Bild 21: Ein lumped-element-Balun für 140 MHz

den. Sie haben eine Reihe von Vorteilen:

- geringe Kosten
- kleine Abmessungen (vier 0402 Komponenten)

Eine der Schwierigkeiten beim Design von Baluns aus diskreten Komponenten besteht darin, sie mit standardmäßigen Bauteilen implementieren zu müssen, da sonst der Kostenvorteil verlorengeht. Höhere Frequenzen, speziell bei größeren Impedanzen, transformieren zudem die erforderlichen Werte der kleinen Komponenten. Zusätzlich verursachen die parasitären Streukomponenten der Leiterplatte Schwierigkeiten beim Design.

Der wesentliche Nachteil ist jedoch, dass die diskret aufgebaute Lösung dem Mischer-Port - über den Frequenzbereich hinweg - keine echte symmetrische Impedanz bietet. Der Mischer arbeitet außerhalb der schmalen Betriebsbandbreite unsymmetrisch. Dies könnte bedeuten, dass die LO- und HF-Unterdrückung am Ausgang nicht so gut sind, wie bei einem Breitband-Transformator. Darüber hinaus bietet diese Art von Balun keine gute Gleichtaktunterdrückung über eine größere Bandbreite, und die Rauschzahl des Mixers und der Pegel der Nebenwellen werden erhöht. Aus diesem Grund kann die Verwendung von diskreten Baluns nicht gene-

rell empfohlen werden, speziell nicht für die Ausgangsports, da speziell dort die Gleichtaktunterdrückung des Baluns besonders wichtig ist.

5.1 Hintergrund

Die einfachste Form eines diskret aufgebauten Baluns verwendet zwei LC-Filter, um Phasenverschiebungen von ±90° zu erzeugen. Die Ströme in den beiden symmetrischen Leitern sind gleich groß, aber insgesamt um exakt 180° gegeneinander verschoben, d.h. sie fließen in entgegengesetzte Richtungen.

Die Tatsache, dass die beiden Sektionen aus einem Hoch- und einem Tiefpassfilter bestehen, verdeutlicht das Problem dieser Balun-Technologie, bei der Amplituden-Symmetrie im Prinzip nur bei der Mittenfrequenz erreicht wird. Außerhalb der Betriebs-Bandbreite besteht eine große Unsymmetrie, welche die technischen Eigenschaften des Mixers verschlechtern kann. Typische Phasen- und Amplitudenverläufe der beiden Balun-Sektionen zeigt Bild 17.

Die beiden Formeln in Bild 18 können zur Berechnung der erforderlichen Komponentenwerte zur Implementierung eines Baluns mit der gewünschten Impedanztransformation bei einer gegebenen Mittenfrequenz verwendet werden.

Eine etwas komplexere Ausführung eines diskreten Baluns verwendet ein zusätzliches Element in jedem Arm, wie Bild 19 zeigt. Hier erzeugen je ein Pi-Filter und eine T-Schaltung 90°-Phasenverschiebung.

Auch hier kann wieder ein Balun konzipiert werden, der auch eine Impedanz-Transformation vornimmt. Die Werte der einzelnen Bauelemente werden unter Verwendung der gleichen Formeln, wie oben, berechnet. Generell hat dieser Balun eine bessere Rücklaufdämpfung bei der Mittenfrequenz und ist zudem schmalbandiger. Dies ist leicht dadurch zu erklären, dass die Filter nun steilere Flanken haben und die Schaltungsgüte Q erhöht ist. Das zusätzliche

Element kann jedoch für mehr Flexibilität bei der Optimierung des Designs und der Performance bei Bauelementen mit Standardwerten sorgen.

Die Lead- und Lag-Elemente könnte man auch mit Viertelwellen-Übertragungsleitungen in Microstripausführung realisieren. Das ist - auf Grund der physikalischen Abmessungen - bei diesen Frequenzen jedoch keine gute Lösung. Eine alternative Lösung besteht darin, einen Rat-race-Splitter mit konzentrierten Elementen zu implementieren. Er entsteht aus der Kombination von Tiefpass-(Tee) und Hochpass-Filter-Sektionen (Pi) um die 180° Phasenverschiebung zwischen den Ports zu erreichen. Diese Ausführung

wdi ag | AUTHORISED DISTRIBUTOR

RV-8803-C7
High Performance
Real-Time Clock Module

Automotive qualified, according to AEC-Q200 Rev. C, Size: 3.2 x 1.5 x 0.8 mm, Temperature range: -40°C to + 85°C, 100% leadfree, RoHS-compliant
www.microcrystal.com

MICRO CRYSTAL SWITZERLAND

A COMPANY OF THE **SWATCH GROUP**

Nutzen Sie die Beratungskompetenz von unserem autorisierten Distributor WDI AG.
 ☎ +49 4103 1800-0 ✉ microcrystal@wdi.ag 🌐 www.wdi.ag/microcrystal

Frequency	140 MHz	500 MHz	1000 MHz	2000 MHz	2500 MHz
L1/L2 (nH)	75	22	10	5.1	3.9
C1/C2 (pF)	18	4.7	2.2	1.2	1.0

Tabelle 3: Standard-Bauelemente-Werte für einen 50:85 Ω Balun

Frequenz	140 MHz	500 MHz	1000 MHz	2000 MHz	2500 MHz
L1/L2 (nH)	120	33	15	8.2	6.8
C1/C2 (pF)	12	3.3	1.6	0.8	0.6

Tabelle 4: 50 Ω : 200 Ω Balun-Standardwerte

Frequency	140 MHz	500 MHz	1000 MHz	2000 MHz	2500 MHz
L1/L2 (nH)	160	43	22	12	10
C1/C2 (pF)	8.2	2.2	1.2	0.6	0.5

Tabelle 5: 50 Ω : 400 Ω Balun-Standardwerte

hat als 50- bis 100-Ω-Balun eine Bandbreite von 20%. Er hat den gleichen Nachteil der hohen Amplituden-Unsymmetrie außerhalb des Bandes. Auch dieser Splitter könnte in Microstrip-Technik realisiert werden, wäre aber sehr groß, speziell bei den IF-Frequenzen.

5.2 Mischer-Eingänge

Das Beispiel in Bild 20 zeigt einen mit konzentrierten Elementen aufgebauten Balun, der für den Mischereingang und eine Mittenfrequenz von 140 MHz ausgelegt wurde. Die Komponenten realisieren den Balun und sorgen für eine Anpassung zwischen der 50-Ω-Leitung und dem Mischereingang. Die 1-nF-Kondensatoren sind für die AC-Kopplung des Eingangs vorgesehen.

Tabelle 3 zeigt Balun-Komponenten, die für verschiedene Frequenzen berechnet und auf den nächsten Standardwert gerundet wurden. Dabei wird von 50 Ω auf 85 Ω transformiert, um den Realteil der Mischer-Eingangsimpedanz anzupassen.

Es ist zu beachten, dass bei steigender Frequenz die Bauelementewerte kleiner werden und in der Praxis schwerer zu realisieren sind. Die Leiterplatte und die parasitären Impedanzen des Bauelementes werden bei

höheren Frequenzen immer bedeutender. Beispielsweise wird die Induktivität der Bonddrähte an jedem Mischer-Eingangspin in Höhe von ca. 0,5 nH bei 2500 MHz signifikant im Vergleich zur erforderlichen Induktivität von 3.9 nH. Das Board-Layout wird bei höheren Frequenzen ebenfalls kritischer, um die parasitären Impedanzen zu minimieren. Die Lead/lag-Elemente müssen sorgfältig auf gleiche Länge geprüft werden, um an jedem Arm des Baluns jeweils 90° Phasenverschiebung zu erhalten, was bei höheren Fre-

quenzen immer wichtiger wird, da die Wellenlänge gleichzeitig abnimmt. Der Wert des AC-Koppelkondensators muss in Abhängigkeit von der Anwendungsfrequenz gewählt werden.

5.3 Mischerausgänge

Die grundlegende Konfiguration eines Lumped-element-Baluns für den Mischerausgang zeigt Bild 21. Dieses Beispiel gilt für eine Ausgangsfrequenz von 140 MHz. Beachten Sie, dass die Mixer-Versorgungsspannung über die Induktivitäten L2 und

Lp zu den Mischer.Pins geführt wird. Der unsymmetrische Ausgang ist dann AC-gekoppelt. Bauelemente-Werte für 4:1- und 8:1-Baluns zeigt die Tabelle in Bild 21.

Die Tabellen 4+5 zeigen die Balun-Komponenten, die für verschiedene Frequenzen berechnet und auf den nächsten Standardwert gerundet wurden. Die beiden Impedanz-Verhältnisse werden zum Vergleich angegeben.

Auch hier gelten alle bereits erwähnten Probleme bei steigenden Frequenzen. Das Design mit konzentrierten Komponenten, speziell für das Verhältnis 8:1, ist bei höheren Frequenzen schwerer zu implementieren. Die Leitungslängen müssen auf jeden Fall exakt die gleiche Länge aufweisen!

Wird ein Balun mit einem großen Impedanzverhältnis erforderlich, besteht die Möglichkeit, die Impedanztransformation in zwei Schritten vorzunehmen. Beispielsweise könnte einem 2:1-Lumped-Balun ein 2:1-Anpassungstransformator nachgeschaltet werden. Beachten Sie, dass das Anpass-Netzwerk die Gleichspannungszuführung zu den Mischer-Ausgangspins übernehmen und eine ausreichende AC-Kopplung bieten muss. Diese Lösung hat aber

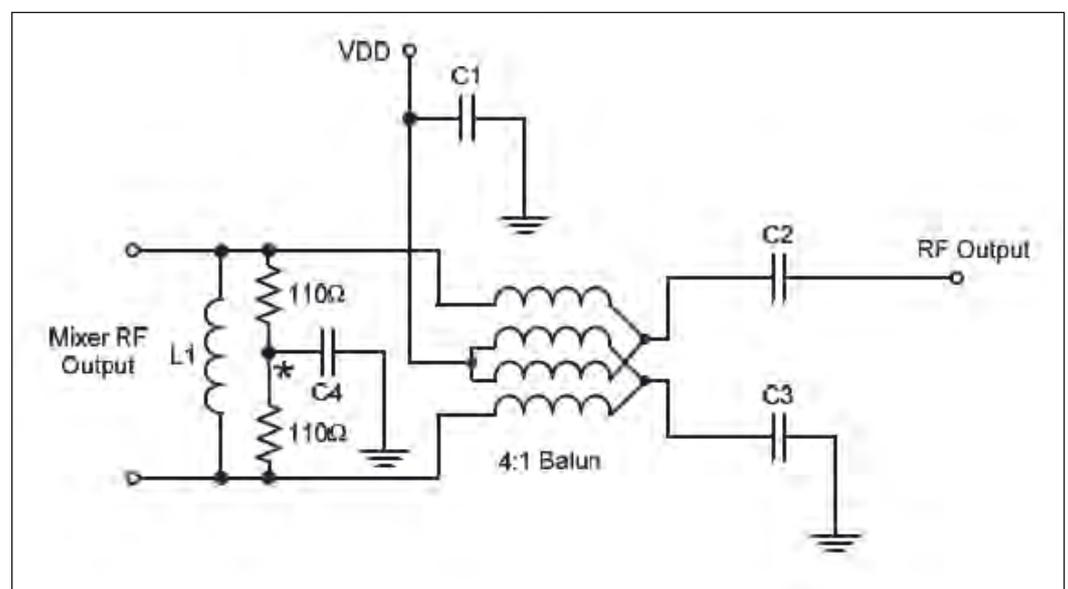


Bild 22: Breitbandige Widerstands-Ausgangs-anpassung

auch Nachteile. Sie engt die nutzbare Bandbreite ein, und es kann Probleme mit - aufgrund von Fertigungstoleranzen - schwankenden Bauteilwerten geben.

6. Weitere Techniken für die Anpassung des Mischer-Ausgangs

Die folgenden Techniken zur Anpassung des Mischer-Ausgangs zielen darauf ab, die Gleichtaktunterdrückung in der Ausgangsschaltung zu erhöhen. Dadurch werden Gleichtaktrauschen sowie Nebenwellen am Mischerausgang unterdrückt, speziell bei hohen Frequenzen.

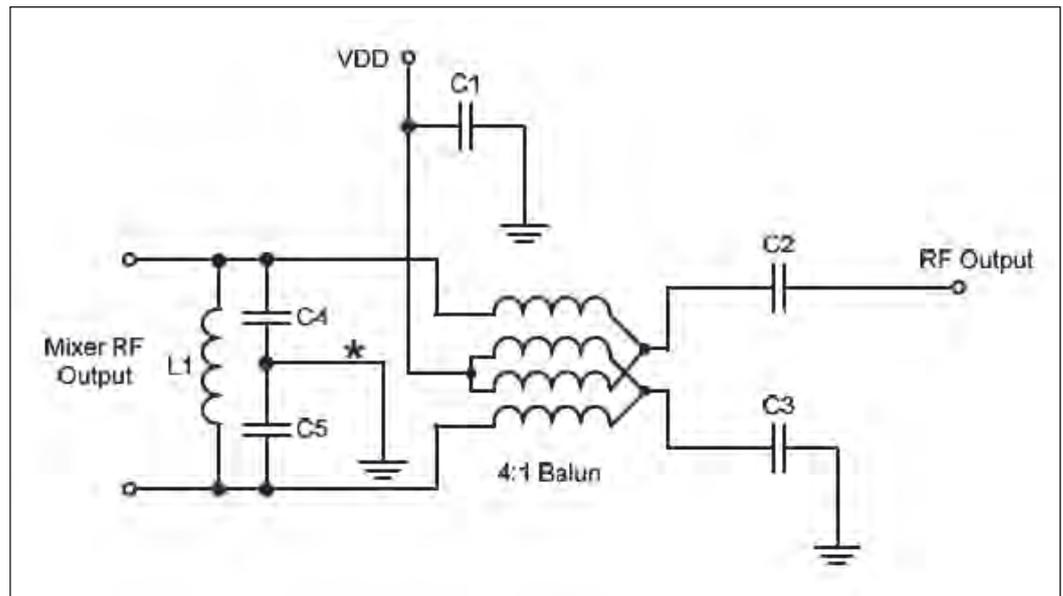


Bild 23: Implementierung einer schmalbandigen Ausgangsanpassung

6.1 Breitbandige Widerstands-Ausgangsanpassung

Die Idee besteht darin, den Anpassungswiderstand am Mischerausgang zu teilen und

die Enden jeweils mit Masse zu verbinden. Im Beispiel in Bild 22 ergeben sich dann zwei 110-Ω-Widerstände, denen ein 4:1-Balun folgt. Das verringert

die Impedanz nach Masse an jedem Mischer-Ausgangspin beträchtlich. Der Pegel des gewünschten differentiellen Signals sollte natürlich der glei-

che sein wie bei der differentiellen 220-Ω-Anpassung. Die Masseverbindung erfolgt über den Entkopplungs-Kondensator C4, der sorgfältig - je nach Frequenz - ausgesucht werden muss. Zwei oder mehr Kondensatoren können erforderlich werden, um eine gute breitbandige Verbindung niedriger Impedanz mit der Masseebene zu herzustellen.

7. Referenzen

1. RFFC207x and RFFC507x Product Data Sheets
<http://www.rfmd.com/products/IntSynth-Mixer>
2. RFFC507x Application Note: Mixer Performance Above 4 GHz
http://www.rfmd.com/CS/Documents/AN_RFFC507x.pdf
3. RFXF Series Transformer Data Sheets
<http://www.rfmd.com/products/Passives>
4. The Design of CMOS Radio Frequency Integrated Circuits (Second Edition) by Thomas H. Lee
Useful for Chapter 3 on matching and lumped element balun design in Chapter 19.
5. RF Circuit Design by Chris Bowick
A classic source for information on matching and Smith charts.
6. Agilent Technology's AppCad Program Contains lumped-element balun calculator program and tutorial
www.hp.woodshot.com
7. Murata website for information on LTCC balun product range, LDB series. Also has a downloadable tool "Murata Chip S-Parameter & Impedance Library" for selecting RF components for supply decou-

pling, AC coupling, and matching networks.
www.murata.com

8. RF Microelectronics by Behzad Razavi
Background on CMOS mixers.

9. Design of Broadband Lumped Element Baluns
by Dan Kuylenstierna and Peter Linner, IEEE transactions

10. Design of Broadband Lumped Element Baluns with Inherent Impedance Transformation
by Dan Kuylenstierna and Peter Linner, IEEE transactions

11. Measurement Techniques for Baluns, Anaren Application Note, 6th May 2005
Contains a good summary on balun phase and amplitude balance versus CMRR.
<http://www.anaren.com/content/File/BalunTesting.pdf>

12. RF Mixer Design by Liam Devlin

A short paper on mixer design, which can be downloaded from the Plextek website:
www.plextek.co.uk
This contains useful background on balun implementations for double balanced mixers, including details of the lumped-element rat-race splitter.

6.2 Schmalbandige Ausgangsanpassung

Das Netzwerk in Bild 23 verwendet zwei Kondensatoren C4 und C5, um hochfrequente Gleichtaktenergie direkt am Mischerausgang nach Masse abzuleiten. Die Shunt-Induktivität muss so gewählt werden, dass sie auf der Ausgangsfrequenz mit der gesamten, am Mischerausgang vorhandenen Kapazität (ca. 1 pF) sowie C4 und C5 einen differentiellen Resonanzkreis bildet. Die Schaltung muss hochfrequente Gleichtaktenergie effektiv entkoppeln, z.B. eine LO-Harmonische, das gewünschte Ausgangssignal aber passieren lassen. Die Güte Q des Resonators muss abhängig von der Bandbreite des Ausgangssignals, des Amplitudenabfalls und der Gruppenlaufzeitschwankung gewählt werden, die toleriert werden kann. ◀

Extrem flache μ Module-Regler mit hoher Leistungsabgabe eignen sich ideal für Kommunikationssysteme

Die Hersteller von Kommunikationsausrüstungen sind ständig gezwungen, den Datendurchsatz sowie die Leistungsfähigkeit ihrer Systeme zu steigern und auch den Funktionsumfang durch Hinzufügen neuer Eigenschaften auszuweiten.

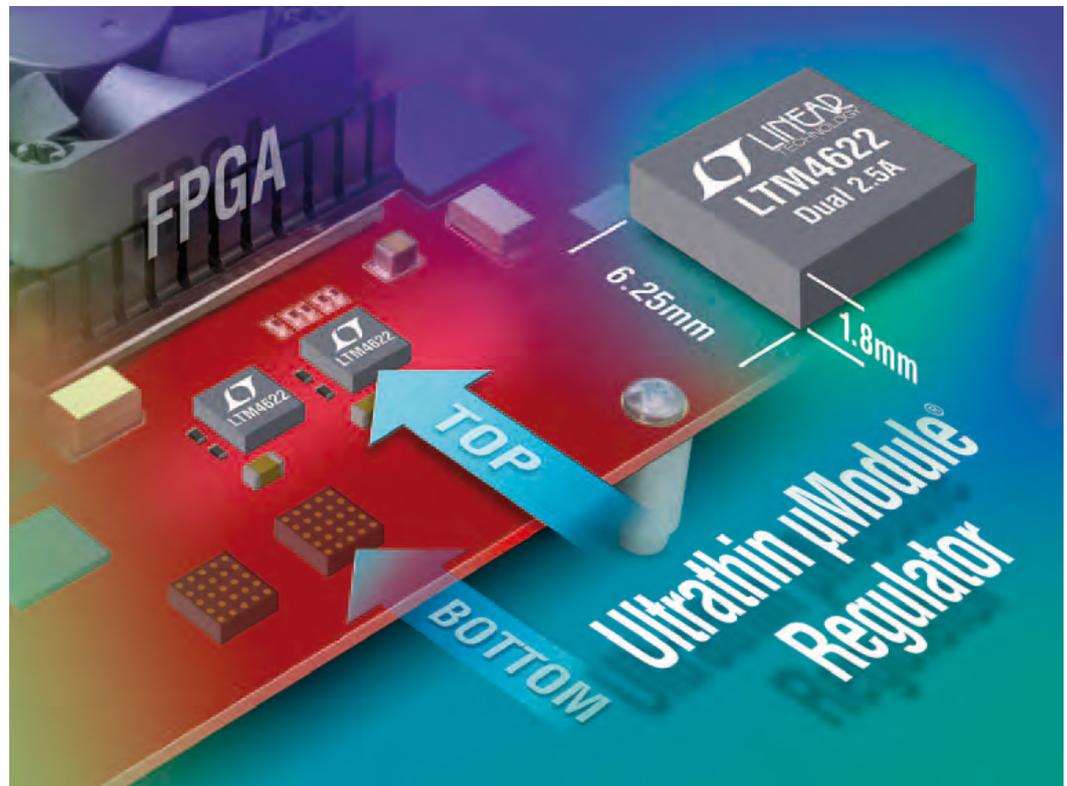


Bild 1: Der LTM4622 kann auch auf der Unterseite der Baugruppe montiert werden

Gleichzeitig stehen sie unter dem Druck, den Leistungsbedarf ihrer Systeme insgesamt zu senken. Eine typische Herausforderung ist es beispielsweise, den gesamten Leistungsverbrauch durch Veränderung des Arbeitsablaufs und Auslagern von Jobs auf nicht ausgelastete Server zu senken und damit das Abschalten von anderen Servern zu ermöglichen. Um diese Anforderung erfüllen zu können, ist es essentiell, den Leistungsbedarf des Equipments des Endanwenders zu kennen. Daher kann ein sauber entwickeltes digitales Power-Management-System (DPMS) den Anwender mit den Daten des Leistungsbedarfs versorgen und es damit erlauben, smarte Entscheidungen für das Energie-Management zu treffen.



Von Tony Armstrong, Director of Product Marketing; Power Products, Linear Technology Corporation
www.linear.com/product/LTM4622

Ein prinzipieller Vorteil von DPMS sind reduzierte Entwicklungskosten und eine schnellere Markteinführung. Komplexe Systeme mit mehrfachen unterschiedlichen Versorgungspegeln

können bei Einsatz einer umfassenden Entwicklungsumgebung mit einer grafischen Bedienoberfläche (GUI) effizient entwickelt werden. Derartige Systeme vereinfachen auch den In-Circuit-Test (ICT) und das Debugging der Baugruppe, da sie Änderungen über die GUI erlauben, anstatt Drahtbrücken zur Fehlerbehebung einlöten zu müssen. Ein weiterer Vorteil ist das Potential, Fehler des Leistungssystems vorherzusagen und Dank der Verfügbarkeit von Teleme-

triedaten in Echtzeit präventive Maßnahmen ergreifen zu können. Vielleicht am signifikantesten ist es, dass es DC/DC-Wandler mit digitaler Power-Management-Fähigkeit den Entwicklern erlauben umweltfreundliche „grüne“ Leistungssysteme zu entwickeln, die ihre gewünschte Leistungsfähigkeit (Rechengeschwindigkeit, Datenrate, etc.) mit minimalem Energieverbrauch an der Last, auf der Baugruppe, im Rack und selbst auf der Installationsebene errei-

Tony Armstrong Biography

Tony Armstrong has been the Product Marketing Manager for the Power Business Unit at Linear Technology Corporation since May of 2000. He is responsible for all aspects of the power conversion and management products from conception through obsolescing. Prior to joining Linear,

Tony has held various positions in marketing, sales and operations at Siliconix Inc., Semtech Corp., Fairchild Semiconductors and Intel Corp. (Europe). He attained a BS (Honors) in Applied Mathematics from the University of Manchester, England in 1981.

chen. Dies reduziert die Kosten für die Infrastruktur und die Gesamtbetriebskosten über die Lebenszeit des Produktes.

Viele Telekommunikationssysteme werden über eine 48-V-Backplane versorgt. Diese Spannung wird normalerweise auf die Spannung eines Zwischenbusses von typisch 12 V bis 3,3 V herunter gewandelt, um die Baugruppeneinschübe im System zu versorgen. Die meisten der Schaltungen und ICs auf diesen Baugruppen benötigen für ihren Betrieb jedoch Spannungen, die von unter 1 V bis 3,3 V reichen, bei Strömen von wenigen zehn Milliampere bis zu Hunderten von Ampere. Als Konsequenz sind POL-DC/DC-Wandler (Point of Load) nötig, um die Zwischenbusspannung auf die Spannung herunter zu wandeln, die für diese Schaltungen und ICs benötigt wird. Diese Spannungspegel haben strenge Anforderungen für das sequenzielle Ein-/Aussschalten, die Spannungsgenauigkeit, das Margening und die Überwachung.

In einem Telekommunikationssystem kann es bis zu 50 unterschiedliche POL-Spannungen geben. Die Systemarchitekten benötigen einfache Wege, diese Spannungspegel bezüglich ihrer Ausgangsspannung, Sequenzen und des maximal verfügbaren Stroms zu managen. Bestimmte Prozessoren erfordern, dass ihre I/O-Spannung vor der Core-Spannung ansteigen muss, während bestimmte DSPs es wiederum erfordern, dass ihre Core-Spannung vor der I/O-Spannung ansteigt. Ein sequenzielles Abschalten der Versorgung ist ebenfalls nötig. Entwickler benötigen deshalb eine einfache Methode, Änderungen durchführen zu können, um die Systemleistung zu optimieren und die spezielle Konfiguration jedes DC/DC-Wandlers anzuspeichern, um den Entwicklungsaufwand zu vereinfachen.

Darüber hinaus benötigen die Systemarchitekten auch relativ einfache Leistungswandler, um die diversen weiteren Leistungs-

pegel auf ihren Baugruppen zu generieren, wobei ihnen immer weniger Platz auf den Baugruppen zur Verfügung steht, um diese zu platzieren. Dies teilweise deswegen, weil sie diese Wandler nicht auf der Unterseite der Baugruppe montieren können, da die Höhe der Bauteile hier auf maximal 2 mm eingeschränkt ist, weil diese Baugruppen Seite an Seite in die Gehäuse eingeschoben werden. Was sie sich wirklich wünschen ist eine komplette Stromversorgung in einem kleinen Format, das 2 mm Höhe nicht überschreitet, wenn es auf einer Leiterplatte (PCB) montiert ist.

Lösungen

Die μ Module-Produkte (micro-module) von Linear Technology sind komplette Systeme in einem Gehäuse (SiP), die die Entwicklungszeit minimieren und die üblichen Probleme mit dem beengten Platzangebot auf der Baugruppe und der Bestückungsdichte lösen, die man allgemein in Kommunikationssystemen vorfindet. Diese μ Module-Produkte sind vollständige Power-Management-Lösungen mit integrierten DC/DC-Controllern, Leistungstransistoren, Ein- und Ausgangskondensatoren, Kompensierungskomponenten und einer Spule, eingebaut in ein kompaktes oberflächenmontierbares BGA- oder LGA-Gehäuse. Die Entwicklung mit den μ Module-Produkten von Linear Technology kann den Zeitaufwand, der für die vollständige Entwicklung nötig ist, abhängig von der Komplexität des Designs, um bis zu 50 Prozent senken. Die μ Module-Familie überträgt die Bürde der Komponentenauswahl, Optimierung und des Layouts von den Entwicklern auf die Bausteine, was die Entwicklungszeit und die Fehlersuche im System insgesamt verkürzt, und schließlich die Markteinführung beschleunigt.

Die μ Module-Lösungen von Linear Technology beinhalten Schlüsselkomponenten, die üblicherweise in diskreten und isolierten Designs sowie in

Signalketten eingesetzt werden, in einem kompakten, IC-ähnlichem Format. Unterstützt von den rigorosen Test- und Hochzuverlässigkeits-Prozessen von Linear Technology vereinfacht das μ Module-Produktportfolio die Entwicklung und das Layout von Leistungswandlerdesigns.

Die μ Module-Produktfamilie

umfasst einen weiten Bereich an Applikationen einschließlich Point-of-Load-Regler, Batterieladesysteme, LED-Treiber, Power-System-Management (über den PMBus digital gemanagte Stromversorgungen) und isolierte Wandler. Als hoch integrierte Lösungen mit Gerber-Files für die Leiterplatte jedes Bauteils, adressieren μ Module-Leistungsprodukte Zeit- und Platzbeschränkungen und sind gleichzeitig hoch effiziente, zuverlässige, ausgewählte Produkte mit geringer EMI, die dem

EN55022 Klasse B Standard entsprechen.

Da Entwicklungsressourcen durch die steigende Systemkomplexität knapp werden und die Designzyklen immer kürzer, liegt der Fokus der Entwicklung auf dem geistigen Kerneigentum des Systems. Dies bedeutet häufig, dass die Stromversorgung erst spät im Entwicklungszyklus auf eine Seite der Baugruppe platziert wird. Mit wenig Zeit und eventuell begrenzten Entwicklungskapazitäten im Stromversorgungsdesign, entsteht der Druck, eine hoch effiziente Lösung mit dem kleinstmöglichen Platzbedarf zu finden; während potenziell die Unterseite der Leiterplatte auch zur maximalen Raumnutzung zur Verfügung steht.

Hier bieten die μ Module-Regler eine ideale Antwort; das Konzept ist nach innen komplex, nach außen einfach – der Wir-



Modulierbarer HF-Verstärker

... ideal für Störfestigkeitsprüfungen!

- HF-Breitband-Leistungsverstärker von 40 MHz bis 3 GHz
- Modulationsmöglichkeiten: AM: 1 kHz, 80%, PM: 1 kHz/50%, 217 Hz/12,5% (TDMA-Rauschen)
- Eingangspegel: -3..0 dBm, Ausgangspegel: +22 dBm
- Einfache Speisung von TEM-Zellen und Nahfeldsonden

electronica 2016
inside tomorrow
8.-11. Nov. 2016, Halle A1, Stand 655

Jetzt individuelle EMV-Bundles: www.alldaq.com/emv-customized

ALLDAQ – a division of ALLNET GmbH Computersysteme
D-82110 Germering | Tel.: +49 (0)89 / 894 222 474 | E-Mail: info@alldaq.com

alldaq.com

kungsgrad eines Schaltreglers und das einfache Design eines Linearreglers. Ein sorgfältiges Design, Leiterplattenlayout und Komponentenauswahl sind sehr wichtig bei der Entwicklung eines Schaltreglers, und viele erfahrene Entwickler haben am Anfang ihrer Karriere das spezielle Aroma einer brennenden Leiterplatte gerochen. Wenn die Zeit knapp ist oder die Erfahrung fehlt, sparen die einsatzfertigen μ Module-Regler Zeit und senken das Entwicklungsrisiko für das Projekt.

Ein neues Beispiel

für eine extrem flache μ Module-Lösung ist der LTM4622. Er ist ein Abwärts wandelnder Regler mit zwei 2,5-A-, oder einem zweiphasigen 5-A-Ausgang in einem extrem dünnen LGA-Gehäuse mit 6,25 mm x 6,25 mm x 1,8 mm Kantenlänge. Mit knapp der Höhe eines eingelöteten Blockkondensators der Größe 1206 erlaubt die extrem geringe Höhe die Montage auf der Oberseite der Baugruppe. Sein dünnes Profil erfüllt auch die anspruchsvollen Höhenbeschränkungen, wie sie z.B. von PCIe und AMCs (advanced mezzanine cards) in eingebetteten Computersystemen gefordert werden (Bild 1).

Die DC/DC- μ Module-Regler von Linear Technology bieten auch einen einfachen Weg sowohl eine hohe Leistung als auch die DPSM-Fähigkeit zu liefern. Da viele der μ Module-Regler für größere Stromverbraucher mit präzisiertem Stromabgleich (mit nominal 1% der einzelnen Regler) parallelgeschaltet werden können, wird das Potenzial für Hot-Spots vermindert. Außerdem muss nur einer der μ Module-Regler die DPSM-Fähigkeit besitzen, da er das komplette digitale Interface versorgen kann, selbst wenn der Rest der parallel geschalteten μ Module-Regler keine DPSM-Fähigkeit aufweisen. Bild 2 zeigt eine Anwendungsschaltung eines LTM4677 (36-A-DPSM- μ Module-Regler) parallel mit drei LTM4650-Bausteinen

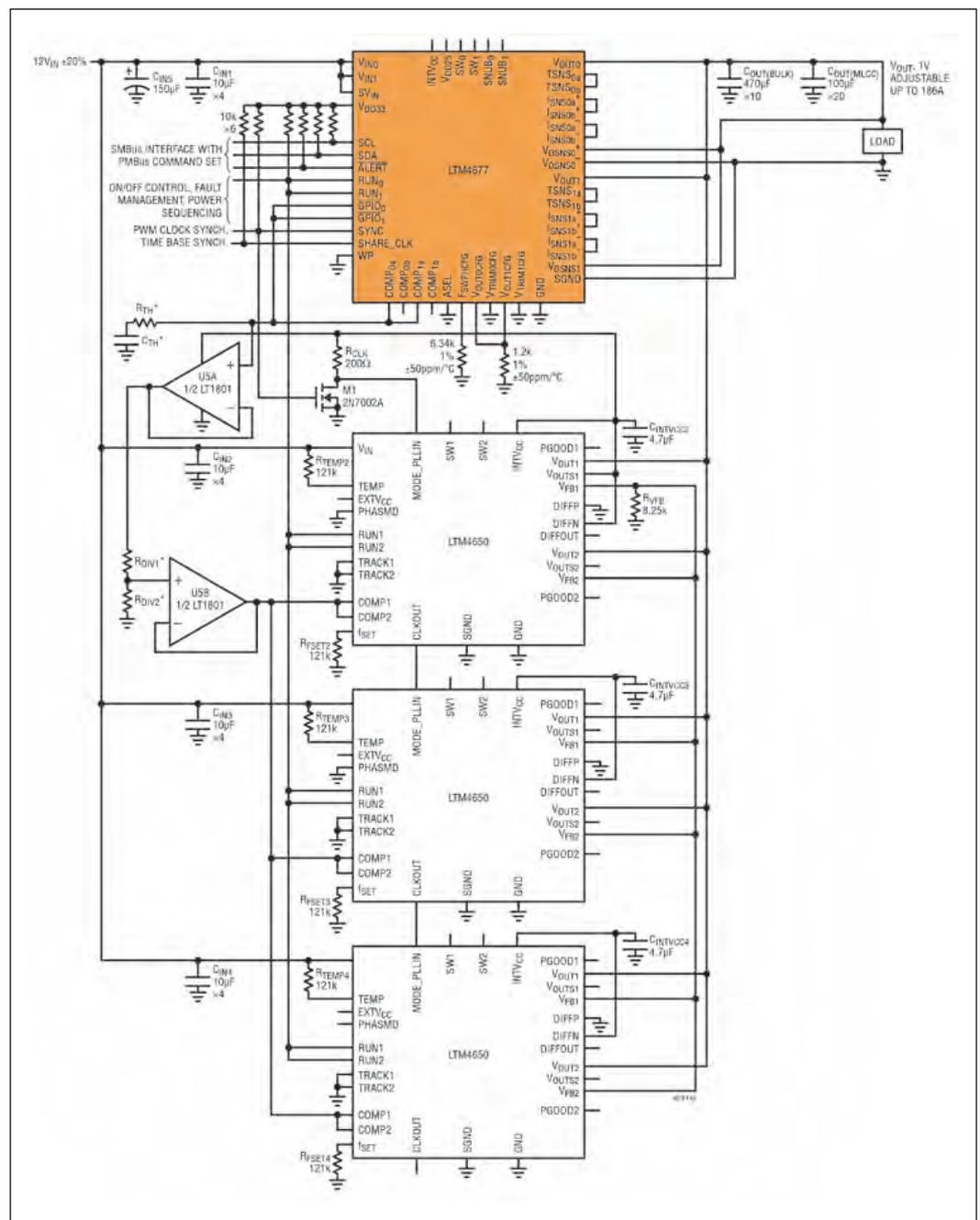


Bild 2: Die Kombination eines LTM4677-DPSM- μ Module-Reglers mit drei LTM4650- μ Module-Reglern, die aus einem Eingang von nominal 12 V einen Strom von 186 A bei 1 V liefert

(50-A- μ Module-Regler) für eine DPSM-POL-Lösung mit 180 A und darüber geschaltet.

Zusammenfassung

Mit der DPSM-Fähigkeit und extrem dünnen Bauteilgehäusen wird dem Entwickler einer Stromversorgung ein einfacher aber leistungsfähiger Weg geboten, hohe Stromausgänge bei nominal 1,0 V Core-Spannung zu liefern, wie sie in den neues-

ten ASICs, GPUs und FPGAs mit Strukturbreiten von unter 20 nm vorkommen. Mit einer extrem geringen Höhe von weniger als 2 mm, wenn er auf der Baugruppe montiert ist, erlaubt der LTM4622 das Nutzen von Leiterplattenfläche auf der Unterseite, die ansonsten nicht genutzt würde.

Dies spart nicht nur wertvollen Platz auf der Leiterplatte, sondern reduziert auch den Aufwand für die erforderliche Kühlung

wegen seines hohen Gesamtwirkungsgrads. Und schließlich ist der Einsatz von μ Module-Reglern in diesen Umgebungen sinnvoll, da sie die Zeit für das Debugging signifikant reduzieren können und die Ausnutzung einer größeren Leiterplattenfläche erlauben.

Dies reduziert wiederum die Kosten für die Infrastruktur und auch die Gesamtbetriebskosten über die gesamte Lebenszeit des Produkts. ◀

Breitbandige passive Bauelemente für DOCSIS 3.1

Neben Fernsehprogrammen liefert der herkömmliche TV-Kabelanschluss heutzutage auch Telefon und Breitband-Internet in die Haushalte. Die Forderungen der Kabelkunden nach schnellen Internet-Zugängen und besserer Servicequalität steigern in diesem Zusammenhang immer mehr den Bedarf nach höherer Bandbreite.

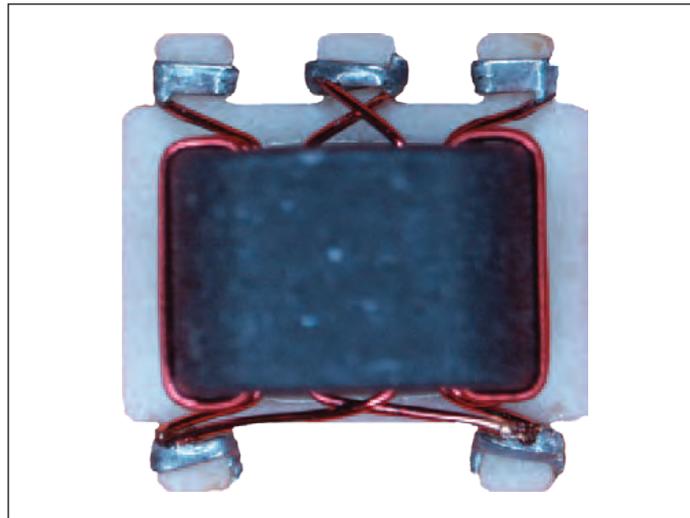


Bild 1: Richtkoppler 10 dB

Der neueste Standard für die Datenübertragung in HFC-Netzen DOCSIS 3.1 (Data Over Cable Service Interface Specification) ermöglicht als Problemlösung nun bisher unerreichte Datenraten und Bandbreiten.

Mit effizienteren Übertragungsverfahren steigert er die Datenraten im Upstream auf über 1 GBit/s und im Downstream auf über 10 GBit/s. Der neue Standard ist abwärtskompatibel, und erlaubt damit den sukzessiven Übergang. Das alles wird ohne aufwändige Änderungen an der Netzstruktur erreicht und bietet eine optimale Ergänzung zum Glasfaserausbau.

Die großen Kabelnetzbetreiber wie Kabel Deutschland und Unitymedia arbeiten nach eigenen

Koppeldämpfung [dB]	Frequenz, [MHz]	
	min.	max
6,5	5	1500
9,5	5	1500
10	5	1500
10,5	5	2400
11	5	2400
15	5	1500
20	5	1500

Tabelle 1: Dämpfung und Frequenzbereich Richtkoppler.

und Europa, die die notwendige Hardware liefern, haben ab 2016 den kommerziellen Einsatz von DOCSIS 3.1 in ihren Produkten vorhergesehen.

DOCSIS 3.1 bringt auch neue Anforderungen an die oben erwähnte Hardware, an die Abonnenen-Geräte wie Abzweiger, Verteiler etc. mit sich. Diese müssen zum neuen Standard auch kompatibel sein.

Um den erweiterten Frequenzbereich mit den Geräten zu erfassen, müssen die Komponentenhersteller neue Generationen von passiven SMD-Bauteilen wie Richtkoppler, HF-Übertrager und Leistungsteiler entwickeln und in Serie produzieren.

Alle Richtkoppler, die die erweiterte Bandbreite ermöglichen, müssen mit Ferrit-Übertragern

Angaben intensiv an dem neuen Standard DOCSIS 3.1. Namhafte Hersteller aus Deutschland

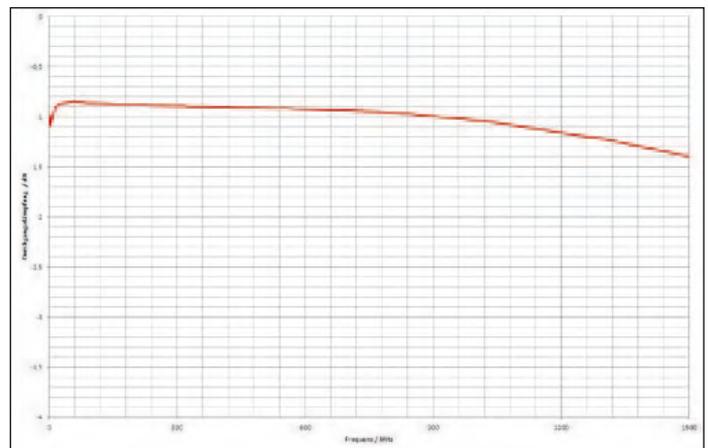


Bild 2: 10 dB, Einfügedämpfung über der Frequenz

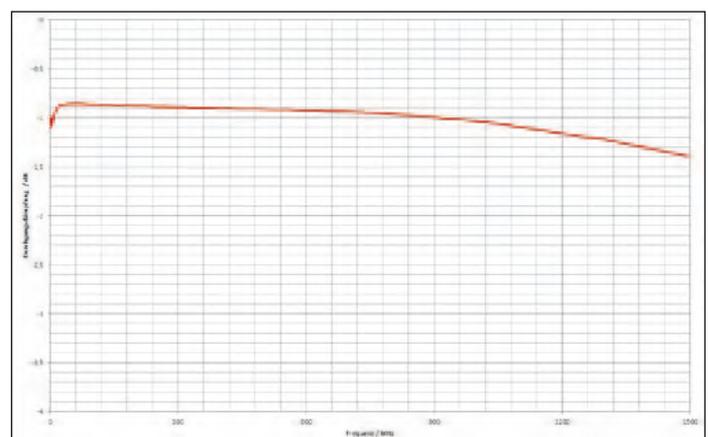


Bild 3. 10 dB, Koppeldämpfung über der Frequenz

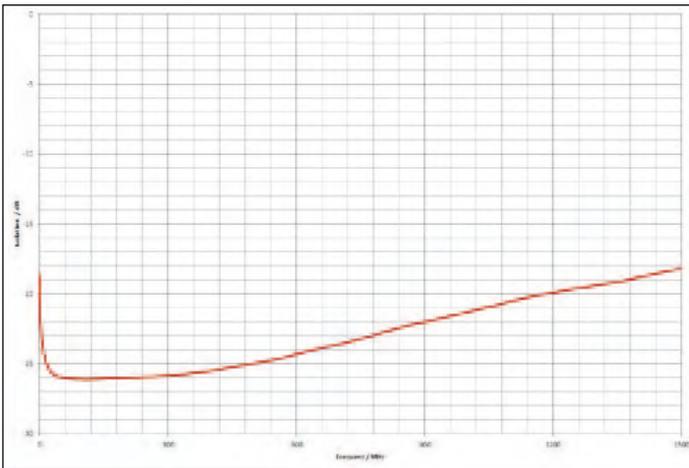


Bild 4: 10 dB, Isolation über der Frequenz

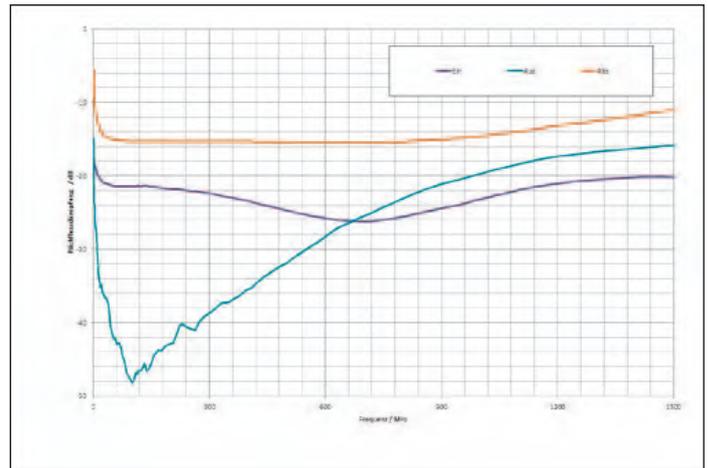


Bild 5: 10 dB, Anpassungsdämpfung über der Frequenz

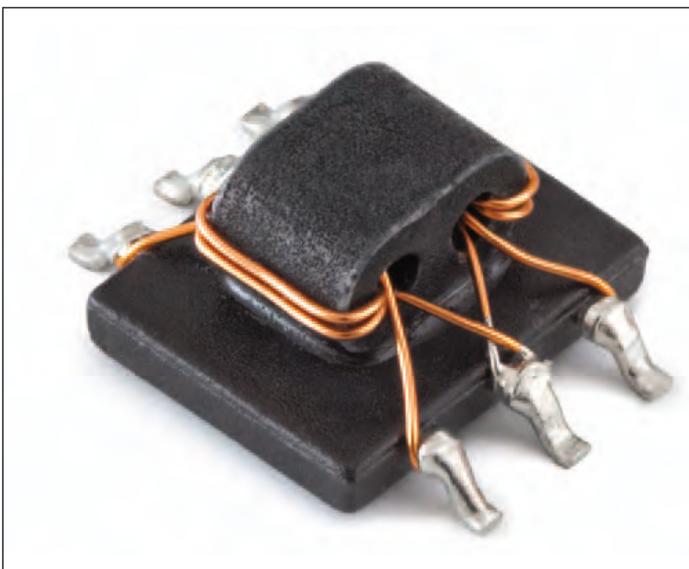


Bild 6: Zweifachverteiler 20 dB

realisiert werden. Eine erhöhte Fertigungsgenauigkeit sorgt dafür, dass diese Übertrager geringere Einfügedämpfung mit sich bringen und die Signalverluste minimieren. Richtkoppler von 6,5 dB bis 20 dB verfügen über beste Durchgangsdämpfung im erweiterten Frequenzbereich von 5 bis 1500 MHz und teilweise bis zu 2,4 GHz (Tabelle 1), und sind für HF-Leistung bis 250 mW ausgelegt

Bild 1 zeigt einen solchen Richtkoppler. Seine Grundfläche beträgt 4,5 x 4,5 mm, die Bauhöhe unter 3 mm. Der Träger besteht aus Keramik und hat 5 Anschlüsse: Eingang, Ausgang, Abzweig, Masse und Anschluss für seinen extern zu beschal-

tenden 75-Ohm-Abschlusswiderstand.

Die Eigenschaften der Richtkoppler sind grundsätzlich frequenzabhängig. Beispielsweise zeigt Bild 2 den Verlauf der Einfügedämpfung, Bild 3 den Verlauf der Koppeldämpfung, Bild 4 die Abhängigkeit der Isolation von der Frequenz und Bild 5 die Rückflussdämpfung für Eingang, Ausgang und Abzweig für den 10 dB Richtkoppler.

Zweifachverteiler werden ebenfalls mit Ferrit-Übertragern realisiert und können paarweise - Splitting und Impedanzanpassung als zwei separate Bauteile, sowie auch als Einzelteil ausgeführt werden und sind für

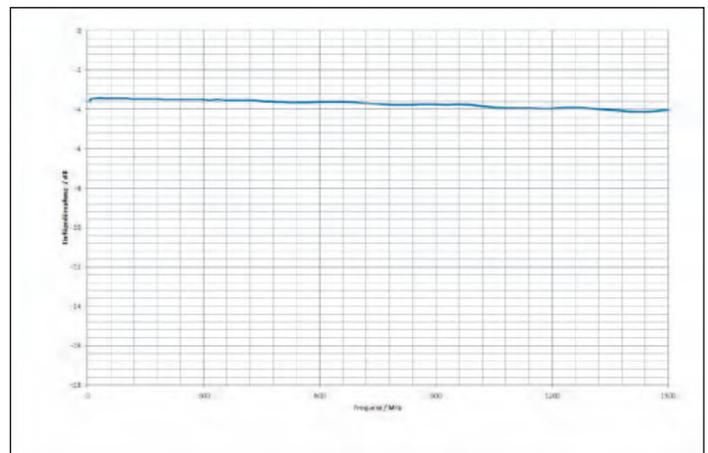


Bild 7: 20 dB Einfügedämpfung zwischen Eingang und Ausgang 1 über der Frequenz

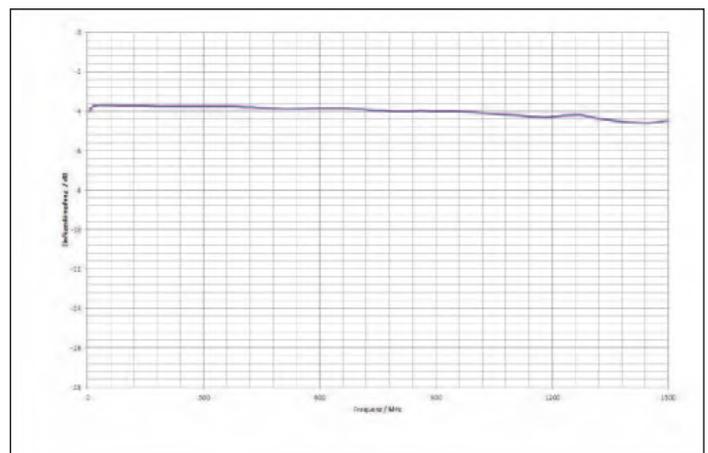


Bild 8: 20 dB Einfügedämpfung zwischen Eingang und Ausgang 2 über der Frequenz

Aufteilung einer Leistung bis zu 250 mW auf zwei Ausgänge nominell, ohne Phasenversatz, ausgelegt. Die zweigeteilten Leistungsteiler arbeiten im Fre-

quenzbereich von 5 MHz bis 2,4 GHz und sind in kompakter Neosid-SM-T4a- Bauform (Grundfläche 4,3 x 4,7 mm, Bauhöhe unter 4 mm) erhältlich.

Drei Stecker ...



Handscrew-Variante

Screw-Variante

Push-Pull-Variante

... eine Buchse.



kompakte Bauform

hohe Schutzklasse

drei Steckervarianten



Electronica
8. – 11.11.2016, München
Halle B2 / Stand 506

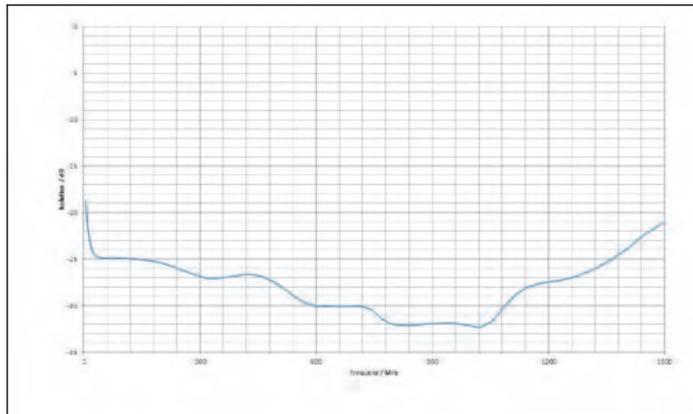


Bild 9: 20 dB Entkopplung zwischen Ausgängen über der Frequenz.

Einen als Einzelteil ausgeführten Leistungsteiler zeigt Bild 6. Hier werden die Anpassungsstufe und der Splitter auf einem Doppellockkern ausgeführt. Diese Teile sind für den Frequenzbereich von 5 MHz bis 1,5 GHz spezifiziert. Die Grundfläche beträgt 5,6 x 6,9 mm, die Bauhöhe liegt unter 4 mm.

Der Kunststoffträger hat sechs Anschlüsse: Eingang, zwei Ausgänge (1 und 2) und Masse. Die zwei mittleren Anschlüsse gewährleisten vorerst eine Hilfsfunktion beim Aufbau des Leistungsverteilers. Sie müssen, um die Anpassungsstufe und den Verteiler korrekt zu verdrahten, auf der Platine elektrisch verbunden werden.

Bild 7 und 8 zeigen für den 20-dB-Zweiwegeverteiler die Einfügedämpfung zwischen dem Eingang und beiden Ausgängen (Ausgang 1 und Ausgang 2). Die Entkopplung der beiden HF-

Ausgänge, die im Frequenzbereich 5 – 1500 MHz typisch 20 dB beträgt, wird in Bild 9 dargestellt. Bild 10 gibt die Rückflussdämpfung für den Eingang (Ein) und die beiden Ausgänge (Aus 1 und Aus 2) wieder.

Bei der Aufnahme der in Bild 7 bis Bild 10 dargestellten Frequenzverläufe wurden zwei zusätzliche externe Bauelemente verwendet: Ein Kondensator zwischen Masse und mittleren Anschlüssen zum Anpassen des Blindanteils der Impedanz, sowie ein Widerstand zwischen den beiden Ausgängen für bessere Entkopplung der HF-Ports.

■ Neosid Pemetzrieder
GmbH & Co. KG
info@neosid.de
www.neosid.de

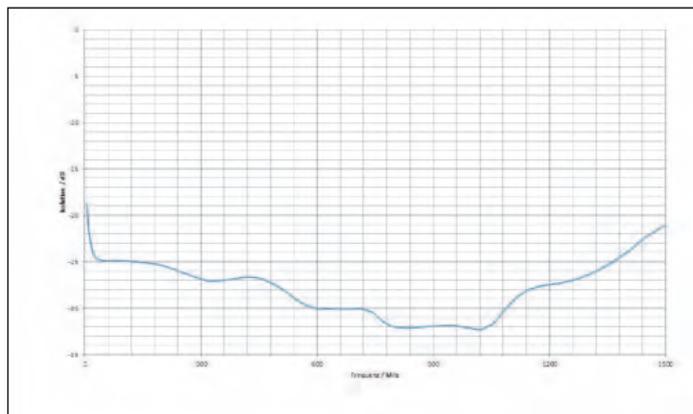


Bild 10: 20 dB Anpassungsdämpfung über die Frequenz

Coax

Serie 4.3-10

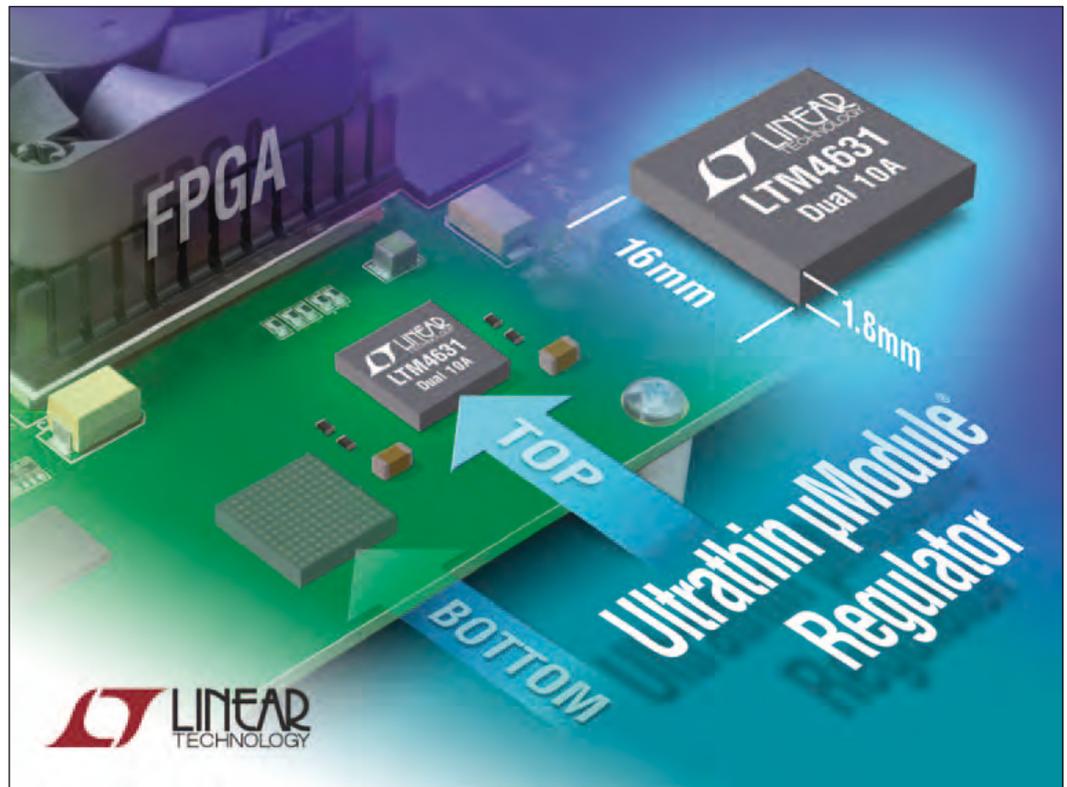
Kompakte IP68 HF-Steckverbinderserie für Mobilfunk-Anwendungen

- 48% Platzeinsparung gegenüber Serie 7-16 durch kompakte Bauform
- herausragende Intermodulations-Eigenschaften
- hervorragende elektrische Leistung: 700 W bei 1 GHz; 500 W bei 2 GHz
- drei Steckervarianten, eine universelle Buchse



www.telegaertner.com/go/43-10

Ultraflacher μ Module-Regler



Data Sheet LTM4631
 Linear Technology
 Corporation
 www.linear.com

Leistungsmerkmale des LTM4631

- μ Module-Regler Ausgangsströme 2 x 10 A oder 1 x 20 A
- Abmessungen ultraflaches, 1,91 mm hohes 16 mm x 16 mm LGA-Gehäuse
- Eingangsspannung 4,5 V bis 15 V
- Ausgangsspannung per Widerstand im Bereich von 0,6 V bis 1,8 V einstellbar
- Fehler der DC-Ausgangsspannung maximaler Gesamtfehler von +/-1,5% über Netzspannungs-, Last- und Temperaturschwankungen
- Schutzmaßnahmen Überspannungs- und Überstromschutz
- schnelles Transienten-Verhalten
- Soft-Start
- Spannungs-Überwachung
- Differentieller Verstärker für abgesetzten betriebenen Sensor einstellbar
- Schaltfrequenz Foldback-Schutz bei Überstrom
- Überstrom
- Frequenz-Synchronisierung
- interne Temperaturüberwachung
- Burst-Mode-Betrieb wählbar

Anwendungsbereiche

- Ausrüstung für Telekommunikation und Netzwerktechnik
- Speicher und ATCA-Karten
- Industrielle Ausrüstung

Linear Technology Corporation präsentiert mit dem neuen Schaltregler LTM4631, einen Abwärtsregler in einem nur 1,91 mm hohen LGA-Gehäuse mit einer Grundfläche von 2x10-A- oder 1x20-A- μ Module- 16 x 16 mm.

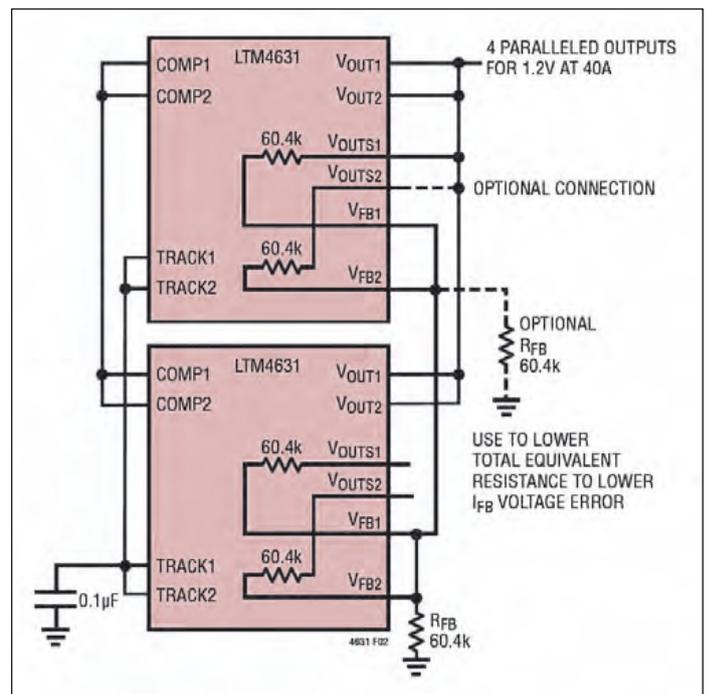


Bild 1: Mit einer Vier-Phasen-Parallel-Konfiguration des LTM4631 lassen sich bis zu 40 A Strombedarf abdecken

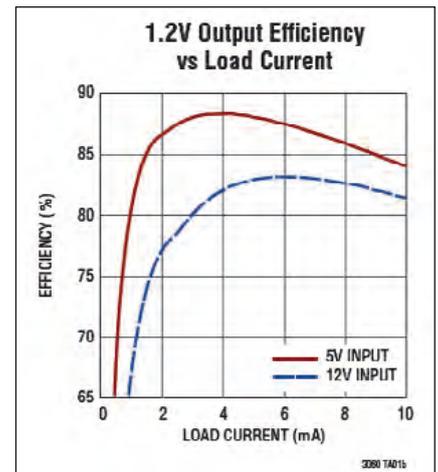
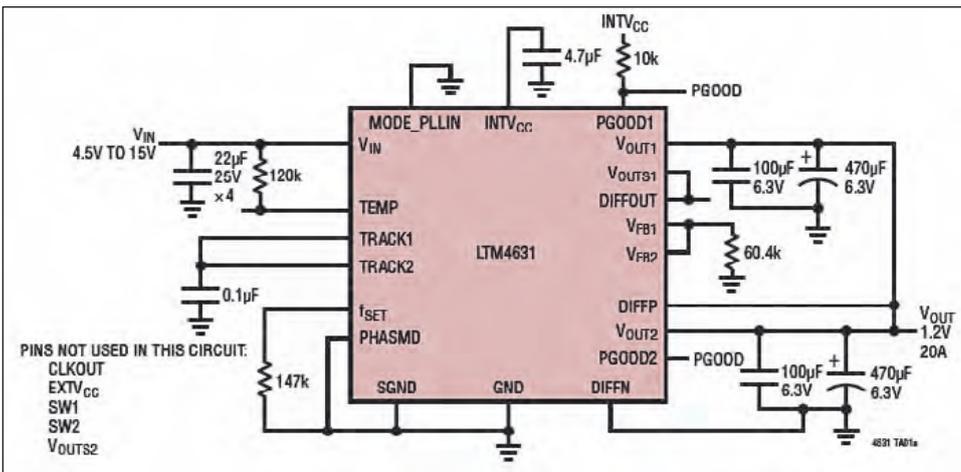


Bild 2 (links): Ultradünner µModule-Regler liefert 20 A bei 1,2 V Ausgangsspannung; Bild 3 (rechts): Ausgangsspannungs-Effizienz in Abhängigkeit vom Laststrom

Der LTM4631 kann wegen seiner geringen Bauhöhe auf der Leiterplatte unmittelbar neben der Last, beispielsweise einem FPGA, platziert werden und deren Kühlkörper mitbenutzen.

Das kompakte, flache Gehäuse ermöglicht es, den LTM4631 auf der Rückseite der Leiterplatte zu montieren und so auf der Vorderseite Platz zu schaffen für andere Bauteile. Typische Anwendungs-

bereiche sind Steckkarten und Mezzanine-Karten in Embedded-Systemen, Datenspeichersystemen, Gateway-Controllern und 40-Gbit/s- bis 100-Gbit/s-Netzwerken.

Der LTM4631 akzeptiert Eingangsspannungen von 4,5 V bis 15 V und liefert an zwei Ausgängen jeweils geregelte Spannungen, einstellbar zwischen 0,6 V bis 1,8 V, mit einer Genauigkeit von ±1,5% über den Temperaturbereich von -40 °C bis 125 °C. Da der LTM4631 bereits über zwei Leistungsausgänge verfügt und kaskadierbar ist, lässt sich der Strombedarf problemlos durch verschiedene Schaltungsarten abdecken.

- 2 x 10 A ist durch getrennten Betrieb der beiden um 180° phasenversetzt arbeitenden Ausgänge möglich.
- 1 x 20 A kann der 4631 liefern, wenn seine beiden 10-A-Ausgänge parallelgeschaltet werden.
- 1 x 40 A Strombedarf maximal kann durch Parallelschalten von zwei Reglern abgedeckt werden. Dabei werden zugleich die Eingangs- und Ausgangs-Rippleströme minimiert.

Mit mehreren Reglern ist somit eine technisch elegante Aufteilung des Gesamtstrombedarfs auf verschiedene zusammengehörende Schaltungsgruppen möglich. Der LTM4631 enthält interne Überspannungs- und Foldback-Überstrom-Schutzschaltungen. Er ist bleifrei produziert, RoHS konform und für den Betriebstemperaturbereich von -40 °C bis +125 °C spezifiziert. ◀

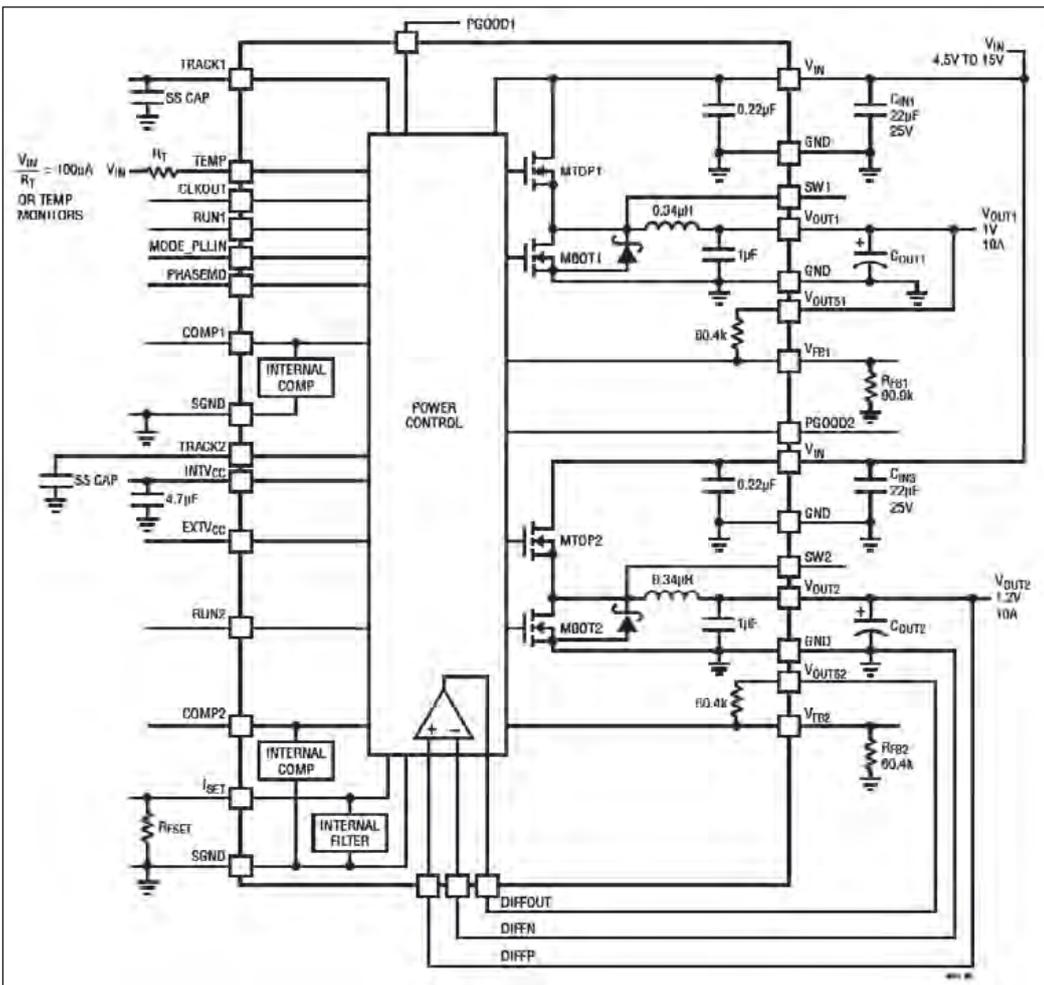


Bild 4: Vereinfachtes Blockdiagramm des LTM4631

Programmierbares Dämpfungsglied für 1 bis 6 GHz



Das über USB und/oder RS232 steuerbare koaxiale Mikrowellen-Dämpfungsglied RC4DAT-6G-95 von Mini-Circuits besitzt 50 Ohm Impedanz und dämpft hohe Eingangsleistungen in 0,25-dB-Schritten um bis zu 95 dB. Der Attenuator ist im Frequenzbereich 1 bis 6 GHz einsetzbar. Das Gehäuse misst 5,17 x 3 x 0,85 Zoll und besitzt SMA-Anschlüsse. Die Versorgung kann über den USB Post (Mini-B) oder den RS232-Anschluss (D-Sub, F) erfolgen. Die einfach zu installierende Software läuft unter 32- oder 64-Bit-Windows und Linux. Das Produkt ist für Plug&Play-Betrieb eingerichtet. Eine hohe Präzision und eine robuste Ausführung zeichnen diesen

Attenuator aus. So beträgt der IOP3 typisch 55 dBm bis 3 GHz. Über den typischen und maximalen Fehler unter bestimmten Betriebsbedingungen informiert ausführlich das Datenblatt. Anwendungsmöglichkeiten finden sich in den Bereichen Anpassung, Preselektion, Anzeige, automatische Testaufbauten, WiMAX, 3G, 4G, LTE, DVB Fading, Militär und Leistungsmessung.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich 0 bis 50 °C
- Lagertemperaturbereich -20 bis +60 °C
- Isolation min. 100 dB
- SWR bei 1...500 MHz und 0-40 dB typ. 1,15
- SWR bei 1...500 MHz und 40,25-95 dB typ. 1,05
- SWR bei 0,5...4 GHz und 0-40 dB typ. 1,1
- SWR bei 0,5...4 GHz und 40,25-95 dB typ. 1,05
- SWR bei 4...6 GHz typ. 1,3

■ *Mini-Circuits*
www.minicircuits.com

DC Bypass (Bias Tee)



Soll z.B. ein LNA einer Satellitenanlage über das Koaxialkabel versorgt werden, so wird ein DC Bypass oder eine „Kabelweiche“ benötigt. Diese hat zwei Aufgaben: DC-Trennung im Signalpfad und signal-Abblockung gegenüber der Versorgungsquelle. Somit genügen zwei Bauelemente: ein Kondensator und eine Drossel. Diese befinden sich meist in einem schirmenden Gehäuse. Der SMT-Baustein TCBT-123+ von Mini-Circuits ist für 50-Ohm-Systeme im Frequenzbereich 10 MHz bis

12 GHz vorgesehen. Er verursacht eine Einfügedämpfung von typisch 0,5 dB und ermöglicht hohe Versorgungsströme. Er besitzt ein 0,15 x 0,15 x 1,4 Zoll messendes Gehäuse. Einsatzmöglichkeiten finden sich u.a. bei aktiven Antennen, Laserdioden und beim Biasing von Verstärkern.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- RF Power max. 30 dBm
- Gleichspannung max. 25 V
- Gleichstrom max. 200 mA
- Isolation bei 10...100 MHz (0,1...6, 6...12 GHz) min. 30 (18, 15) dB
- Isolation bei 10...100 MHz (0,1...6, 6...12 GHz) typ. 55 (33, 22) dB

- SWR bei 10...100 MHz (0,1...6, 6...12 GHz) typ. 1,05 (1,2, 1,3)
- SWR bei 10...100 MHz (0,1...6, 6...12 GHz) max. 1,3 (1,5, 1,7)

Triplexer für 1 bis 2485 MHz



Bei dem neuen Triplexer TPLX-E2485+ von Mini-Circuits handelt es sich um die Kombination eines Tiefpasses, eines Bandpasses und eines Hochpasses. Der Tiefpass lässt Frequenzen bis nominell 460 MHz passieren, der Bandpass Frequenzen im Bereich von nominell 610 bis 1150 MHz und der Hochpass Frequenzen im Bereich von 1435 bis 2485 MHz nominell. Damit eignet sich der 50-Ohm-Baustein für die Satellitenkommunikation bzw. als Einspeiseweiche für andere Kommunikationssysteme. Der Baustein besitzt ein geschirmtes Miniaturgehäuse für die SMT-Montage. Er verursacht eine Einfügedämpfung von typisch 0,9 dB für Tief- und Bandpass und 0,8 dB für den Hochpass. Die Unterdrückung des unerwünschten Bandes beträgt 20 bis 50 dB je nach Konstellation und Frequenz.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- HF-Eingangsleistung max. 30 dBm
- Einfügedämpfung max. 1 dB
- Stop Band Isolation Tiefpass min. 25/30 dB je nach Kanal
- Stop Band Isolation Tiefpass typ. 26/38 dB je nach Kanal
- Stop Band Isolation Bandpass min. 20 dB
- Stop Band Isolation Bandpass typ. 29/54 dB je nach Kanal

- Stop Band Isolation Hochpass min. 30/45 dB je nach Kanal
- Stop Band Isolation Hochpass typ. 34/37 dB je nach Kanal
- Return Loss min. 8 bis 10 dB je nach Frequenz
- Return Loss typ. 11 bis 16 dB je nach Frequenz

Richtkoppler für 5 bis 2250 MHz



Von Mini-Circuits kommt ein neuer interessanter Richtkoppler, der TCD-12-222+. Dabei handelt es sich um einen bidirektionalen 50-Ohm Coupler für SMT und eine Durchgangsleistung bis 1 W. Er ist bis 2,25 GHz gebrauchsfähig und weist einen relativ stabilen Koppelfaktor über der Frequenz (Flatness +/-0,8 dB) auf. Die Richtscharfe (Directivity) beträgt frequenzabhängig 15 bis 21 dB, der Koppelfaktor (Coupling) wird mit 12,6 dB nominell angegeben. Ein solcher Koppler ist geeignet für Applikationen, bei denen Vor- und Rücklauf gleichzeitig erfasst werden sollen, etwa, um einen Sender zu regeln. Dieser Richtkoppler eignet sich vielseitig in den Bereichen VHF/UHF, CATV, Zellulardfunk und mehr.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Mainline Loss über den theoretischen 0,3 dB bei 5 (2250) MHz typ. 0,4 (2,5) dB
- Mainline Loss über den theoretischen 0,3 dB bei 5 (2250) MHz max. 1 (3,6) dB
- Koppelfaktor-Flatness typ. +/-0,6, max. +/-1 dB
- Richtscharfe bei 5 (2250) MHz min. 17 (6) dB
- Richtscharfe bei 5 (2250) MHz typ. 21 (10) dB
- Return Loss Input bei 5 (2250) MHz typ. 21 (16) dB

Verstärkerfamilie speziell für Wired-Broadband-Anwendungen

Mit einem Frequenzbereich von 5 bis 1.218 MHz ist diese Familie von 75- Ω -Verstärker speziell für Anwendungen in Kabelfernseh-Infrastrukturen gemäß DOCSIS3.1 ausgelegt, die nach hoher Verstärkung, herausragender Linearität und einer geringen Rauschzahl verlangen

M/A-COM Technology Solutions Inc. stellte heute fünf neue MMIC-Verstärker vor. Alle fünf Bausteine decken das Downstream-Kabelfernsehband von 45 – 1.218 MHz ab, wobei zwei der fünf Produkte, nämlich der MAAM-011162 und der MAAM-011163, zusätzlich das Upstream-Band von 5 – 1.218 MHz unterstützen. Die eigens für Anwendungen in DOCSIS3.1-Infrastrukturen konzipierten Bausteine gehören zu dem neuen Hochleistungs-MMIC-Portfolio von MACOM, das auf der diesjährigen European Microwave Week (EuMW) in London vorgestellt wird.

Als einer der wenigen verbliebenen Hersteller, die ausschließlich auf den HF-, Mikrowellen- und Millimeterwellen-Bereich spezialisiert sind, entwickelt MACOM diese Verstärker für die anspruchsvollen Anforderungen der Kunden im Bereich der 75- Ω -Verstärker für kleine und mittlere Signalstärken in neuen und bestehenden HFC-Netzen (Hybrid Fiber Coax). Mit der Vorstellung dieser fünf neuen Bausteine setzt MACOM sein Engagement fort, den Kabelfernsehmarkt



mit klassenbesten MMIC-Lösungen zu beliefern, um die größten Anforderungen der Kunden hinsichtlich der technischen Daten und der Gehäuse zu erfüllen.

Der MAAM-011220 ist ein höchst linearer Verstärkerblock für einen Frequenzbereich von 45 - 1.218 MHz, der durch eine geringe Rauschzahl und eine Verstärkung von 18,5 dB überzeugt. Der Verstärker wird in einem industriestandardgemäßen Kunststoffgehäuse der Bauform SOT-89 mit drei Anschlüssen geliefert und kann je nach der verfügbaren Versorgungsspannung und den Systemanforderungen mit 8 oder 5 Volt Bias-Spannung betrieben werden.

Bei dem Baustein MAAM-011194 handelt es sich dagegen um einen differenziellen, dreistufigen VGA (Variable Gain Amplifier) in einem 5 x 7 mm großen PQFN-Gehäuse. Der für Frequenzen von 45 - 1.218 MHz ausgelegte VGA bietet eine Verstärkung von 36 dB, eine Rauschzahl von 2,5 dB und einen ausgezeichneten ACPR-Wert bei Ausgangspegeln, die um +7 dB über den DRFI-Spezifikationen (Downstream Radio Frequency Interference) der Cable Labs liegen.

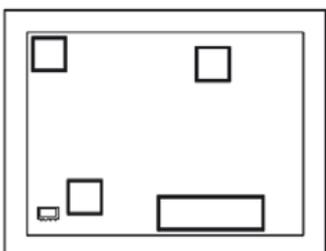
Der MAAM-011162 ist ein massebezogener Verstärker mit hoher Linearität und geringer Rauschzahl, der die Upstream- und Downstream-Bänder von 5 - 1.218 MHz abdeckt. Der Baustein im SOT-89-Kunststoffgehäuse mit drei Anschlüssen kommt in Upstream- und Downstream-Anwendungen auf eine flach verlaufende Verstärkung von 18 dB.

Der differenzielle Verstärker MAAM-011163 deckt das Upstream- und Downstream-Band von 5 - 1.218 MHz ab. Ausgestattet mit einem Kunststoffgehäuse der Bauart SOIC-8EP, überzeugt der Baustein durch eine Verstärkung von 19 dB, eine hervorragende S11- und S22-Anpassung, hohe Linearität sowie eine Rauschzahl von 1,4 dB bei 45 MHz.

■ **MACOM**
www.macom.com/mmics

- Return Loss Output bei 5 (2250) MHz typ. 25 (14) dB
- Return Loss Coupling bei 5 (2250) MHz typ. 24 (15) dB
- Eingangsleistung bis (ab) 100 MHz 0,5 (1) W

Verstärker-Chip mit hohem Dynamikbereich



Der monolithische Amplifier Die (Nacktchip) PHA-101-D+

von Mini-Circuits hat 50 Ohm Anschlussimpedanz und ist zwischen 0,05 und 1,5 GHz bei einer hohen Dynamik des Eingangssignalsbereichs einsetzbar. Der Chip basiert auf E-PHEMT-Technologie. Er zeichnet sich durch geringes Rauschen und einen hohen Intercept-Punkt aus.

Er arbeitet an typisch 9 V. Die Verstärkung beträgt etwa 15 dB. Der Verstärker besitzt einen Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht und Masseanschluss von typisch 20 K/W. Dieser Chip eignet sich u.a. für Satellitensysteme, das Militär, Wireless LAN, LTE, Radaranwendungen, Laborzwecke und Mikrowellen-Punkt-zu-Punkt-Funkverbindungen.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Versorgungsspannung max. 11 V
- Eingangsleistung max. 20 dBm (24 dBm 5 min)
- Verlustleistung max. 325 mW
- Verstärkung bei 0,05 (1,5) GHz typ. 15,3 (15) dB
- Eingangs-Return-Loss bei 0,05 (1,5) GHz typ. 10,7 (9,5) dB
- Ausgangs-Return-Loss bei 0,05 (1,5) GHz typ. 13,2 (8,9) dB
- Rückwärtsisolation typ. 20,5 dB
- Ausgangsleistung für 1 dB Kompression bei 0,05 (1,5) GHz typ. 25,3 (25,4) dBm

- Ausgangs-IP3 bei 0,05 (1,5) GHz typ. 47 (43,8) dB
- Rauschmaß bei 0,05 (1,5) GHz typ. 4,1 (4,2) dB
- Stromaufnahme an 9 V typ. 182, max. 220 mA

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

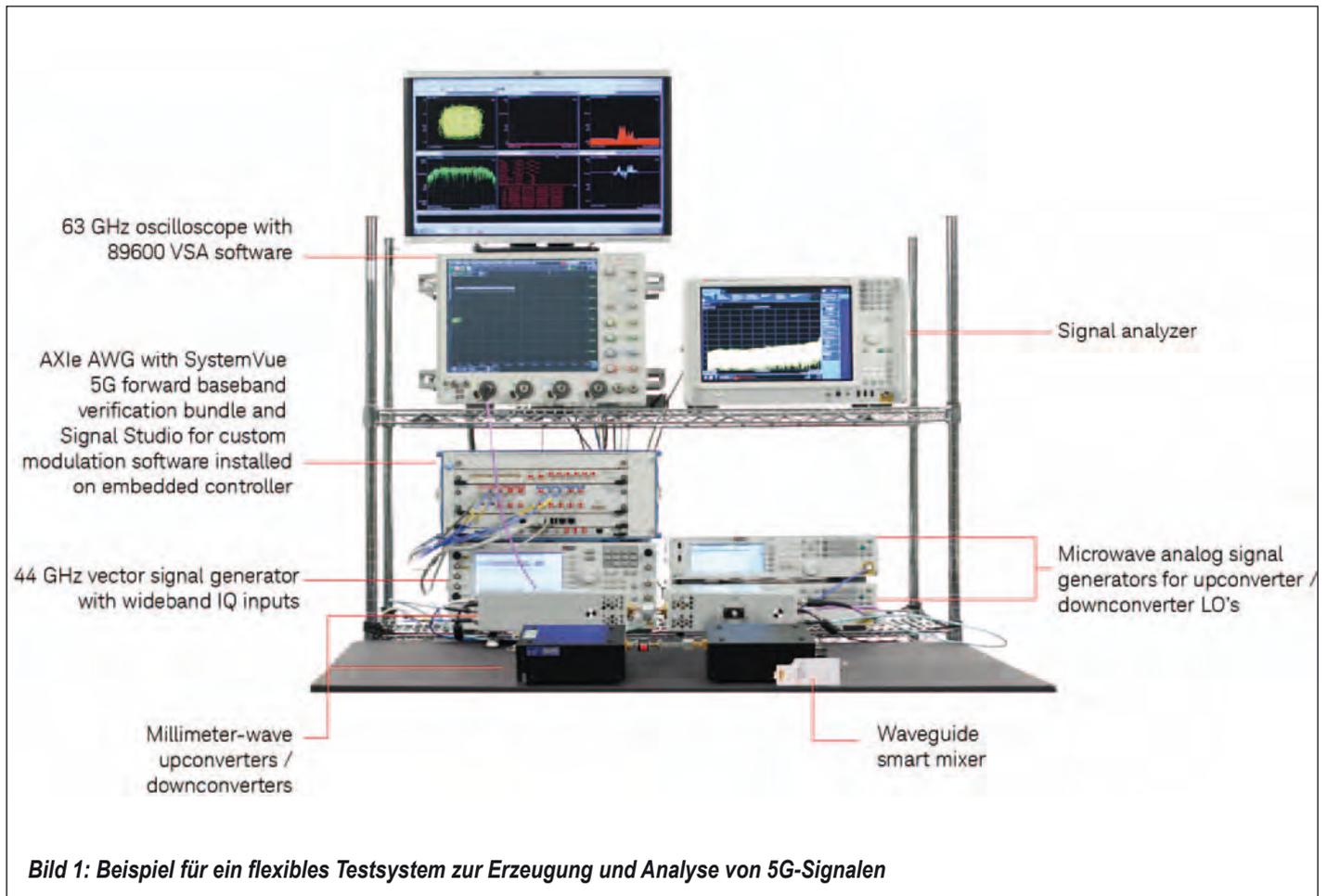
CelsiStrip®

Thermoetikette registriert
Maximalwerte durch Dauerschwärzung.

Bereich von +40 ... +260°C
GRATIS Muster set von celsi@spirig.com
Kostenloser Versand ab Bestellwert EUR 200 (verzollt, exkl. MwSt)

www.celsi.com www.spirig.com

Flexibles Testsystem für die Erzeugung und Analyse von 5G-Signalen



Schon während der Einführung von LTE und LTE-Advanced wird mit Hochdruck an der Technologie der nächsten Generation, 5G, geforscht. 5G wird voraussichtlich ein engmaschiges, hochintegriertes Netzwerk aus kleinen Zellen sein, die Datenraten bis 10 Gbit/s unterstützen, Roundtrip-Latenzzeiten von 1 ms oder weniger aufweisen und Funkschnittstellen unterschiedlicher Art im Mikrowellen- und Millimeterwellenbereich nutzen. Dieses Netzwerk wird die unterschiedlichsten Kommunikationsformen unterstützen, vom einfachen M2M- (machine-to-machine) Datenaustausch bis zu vernetztem Virtual-Reality-Streaming. Die neue Technologie verheißt viel Gutes für Endbenutzer – und stellt Entwickler vor völlig neue Herausforderungen.

Herausforderungen bei der Erzeugung und Analyse von 5G-Signalen

Der erste Schritt in Richtung der praktischen Implementierung ist die Erzeugung und Analyse prototypischer Signale. Da derzeit noch kein 5G-Standard existiert, sind auch noch keine Physical-Layer-Signalformate definiert. In Betracht kommen u. a. FBMC- (Filter Bank Multi-Carrier), UFMC- (Universal Filtered Multi-Carrier) und OFDM- (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) Signale. Sowohl Signale im Frequenzbereich unterhalb von 6 GHz als auch Breitband-signale im Mikrowellen/Millimeterwellenbereich mit Bandbreiten bis 2 GHz sind in der

Diskussion. Die große Anzahl und Vielfalt von Signalformaten, Frequenzen und Bandbreiten, an denen geforscht wird, bringt neue Herausforderungen bei Charakterisierung und Test mit sich. Für die Erforschung von 5G-Technologien und für erste Tests an Prototypen sind flexible Testlösungen gefragt. Entwicklungsingenieure, die neue Konzepte erarbeiten und Kandidaten für 5G-Signalformate auf ihre Eignung untersuchen, müssen in der Lage sein, „Was-wäre-wenn“-Analysen durchzuführen. Ohne eine solche Möglichkeit würde man riskieren, eine falsche Richtung einzuschlagen und Probleme erst in einer späten Phase des Entwicklungszyklus erkennen – sie zu beheben wäre dann wesentlich kostspieliger und zeitaufwendiger. Hier ist

Greg Jue
Keysight Technologies, Inc.
www.keysight.com

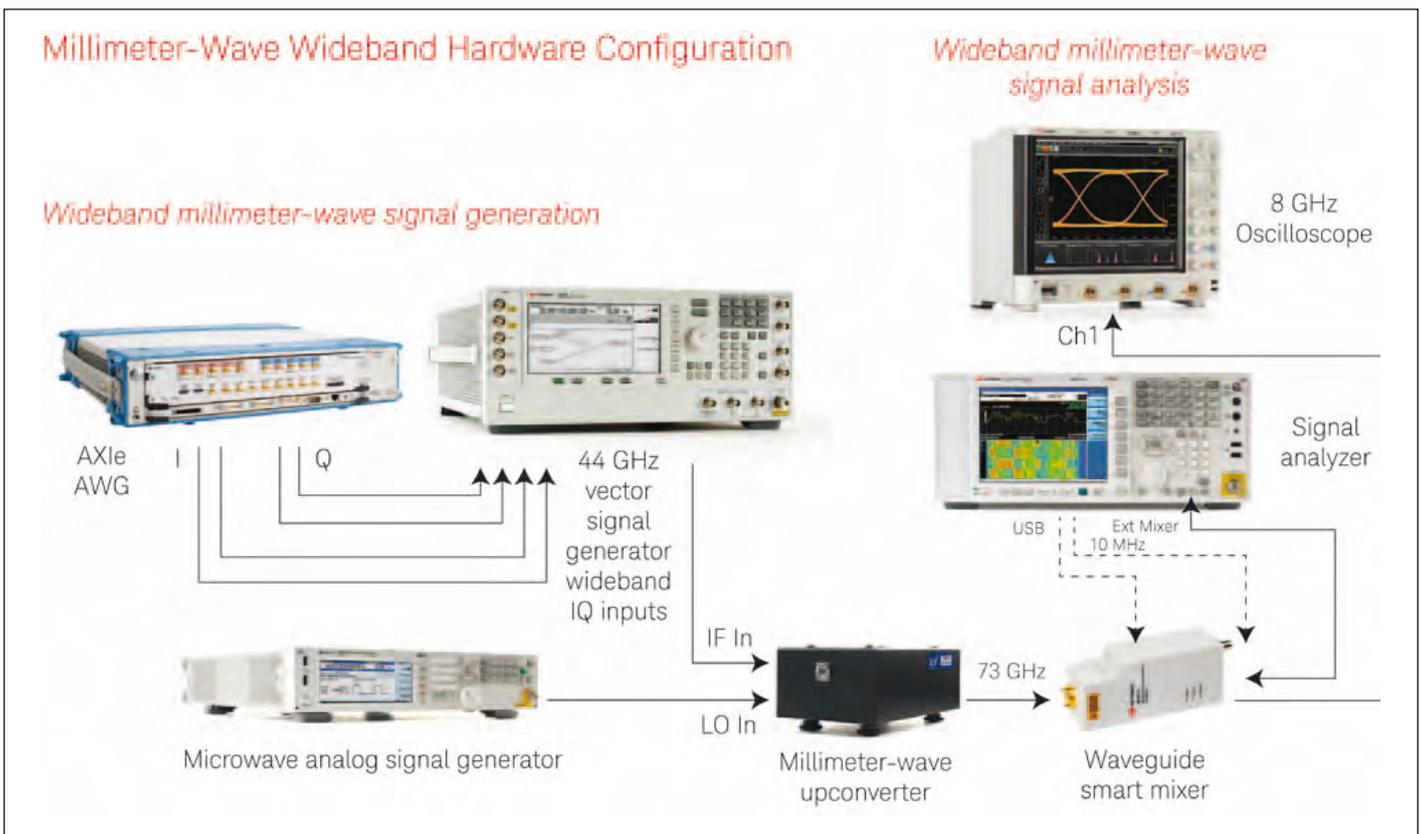


Bild 4: Exemplarische Hardware-Konfiguration für die Erzeugung und Analyse eines 73-GHz-Millimeterwellensignals.

und bis zu 2 GHz Modulationsbandbreite. Bei Bedarf kann der Frequenzbereich mit Hilfe eines Aufwärtsmischers noch nach oben erweitert werden.

Mit dieser Kombination aus Hardware und Software lassen sich Kandidaten für 5G-Signalformate wie z. B. proprietäre FBMC- und OFDM-Signale, aber auch Einzelträgersignale erzeugen. Die Hardware ist mit Systemdesign-Software integriert. Dadurch ist es möglich, schnell und einfach proprietäre Algorithmen zu implementieren oder „Was-wäre-wenn“-Szenarien zu simulieren, beispielsweise um zu untersuchen, ob ein LTE-Signal und ein FBMC-Signal problemlos koexistieren können. Die Referenzlösung ermöglicht auch die Demodulation und Analyse von Testsignalen. Softwareseitig bietet sich hierfür eine Kombination aus der VSA-Software 89600 und der Simulationssoftware an. Hardwareseitig hat man die Wahl zwischen einem Signalanalysator, einem Oszilloskop oder einem PC, der

diverse Messgeräte oder Digitalizer steuert.

Um die Machbarkeit dieser Referenzlösung zu illustrieren, wollen wir zwei verschiedene Testfälle untersuchen. Im ersten Fall wird als Testsignal ein anwenderspezifisches OFDM-Signal mit einer Frequenz von 28 GHz und einer Bandbreite von etwa 1 GHz verwendet. Im zweiten Fall handelt es sich um ein 73-GHz-Einzelträgersignal mit 2 GHz Bandbreite.

Testfall Mikrowellen: Erzeugung und Analyse eines breitbandigen, proprietären 28-GHz-OFDM-Signals

Generatorseitig besteht die Referenzlösung in diesem Fall aus einem Präzisions-AWG und einem Vektorsignalgenerator mit Breitband-I/Q-Eingängen, der den Frequenzbereich bis 44 GHz abdeckt.

Das anwenderspezifische 28-GHz-OFDM-Signal mit einer Modulationsbandbreite von etwa

1 GHz wird mit Hilfe der Signalerzeugungsoftware definiert (Bild 2). Es werden Resource-Mapping-Parameter für Präambel-, Pilot- und Daten-Unterträger vorgegeben, einschließlich Position und Boost-Level für die einzelnen Ressourcenblöcke. Für Pilot- und Daten-Unterträger werden Präambel, Modulationsformat und Nutzlast-I/Q-Daten spezifiziert.

Das per Software erstellte Signal wird in den AWG heruntergeladen und von diesem ausgegeben. Der AWG wird dabei über eine Soft-Frontplatte gesteuert. Die IQ-Ausgänge des AWG sind mit den Breitband-IQ-Eingängen des PSG-Vektorsignalgenerators verbunden, der die IQ-Signale auf einen 28 GHz-Träger moduliert. Das Mikrowellen-Ausgangssignal des PSG wird mit Hilfe eines 63-GHz-Hochleistungsozilloskops analysiert, auf dem die VSA-Software 89600 läuft.

Bild 3 zeigt in sechs Bildschirffeldern das Ergebnis der Signalanalyse:

1. Oben links: Konstellationsmuster
2. Oben Mitte: EVM-Spektrum vs. Unterträger
3. Oben rechts: Suchzeit
4. Unten links: etwa 1 GHz breites Spektrum bei 28 GHz Mittenfrequenz
5. Unten Mitte: Fehlerübersicht
6. Unten rechts: Frequenzgang des OFDM-Equalizerkanals

Testfall Millimeterwellen: Erzeugung und Analyse eines breitbandigen 73-GHz-Einzelträgersignals

Zur Erweiterung des Frequenzbereichs auf 73 GHz wird für diesen Test die Basiskonfiguration der Referenzlösung generatorseitig um einen Millimeterwellen-Aufwärtsmischer und analyzerseitig um einen Millimeterwellen-Abwärtsmischer oder einen „smarten“ Hohlleitermischer erweitert. Bild 4

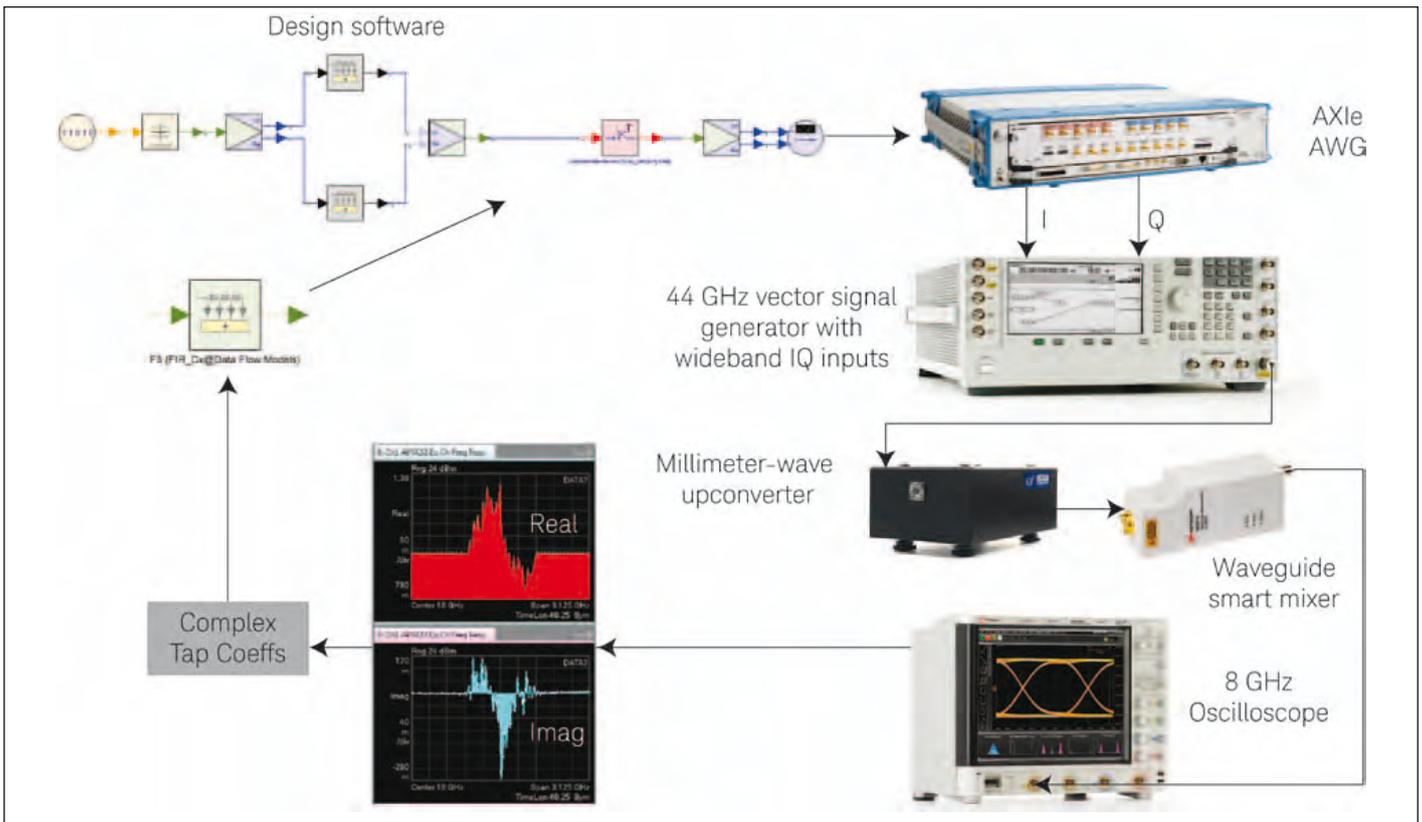


Bild 5: Durch die Integration von Systemdesign-Software und Messgeräten lassen sich lineare Amplituden- und Phasenfehler des Testsignals korrigieren

Tektronix®

Portabler Echtzeit Spektrum Analysator. Jetzt 7 Tage kostenfrei testen!

Sehen Sie mehr in Ihrem Netzwerk:

- Schnellere Installations- und Wartungszeiten
- Lokalisieren von Störquellen
- Messung von Kabelverlust
- Ortung von Kabelfehlern
- Erkennen von Antennenfehlern
- Klassifizierung von Signalen
- Aufzeichnung und Wiedergabe von Signalen



Registrieren Sie sich noch heute für einen kostenlosen Test in Ihrer individuellen Umgebung unter de.tek.com/Gratis-HF-Test



zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer exemplarischen 73-GHz-Hardware-Konfiguration. Ein Mikrowellen-Signalgenerator liefert das LO-Signal für den Millimeterwellen-Aufwärtsmischer. Das Ausgangssignal des Aufwärtsmischers wird durch einen (hier nicht abgebildeten) Millimeterwellenverstärker mit Ausgangsfilter verstärkt.

Für die Signalanalyse im Frequenzbereich von 60 bis 90 GHz wird eine Kombination aus einem Hohlleiter-Abwärtsmischer, einem Signalanalysator und einem Oszilloskop verwendet. Der Eingang des Hohlleiter-Abwärtsmischers ist mit dem Ausgang des Millimeterwellen-Aufwärtsmischers verbunden. Ein Signalanalysator analysiert das Spektrum des ZF-Ausgangssignals des Abwärtsmischers. Der ZF-Hilfsausgang des Abwärtsmischers ist mit dem Oszilloskop verbunden. Dieses läuft unter der VSA-Software und führt eine Breitband-Modulationsanalyse durch.

Bei den extrem hohen Frequenzen und großen Bandbreiten, die hier im Spiel sind, können an zahlreichen Stellen der Signalkette lineare Amplituden- und Phasenfehler auftreten. Mögliche Fehlerquellen sind der AWG, der Vektorsignalgenerator, der Aufwärtsmischer, der Hohlleiter-Abwärtsmischer, Kabel/Steckverbinder und der Signalanalysator.

Diese Fehler werden durch Anwendung vektorierter Korrekturwerte reduziert, die zuvor mit Hilfe des adaptiven Equalizers der VSA-Software ermittelt wurden. Der Equalizer synthetisiert einen vektoriel- len Frequenzgang, der sowohl Amplituden- als auch Phasenfehler minimiert. Hierzu wird der Equalizer-Frequenzgang in die Systemdesign-Software eingelesen, die zur Erstellung des Testsignals verwendet wird, und das Signal entsprechend vorver- zerrt (Bild 5).

Bild 6 zeigt die Demodulations- analyse eines vektoriel- korrigierten 73-GHz-Signals mit 2 GHz Modulationsbandbreite.

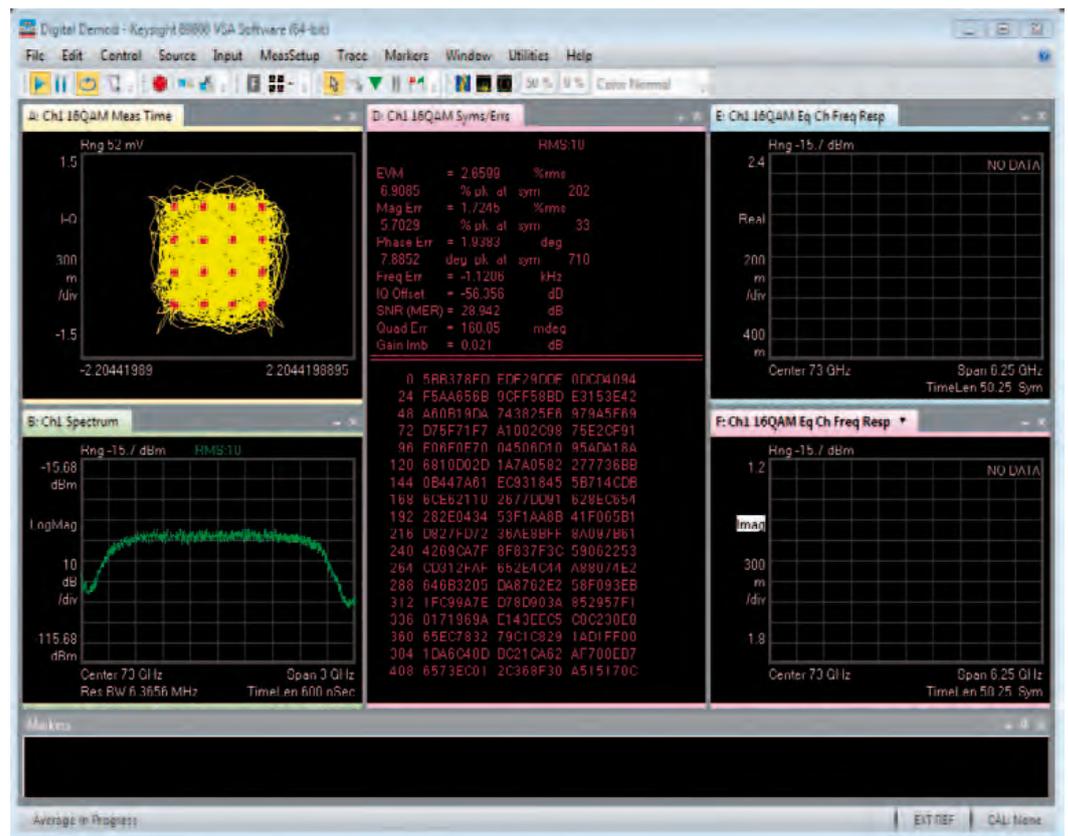


Bild 6: Demodulation eines 73-GHz-Signals mit 2 GHz Modulationsbandbreite

Die Demodulation eines Signals mit einer Modulationsbandbreite von 2 GHz ist wegen Unzulänglichkeiten der zahlreichen Hardwarekomponenten ohne adaptiven Equalizer nicht gerade einfach. In diesem Beispiel wurden die linearen Amplituden- und Phasenfehler durch Vorverzerrung per Software korrigiert. Dadurch erhält man ein Signal mit einem kleinen EVM, ohne dass man für die Messungen einen (physischen) adaptiven Equalizer benötigt.

Die Entwicklung der 5G-Technologie ist in vielfacher Hinsicht eine große Herausforderung. Um diese Herausforderungen meistern und schnell auf Richtungsänderungen in der Roadmap reagieren zu können, benötigen Forscher und Entwicklungsingenieure möglichst flexible Testlösungen.

Die im vorliegenden Artikel vorgestellte Referenzlösung bietet die nötige Flexibilität, um potenzielle 5G-Signalfomate unterschiedlichster Art zu

erzeugen und zu analysieren. Zu dieser Flexibilität tragen sowohl die Softwarekomponenten als auch die Hardwarekomponenten bei, die von Hochfrequenz über Mikrowellen bis zu Millimeterwellen skalierbar sind und Modulationsbandbreiten bis 2 GHz unterstützen. ◀

Der Autor: Greg Jue

Greg Jue arbeitet als Applikationsentwicklungsingenieur/Wissenschaftler bei Keysight Technologies an 5G-Applikationen. Zuvor hat Greg in Keysights Aerospace/Defense Applications Team, High Performance Scopes Team und bei EEs of gearbeitet und sich auf Applikationen für WLAN 802.11ac, LTE, WiMAX, Aerospace/Defense und SDR spezialisiert. Greg hat den Abschnitt „Design Simulation“ im LTE-Buch von Agilent Technologies verfasst und ist Autor zahlreicher Fachartikel, Präsentationen, Appli-

kationsberichte und Weißbücher, darunter das Weißbuch „Implementing a Flexible Testbed for 5G Waveform Generation and Analysis“. Greg hat bei Agilent Technologies die Integration von Design/Simulations- und Testlösungen vorangebracht und zahlreiche Applikationsberichte über die Integration von Simulation und Test für aufkommende Technologien verfasst. Bevor er 1995 zu HP/Agilent kam, arbeitete er am Systemdesign für das Deep Space Network am Jet Propulsion Laboratory der Caltech University.

Vektor-Netzwerkanalysator mit echter Mehrtorarchitektur für bis zu 20 GHz

Der neue R&S ZNBT20 von & Schwarz ist der erste echte Mehrtor-Netzwerkanalysator mit bis zu 16 integrierten Messtoren für den Mikrowellenbereich. Die einzigartige Hardware-Architektur des R&S ZNBT8 wurde für den Betrieb bis 20 GHz erweitert. Mit dem Gerät lassen sich mehrere Messobjekte gleichzeitig vermessen, was den Durchsatz deutlich steigert. Dabei bietet der R&S ZNBT an jedem Messtor die herausragenden Messeigenschaften eines Zweitor-Netzwerkanalysators. Der R&S ZNBT20 deckt den Frequenzbereich von 100 kHz bis 20 GHz ab und bietet bis zu 16 integrierte Messtore. Er beeindruckt mit seinen kurzen Sweep-Zeiten und hervorragen



den HF-Eigenschaften. Als echter Mehrtor-Netzwerkanalysator kann er alle Messtore gleichzeitig treiben; internes Umschalten ist nicht erforderlich. Parallele Messungen

sorgen für eine deutliche Steigerung der Durchsatzrate, was einen erheblichen Vorteil besonders beim Einsatz in der Produktion bedeutet.

Die hohe Anzahl von Messtoren spielt eine entscheidende Rolle in der Produktion von aktiven sowie passiven Mehrorterkomponenten, wie Frontendmodulen für Multiband-Mobiltelefone oder schnelle Datenleitungen. Darüber hinaus lassen sich mit dem Analysator Signalintegritätstests für Übertragungsstandards mit hohen Datenraten durchführen. In Kombination mit der Option R&S ZNBT-K20 für die erweiterte Zeitbereichsanalyse wird die Darstellung von Augendiagrammen, Anstiegszeit und Skew auf dem R&S ZNBT möglich.

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

MESSBAR MEHR SPEKTRUM-ANALYSATOREN.

Passende Benchtop-, Handheld- oder Modularlösungen zur spektralen Erfassung von Störgrößen in der Entwicklung, Produktion, Qualitätssicherung uvm. – von kosteneffizient bis leistungstark ab 3 Hz bis zu 1,1 THz*.

Jetzt Messlösung finden unter: www.datatec.de/spektrum

*mit optionalen Frequenz-Extendern

Im Fokus: Real-Time-Spektrogramm-Analysator N9040B UXA von Keysight mit höchster Analysebandbreite von 1 GHz.



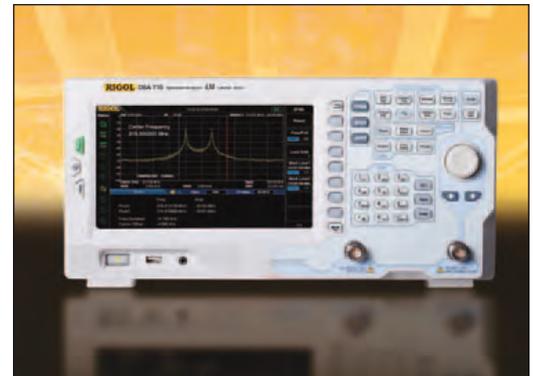
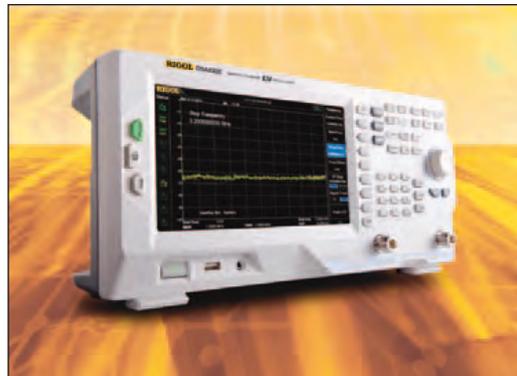
Ihr Spezialist für Mess- und Prüfgeräte

MESSBAR MEHR.
datatec



Spektrumanalyse im Alltag

Die Pre-Compliance-Software S1210 EMI und die Spektrumanalysatoren DSA700/DSA800-Serie bewähren sich im praktischen Einsatz.



The flowchart illustrates the testing process:

- Edit the amplitude correction data** (Frequency (Hz), Level (dB)) → **Correction list (*.csv)**
- Set the scan parameters** (Pre-Scan Configs, Sub-Frequency, Kill Range, Post-Scan Configs) → **Scan list (*.csv)**
- Edit the limit line** (Frequency (Hz), Level (dB)) → **Limit line list (*.csv)**
- Pre-scan** → **Peak search** → **Final scan** → **Test report (*.html)**
- Peak search** also outputs a **Peak list (*.csv)**.

Alle heutzutage eingesetzten elektronischen Geräte und Maschinen müssen nach den einschlägigen Normen (VDE/EN) untersucht werden.

Getestet wird dabei, welche möglichen elektromagnetischen Strahlungen sie an die Umgebung abgeben und wie hoch deren einzelnen Werte bei unterschiedlichen Frequenzen bzw. deren Bereichen sind, wie zum Beispiel, in der Lokalisierung, Bestimmung von Störquellen, Entwicklungsbegleitete Messungen, EMV-Messung im Rahmen eines neuen Produkt-Design, für Demonstrationszwecke im Labor, Schulen und

Universitäten. Die Testzeiten in Prüflabors sind dabei extrem kostenintensiv. Daher versuchen Hersteller, möglichst viele Tests kostengünstig bereits im Vorfeld im eigenen Labor durchzuführen.

So kann die finale Testzeit im Prüflabor minimal gehalten werden, da eventuelle Test-Wiederholungen auf Grund von Nachbesserungen wegfallen. Für derartige Messungen, sogenannte Pre-Compliance-Tests, gibt es zahlreiche Spektrumanalysatoren sowie die passende Software, wie sie auch Meilhaus Electronic GmbH in ihrem Portfolio anbietet.

Die Software

Die Pre-Compliance-Software für Windows Rigol S1210 EMI eignet sich für die beiden Rigol-Spektrumanalysatoren DSA700 und DSA800E. Für die DSA700/800-Serien ist zusätzlich dazu die EMI-DSA800-Option erforderlich. Die Pre-Compliance-Software wurde auf Basis der Standard-VISA-Treiber entwickelt, welche eine Kommunikation zwischen Software und Spektrumanalysator über die USB-TMC- oder LAN-Schnittstelle erlaubt. Der DSA700 und der DSA800E in Kombination mit der Software

Meilhaus Electronic GmbH
www.meilhaus.de

electronica
Halle A1, Stand 107

kann damit sowohl leitungsgebundene als auch abgestrahlte Störungen untersuchen. Störspannungen in der Spannungsversorgung unter Verwendung einer Netznachbildung (LISN) für DC und AC erlauben so eine Amplitudenkorrektur. Diese Funktion macht es möglich, Korrekturfaktoren für Antennen, Kabel, Vorverstärker etc. in den automatischen Testablauf mit zu laden.

Die Spectrum Analyzer

Die DSA700-Serie eignet sich aufgrund ihres günstigen Einstiegspreises unter anderem auch für den Einsatz in Ausbildungs- und kleineren Reparaturwerkstätten. Die Spektrumanalysatoren der 700er Serie verfügen über ein 8-Zoll-TFT Display mit einer Auflösung von 800 x 480 und sind mit USB sowie einer LAN-Schnittstelle ausgestattet. Ob in der Entwicklung bei komplexen HF-Schaltungen, an

Hochschulen und Universitäten, die Analyser der DAS800-Serie überzeugen ebenfalls in Sachen Performance und Preis, vor allem durch ihr modernes Schaltungsdesign, zahlreiche neue Features (höhere Frequenzen bis 3,2 bzw. 7,5 GHz) sowie der kompakten Abmessung und dem ebenfalls 8-Zoll-großen TFT-Farbdisplay.

Die DSA700- und die DSA800-Serie verwendet wie alle Spektrumanalysatoren von Rigol eine voll-digitale Zwischenfrequenzstufe. Dies ermöglicht kleine Auflösungsbandbreiten, geringes Rauschen und eine hohe Pegelgenauigkeit. Das ZF-Signal wird hierzu mit einem schnellen A/D-Wandler digitalisiert und digital gefiltert und weiterverarbeitet.

Die kleinste Auflösungsbandbreite der DSA-700-Serie beträgt 100 Hz. Die Amplitudengenauigkeit ist besser als 1,5 dB. Bei der DSA800-Serie beträgt die kleinste Auflösungsbandbreite

100 bzw. 10 Hz. Die Amplitudengenauigkeit ist besser als 0,8 dB. Die Empfindlichkeit des DSA700 beträgt mind. -130 dBm DANL (Displayed Average Noise Level). Der verwendete Lokaloszillator hat ein Phasenrauschen von besser als -80 dBc/Hz bei 10 kHz Trägerabstand. Beim DSA800 beträgt die Empfindlichkeit mind. -161 dBm DANL. Der LO hat ein Phasenrauschen von besser als -80 dBc/Hz (DSA815) bzw. besser als -98 dBc/Hz bei 10 kHz Trägerabstand.

Mit einem optional verfügbaren Advanced Measurement Kit sind für beide Spektrumanalyzer-Serien weitere Messfunktionen, insbesondere für Schaltungsentwickler von digitalen Funksystemen, verfügbar. Mit dem optional erhältlichen EMI-Filter und Quasi-Peak-Detektor können für beide Serien EMV-Pre-Compliance-Messungen realisiert werden. Eine als Zubehör

verfügbare EMV-PC-Software ermöglicht zudem die schnelle Beurteilung und Dokumentation der erzielten Messergebnisse.

Die S1210-EMI-Pre-Compliance-Software bietet zahlreiche Funktionen für die Analyser, um die einzelnen Messungen maßgeblich zu erleichtern. Damit können unterschiedliche Parameter, wie Frequenzbereich, Auflösungsbandbreite (RBW) und Scanzeit über die Scan-Liste eingestellt werden.

Nach der Durchführung eines Scans kann das Ergebnis logarithmisch oder linear dargestellt werden. Weiterhin lassen sich Signale auf Spitzenwerte untersuchen und in einer Peak-Liste betrachten. Signale, die nicht benötigt werden, können markiert und/oder gelöscht werden. Signale die nicht dem Standard entsprechen, lassen sich so kinderleicht aufspüren und markieren. ◀



Zuverlässige Abwehr vielfältigster HF-Störungen

ELECTRADE rüstet nahezu jedes Gerät EMV-gerecht aus. Mit hochqualitativen Standardprodukten aus dem riesigen Portfolio oder als maßgeschneiderte Lösungen.



Signalqualitätsanalysator sichert Signalintegrität der Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen

Die Anritsu Corporation hat die PAM4-BER-Testlösung (64 Gbaud) des Signalqualitätsanalysators MP1800A gezeigt. Die Produktpräsentation umfasste den G0374A 64 Gbaud PAM4 DAC, der PAM4-Übertragungen mit 53,125 Gbaud unterstützt, wie sie vom Standard 400GbE der nächsten Generation definiert sind, sowie die Erzeugung von hochwertigen PAM4-Signalen bis zu 64 Gbaud. Außerdem wurden 400GbE 53,125 Gbaud BER-Messungen mit einer hohen Eingangsempfindlichkeit unterstützt.

Hintergrund

Die explosionsartige Zunahme des Datenverkehrs erhöht den Bedarf, die Übertragungsgeschwindigkeit zwischen Servern und Netzwerkausrüstungen zu steigern. Der 400GbE-Ether-

NRZ/Multi-channel

Exhibited solution

G0374A 64Gbaud PAM4 DAC

net-Standard der nächsten Generation nutzt das PAM-

Modulationsverfahren zur Erhöhung von Datenübertragungen pro Zeiteinheit. Dazu werden die Symbolrate erhöht und weitere Lanes hinzugefügt. PAM4-Signale haben durch die Verdopplung der pro Zeiteinheit übertragenen Datenmenge einen Vorteil gegenüber der Signalisierung im Non-Return-to-Zero-Format (NRZ-Format). Jedoch können die Signale auch zu technischen Problemen führen, wie z.B. bei der Reduzierung der Leistungsaufnahme und Erhöhung des Signal/Rausch-Verhältnisses. Diese Tests erfordern hochwertige Signalquellen und Messungen mit hoher Eingangsempfindlichkeit.

Der Signalqualitätsanalysator der MP1800A-Baureihe unterstützt die Evaluierung von Endgeräten und optischen Modulen, die die neuesten Verbindungsstandards erfüllen. In Kombination mit dem Mehrkanal-Pulsmustergenerator (Multichannel Pulse Pattern Generator, PPG) der MP1800A-Baureihe und dem Fehlerdetektor (Error Detector, ED) kann der Analysator problemlos NRZ- und nach dem PAM4-Verfahren mit

hoher Baudrate sowie BER-Messungen unter Nutzung des G0374A 64 Gbaud PAM4 DAC und MP1862A DEMUX mit 56G/64 Gbit/s unterstützen.

Der Signalqualitätsanalysator MP1800A ist ein auf Steckmodulbasis ausgeführter Bitfehlerraten-Tester (BERT), der mithilfe des 32G-Multichannel-PPG-Moduls bis zu acht Kanäle synchronisierter Signale generieren kann.

Das G0374A ist Zubehör für die MP1800A-Baureihe und wird in Kombination mit dem Multichannel PPG MU183020A (32 Gbit/s) genutzt, um – durch die einfache Umwandlung von 32-Gbit/s-NRZ-Signalen mit halber Datenrate – 64-Gbaud-NRZ/PAM4-Signale zu generieren. Er lässt sich außerdem mit dem MP1862A Demux (56G/64 Gbit/s) und dem MU183040B-Hochempfindlichkeits-ED (28G/32 Gbit/s) kombinieren. Dadurch werden BER-Messungen von PAM4-Signalen mit hoher Baudrate unterstützt.

■ Anritsu Corp.
www.anritsu.com

Kompakte SMT- Hochstromdrosseln Serie ERU19

- kompakte Bauform, 19,9x20,5mm²
- niedrige Bauhöhe 8,35mm(1,0μ)
- Flachdrahtwicklung
- -40°C bis +150°C

Die flache Bauweise beruht auf einem Design mit Flachdrahtwicklung. Dieses führt auch zu einer Reduzierung der Verluste.

Anwendung: DC-DC-Wandler, Schaltnetzteile, xEV-Anwendungen, Ausgangs- und Speicherdrossel

s.m.a.e. GmbH

Lise-Meitner-Straße 6, 40878 Ratingen
Telefon: 02102 / 4248-0, Fax: 02102 / 4248-23

www.smae.de
info@smae.de

Lasergespeiste E-Feld-Sonde

Die von Frankonia neu vorgestellte lasergespeiste, isotrope E-Feld-Sonde „EFS-Laser“ wurde speziell für Feldstärkemessungen und die Vermessung des homogenen Feldes bei Störfestigkeitsprüfungen nach EN/IEC 61000-4-3 entwickelt. Sie eignet sich jedoch auch hervorragend zur Messung der Strahlungsbelastung in der Umwelt, z.B. an Arbeitsplätzen oder Wohnungen. Durch die extrem kleinen Abmessungen wird

sicher gestellt, dass die Sonde selbst das elektrische Feld nicht beeinflusst. Gleiches gilt für den direkt an der Sonde befindlichen LWL-Ausgang, der eine direkte Verbindung mit der USB-Schnittstelle des Steuerrechners ermöglicht.

Die „EFS-Laser“ ermöglicht im Frequenzbereich von 10 kHz bis 6 GHz hochgenaue Feldstärkemessungen von 0,1 V/m bis 10 kV/m. Aufgrund der hohen Ver-

arbeitungs- bzw. Erfassungsgeschwindigkeit ist das Gerät insbesondere auch für die Messung und Aufzeichnung kurzzeitiger, schneller Ereignisse geeignet. Die Stromversorgung über Laser ermöglicht einen kontinuierlichen, galvanisch vollkommen entkoppelten Betrieb ohne lästiges Nachladen oder Batterietausch.

■ Frankonia
www.frankoniagroup.com



Ihr Partner für Mikrowellen- und Hochfrequenzkomponenten

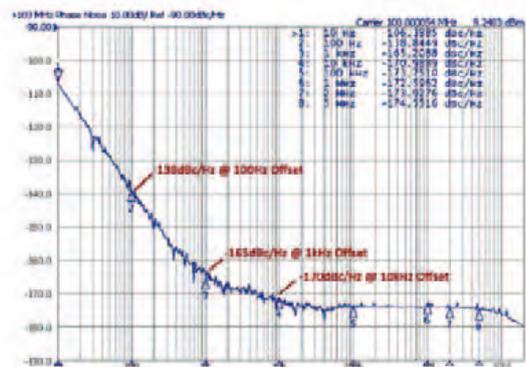
MIWEKO : Immer im richtigen Takt

MtronPTI



MtronPTI und MIWEKO : Oszillatorserien für Defense, Luft- und Raumfahrt
Internet Kommunikation, Konsumentenprodukte.

- XO:** Compact / High Temp / Ruggedized:
We provide very precise and stable clock frequencies from 10 MHz to 1.4 GHz. Low jitter of 100 fs max makes the M2058 series ideal for 40 and 100 Gigabit Ethernet.
- VCXO:** Low Noise / Frequencies to 1.4 GHz / Harsh Environment:
We offer a wide frequency range with tunability to match a reference clock. MtronPTI VCXOs, designed for low jitter, are available in as few as two weeks for internet, base station, flight control and military communication applications.
- TCXO:** Stratum 3 / Low g-sense / Frequencies to 1.4 GHz and Stabilities to ± 0.1 ppm:
We delivers low cost and stable timing for applications like Synchronous Ethernet and Stratum 3 data links. Testing for wander generation, holdover and drift insure reliable performance.
- OCXO:** High Stability / 1588 / SyncE / Ultra Low Phase Noise:
We provides excellent stability, low noise, and low long term aging for Stratum 3E, IEEE 1588 and Synchronous Ethernet. High frequency OCXOs with Ultra low phase noise improve to -170 dBC for ATE, lab instruments and radar.



Qualität hat Tradition !
MIWEKO Mikrowellen- und Hochfrequenz Vertriebs GmbH
 Münchener Straße 21
 86949 Windach
 Telefon: +49 (0)8193 – 939290
 Telefax: +49 (0)8193 – 9392999
 Info@miweko.de, www.miweko.de

OTDR-Modul mit drei Wellenlängen und neuen Softwarefunktionen

Die Anritsu Company stellte ein mit drei Wellenlängen ausgestattetes OTDR-Modul für ihr tragbares optisches Messgerät Network Master Pro MT1000A vor, das Feldingenieuren und -technikern ein umfassendes Testwerkzeug zur Prüfung von Glasfaserleitungen in Kern-, Metro- und Mobilfunknetzen an die Hand gibt.



Das neue Modul unterstützt einen hohen Dynamikbereich bei allen Wellenlängen, einschließlich 1625 nm, wodurch es mithilfe des MT1000A möglich ist, „besonders empfindliche“

Tests durchzuführen, um die Leistungsfähigkeit der heutigen Netze, in denen eine hohe Bandbreite anliegt, sicherzustellen.

Mit dem neuen Drei-Wellenlängen-OTDR-Modul MU100022A-022 ist der Network Master Pro MT1000A in der Lage, einen Dynamikbereich von 46 dB bei 1310 und 1550 nm zu erreichen. Das Unterstützen des hohen Dynamikbereiches bei 1625 nm Wellenlänge ermöglicht es dem MT1000A, hochgenaue Messergebnisse zu erreichen, um Makrokrümmungen in allen Singlemode-Glasfaseranwendungen zu erkennen.

Dieses neue OTDR-Modul verfügt außerdem über Anritsu's Fiber Visualizer, eine Funktion zur Fehlerortung, die den gesamten Testprozess vereinfacht. Der Fiber Visualizer wählt die Testparameter automatisch aus, um einen ordnungsgemäßen Messaufbau zu gewährleisten und gibt innerhalb von Sekunden eine einfache grafische Übersicht über die getestete Glasfaser aus. Der Fiber Visualizer bietet auch eine individualisierte PASS/FAIL-Analyse zur Vereinfachung der Glasfaser-Testabläufe.

Ideal für die Installation und Wartung von Glasfasernetzen ausgestattet, profitieren alle OTDR-Module des Typs Network Master Pro MT1000A

von neuen, speziell entwickelten Funktionen, mit dem Ziel, Feldtests effizienter zu gestalten. Ein „Construction“-OTDR-Modus stellt ein automatisiertes Verfahren zur Verfügung, um mehrere Glasfasern bei verschiedenen Wellenlängen während der Kabelinstallation testen zu können. Ein einziger Einstellungsbildschirm zeigt einen Testassistenten an, der sicherstellt, dass alle Glasfasern getestet und die Ergebnisse mit einheitlichen Dateinamen abgespeichert werden. Zusätzlich wurde eine bidirektionale Messfunktion für eine präzise und einfache ereignisbezogene Dämpfungsanalyse integriert.

Der kompakte, batteriebetriebene und problemlos einsetzbare Network Master Pro MT1000A bietet eine Vielzahl von Testfunktionen in einem robusten, tragbaren und gut für den Feldeinsatz geeigneten Gehäuse. Als Messgerät mit einem geringen Gewicht vereinfacht der MT1000A die gewaltige Aufgabe der Datenerfassung und -auswertung, denn er stellt eine leicht verständliche grafische Benutzeroberfläche und klar dargestellte Übersichten zur Verfügung, die es dem Benutzer ermöglichen, ungeachtet dessen, über welches Ausbildungsniveau er verfügt, das Messgerät so zu bedienen, dass er dessen volles Potenzial ausschöpft. Als Multifunktions tester ist der MT1000A vor Ort erweiterbar und kann mit einer breiten Palette von OTDR-Modulen und Funktionen für Transporttests konfiguriert werden. Dies beinhaltet RFC2544/6349, Y.1564, OTN, CPRI/OBSAI, um somit dem Bedarf aktueller Kern-, Metro- und Mobilfunk-Backhaul-Netze zu entsprechen, sowie die Flexibilität zur Erweiterung zukünftiger Technologien zu unterstützen.

■ Anritsu Corp.
www.anritsu.com



e-MECA.com

MECA Electronics, Inc.
Microwave Equipment & Components of America

BETTER COMMUNICATION SOLUTIONS

**Isolators,
DC Blocks & Bias Tees**

Up to 40 GHz
SMA, 2.92, QMA, N,
TNC, BNC, RPTNC & 7/16
Up to 7 amps



Up to 40 GHz
SMA, 2.92, N, & 7/16
Up to 250 watts





Join MECA
November 8-11
Hall A1 Booth #348

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS

(49) 612272660-0
www.ie4u.de
info@ie4u.de

MELATRONIK

(49) 8932107-6
www.melatronik.de
web@melatronik.de

RFMW

(49) 8031-7969240
www.rfmw.com
sales@rfmw.eu

Distribution Partners

Portable Signalgeneratoren für Frequenzen bis 6 GHz

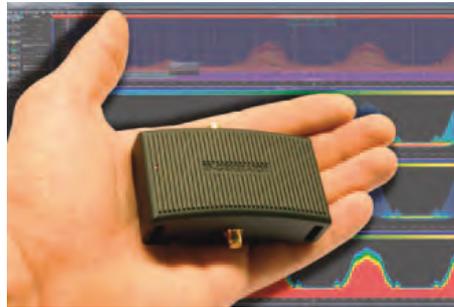
Aaronia präsentiert eine neue Serie von kompakten und leistungsstarken Signalgeneratoren. Die extrem kompakte Bauweise der BPSG-Serie bietet eine in ihrer Preiskategorie unübertroffene Mischung aus Leistung, Funktionalität und Design. Der für die Bauform extrem hohe Ausgangspegel von bis zu 18 dBm sowie der Dynamikbereich von bis zu 65 dB gehören zu den Stärken der neuen Generatoren. Die USB-gesteuerten Generatoren sind erhältlich in verschiedenen Varianten:

BPSG 6 (23,5 MHz - 6 GHz)

- bis zu 18 dBm Ausgangspegel
- kleinster Ausgangspegel -45 dBm
- bis zu 63 dB Dynamikbereich (55 dB innerhalb +/-1 dB)
- 1 Hz Phase Noise -98 dBc (1 kHz bei 500 MHz)

BPSG 4 (35 MHz - 4,4 GHz)

- bis zu 17 dBm Ausgangspegel



- kleinster Ausgangspegel 48 dBm
- bis zu 65 dB Dynamikbereich (55 dB innerhalb +/-1 dB)
- 1 Hz Phase Noise -98 dBc (1 kHz bei 500 MHz)

Highlights:

- Onboard TCXO für hohe Frequenzgenauigkeit
- Anschlussmöglichkeit an externen Referenztakt zur System Synchronisation via SMA Anschluss

- Onboard CPI und Speicher für intelligente Selbstlaufprofile
- Standalone-Betrieb (ohne PC/USB-Verbindung)

Der Generator kann mit einfachen oder komplexen Batch-Programmen, welche automatisch nach dem Einschalten starten, programmiert werden (z.B. Erzeugen einer festen Frequenz und Pegel oder Starten eines spezifischen Sweep etc.) und ist als „Mini-HF-Frequenzgenerator“ nutzbar sowie als Leistungspegel-Kalibriertool. Dank der internen TCXO-Zeitbasis verfügt der Generator über eine stabile Frequenzerzeugung. Der Generator ist extrem kompakt (80 x 50 x 30 mm) und leicht (150 g). Die PC-Steuersoftware ist inklusive. Er wird in Deutschland hergestellt. Dies garantiert höchste Qualitätsstandards, durch die Aaronia jedem Kunden volle zehn Jahre Garantie gewähren kann.

■ Aaronia AG
 mail@aaronia.de
 www.aaronia.de

ELECTRADE
 ELEKTRONIK-VERTRIEB
 UND CONSULTING

Hochstrom π -Filter

bis 400A - neuartige Technologie!

ELECTRADE präsentiert ganz neu entwickelte Hochstrom π -Filter von NexTek:

Die innovativen Serien HCP und HCS vertragen Ströme bis 400A. Die Dämpfung beträgt weit über 100 dB bei 1 MHz. Die Serie HCS verfügt zusätzlich über einen Transientenschutz. Mit ihrer extrem kompakten Bauweise sind die Filter perfekt für mobile Anwendungen geeignet.

NEU!



10-Bit-High-Definition-Oszilloskope

Teledyne LeCroy kündigte seine neue High-Definition-Oszilloskop-Modellreihe HDO9000 mit HD1024-Technologie an, die am A/D-Wandler erstmals dynamisch die vertikale Skala bei allen Messvorgängen optimiert und so eine 10-Bit-Wandlerauflösung liefert.



Signale, die mit High-Definition-Oszilloskopen erfasst wurden, sind detailgetreuer und klarer. Es können deutlich mehr Details erkannt und präzise vermessen werden. Messungen sind erheblich genauer, Testergebnisse sind präziser, und die Debug-Zeit wird verkürzt.

Die Kombination des neuen MAUI-OneTouch-Bedienkonzepts mit einem 15,4-Zoll-Touchscreen bringen die Effizienz des Arbeitens am Oszilloskop und die Bedienungsfreundlichkeit auf ein ganz neues Niveau. Die Ergänzung der HD1024 Technologie zur umfangreichen Ausstattung mit Werkzeugen zur Signalanalyse ermöglicht dem HDO9000, schnell und zuverlässig auch schwierig zu findende Signalanomalien aufzuspüren.

Die HDO9000 bieten 10-Bit Auflösung durchgehend bei allen Bandbreiten von 1 bis 4 GHz und Abtastraten von bis zu 40 GS/s für eine effiziente und genaue Fehlersuche in maximaler Auflösung. Ein leistungsfähiger i5-Prozessor und eine sehr schnelle interne Datenverarbeitung sorgen für eine optimale Reaktionszeit und die Durchführung auch komplexer Signalanalysen in kürzester Zeit.

Teledyne LeCroy
teledynelecroy.com

Mithilfe der 8-Kanal-Synchronisations-Option lassen sich zwei

HDO9000 Modelle als echte 8-Kanal-Lösung einsetzen.

HD1024-High-Definition-Technologie

Wesentlicher Bestandteil des HDO9000 ist die HD1024-Technologie, die eine Auflösung von 10-Bit bis zu 4 GHz und 40 GS/s liefert. Signale werden extrem genau und detailliert dargestellt und machen auch kleinste Signaldetails sichtbar, die mit traditionellen 8-Bit-Oszilloskopen nicht erkennbar sind. Die HD1024-Technologie lässt die HDO9000-Oszilloskope automatisch und dynamisch die optimale A/D-Wandler-Konfiguration wählen, die unter den gegebenen Messbedingungen ein perfektes Messergebnis liefert. Das Oszilloskop nutzt jederzeit die optimale Auflösung.

Durch Einsatz von optimierenden Filtern kann das HDO9000 eine noch höhere Auflösung von bis zu 13,8 Bit verwenden. Wie alle Mitglieder der HDO Familien setzt auch das HDO9000 eine Systemarchitektur mit extrem geringem Rauschen und hervorragenden ENOB-Werten bis zu 7,9 Bit ein.

Hohe Benutzerfreundlichkeit

Die HDO9000-Oszilloskope mit MAUI OneTouch erlauben

es am Anwender, alle gängigen Bedienvorgänge mit nur einem Tippen auf dem Display durchzuführen, was das Arbeiten am Gerät deutlich erleichtert und beschleunigt. Die intuitive Bedienung reduziert die Einrichtung für Messungen erheblich. Durch das hochauflösende 15,4-Zoll-Touchscreen-Display mit schneller Reaktionsfähigkeit wird das Arbeiten mit MAUI OneTouch optimiert.

MAUI mit OneTouch revolutioniert die Benutzung eines modernen Oszilloskops. Die Einstellung des Gerätes wird durch innovative Drag&Drop-Aktionen durchgeführt, und auch mathematische Funktionen und Parametermessungen werden mit nur einem Finger aufgesetzt.

Über das „Hinzufügen“-Feld können neue Kanäle geöffnet und mathematische- und Parametermessungen ergänzt werden. Schließen lassen sie sich durch ein einfaches Ziehen nach unten. Anwender, die eine klassische Bedienung eines Oszilloskops bevorzugen, können natürlich auch weiterhin mit den bekannten Dreh und Druckknöpfen bedienen.

Debug mit High-Definition

Zusätzlich zur umfangreichen Serienausstattung an Analyse-

tools bietet Teledyne LeCroy ein breites Angebot an optionalen Software Paketen für das HDO9000 an, um allen Anforderungen bei der Überprüfung und Debug nachzukommen. Sei es für automatisierte Compliance Tests für Standards oder flexible Toolkits zur individuellen Fehlersuche.

Mess- und Augendiagrammpakete

Verschiedene protokollspezifische Mess- und Augendiagrammpakete vervollständigen das leistungsfähigste und intuitivste Angebot an Trigger- und

Decodier-Lösungen. Die Messfunktionen für serielle Daten ergänzen das umfangreiche Angebot an Werkzeugen zur Signalanalyse des HDO9000 für Mathematik, Messungen, Debug und Ergebnisdokumentation. Dem werden Anwender unübertroffene Analysemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, seit jeher eine Spezialität der Oszilloskope von Teledyne LeCroy. Weitere anwendungsspezifische Pakete stehen dem Anwender für alle gängigen Szenarien bei Design und Überprüfung zur Verfügung.

Dazu gehören digitale Filter, Spektrumanalyse, Leistungs-

Analyse, Jitter etc. Die Advanced-Customization-Option ermöglicht die Erstellung und Integration von benutzerdefinierten Parametern und Mathematikfunktionen aus C/C++, MATLAB, Excel, JScript oder Visual Basic in die interne Signalanalyse des Oszilloskops und damit unbegrenzte Analyseigenschaften direkt im Gerät.

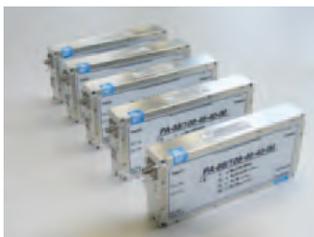
Die Mixed-Signal-Modelle

verfügen über 16 interne digitale Eingänge, die für Trigger, Decodierung und für Messungen zur Analyse von Timing-

Unregelmäßigkeiten oder für die Fehlersuche an digitalen Designs genutzt werden. Darüber hinaus ist der HDO9000 kompatibel zum HDA125-High-speed-Digital-Analyzer mit 12,5 GS/s Abtastrate auf digitalen 18 Eingängen und revolutionärer QuickLink-Verbindung für leistungsfähige digitale Erfassungen.

Die Teledyne-LeCroy-Mixed-Signal-Optionen sind unabhängig von den analogen Eingängen und erlauben es, diese ausschließlich für Erfassungen auf der physikalischen Ebene zu nutzen. ◀

Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik - von „DC“ bis über 100 GHz



Das Ingenieurbüro Dirk Fischer Elektronik (DFE) wurde vor über 20 Jahren von Dr.-Ing. Dirk Fischer als Dienstleistungsunternehmen im Elektronikbereich gegründet.

Inzwischen entwickelt und fertigt DFE sowohl einzelne Module als auch komplette Systeme für zahlreiche kundenspezifische Anwendungen, vor allem im HF-Bereich. DFE kann dabei auf viele hundert Designs zurückblicken, die in kürzester Zeit auf aktuelle Spezifikationen angepasst werden können. Der Frequenzbereich reicht dabei von DC (z.B. Verstärker DC - 10 MHz für spezielle EMV-Anwendungen) bis zu 122 GHz. Mit diesem Hintergrund ist ein Großteil der Aufträge überraschend schnell und kostengünstig zu realisieren.

Für die drahtlose Nachrichtentechnik werden beispielsweise LNAs, Leistungsverstärker, Filter, Oszillatoren und Frequenzumsetzer angeboten.

Ein besonderer Schwerpunkt sind Leistungsverstärker mit Leistungen von 1 Watt bis zu 10kW (CW) bzw. 50kW (Puls/10% Duty). Außerdem sind ca. 40 verschiedene Breitbandverstärker lieferbar - von 1 Watt bis zu 500 Watt und von 100 kHz bis 18 GHz. Technologisch wird neben GaAs und LDMOS seit einiger Zeit GaN erfolgreich eingesetzt.

DFE verfügt außerdem über ein umfangreiches Filterprogramm im Frequenzbereich bis 26,5 GHz. Nach Kundenspezifikationen werden Hoch- und Tiefpässe, sowie Bandpässe und Bandsperrungen geliefert. Neu im Angebot sind besonders dämpfungsarme Filter der Low-Loss-Serie. Beispielsweise können Tiefpassfilter (7- oder 9-polig) mit einer Grenzfrequenz von 220 MHz mit einer Dämpfung im Nutzfrequenzbereich von unter 0,1 dB geliefert werden. Diese Filter verfügen zudem über eine hohe Belastbarkeit, je nach Ausführung

bis zu 10 kW (70 dBm). Ein weiteres Betätigungsfeld sind Antennen, die „besten HF-Verstärker“ und für drahtlose Übertragungen unverzichtbar. Hier bietet DFE sowohl Entwicklungsdienstleistung als auch den Bau von Prototypen, sowie die Fertigung kleiner und mittlerer Stückzahlen an.

Der Frequenzbereich von Kurzwellen (z.B. 20-80 MHz) bis weit in den mm-Wellen-Bereich (122 GHz) wird abgedeckt. Zur messtechnischen Untersuchung der Antennen in möglichst reflektionsarmer Umgebung steht ein externes Antennengelände zur Verfügung.

Die Aufträge kommen von KMUs und großen Konzernen, von Lehrstühlen, Instituten und Großforschungseinrichtungen sowie anderen Dienststellen der öffentlichen Hand. Die DFE-Produkte finden Ihre Anwendung in der drahtlosen Nachrichtentechnik, der EMV-Technik, der Sensortechnik sowie zahl-

reichen weiteren Einsatzgebieten wie der „Pulstechnologie“.

Wenn der Schuh drückt, geht es auch mal ganz besonders schnell. So wurde zur Rettung der ISEE-3 Sonde ein spezieller Verstärker für den 2 GHz-Bereich mit einer Verstärkung von über 60 dB und einer Leistung von über 500 Watt gefertigt - in weniger als drei Wochen!

Inzwischen werden auch Entwicklungsdienstleistungen im Bereich Programmierung angeboten. Die Spanne reicht von einigen Zeilen C-Code für kleine 8-Bit-µPs über die Programmierung von ARM-Controllern bis hin zu komplexen VHDL-Code für FPGAs.

Besonders hervorzuheben ist der direkte Kontakt zwischen Kunde und DFE. Aufgrund des Direktvertriebs sowie der Entwicklung und Fertigung in Deutschland ist eine schnelle Kommunikation und Lieferung gewährleistet.



Dirk Fischer Elektronik (DFE) • Dr.-Ing. Dirk Fischer
Stormstrasse 23 • 48565 Steinfurt • Tel.: 02555/997074
dk2fd@t-online.de • www.dfe-online.de

Neue 4-Kanal-Hochleistungs-Oszilloskopfamilie

Rigol Technologies stellt 2 neue 4 Kanal High End Oszilloskope mit großem 9" Farb-Bildschirm vor.

Die DS4000E-Digital-Oszilloskop Serie ist ein vielseitiges Hochleistungs-Oszilloskop, das viele der heutigen modernsten Technologien und Prozesse integriert. Mit Bandbreiten von 100 MHz und 200 MHz, Abtastraten von bis zu 2GS/s pro Kanal bei 4 analogen Kanälen ist die Serie DS4000E ideal geeignet für Anwendungen in einer Vielzahl von Bereichen einschließlich Forschung und Entwicklung, Hochschule und Ausbildung, Produktion und Entwicklung, in den Märkten Kommunikation, Luft- und Raumfahrt, Industrie-elektronik, uvm.

Alle Geräte verfügen über einen sehr großen 9" Farb-Bildschirm zur besseren und übersichtlichen Signaldarstellung sowie der optimalen Darstellungen von Zusatzinformationen wie z.B. Cursorpositionen und deren Koordinaten, mathematischer Parameter usw.

Zur Erfassung und Verarbeitung von Messdaten steht beispielsweise für große Datensätze eine Speichertiefe von 14 Mio. Punkten pro Kanal bereit. Mit einer "Waveform Capture Rate" von



60.000 waveforms/sec kann der Anwender schnelle Signalfolgen erfassen und darstellen und auswerten (Decoding).

Die kleinste vertikale Skalierung beträgt 1 mV/Div bei einer Auflösung von 8 bit. Ein Dual YX-Mode sowie vielfältige Triggermöglichkeiten wie Edge, Pulse, Video, Slope, Pattern, als auch RS232/UART, I2C, SPI, USB, CAN, LIN, FlexRay; ein Bus-Decoding für RS232/UART, I2C, SPI, CAN, LIN und Flex-Ray sind optional erhältlich. Hot-Key's zur schnellen und einfachen Bedienung gehören ebenso zum Standard wie die Masken-Eingabe für schnelle PASS/FAIL Entscheidungen.

Die bekannten 3 Jahre Rigol-Garantie erleichtern jedem Anwender den Umstieg von einem anderen Anbieter, ohne

dabei ein Risiko einzugehen. Fragen Sie nach der Möglichkeit eines 4-wöchigen Testkaufs.

Wie immer hat Rigol hier nicht zu viel versprochen, sondern bietet diese Geräte zu einem außergewöhnlichen Preis-/Leistungsverhältnis an. Die Preisspanne beginnt bei 1.695,00 Euro. Ein umfangreiches Zubehör-Programm von aktiven und passiven Tastköpfen, Hochspannungstastköpfen und 19 Zoll Einbaurahmen, Softwaretreiber für bekannte Pakete und Hochsprachen, sowie UltraScope Bediensoftware (kostenlos) stehen ebenfalls zur Verfügung.

electronica
Halle A1, Stand 224

■ Rigol Technologies Europe GmbH
www.rigol.eu

Hohe Reflexionsunterdrückung durch Noppenabsorber



Der Noppenabsorber RC-11134 ist so konzipiert, dass eine möglichst hohe Reflexionsunterdrückung bei gleichzeitig geringer Bauhöhe auch bei „tiefen“ Frequenzen erreicht wird. Die offenporige Oberflächenstruktur des Absorbers führt zu einer diffusen Rückstreuung und damit zu einem besseren Absorptionsverhalten durch phasenversetzte Auslöschungen. Die einfallenden Wellen werden durch diese offenen Zellen mit relativ wenig Oberflächenreflexion direkt in das Innere des Absorbers abgeleitet. Dort erfolgt die eigentliche Absorption durch Kohlenstoffpartikel.

Die Vorteile dieses Produktes sind eine hohe Dämpfung, homogene Dämpfungswerte auch bei unterschiedlichen Einfallswinkeln und ein gutes Preis/Leistungs-Verhältnis. Der Absorber ist sehr universell über einen weiten Frequenzbereich ab etwa 700 MHz bis >90 GHz für eine Vielzahl von Anwendungen nutzbar. Beispiele hierfür sind die Auskleidung von Messkammern, Messhallen, mobile Absorberstellwände und Radaranwendungen im Bereich von 80 GHz.

Hohe Dämpfung

Die Vorteile dieses Produktes sind eine hohe Dämpfung, homogene Dämpfungswerte auch bei unterschiedlichen Einfallswinkeln und ein gutes Preis/Leistungs-Verhältnis. Der Absorber ist sehr universell über einen weiten Frequenzbereich ab etwa 700 MHz bis >90 GHz für eine Vielzahl von Anwendungen nutzbar. Beispiele hierfür sind die Auskleidung von Messkammern, Messhallen, mobile Absorberstellwände und Radaranwendungen im Bereich von 80 GHz.

■ Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info

Störungen einfach aufspüren

Der IDA 2 (Interference and Direction Analyzer) von Telemeter Electronic bringt alles mit, was von einem ultimativen Handpeiler erwartet wird. Echte Empfänger- und Receiver-Qualitäten sowie die direkte Signalanalyse vor Ort machen ihn zum universellen Instrument für ein zuverlässiges und schnelles Erkennen, Analysieren, Charakterisieren und Lokalisieren von Signalen. Der IDA 2 vereint Frequenzscanner/Empfänger, Transmitter-Detektor, Spektrumanalysator, Signalanalysator und Triangulationssoftware in einem mobilen Gerät.

greenwave Electronics

Ihr Spezialist für Antennen und Funkmodule.



Besuchen Sie unseren neuen Online-Shop:
www.greenwave-electronics.com



Das umfangreiche Zubehörsortiment bietet zudem Richtantennen mit eingebautem, zuschaltbarem Vorverstärker und elektronischem Kompass. Durch die verschiedenen Antennen besteht die Möglichkeit, im Bereich von 9 kHz bis zu 6 GHz „Störer“ aufzuspüren.

Durch das Gewicht von weniger als 3 kg ist der IDA 2 überall für Messungen vor Ort einsetzbar. Das IDA 2 gibt es immer als Set,

komplett fertig für den Einsatz, individualisierbar für die gewünschten Anwendungen. Alle Komponenten kommen aus einer Hand, das heißt, sie sind optimal aufeinander abgestimmt und erkennen sich gegenseitig. Der schnelle Einsatz vor Ort und das problemlose Kombinieren ist dadurch möglich. Die Betriebsarten Scope und I/Q Analyzer sowie die Mapping-Funktion sind optional.

■ Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info

Zuverlässige Messung von HF-Signalen

Die neuen NRA-RX Analysatoren sind speziell für den RF-Monitoring-Markt entwickelt worden. Für alle, für die eine zuverlässige Messung, Analyse und Überwachung von HF-Signalen unverzichtbar ist, sind die neuen NRA-RX Spektrumanalysatoren optimal. Die Fernsteuerung und der Datenaustausch erfolgen via Ethernet. Dadurch lassen sich die NRA-Analysatoren von jedem beliebigen Ort aus ansteuern. Außerdem stehen Treiber für zahlreiche Control- und Monitoring-Systeme von namhaften Herstellern zur Verfügung.



Die Geräte der NRA-Series sind Multitalente mit vielen Optionen. Alle NRA-Geräte sind in der Lage, auch sehr schwache Signale zu detektieren. Als optionale Funktionen können darüber hinaus gewählt werden: Multi-Channel Power, Level Meter oder auch Scope mit IQ-Datenerfassung und Streaming.

■ Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS

Technische Beratung und Distribution
HF-Komponenten und Testsysteme

STEATITE
Q-PAR ANTENNAS



Steatite Q-Par Antennas | UK

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

AnaPico
of Switzerland



AnaPico | CH

- HF- & Mikrowellen-Signalgeneratoren
- Phase Noise Testsysteme
- HF Signalanalyzer
- Synthesizer-Module

microwave amps



Microwave Amplifiers Ltd. | UK

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

MECA



MECA Electronics Inc. | USA

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

Signal Solutions and Components



Wir stellen aus:

electronica 2016 Halle: A1
inside tomorrow Stand: 346

Höchste Genauigkeit und Präzision für Automotive Messungen mit dem TDEMI X

Messungen im Bereich Automotive stellen besonders hohe Anforderungen an EMV-Messempfänger. Darüber hinaus sollen derartige Messungen, welche aus wirtschaftlichen Gründen mit großer Geschwindigkeit erfolgen, reproduzierbar sein.

Werden Messungen nach CISPR 25 oder nach internen EMV-Normen der OEMs durchgeführt, so sind zusätzlich umfangreiche Dokumentations- und Reporting-Funktionen erforderlich.

Für derartige Messungen wurden bisher meist Superheterodynempfänger eingesetzt. Ein wesentliches Problem, welches sich bei der Anwendung von Superheterodynempfängern ergibt, ist der Begrenzung der Dynamik durch den Eingangsmischer. Sehr gute Messempfänger, basierend auf dem Superheterodynprinzip, erreichen einen 1-dB-Kompressionspunkt von ca. 13 dBm. Wird zusätzlich noch ein 20-dB-Vorverstärker im Messempfänger aktiviert, um eine bessere Empfindlichkeit zu erzielen, so liegt der tatsächliche 1-dB-Kompressionspunkt bei nur noch -7 dBm.

Diese Einschränkung, welche sich aus dem nicht mehr zeitgemäßen Bauteil des Mixers bzw. aus dessen charakteristischen Eigenschaften ergibt, versucht man durch eine Vorselektion zu verringern. Dabei ist es möglich



Bild 1: EMV-Zeitbereichsmesssystem TDEMI eXtreme

mit einer sehr schmalbandigen Vorselektion die Dynamik zu verbessern, indem man dem Mischer nur einen Teil des Störpektrums am Eingang zuführt und damit die Gesamtleistung unterhalb des 1-dB-Kompressionspunktes hält.

Mit der Einführung des „FFT basierenden Messinstruments“ seit 2010 in der CISPR 16-1-1 Ed. 3.1 [1] wurde klar definiert, welche Anforderungen an dieses Messinstrument gestellt werden. Im Wesentlichen gelten für dieses Messgerät die gleichen Anforderungen wie an einen konventionellen, schmalbandigen Heterodyn-Messempfänger.

Der Vorteil der parallelen Messung an allen Frequenzpunkten wird zudem in der Norm erläutert. Je nach verfügbarer Echtzeitbandbreite können die Messungen bis zu einem Faktor 64000 beschleunigt werden. In der Norm CISPR 16-3 werden dazu auch zwei technische Realisierungen beschrieben, welche angewandt werden können.

Ein genanntes Verfahren ist die moderne Basisbandtechnologie. Hier wird das Eingangssignal direkt, d.h. ohne die Verwendung eines Mixers, digitalisiert. Diese Anordnung wurde bereits 2005 veröffentlicht [2,3]. Ein solches System von Analog-Digital-Wandlern kann die erforderliche Dynamik gut erreichen. Die Dynamikreserve kann selbstverständlich weiter verbessert werden, indem man sich zusätz-

lich einer Vorselektion bedient. Darüber hinaus wird für den höheren Frequenzbereich der Einsatz eines Mixers vorgeschlagen.

Durch den Einsatz der leistungsfähigsten, am Markt verfügbaren Bauteile, konnte bereits 2007 eine Echtzeitbandbreite von 162,5 MHz realisiert werden. In 2013 wurde die Echtzeitbandbreite dann auf 325 MHz weiter erhöht. Durch die nun wiederum erfolgte Weiterentwicklung der Analog-Digital-Wandler Technik sowie der FPGA Technologie, besteht jetzt die Möglichkeit, ein Spektrum simultan mit Quasi-peak und CISPR-Average Detektoren gemäß der Norm CISPR 16-1-1 über einen Bandbereich von nunmehr 645 MHz in Echtzeit zu messen. Dabei werden alle Frequenzpunkte gleichzeitig gemessen und zur Anzeige

gebracht. Von entscheidender Bedeutung ist hierbei, dass der Echtzeitmodus an jedem Frequenzpunkt die Norm CISPR 16-1-1 2007 bis zur heutigen Version vollständig einhält. Bei der Anzeige der Punkte werden alle Anforderungen der Norm CISPR 16-1-1 Ed. 3.1 vollständig erfüllt, insbesondere die geforderte lückenlose Auswertung. Damit kann flexibel nach allen Produkt- und Herstellernormen, welche auf die alte oder auf die neue Version des Standard CISPR 16-1-1 verweisen, eine voll normkonforme (engl. full compliance) Messung mit direkter Maximierung durchgeführt werden. Zusätzlich ermöglicht der Einsatz einer 645-MHz-Echtzeitbandbreite einmalige Analysemöglichkeiten auch schon während der Produktentwicklung [4].

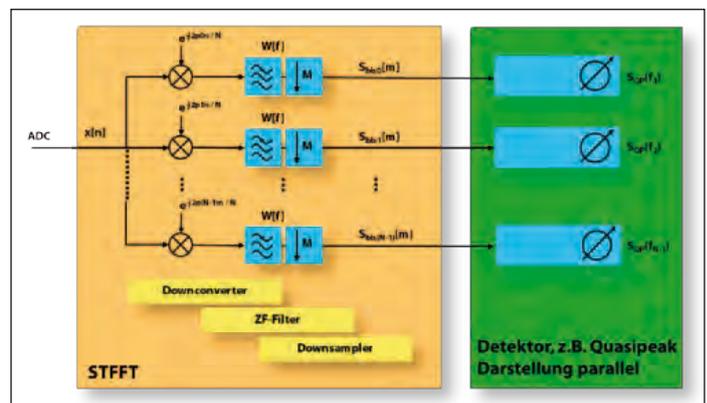


Bild 2: Mehrkanalmessempfänger - Umsetzer, Filterbank, Dezimator und Detektor

Autoren:
Stephan Braun, Arnd Frech
GAUSS INSTRUMENTS,
München
www.gauss-instruments.com

Frequenzbereich	Band	Scanzeit klassisch ca.	Scanzeit TDEMI X ca.
9 kHz - 150 kHz	A	24 Minuten	1s
150 kHz - 30 MHz	B	1:40 Stunden	1s
30 MHz - 300 MHz	C	1:30 Stunden	1s
30 MHz - 1 GHz	C/D	5:25 Stunden	3s

Tabelle 1: Typische Scanzeiten Superhetempfänger im Vergleich zu TDEMI X mit Quasipeak und CISPR AVG parallel

Frequenzbereich	Band	Scanzeit klassisch ca.	Scanzeit TDEMI X ca.
9 kHz - 150 kHz	A	3 Minuten	100ms
150 kHz - 30 MHz	B	10 Minuten	100ms
30 MHz - 300 MHz	C	10 Minuten	100ms
30 MHz - 645 MHz	C/D	20 Minuten	100ms
30 MHz - 1 GHz	C/D	35 Minuten	250ms

Tabelle 2: Typische Scanzeiten Superhetempfänger im Vergleich zu TDEMI X mit Spitzenwert und Mittelwertdetektor

Funktionsweise des TDEMI X

Im Basisband wird das Eingangssignal mittels einer hochlinearen Analog-Digital-Wandler-Einheit zur Messung im Frequenzbereich DC - 1 GHz abgetastet und digitalisiert. Dabei kommt zusätzlich eine Vorselektion mit hochlinearen Vorverstärkern zum Einsatz. Für Messungen oberhalb des Basisbands bis 1 GHz wird eine breitbandige Frequenzumsetzung mit integrierter Vorselektion verwendet. Die spektrale Darstellung erfolgt einerseits digital superheterodyn oder mittels Kurzzeit-FFT. Ein vereinfachtes Blockschaltbild eines TDEMI X ist in Bild 1

dargestellt. Für Messungen der gestrahlten Emission verwendet man hierzu typischerweise breitbandige logarithmisch-periodische Antennen. Alternativ können Messungen mittels Absorberzangen, Nahfeldsonden und Netznachbildungen durchgeführt werden. Zur Untersuchung der Einkopplung an Antennen in einem Kraftfahrzeug kann das TDEMI X direkt angeschlossen werden. Durch das mehrstufige Analog-Digital-Wandler-System erfolgt die Digitalisierung in Gleitkommazahlarithmetik. Hierzu werden, nach neuestem Stand der Technik, mehrere kombinierte 12-Bit Analog-Digital-Wandler eingesetzt.

Damit kann man einen äquivalenten Dynamikbereich von ca. 22 Bit realisieren, womit es einerseits möglich ist, eine hohe Sensitivität von ca. 25 dBµV (CISPR Band B) zu erreichen und andererseits gleichzeitig Pulse von mehreren Volt vollständig zu erfassen. Mittels leistungsfähiger FPGAs mit einer Rechenleistung, welche ca. 200 handelsüblichen PCs entspricht, erfolgt die Auswertung in einer Bandbreite von 645 MHz lückenlos in Echtzeit. Heute können bis zu 64000 Frequenzpunkte gleichzeitig gemessen werden. Zudem wurde die Dynamik nochmals um ca. 25 dB und der Frequenzbereich bis 40 GHz erweitert.

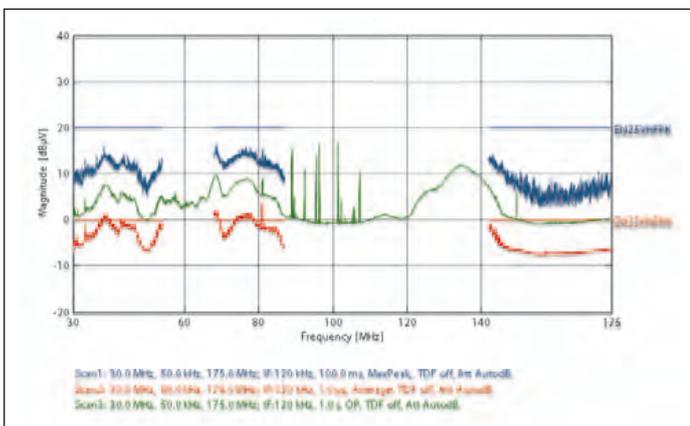


Bild 3: Typische Emissionsmessung nach Automotive Standard mit Grenzwerten in Segmenten

645 MHz Echtzeitbandbreite

Die Realisierung der 645 MHz Echtzeitbandbreite mit Quasipeak- und CISPR-Average-Bewertung gemäß CISPR 16-1-1 verlangt aber nicht nur eine sehr hohe Rechenleistung der FPGAs, sondern zusätzlich eine entsprechende Dynamik. Weiterhin muss der Aussteuerbereich höchst linear sein. Beim TDEMI X liegt der 1-dB-Kompressionspunkt durch die verwendete Basisbandtechnologie ca. 20 dB höher, verglichen mit den besten Superheterodynempfängern.

Dieser Vorteil ermöglicht es, 645 MHz Echtzeitbandbreite zur Verfügung zu stellen, während bei Superheterodynempfängern mit Time-domain-scan derzeit für Full-Compliance-Messungen die Echtzeitbandbreite bei ca. 30 MHz liegt, obwohl diese eine Echtzeitbandbreite von 80 MHz aufweisen. Diese hohe Dynamik ermöglicht es, neben dem schon beschriebenen Geschwindigkeitsvorteil, Messungen im Automotive Bereich mit höchster Präzision und Dynamik durchzuführen.

Mehrkanalempfänger

Die CISPR 16-1-1 fordert bei der finalen Maximierung Beobachtungszeiten von mehr als 15 s. In der Vergangenheit wurde die Maximierung sequentiell an mehreren Frequenzpunkten durchgeführt. Zuvor mussten kritische Frequenzen z. B. durch

Ein rundes Programm

- AT Schnitt Quarze
- Uhrenquarze
- TCXO/VCTCXO
- SAW Filter
- Clock Oszillatoren
- Quarzfilter

www.telcona.de
info@telcona.de



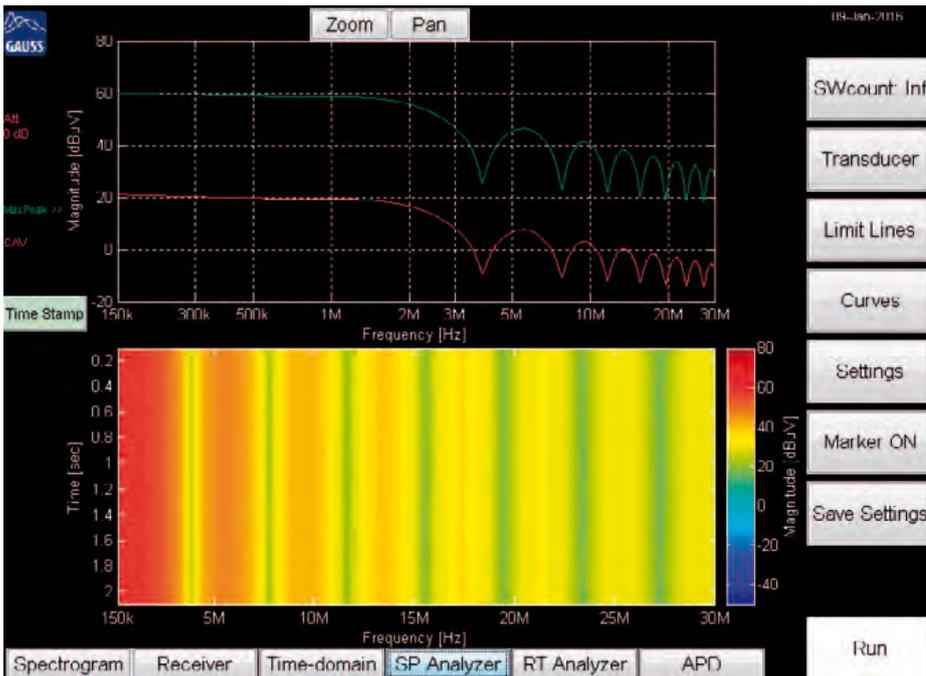


Bild 4: Breitbandimpuls und hohe Linearität (150 kHz – 30 MHz)

eine Vormessung (sog. Pre-scan) identifiziert werden.

Durch die Kombination von Kurzzeit-FFT (STFFT) und digitalem Superhetmodus können nun gleichzeitig über ein ganzes Band von 645 MHz an allen Frequenzpunkten die Messungen mit Quasipeak und CISPR AVG durchgeführt werden. Technisch wird dies durch eine hochgradige Parallelisierung erreicht. Die Kurzzeit-FFT ist hierbei ein mathematischer Baustein, der es ermöglicht, doppelte Berechnungen auf effiziente Weise einzusparen und Symmetrieeigenschaften auszunutzen. Die Detektoren müssen an allen Frequenzpunkten vollständig parallel realisiert werden. Ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Kombination von Kurzzeit-FFT und Mehrkanalempfänger ist in Bild 2 dargestellt. Das TDEMI X enthält mehrere solche Funktionsblöcke zusammen mit der Superhetarchitektur.

Emissionsmessungen

Das TDEMI X ist sowohl im Empfängermodus als auch im Spektrogrammmodus voll normkonform und kann daher in beiden Betriebsarten für Full-Compliance-Messungen eingesetzt werden. Der Spektrogrammmodus vereint die Vorteile des Single-Frequency-Modus eines klassischen Messempfängers mit der Möglichkeit, die Messung an allen Frequenzpunkten über einen Bandbereich von 645 MHz vorzunehmen. Die Timing Analyse kann während oder nach der Messung an einem oder mehreren Frequenzpunkten durchgeführt werden. Selbstverständlich lassen sich alle

Betriebsarten fernsteuern, um z.B. Abnahmemessungen zu automatisieren und die Daten zu exportieren.

Scanzeiten

Üblicherweise werden Emissionsmessungen nach zivilen Normen mit dem Quasispitzenwert-Detektor durchgeführt. Typische Scanzeiten für die Emissionsmessungen mit dem Quasi-Spitzenwert-Detektor, unter Verwendung eines Superheterodynempfängers

(klassisch), sind in Tabelle 1 dargestellt und mit dem TDEMI X mit Option 645M-UG (645 MHz Echtzeitbandbreite) verglichen:

In Tabelle 2 sind die Messzeiten für typische Messungen mit dem Spitzenwertdetektor und Mittelwertdetektor unter der Verwendung einer Dwell time von 100 ms angegeben.

Messungen nach CISPR 25

Messungen nach CISPR 25 verlangen die Messung in einzelnen Bändern, in denen Funkdienste, z.B. FM Radio nicht gestört werden dürfen. Zwischen diesen Bändern ist meistens kein Grenzwert definiert. Lediglich durch Gesamtstrahlungsmessung der CISPR 12 werden diese Bereiche spezifiziert. Daraus ergibt sich die Anforderung an eine hohe Dynamik des Messempfängers. Beim TDEMI X ist es direkt möglich diese Grenzwertlinien zu spezifizieren, den gesamten Bereich zu messen und einen Report zu erhalten. Ein Beispiel zeigt Bild 3.

Das TDEMI X mit 645 MHz Echtzeitbandbreite erreicht eine sehr hohe Dynamik. Diese Dynamik ist von Vorteil, wenn z. B. leitungsgeführte Messungen bis 110 MHz bzw. 200 MHz durchgeführt werden müssen. Gerade im Automotivebereich existieren starke gepulste Störer, welche besonders hohe Anforderungen an die Dynamik des Messempfängers stellen. Beispielhaft ist in Bild 4 die Messungen eines Pulses mit niedriger Pulswiederholrate dargestellt. Der breitbandige Impuls verlangt von einem

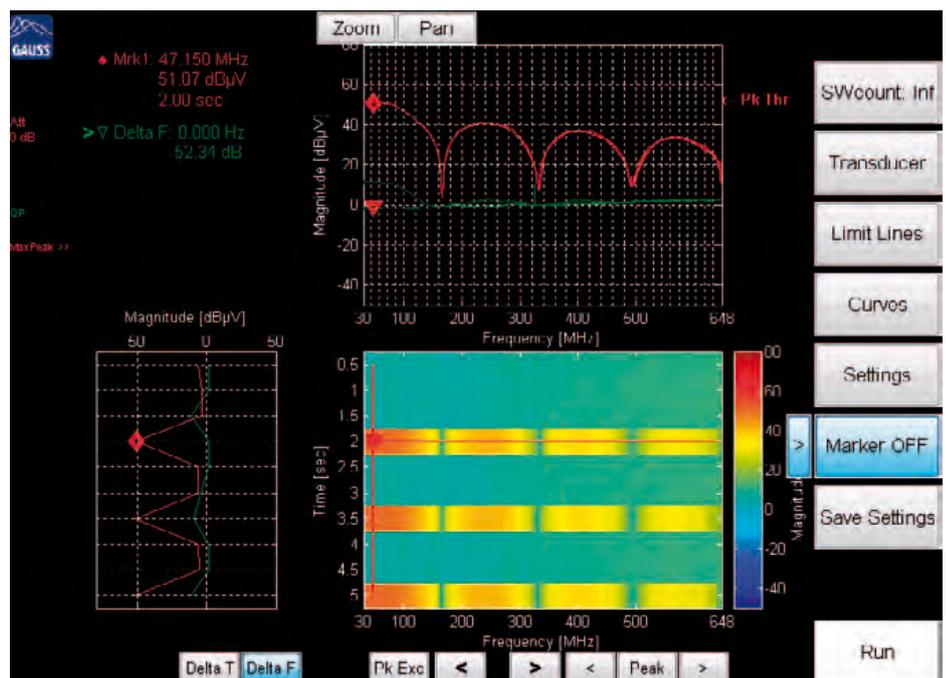


Bild 5: Breitbandimpuls und hohe Linearität (30 MHz – 645 MHz)

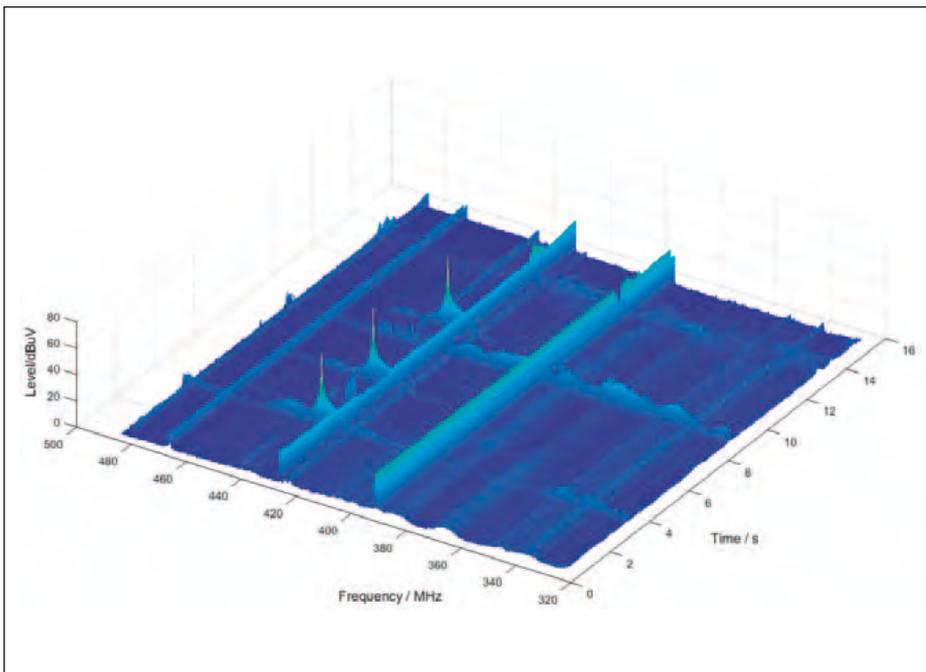


Bild 6: Beispiel für die Vorbeifahrtsmessung eines Elektroautos mit unterschiedlichen Betriebszuständen, aus [5]

Messgerät einen Aussteuerungsbereich der weit über 100 dB Dynamik liegt. Der Puls, der hier mit einer Maximalanzeige von 60 dBµV gewichtet angezeigt wird, hat mehrere Volt Spitze und würde ein System aus Mischer und Vorverstärker benötigen, dessen 1-dB-Kompressionspunkt bei ca. 26 dBm liegt.

Hier kommen die Vorteile der Basisbandtechnologie und der hohen Dynamik des TDEMI X voll zum Tragen. Ein Rechteckimpuls, der im Frequenzbereich ein SI-Spektrum ergibt, wird verzerrungsfrei wiedergegeben. Es sind keinerlei Verzerrungen der einzelnen Spitzen nach unten zu erkennen. Beide Kurven verlaufen absolut parallel.

Bei einer weiteren Messung von Impulsen mit niedriger Pulswiederholrate zeigt sich, dass auch bei der Messung mit dem Spitzenwertdetektor keinerlei Verzerrungen vorliegen und die Nullstellen des Si-Spektrums exakt im Rauschen enden. Auch besteht genügend Dynamik zwischen Quasipeak und Spitzenwert.

Messungen nach CISPR 12

Messungen nach CISPR 12 werden am Gesamtfahrzeug durchgeführt. Dabei liegen die Grenzwerte zwar höher, allerdings muss auch hier die Emissionsmessung des Fahrzeugs aus mehreren Richtungen und in mehreren Betriebszuständen durchgeführt werden. Durch den Einsatz einer hohen Echtzeitbandbreite können derartige Messungen signifikant beschleunigt werden. Die Mess-

ungen lassen sich sowohl im Receiver- als auch im Spektrogramm-Modus durchführen.

In Bild 6 ist die Emissionsmessung eines Elektroautos in der Vorbeifahrt dargestellt. Es sind unterschiedliche Betriebszustände zu erkennen.

Wirtschaftliche Aspekte

Durch den Einsatz des TDEMI X mit 645 MHz Echtzeitbandbreite können Messungen im Automotivebereich mit höchster Messgeschwindigkeit und Präzision durchgeführt werden. Das TDEMI X verwendet eine patentierte Technologie, um eine derart hohe Dynamik und Messgeschwindigkeit zu erreichen. Konventionelle Superheterodynempfänger sind, bedingt durch das antiquierte Bauteil Mischer, in ihrer Dynamik begrenzt und können daher derzeit nur 30 MHz Echtzeitbandbreite für CISPR-normkonforme Messungen erreichen. Derartige Geräte können allerdings, im Vergleich zu rein analogen Messempfängern, die Messungen lediglich moderat beschleunigen. Der Benutzer muss hier außerdem durch die Auswahl von Filtern und verschiedenen Vorverstärkern selbst Einstellungen finden, die ein zufriedenstellendes Ergebnis liefern. Bei Superheterodynempfängern mit FFT Modus können Messergebnisse mit erhöhter Echtzeitbandbreite z. B. 80 MHz nur zur Analyse und Vormessung verwendet werden, da die Ergebnisse nicht normkonform nach CISPR 16-1-1 sind.

Literaturhinweise

[1] 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.

2] S. Braun, M. Aidam, P. Russer

Development of a multiresolution time domain EMI measurement system that fulfills CISPR 16-1-1

International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 8-12 Aug. 2005, Chicago. Braun, M. Aidam and P. Russer

[3] S. Braun und A. Frech

Anforderungen der CISPR 16-1-1 an Messempfänger, Spektrumanalysatoren und FFT-basierende Messinstrumente in EMC Europe Guide 2013, Interference Technology - The International Journal of Electromagnetic Compatibility, Dec., 2012, pages 66-73

[4] 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, Mrz. 2016, Seite 44-47.

Link zum Artikel <http://www.beamverlag.de/app/download/24071892/HF-Praxis+3-2016+III.pdf>

[5] 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, Feb 23-25, 2016. Ausgezeichnet mit dem BEST PAPER AWARD 2016.

Es ist deutlich einfacher und wirtschaftlicher hier direkt mit 645 MHz Echtzeitbandbreite, hoher Dynamik und CISPR-konformen Ergebnissen zu arbeiten und dabei die Analyse- und Compliance-Messung in nur einem einzigen Schritt durchzuführen. ◀

Testen mit Mehrtonsignalen in Theorie und Praxis

Mehrton-Tests bieten viel Vorteile. Während die Mehrton-Methode ursprünglich eingeführt wurde, um die Geschwindigkeit der Immunitätstests zu erhöhen, stellte man später fest, dass sie auch die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Messausrüstung verbessert und größere Flexibilität bietet, um das jeweils getestete Gerät (EUT) unter realen Bedingungen zu prüfen, und zudem völlig standardkonform ist.

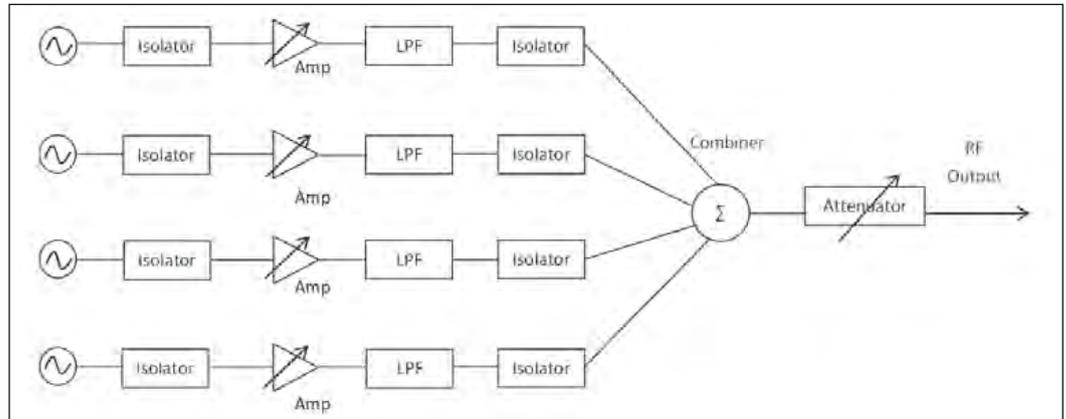


Bild 1: Materialaufwändiger Aufbau eines Mehrtongenerators aus einzelnen Generatoren

Weitere Vorteile sind der wirtschaftlichere Einsatz begrenzter Finanz- und Personalressourcen sowie eine kürzere Time-to-market für neue und erweiterte Produkte.

Was ist ein Mehrtonsignal?

Mehrton-Signale werden aus vielen Sinusschwingungen (Tönen) mit eigener Amplitude, Phase und Frequenz zusammengesetzt. Im Spektralbereich ist die Mehrton- oder HF-Energie an einer eindeutigen Frequenz konzentriert. Im Zeitbereich bilden die vielen Signale oder Töne gemeinsam ein zusammengesetztes Signal.

Wo werden Mehrtonsignale verwendet, und wer setzt sie ein?

Ein Bereich, in dem Mehrtonsignale verwendet werden, ist die moderne Audiomesstechnik zum Testen von professionellen und Consumer Audio-Geräten, Breitbandeinheiten sowie Internet-Audio. Mehrtonsignale können in einem Audiotest mit offener Regelschleife verwendet werden, in dem der Analysator nicht mit dem Generator synchronisiert werden muss. Dies ermöglicht es, ein Audiosignal über eine lange Strecke, wie das Internet oder das Handy, zu prüfen. Standard-Mehrtonsignale verwenden Töne mit gleicher Amplitude

und gleichem Abstand; dies sind jedoch keine realen Testbedingungen. Deshalb müssen vom Anwender speziell geeignete Mehrton-Sets zusammengestellt werden.

Mehrton-Tests sind Bestandteil vieler Prüfvorschriften, die verwendet werden, um den Frequenzgang eines Gerätes und seine Intermodulationsverzerrung zu prüfen. Zwei- und Mehrton-Signale werden in der Kommunikationsindustrie dazu verwendet, nichtlineare Verzerrungen bei Verstärkern, Empfängern, etc. zu untersuchen.

Ein Vektorsignalgenerator, VSG, ist die Primär-Hardware in einem Mehrton-Generatorsystem; er kann in fast jeder HF- und Kommunikationsanwendung, einschließlich der nachfolgend aufgeführten, verwendet werden:

- Messung der Antennenresonanzfrequenz
- Verstärker-Linearität
- Verstärker-Frequenzgang

- Selektivitätsmessung
- Effektiver Empfindlichkeitstest vor Ort
- Erkennung von Kabelfehlern
- Filterabstimmung
- Antennenverhalten bei FM
- Frequenzsprung-Verfahren

VSGs sind ideal geeignet zur Erzeugung komplexer, anwenderdefinierter beliebiger Wellenformen für Mehrton-Signale. Mehrtonprüfung wird normalerweise in jeder terrestrischen oder Satelliten-Kommunikationsanwendung (Sitcom) benötigt.

Wie erzeugt man Mehrton-Signale?

Die traditionelle Methode, Mehrton-Signale zu erzeugen, besteht darin, die Ausgangsfrequenzen mehrerer, unabhängiger CW-Generatoren über einen Combiner zu addieren. Es werden außerdem mehrere Isolatoren zur Entkopplung der einzelnen Ausgänge vorgesehen, um sicher zu

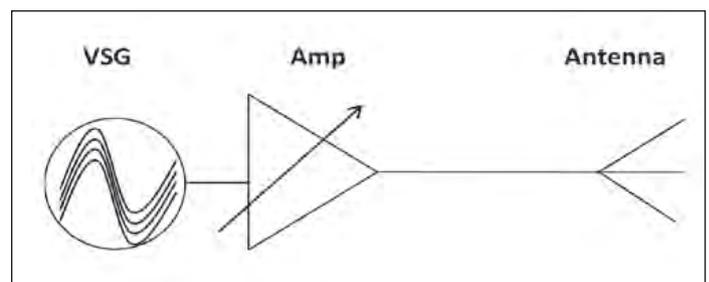


Bild 2: Erzeugung aller Signale mit einem Vektor-Signal-Generator

Unter Verwendung der Application Note #71 "Multi-Tone: Testing, Theory and Practice" rf/microwave Instrumentation www.arworld.us

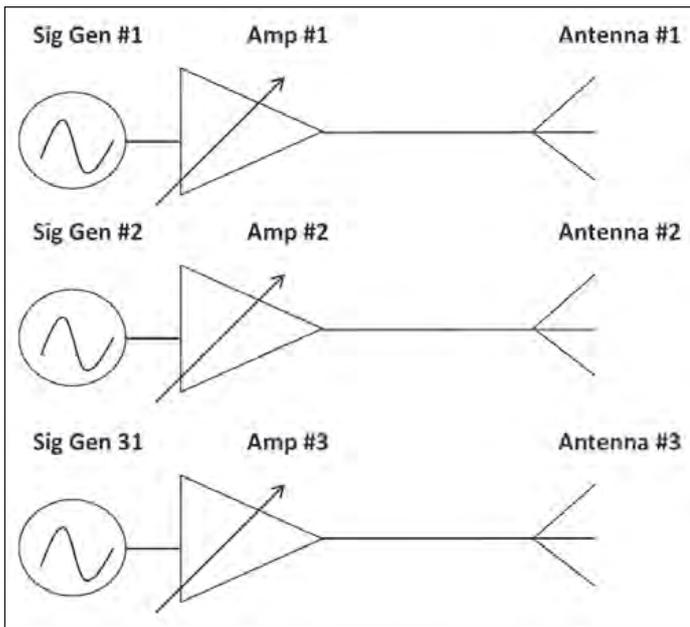


Bild 3: Dritte Variante eines Mehrtonsignal-Generators

gehen, dass die Signalgeneratoren einander nicht beeinflussen, damit die Intermodulationsverzerrung zwischen den Generatoren so gering wie möglich bleibt. Verstärker nach jedem Signalgenerator dienen zur Feineinstellung der Amplitude jedes Tons, ohne dass man am Signalgenerator etwas ändern muss. Diese Methode wird angewendet, um die Signalgenerator-Intermodulation, IMD, konstant zu halten.

Die Combiner sollten dämpfungsarm sein und genügend Entkopplung aufweisen, um die Verzerrungen zu minimieren. Ein Dämpfungsglied am Ausgang dient dazu, den Pegel des gesamten Signalgemischs zu ändern, ohne jeden Signalgenerator einzeln justieren zu müssen. Dadurch bleibt die Signalgenerator-IMD konstant.

Eine andere Methode zur Erzeugung von Mehrtonsignalen besteht darin, alle unabhängigen Signalgeneratoren durch einen einzigen Vektor-Signalgenerator zu ersetzen. Der VSG kann Sets von Mehrton-Signalen mit fester oder zufälliger Anfangsphase erzeugen, liefert genaue, wiederholbare Mehrton-Signale und ist leicht konfigurierbar, da jeder Ton unabhängig festgelegt wird. VSGs sind für die Simulation einer Vielzahl digital

modulierter Signale, einschließlich zellularen, WLAN, Bluetooth, GNSS und militärischen Kommunikationsformaten sehr nützlich.

Eine dritte, allerdings mühsame Methode, um Mehrton-Signale zu erzeugen, besteht in der Verwendung mehrerer Signalgeneratoren sowie entsprechend vieler Verstärker und Antennen. Die Signale werden dabei im freien Raum miteinander kombiniert. Da jeweils separate Verstärker eingesetzt werden, würde die Amplitude des Tons häufig schwanken, und es wäre schwierig, die Phase jedes Tons einzeln zu steuern.

Vergleich von VSG und Analog-Signalgenerator

Analog-Signalgenerator:

- Analogsignale werden als CW-Töne mit gewünschter Amplitude, Mittenfrequenz und Startphase erzeugt.
- Die Einführung spannungsgesteuerter Oszillatoren (VCOs) ermöglicht dem Benutzer die Änderung von Trägerfrequenz (FM) und Phase.
- Die Qualität der erzeugten Wellenform wird durch die Stabilität, das VCO-Phasenrauschen sowie Verzerrungen

und die Bandbreitengrenzen bei der Modulation beeinflusst.

Digitale Vektor-Signalgeneratoren:

- Das Ausgangssignal besteht beim VSG aus einer Reihe diskreter Spannungspegel statt einer Sinusschwingung
- Diese Reihe von diskreten Spannungen macht es möglich, eine Vielzahl von Signalen zu erzeugen und sie zu verändern.
- Jedes willkürliche Signal innerhalb der Bandbreite des digitalen Signals kann mathematisch beschrieben werden, im digitalen Speicher abgelegt und dann wieder abgespielt werden.
- Der Bereich der Träger- und Modulationsfrequenzen des AWG (arbitrary waveform generator) wird durch die Samplerate festgelegt.
- Die Spannungsaufösung bzw. die effektiven Bits bestimmen die Genauigkeit jeder Ausgangsspannung, die das Ausgangssignal dann in Rauschen und Verzerrungen umwandelt.

Nachteile bei Verwendung eines traditionellen Analog-Signal-Generators

- Testaufbau: Er kann kompliziert und zeitraubend sein, je nachdem wie viele Messgeräte eingesetzt werden müssen.
- Änderung von Signalparametern: Da mehrere Signalgeneratoren erforderlich sind, um jeden Ton einzeln zu generieren, erfordert das Hinzufügen oder die Wegnahme einzelner Töne Hardware-Änderungen am Prüfaufbau, zusätzlich zu den Software-Modifikationen, die notwendig sind, um die Amplitude oder die Frequenz jedes Generators zu ändern.
- Sets mit zufälliger Phase: Es ist schwierig Sets mit zufälliger Phase zu erzeugen, da die meisten CW-Generatoren keine Möglichkeit bieten, um die Phase individueller Töne einzustellen.

- Kosten des Tests: Die Investitionsgüterkosten sind hoch, weil sich die Anzahl der benötigten Töne direkt auf die Menge der erforderlichen Signalgeneratoren auswirkt.

Vorteile der Anwendung eines Vektor-Signal-Generators:

- Einfacher Prüfaufbau und unkomplizierte Testprozedur: Ein VSG benötigt nur einen Generator und eine Benutzerschnittstelle.
- Signalparametersteuerung: Leicht modifizierbare Signalparameter wie Amplitude, Tonabstand und Phase, wobei die Anfangsphase digital exakt auf feste oder zufällige Phase eingestellt werden kann.
- Wiederholbare Testsignalformen des Prüfaufbaus können leicht gespeichert und schnell wieder abgerufen werden, um den gleichen Teststimulus sicherzustellen.
- Genaue und aussagefähige Testergebnisse: Mehrtonsignale mit zufälligen Phasensets, die echte Betriebsbedingungen simulieren, können leicht erzeugt werden.
- Sparen Sie Zeit: Verbringen Sie mehr Zeit mit der Durchführung von Messungen statt mit dem Testaufbau.
- Verringern Sie Ihre Kosten: Setzen Sie nur einen Signalgenerator zur Erzeugung des Mehrton-Signals ein, statt der sonst erforderlichen zahlreichen Analog-Signalgeneratoren und Combiner.

Probleme beim Einsatz von Vektor-Signalgeneratoren

- Verfügbare Leistung: Ein Linearverstärker wird benötigt
- Träger-Übersprechen: Eine zu geringe Übersprechdämpfung des Trägers ist nicht akzeptabel, da sie zu Intermodulationssignalen bei der Hälfte des vorgesehenen Tonabstands führt. Der VSG arbeitet mit einem (Inphase/Quadratur) I/Q-Modulator. Eine geringe Übersprechdämpfung tritt auf, wenn eine gerade Zahl

$$V(t) = A(t) \times \cos[2\pi f_c t + \Phi(t)]$$

Amplitude
Frequency
Phase

Bild 4: Grundlegende Gleichung einer Sinus-Welle

von Tönen erzeugt wird. Bei ungerader Ton-Anzahl gibt es immer einen Ton auf der Trägerfrequenz. Dieses Träger-Übersprechen kann durch die Optimierung des I/Q-Verstärkungsoffsets reduziert werden.

- Bilder treten auf, wenn die I- und Q-Signale am Eingang des I/Q-Modulators außerhalb der Quadratur sind. Wenn unsymmetrische Tonmuster festgelegt werden, können Bilder mit geringfügigen Anpassungen der Quadratur-Skew-Einstellung im I/Q-Anpassungs-Menü verringert werden.
- Relativer Tonabstand: Er ist auf die Bandbreite des internen Basisbandgenerators begrenzt. Tonabstand, -phase und -amplitude werden Ton für Ton eingestellt.

Mehrton-Theorie

Das Mehrton-Testsystem enthält einen Vektor-Signalgenerator, der die zahlreichen Signale oder Töne erzeugt. Ein HF-Leistungsverstärker mit größerem linearen Dynamikbereich wird benötigt, damit die Mehrton-Signale nicht verzerrt werden. Zusätzlich sollte entweder ein Vektor-Signalanalysator oder ein Spektrumanalysator eingesetzt werden, um die Energie

im Spektralbereich zu ermitteln, weil traditionelle Leistungsmessgeräte das gesamte Spektrum breitbandig erfassen, einschließlich der Harmonischen und der Intermodulationsprodukte.

3.1 Generierung von Mehrtonsignalen

3.2 Viele Signalgeneratoren bieten auch unterschiedliche Modulationsarten, einschließlich analoger und digitaler Modulation. Die klassischen Analogmodulationsarten umfassen Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation, Phasenmodulation (PM) und Pulsmodulation. Modulation ist wichtig, weil sie die Information im Signal enthält.

Nachfolgend einige gebräuchliche Testsignale:

1. Sinus - das meistverwendete Prüfungssignal
2. Rechteck - wird durch Überlagerung vieler Sinuswellen bei ungeraden Harmonischen der Grundfrequenz erzeugt. Die Amplitude jeder Harmonischen ist umgekehrt proportional zu ihrer Frequenz.
3. Dreieck und Sägezahn – sie haben harmonische Komponenten, die Mehrfache der Grundfrequenz sind

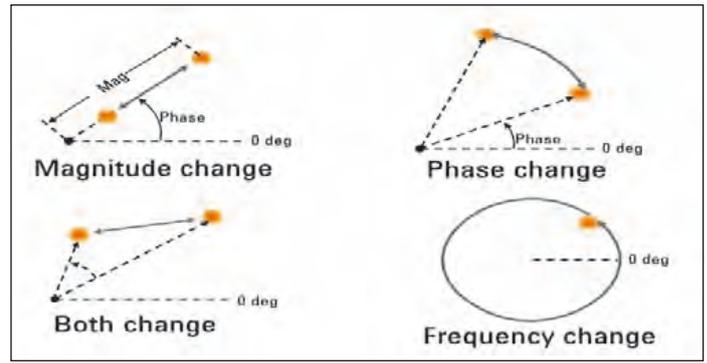


Bild 5: Änderungen oder Modifikationen am Vektorsignal

4. Impuls - enthält alle Frequenzen, die bei einer gegebenen Abtastrate und Probenanzahl dargestellt werden können.

Chirp-Signale sind Sinuswellen, die von einer Anfangs- zu einer Endfrequenz gesweept (gewobelt) werden. Sie erzeugen diskrete Signale innerhalb der Start-/Stop-Frequenzen.

Modulations-Parameter zur Steuerung

Um analoge Modulation besser zu verstehen, betrachten Sie die, grundlegende Gleichung einer Sinuswelle in Bild 4. In dieser Gleichung können drei Parameter unterschieden werden: Amplitude, Frequenz und Phase. Eine Veränderung der Höhe der Sinuswelle ermöglicht Amplituden- und Pulsmodulation. Durch Änderungen an Frequenz oder Phase werden Frequenz- und Phasenmodulation erzeugt.

Zusammengesetzte Modulationsarten, auch bekannt als Vektor- oder Digital-Modulation, treten auf, wenn zwei oder mehr Modulationstypen benutzt werden, um ein zusammengesetztes

moduliertes Signal zu erstellen. Zum Beispiel können AM und PM kombiniert werden, um verschiedene Amplituden- und Phasenwerte zu erstellen. Die Änderung der Phase des Signals in Verbindung mit der AM-Steuerung in der ALC-Schleife kann ein digital moduliertes Signal produzieren.

I/Q-Diagramme sind besonders nützlich, weil sie die Methode widerspiegeln, nach der ein I/Q-Modulator die meisten digitalen Kommunikationssignale erstellt. Unabhängige Gleichspannungen (I- und Q-Komponenten) am Eingang eines I/Q-Modulators erzeugen ein zusammengesetztes Signal mit einer spezifischen Amplitude und Phase am Modulatorausgang. Alle Modulationsarten können in der polaren Ebene unter Verwendung von Vektornotation dargestellt werden, obwohl Amplituden- und Phasenwerte gewöhnlich nicht zur Beschreibung von Vektoren in der digitalen Modulation verwendet werden. Stattdessen wird die polare Fläche in ein rechtwinkliges Format (mit einer horizontalen und vertikalen Achse) abgebildet, das als I-Q-Fläche bezeichnet wird. Dabei steht I für In-Phase und Q für Quadratur.

Eine Amplitudenänderung ohne Rotation des Vektors repräsentiert Amplitudenmodulation, während ein Vektor, der sich entlang eines Bogenstücks dreht (dessen Länge die maximale Phasenabweichung anzeigt), stellt Phasenmodulation dar (PM). Simultane AM und PM werden durch einen Vektor ange-

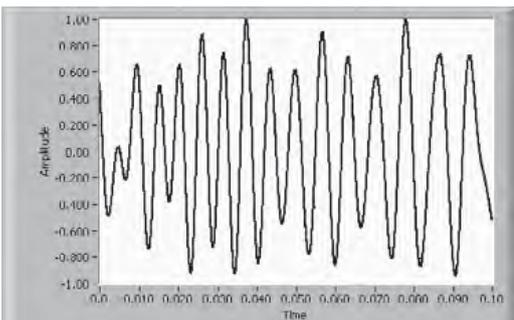


Bild 6: Mehrtonsignal mit sich wiederholenden Signalverläufen

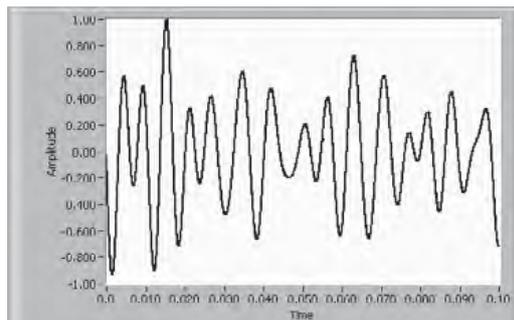


Bild 7: Erzeugung eines Mehrtonsignals durch zufällige Veränderungen der Tonphasen

zeigt, dessen Länge und Phase sich zeitlich ändern. FM resultiert in einem Vektor, der im oder gegen den Uhrzeigersinn rotiert.

Schnelle Übertragung großer Mengen an binären Bits mit zusammengesetzten Signalen erfordert eine große Informationsbandbreite. Je höher die Datenrate, desto größer muss die Bandbreite sein. Die verfügbare Bandbreite kann jedoch effizienter genutzt werden, wenn man Blöcke digitaler Daten (1s, 0s) in Symbole gruppiert, obgleich dies die Signalkomplexität erhöht. Die Anzahl der Bits pro Symbol schwankt, abhängig vom spezifischen Format. Die Übertragung digitaler Daten mit Multibit-Symbolen benötigt weniger Bandbreite. Für beispielsweise zwei Bits/Symbol beträgt die Symbolrate nur noch die Hälfte der Bitgeschwindigkeit, und bei vier Bits/Symbol sinkt sie auf ein Viertel der Bitrate ab.

IQ- oder Vektormodulation wird am meisten in modernen digitalen Kommunikations- und Radarsystemen aufgrund ihrer großen Modulationsbandbreiten und der Leichtigkeit eingesetzt, mit der sich zusammengesetzte modulierte Signale erstellen lassen. Zu den wichtigsten Charakteristiken gehören:

- die Symbolrate (die Anzahl der Symbole/s)
- die Modulations-Bandbreite
- die maximale effektive Bandbreite des I/Q-Modulators
- ein flacher Frequenzgang
- I/Q-Quadratur-Skew: ein Maß dafür, wie rechtwinklig die I- und Q-Ebenen zueinander stehen
- I/Q-Verstärkungsbalance: ein Maß für die Übereinstimmung der Verstärkungen des I- und Q-Kanals

Wenn die I/Q-Charakteristiken nicht ideal sind, werden Amplituden- und Phasenfehler auftreten, die zur Übertragung falscher digitaler Informationen führen. Digitale Fehler werden als Bitfehler bezeichnet, oft auch als Bit-Error-Rate (BER) ausgedrückt.

Amplitude des Mehrtonsignals

Die zusammengesetzte Amplitude des Mehrtonsignals kann durch den Scheitelfaktor gemessen werden, der als Verhältnis des Höchstwertes zum Effektivwert eines Signales definiert ist. Die relative Phasenlage eines Tones, in Bezug zu jedem anderen, bestimmt den Scheitelfaktor des Mehrtonsignals. Ein Mehrtonsignal mit einem großen Scheitelfaktor enthält weniger Energie als ein Signal mit einem kleineren Scheitelfaktor. Bei Tönen mit einem höheren Scheitelfaktor haben individuelle Signaltöne niedrigere Signal-/Rauschverhältnisse. Die richtige Wahl der Phase ist kritisch, um ein brauchbares Mehrtonsignal zu erzeugen. Die maximale Anzahl von Tönen muss daher sorgsam überlegt werden, um Amplituden-Clipping des Signals zu vermeiden. Man kann verschiedene Kombinationen von Phasenbeziehungen und Amplituden verwenden, um einen niedrigeren Scheitelfaktor zu erhalten.

Phasenerzeugung des Mehrtonsignals

Die Phase des Mehrtonsignals ist ein weiterer Parameter, der kontrolliert werden und den zusammengesetzten Scheitelfaktor des Signals beeinflussen kann. Um Mehrtonsignale mit niedrigem Scheitelfaktor zu erzeugen, kann man die Phasendifferenz zwischen zwei benachbarten Signalen variieren. Es wird empfohlen, die Tonphasen zufällig zu ändern, um den Scheitelfaktor der Mehrtonsignale zu verringern. Mehrtonsignale sind gegenüber Phasenverzerrung sehr empfindlich. Darüber hinaus verursacht eventuell der Signalweg nichtlineare Phasenverzerrungen. Mehrtonsignale können auf dem Display auch möglicherweise sich wiederholende Zeitbereichs-Charakteristiken im Signalverlauf zeigen.

Das Signal in Bild 6 ähnelt einem Chirpsignal, da sich seine Frequenz von links nach rechts zu verringern scheint. Diese schein-

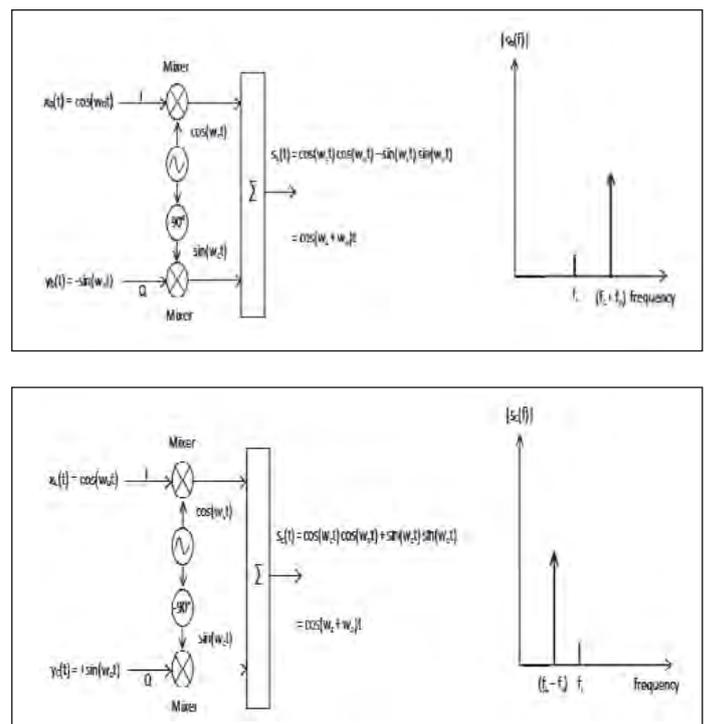


Bild 8: Erzeugung eines Mehrtonsignals mit I/Q-Modulator

bare Abnahme der Frequenz von links nach rechts ist für Multitonsignale charakteristisch, die durch lineare Veränderung der Phasendifferenz zwischen angrenzende Tönen erzeugt wurden. Meist wird man jedoch ein rauschähnliches Signal anstelle der Signalforn in Bild 6 wählen.

Zufällige Veränderung der Phasen resultiert in einem Mehrtonsignal, dessen Amplituden nahezu eine Gauß'sche Verteilung aufweisen, wenn die Anzahl der Töne zunimmt. Dadurch wird das Signal nicht nur rauschähnlicher, sondern es ist auch weniger empfindlich gegenüber Phasenverzerrungen. Bild 7 zeigt ein Signal, das durch zufällige Veränderungen der Tonphasen erzeugt wurde.

Generierung von Mehrtonsignalen mit einem I/Q-Modulator

Um einen einzelnen diskreten Ton zu erstellen, werden die beiden modulierenden Wellenformen in den I- und Q-Eingang eingespeist. Es besteht vollständige Kontrollmöglichkeit über die individuellen Tonparameter, einschließlich Amplitude, Phase

und Frequenz. Um Mehrtonsignale zu erzeugen, werden zur modulierenden Wellenform am I- und Q-Eingang zusätzliche Frequenzkomponenten hinzugefügt, die um die Trägerfrequenz zentriert angeordnet werden.

Zur Erzeugung von Zweiseitenbandsignalen mit unterdrückter Träger-Amplitudenmodulation (DSBSC-AM), wird die modulierende Wellenform in den I-Eingang und null in den Quadratur-Eingang eingespeist. Bild 9 zeigt, wie der Ausgang zwei symmetrisch um den Träger angeordnete Töne erzeugt.

Intermodulation und harmonische Verzerrungen (Klirren)

Intermodulation (IMD) und Klirren sind nichtlineare Verzerrungen. Intermodulationsverzerrung ist das Ergebnis der unerwünschten Intermodulation zwischen mehreren Frequenz-tönen in einem Mehrtonsignal. Harmonische sind ganzzahlige Vielfache des Eingangssignals, die erzeugt werden, wenn ein Signal eine nichtlineare Stufe durchläuft.

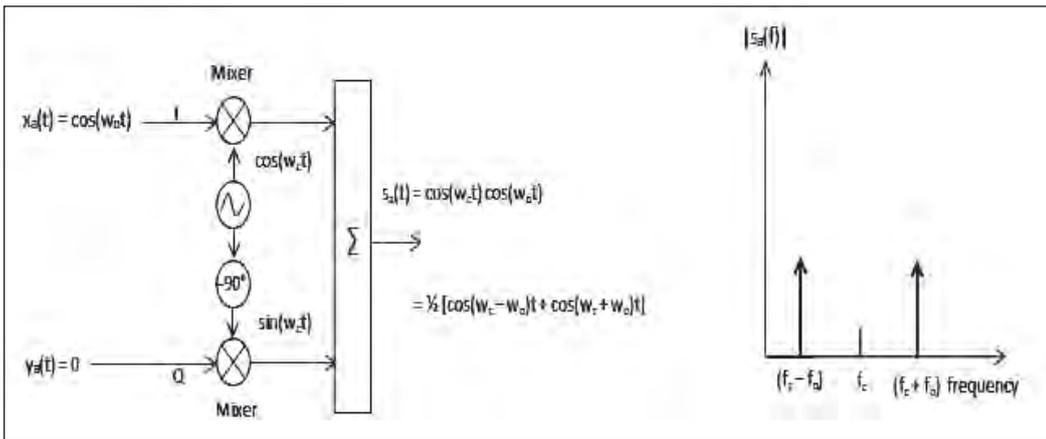


Bild 9: Erzeugung eines Zweiseitenbandsignals mit unterdrücktem Träger

Die Ausgangs-Signaltöne eines Gerätes können aus dem Eingangssignalton, unter Verwendung einer Übertragungsfunktion, berechnet werden, die eine mathematische Beziehung zwischen dem Ausgangssignal und den Eingangstönen liefert. Jede Übertragungsfunktion kann durch ein Taylor-Reihenpolynom beschrieben werden. Da die Taylor-Reihe unendlich ist, ist die Anzahl der Harmonischen im Ausgangssignal ebenfalls theoretisch unendlich. Im Signal nimmt die Amplitude der Harmonischen höherer Ordnung allerdings exponentiell ab und kann daher für Mehrtonanwendungen praktisch ignoriert werden. Reduziert man das Eingangssignal, nimmt die Amplitude des harmonischen Signals ebenfalls ab, und zwar ebenfalls exponentiell um den Faktor A^n .

Bild 10 zeigt, was geschieht, wenn zwei Töne in eine nicht-lineare Einheit eingespeist werden. Die Intermodulation zwischen den Tönen erzeugt neue, zusätzliche Signale nicht nur auf Frequenzen, die nicht harmonisch sind, sondern auch bei den Summen- und Differenzfrequenzen der ursprünglichen Frequenzen sowie bei den Mehrfachen dieser Summen- und Differenzfrequenzen.

Es muss große Sorgfalt angewendet werden, um garantieren zu können, dass diese unerwünschten Signale die Qualität des Immunitätstests nur unwesentlich beeinflussen. Diese Intermodulationsprodukte kön-

nen durch den Einsatz digitaler Signalerzeugungstechniken (VSG) und ausreichend dimensionierter Verstärker minimiert werden.

Leistungsbedarf der Mehrton-Prüfung

Der Pegel der Eingangsleistung jedes einzelnen Tones eines Mehrtonsignals sollte unter Berücksichtigung der Anzahl der Töne und des angestrebten Verzerrungspegels eingestellt werden, der gerade noch toleriert werden kann. Die benötigte Leistung zur Erzeugung eines Mehrtonsignals kann als Spitzen- oder Durchschnittswert definiert werden. Die durchschnittliche Leistung wird als Summe der Leistung jedes einzelnen Tones definiert. Die Höchstleistung ist die Summe der maximalen Momentanleistung aller Töne. Die maximale Spitzenleistung tritt in dem Moment auf, in dem die Spannungsvektoren der einzelnen Töne gleichsinnig ausgerichtet sind und sich direkt addieren. Die mathematischen Beziehungen für Durchschnitts- oder Spitzenleistungen werden nachfolgend unter der Annahme definiert, dass alle Töne die gleiche Leistung aufweisen.

$$P_{MSAVG} = (P_{SSx} + P_{SSx} + P_{SSx}) \times N \text{ (Watt)}$$

$$= (P_{SSx} + P_{SSx} + P_{SSx}) \times \text{Log} (N) \text{ (dBm)}$$

$$P_{MSPK} = (P_{SSx} + P_{SSx} + P_{SSx}) \times N^2 \text{ (Watt)}$$

$$= (P_{SSx} + P_{SSx} + P_{SSx}) \times 20 \text{ Log} (N) \text{ (dBm)}$$

Dabei ist:

- P_{MSAVG} die durchschnittliche Leistung des Mehrtonsignals
- P_{MSPK} die Spitzenleistung von Mehrtonsignalen
- P_{SSx} die Leistung eines einzelnen Tonsignals
- N die Anzahl der Tonsignale

Um alle Verzerrungen zu verringern, kann die Höchstleistung dazu verwendet werden, die maximale Anzahl von Signalen zu berechnen, die von einem gegebenen Verstärker linear ausgegeben werden können. Da die individuellen Signale sich jedoch in der Frequenz unterscheiden, ändert sich ihre relative Phase ständig. Der Höchstleistungspegel wird nur dann erreicht, wenn alle Tonsignalzeiger-Vektoren parallel zueinander ausgerichtet sind. Je mehr Töne daher verwendet werden, desto seltener und kürzer ist das Auftreten einer augenblicklichen Spitzenleistung.

Wenn die Höchstleistung vom Verstärker nicht erreicht werden kann, tritt Intermodulationsverzerrung auf. Diese Verzerrung kann nur durch die Verwendung von Verstärkern behoben werden, die innerhalb ihrer linearen Betriebsgrenzen (P1dB) arbeiten. Als Möglichkeiten zur Behebung dieses Problems bieten sich die Verwendung eines Verstärkers mit höherer Spitzenleistung oder die Reduzierung der individuellen Tonleistungen an.

Die Linearitäts- und Oberwellenkontrollen von Immunitätsstandards lassen sich dazu verwenden, die Anzahl der Signale zu bestimmen, die von einem gegebenen Verstärker mit akzeptabler Verzerrung erzeugt werden können.

Bei Immunitätstests ändert sich der Leistungsbedarf zur Erzeugung eines Störtönsignals als Funktion der Frequenz (siehe Bild 4). Beachten Sie, dass der Leistungsbedarf wegen des Antennengewinns mit der Frequenz abnimmt. Hier kann eine Mehrtonsignal-Prüfung die volle Leistung des Verstärkers vorteilhaft nutzen und die Gesamttestzeit verringern.

In diesem speziellen Fall bewirkt ein 250-Watt-Verstärker bei niedrigen Frequenzen eine Verdoppelung der Testgeschwindigkeit bei den niedrigeren Frequenzen und einer noch wesentlich größere Reduzierung der Testzeit bei höheren Frequenzen. In vielen Fällen verfügen Testlabore über die erforderliche Leistung, um starke HF-Felder zu erzeugen, haben sie aber meist nicht völlig genutzt, weil sie überwiegend Eintontests durchführen, die nur niedrigere Leistungen benötigen. Mit Mehrton-Tests können sie nun ihre bisher ungenutzte Verstärkerenergie besser einsetzen und gleichzeitig die Testzeiten reduzieren.

EMC-Prüfung mit Mehrtonsignalen

Das Prinzip der Mehrton-Prüfung ist einfach: Statt nur eine Frequenz während der Sweep-Haltezeit zu prüfen, werden mehrere Frequenzen gleichzeitig getestet. Die tatsächliche Hardware-Realisierung ist jedoch immer eine Hürde gewesen. Simultan mehrere Signalquellen zu kontrollieren und ihre Ausgangssignale auf wiederholbare Art und Weise richtig zu kombinieren, lag bisher jenseits der Möglichkeiten traditioneller, analoger Testinstrumentierung. Die Lösung ergibt sich mit dem kombinierten Einsatz von zwei Einheiten: einem Vektor-Sig-

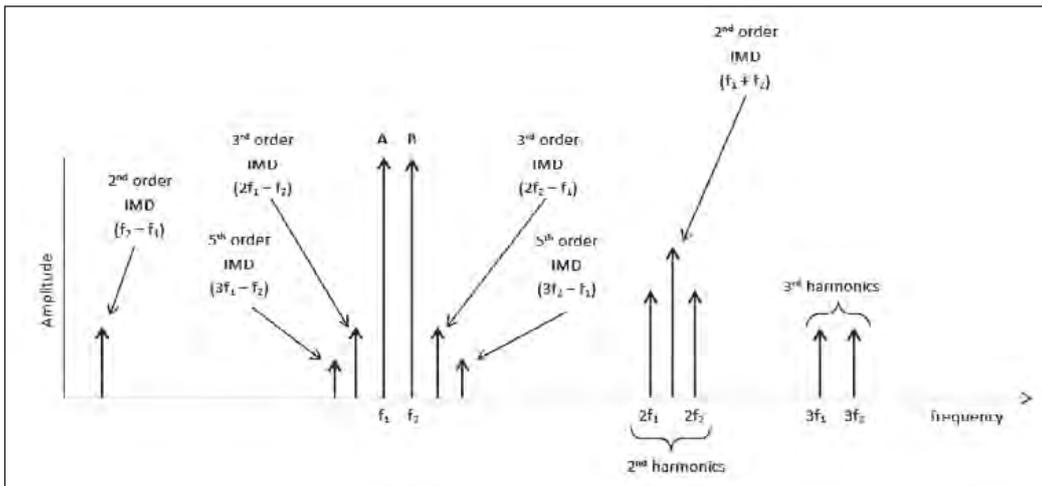


Bild 10: Grafische Darstellung der Intermodulation

nalgenerator (VSG), der digital Mehrfachöne und komplexe Modulationsarten produzieren kann, sowie einem frequenzselektiven Leistungsmessgerät wie z.B. einem Vektor-Signalanalysator (VSA). Mit dieser digitalen Instrumentierung und Software-Kontrolle können die erforderliche Mehrtonsignale erzeugt, gemessen und eingestellt werden.

Pegeleinstellungen

Die Mehrton-Methode kann bei jedem Standard angewendet werden, der eine Substitutionsmethode für die PegelEinstellung benutzt.

Für gestrahlte Immunitätsprüfungen werden isotrope Feldsonden verwendet, um den Pegel einzustellen; diese Sonden sind nicht frequenzselektiv und können daher keine Mehrfachsignale in einzelne Töne zerlegen und messen. Daher kann die zur Pegelmessung benötigte Einstellzeit nicht durch Verwendung eines Mehrtonprozesses verkürzt werden. Die PegelEinstellung muss daher traditionell mit einzelnen Tönen erfolgen. Um Mehrton-Signale benutzen zu können, muss eine sekundäre Prozedur zur PegelEinstellung unter Verwendung eines frequenzselektiven Leistungsmessers, beispielsweise mit einem VNA durchgeführt werden. Diese Sekundärprozedur ermittelt aus der Leistung einer einzelnen Frequenz die Anzahl

der Signale, die in einen Test kombiniert werden können, ohne den Verstärker zu sättigen und starke Verzerrungen zu erzeugen.

Messungen der Linearität und der harmonischen Anteile des Signals werden auch als Teil des Einstellprozesses benötigt. Diese Messung sollte solange an allen Signalen innerhalb eines Testsets durchgeführt werden, bis die Gesamtheit des Sets – beim Hinzufügen eines weiteren Tones - entweder die Linearitäts- oder Harmonischen-Prüfung nicht mehr besteht. Das Ergebnis ist die maximale Anzahl von Signalen, die als Set zusammen benutzt werden können. Die Zeit, die durch diese zusätzliche Einstellprozedur verbraucht wird, lässt sich durch die zeitlichen Einsparungen ausgleichen, die man beim Einstellen der gewünschten Feldstärke erzielen kann.

Prüfung

Sobald erst einmal bestimmt ist, wie viele Töne in welchen Gruppen oder Sets benutzt werden können, lassen sich die weiteren Tests mit sehr hoher Geschwindigkeit durchführen. Während jeder Verweilzeit wird dem angeschlossenen Prüfling ein Set von Tönen zugeführt. Wenn keine EUT-Störung auftritt, wird der Test jeweils fortgesetzt, andernfalls hat der Benutzer die Optionen, sofort mit einem einzelnen Ton nachzuprüfen ob die Störung auch vorliegt, wenn

nur eine Testfrequenz verwendet wird, oder mit dem Mehrton-Test fortzufahren und zu registrieren, wo Störungen auftreten. Im zweiten Fall würden die fehlerhaften Frequenzbereiche, nach Beendigung des Tests, nochmals mit einem einzelnen Ton gescannt, um zu sehen, ob die Störung eindeutig nur bei der Mehrton-Prüfung oder auch bei einer Einzelfrequenz auftritt. Wenn das EUT Empfindlichkeit gegenüber Mehrtonsignalen aber nicht gegenüber Einzeltönen zeigt, kann es als komplementär zum Test-Standard angesehen werden. Der einzige Nachteil ist, dass man bei diesen bestimmten Frequenzen die Testzeit nicht verringern kann. Trotzdem wird die Gesamttestzeit drastisch reduziert, da große Teile der Frequenzbereiche gescannt und

schnell geprüft werden können. Die grafische Darstellung in Bild 12 verdeutlicht dieses Prüfungskonzept visuell. Beachten Sie, dass der Test schnell von der tiefsten Frequenz bis zu einem Punkt abläuft, an dem eine Störung gefunden wird. An diesem Punkt wird die Mehrton-Prüfung ausgesetzt, und der Test schaltet auf herkömmliche Prüfung mit einem Ton um. In diesem hypothetischen Szenario ist zu sehen, dass das EUT die Prüfung mit einem Ton bestanden hat, und die Mehrton-Prüfung wieder aufgenommen werden kann, wobei im restlichen Frequenzbereich keine Störungen mehr auftraten.

Compliance

Die Konformität zu prüfen und zu demonstrieren, bei gleichzeitig erheblicher Verringerung der Testzeit, ist mit der Mehrton-Methode möglich. Um dem EMC-Standard zu genügen, muss jeder einzelne Ton während des Tests folgende Bedingungen erfüllen:

- seine Amplitude muss stimmen, um das erforderliche Feld zu produzieren
- er muss auf die korrekte Frequenz eingestellt sein
- er muss sich bei dem erforderlichen prozentualen Frequenzschritt befinden
- er ist gemäß Standard moduliert

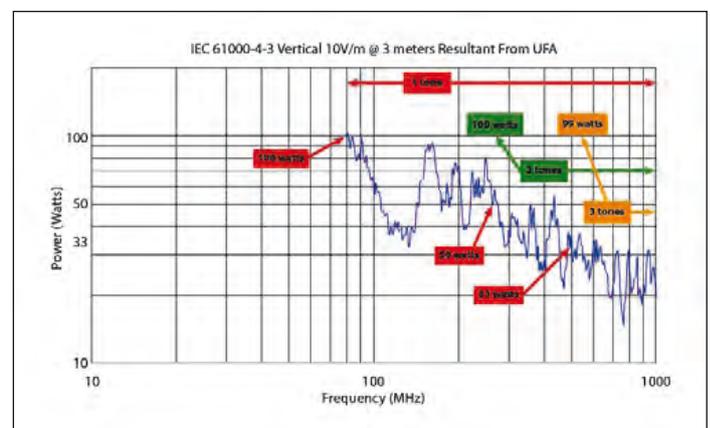


Bild 11: Aufgrund des Antennengewinns fällt die benötigte Leistung zur Erzeugung eines Störsignals mit steigender Frequenz deutlich ab

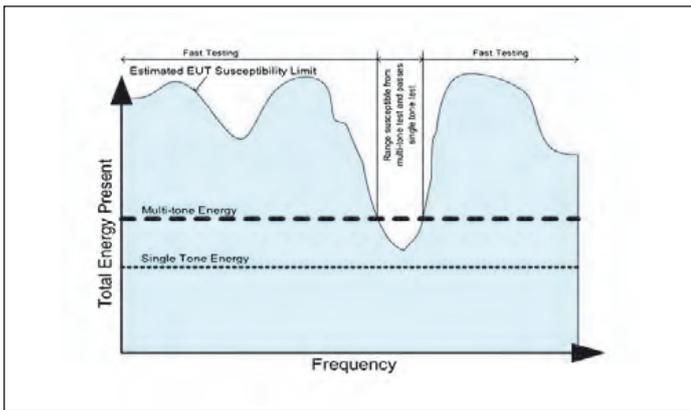


Bild 12: Simulierter Mehrtontest

- er stoppt für die erforderliche Verweilzeit bei jeder Frequenz, bzw. jedem Ton

Verringerte Testzeit

Die Durchführung von Immunitätsprüfungen kann sehr zeitraubend sein. Häufig dauern Tests viele Stunden, was den Durchsatz eines Labors und die Prüfungskapazität für viele Betriebe begrenzt.

Historisch haben sich die Methoden zur Verringerung der Testzeit auf die Reduzierung der Übergangszeiten konzentriert (die Zeit zwischen dem Messen von Frequenzschritten), die aber leider nur einen Bruchteil der Gesamttestzeit ausmacht. Der Mehrtontest ist eine Methode, die konzipiert wurde, um die Testzeit durch bessere Nutzung der erforderlichen Verweilzeit deutlich zu verringern.

Es ist ein Prozess, der zahlreiche Testfrequenzen (Töne) zu jeder Testperiode hinzufügt (Verweilzeit). Wenn man mehrere Frequenzen gleichzeitig prüft, wird die Test-Effizienz um einen Faktor erhöht, der ungefähr der Anzahl der verwendeten Töne entspricht. Wenn zum Beispiel vier Töne verwendet werden, würde der Test in ungefähr einem Viertel der Normalzeit oder viermal schneller durchgeführt. Siehe Bild 13.

Simulation von realen Problemen

Ein anderer Nutzen der Verwendung dieser Technologie ist ihre Fähigkeit, reale Probleme zu

simulieren, die von Natur aus mehrtönig sind. Echtzeitanwendungen setzen EUTs mehr als einem Ton gleichzeitig aus. Herkömmliche Eintontprüfung würde nie eine Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Problemen feststellen. Einige Gerätehersteller haben bereits Erfahrungen mit EMC-Ausfällen durch Mehrtonsignale gesammelt und Mehrtontests dazu verwendet, die Schwachstellen eines Produkts zu identifizieren und zu korrigieren. Diese Bedrohungen gehen möglicherweise nicht nur von Mehrtonsignalen aus, sondern sie können auch z.B. durch mehrere andere interaktiv verbundene Probleme verursacht werden. Ein Beispiel dafür wäre ein Gerät, das in nächster Nähe zu einem vollbelegten und mehrfach genutzten Funkturm benutzt wird.

Der medizinische Standard 60601-1-2 hat viele bekannte Probleme aufgeführt und fordert eine Prüfung bei erhöhten Signalpegeln und neuen Modulationsarten in diesen problematischen Bändern. Er schließt auch die Empfehlung ein, dass Produkthersteller ihre Haftung so weit wie möglich begrenzen sollten, indem sie ihre Produkte aktiv auf alle irgendwie vorhersehbaren Probleme prüfen. Je mehr Standards entstehen werden, um so komplexere Tests werden wahrscheinlich folgen.

Zukünftige Verbesserungen

EMC-Tests werden von Standards getrieben. Sobald mehr

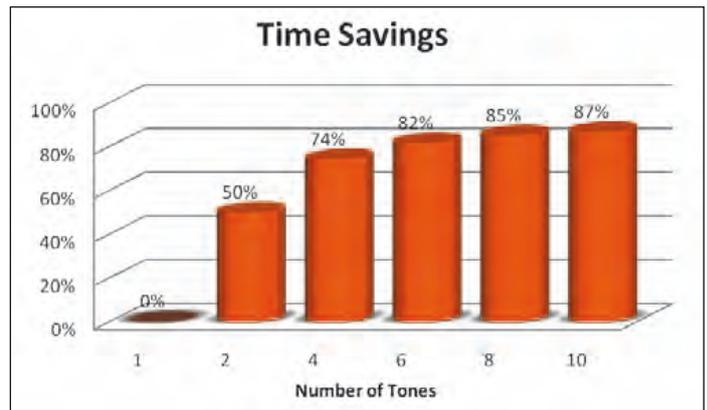


Bild 13: Prozentuale Zeiteinsparungen

Zusammenfassung

Die digitale Hardware (VSG, VSA) die zur Implementierung der Mehrton-Methode verwendet wird, ist nur durch ihren nutzbaren Frequenzbereich und die momentane Bandbreite begrenzt. Die gleiche Hardware könnte auch eingesetzt werden, um komplexe Modulationsstrukturen zu erzeugen oder auch Rauschen für die Breitbandprüfung.

Die Mehrton-Prüfmethode kann auch an andere Immunitäts-Test-Standards adaptiert werden, was zu ähnlichen Zeiteinsparungen und verbesserter Effizienz führt. ◀

Referenzen:

- Benefits of Multi-Tone Immunity Testing, AR RF/Microwave Instrumentation, White paper, George Barth, Sept 2014
- The AB°C Arbitrary Waveform Generator, Agilent Technologies Inc , Application Note 5989-4138EN, 2006
- Understanding the Differences between RF Vector and CW Signal Generation, National Instrument, Application Note 4455-en, Oct 06, 2009
- Measurement of Harmonics using Spectrum Analyzer, Rohde & Schwarz, Application Note Feb 2012 — 1EF78-1E, Dr Florian Ramian,
- Two-tone and Multitone Personalities for the E8267C PSG Vector Signal Generator, Agilent Technologies, Application Note 5988- 7689EN, Feb 6, 2003
- Creating Custom Multi tone with Agilent U8903A Audio Analyzer, Agilent Technologies Inc, Application Note 5991-2396EN, May 16, 2013
- High Power Amplifier in Multi-tone Environment, Mini Circuits, Application Note AN-60-037, 4/14/15

Test & Measurement

SatService Sells LPT Products



SatService GmbH and LP Technologies Inc. (LPT) announced that they have signed a distribution agreement, allowing SatService to sell LPT products. Starting immediately SatServices will include LPT's affordable spectrum analyzers and software in their renowned integration services, continuing the tradition of unparalleled services that their

customers have come to expect. SatService GmbH will present LPT's newest spectrum analyzer, the LPT-3000RX4.

The LPT-3000RX4 is LPT's 4th generation remote spectrum analyzer that offers multi-port, full-DSP base, precision analysis that is designed to meet requirements for applications in multi-

ple industries, including Satellite, Wireless/Cellular, Military, Oil & Gas, and many more. The LPT-3000RX4 has a wide frequency range that covers IF's 70 MHz, satellite's L Band, and spans from 9 KHz up to 3 GHz.

The LPT-3000RX4's impressive specifications include:

- Fits 1 RU 19" rack space
- Built-in 4 switchable ports
- 55 dB port isolation
- 0.5 ms switchover between ports
- Digital signal processing technology
- 310 μ s sweep times in fast mode
- High definition trace
- 17 RBW and 17 VBW filters

LPT's LPT-3000RX4 has optional built-in Carrier Identifica-

tion & Extraction capabilities, saving customers money, valuable rack space, and time between interference detection and Identification extraction. The LPT-3000RX4 also has optional built-in KA, KU, and C to L-band built-in down converters.

In addition to hardware, LP-Technologies delivers powerful, effective, and cost-effective carrier monitoring and interference detection systems; LP LPT-ASM is the most affordable spectrum monitoring system; and LPT-LEO is the first and only SMS dedicated to addressing the needs of the Low-Earth-Orbit satellite industry.

■ *SatService GmbH*
www.satnms.com

News

Training Course Covers Essentials of New EMF Regulations

Link Microtek has set up a new training course covering the requirements of the Control of Electromagnetic Fields at Work (CEMFAW) Regulations 2016, which came into force on 1st July as the transposition of EU Directive 2013/35/EU into UK law.

Aimed at anyone who has to manage EMF safety in the workplace, the one-day course can be held in-house at Link Microtek, at customers' premises or at any other location equipped with basic presentation aids.

Course topics include basic principles of electromagnetic energy, the effects of EMFs on the human body, the main provisions of the CEMFAW Regulations, EMF risk assessments, workers at particular risk (e.g. those with active implanted medical devices), exposure limit values and action levels, provisions aimed at avoid-

ing or reducing risks, and real-world case studies. To complement the CEMFAW Regulations course, Link Microtek is also offering a half-day EMF safety awareness course for workers in the telecommunications, broadcast, defence, medical, scientific and industrial sectors, which fulfils the regulations' requirement for EMF worker training. A third course, on EMF safety measurements, is available for those who need to perform measurement-based EMF risk assessments. With its unparalleled experience in the EMF safety arena, Link Microtek is well placed to provide attendees with the background knowledge they need in order to deal efficiently with the implications of the CEMFAW Regulations for their organisation.

■ *Link Microtek Ltd.*
www.linkmicrotek.com

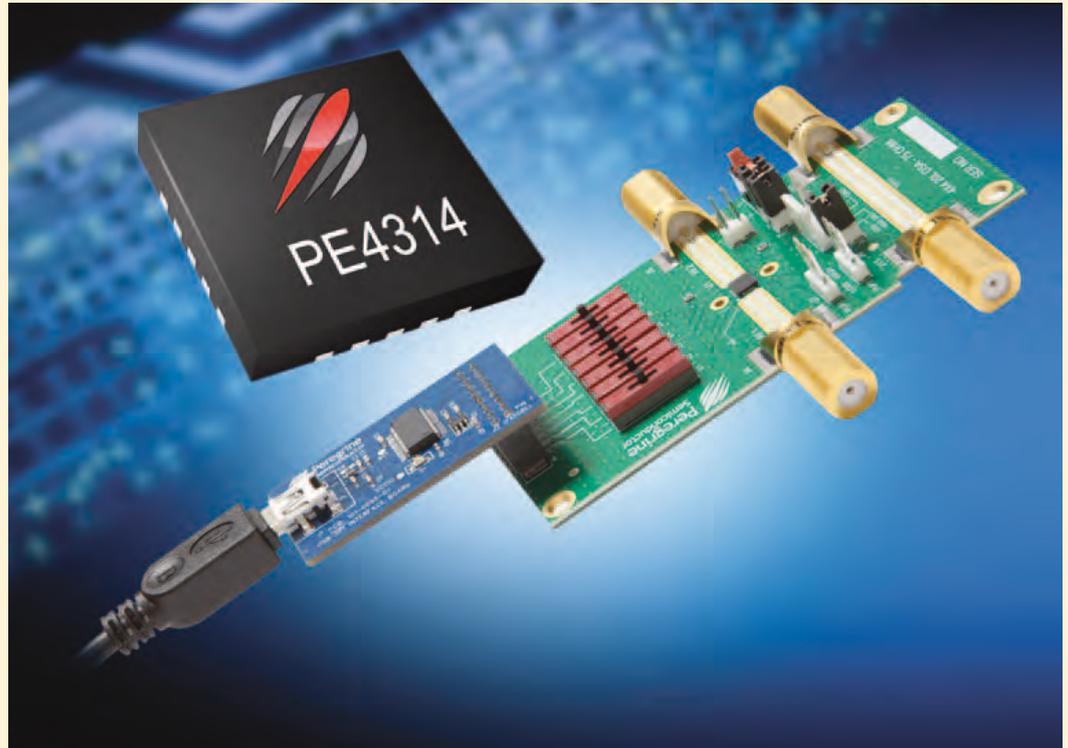


CAUTION
NEW EMF SAFETY
LEGISLATION

Products

RF digital step attenuator delivers glitch-less attenuation-state transitions

The latest addition to Link Microtek's portfolio of products from manufacturer Peregrine Semiconductor is a 75-ohm, 6-bit RF digital step attenuator (DSA) that delivers glitch-less transitions between attenuation states.



The PE4314 device is ideal for wired broadband applications in cable/satellite customer premises equipment and infrastructure equipment. Covering a frequency range from 1 MHz to 2.5 GHz, the DSA achieves an attenuation transient of just 0.5 dB, thereby eliminating the need for any software or firmware workarounds to mitigate the effect of a glitch and prevent damage to expensive subassemblies.

The PE4314 offers an attenuation range of 0 to 31.5 dB in 0.5 dB steps. An integrated digital control interface provides for both serial and parallel programming of the attenuation, including the capability to program an initial attenuation state at power up. The device supports 1.8 V control voltage and features an extended operating temperature range from -40 to 105 °C. Housed in a 20-lead 4 x 4 x 0.85 mm QFN package, the PE4314 is fabricated using

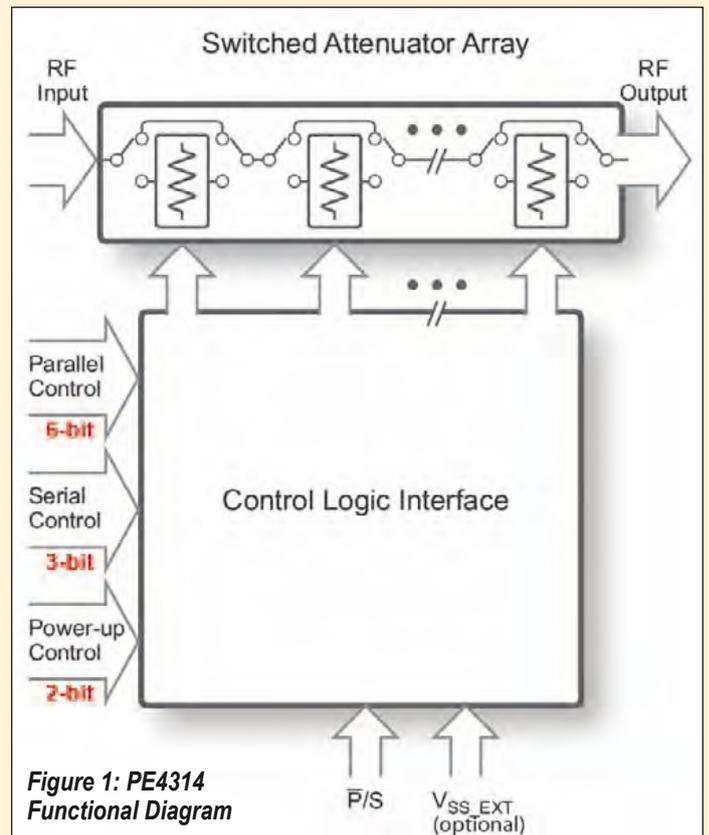


Figure 1: PE4314 Functional Diagram

Linkmicrotek
www.linkmicrotek.com

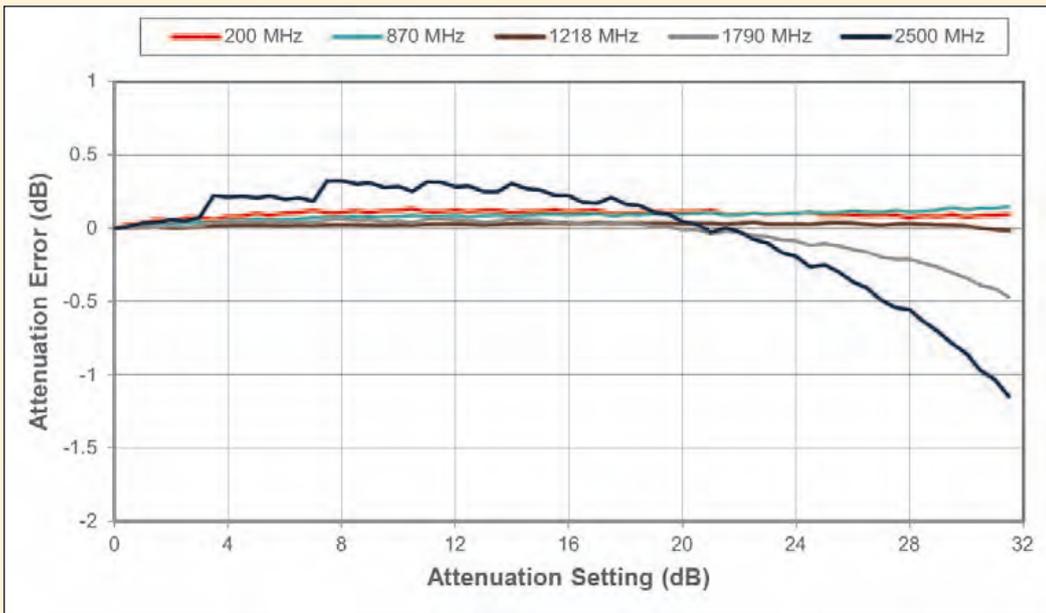


Figure 2: 0,5 dB Attenuation Error vs. Frequency

Peregrine’s UltraCMOS process. Samples and evaluation kits are available to facilitate customer evaluation of the DSA.

Technical Background

The PE4314 is a pin-compatible upgraded version of the PE4304, PE4307, PE4308 and PE4304. An integrated digital control Interface supports both Serial and Parallel Programming of the attenuation, including the capability to program an initial attenuation state at power up.

The PE4314 is manufactured on Pergrine’s UltraCMOS process,

a patented variation of silicon-on-insulator (OI) technology on a sapphire substrate. Peregrine’s HaRP technology enhancements deliver high linearity and excellent harmonics performance. It is an innovative feature of the UltraCMOS process, offering the performance of GaAs with the economy and integration of conventional CMOS.

Features

- Attenuation step of 0,5 dB up to 31,5 dB
- Glitch-less attenuation state transitions

- Low distortion for CATV and multi-carrier application
- Extended +105 °C operating temperature
- Parallel and Serial programming interfaces

Applications

- DOCSIS 3.1/0 customer premises equipment (CPE) and infrastructure
- Fiber CPE and infrastructure

Evaluation Kit

The digital step attenuator evaluation Board (EVB) was designed

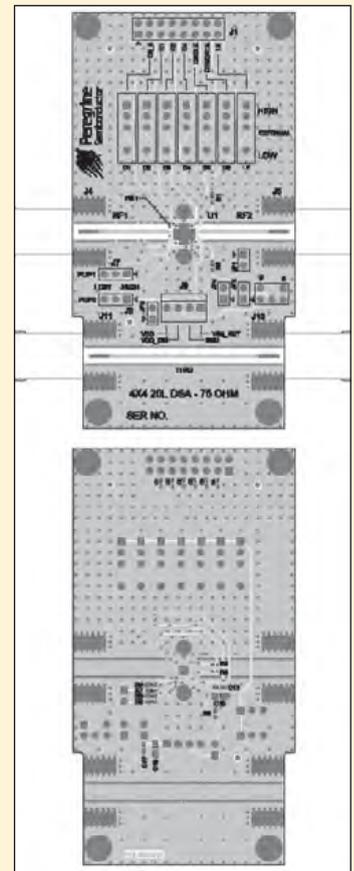


Figure 4: Evaluation Kit Layout for PE4314

to ease customer evaluation of the PE4314 digital step attenuator. The PE4314 EVB supports Direct Parallel, Latched Parallel and Serial modes

■ *Peregrine Semiconductor Corporation*
www.psemi.com

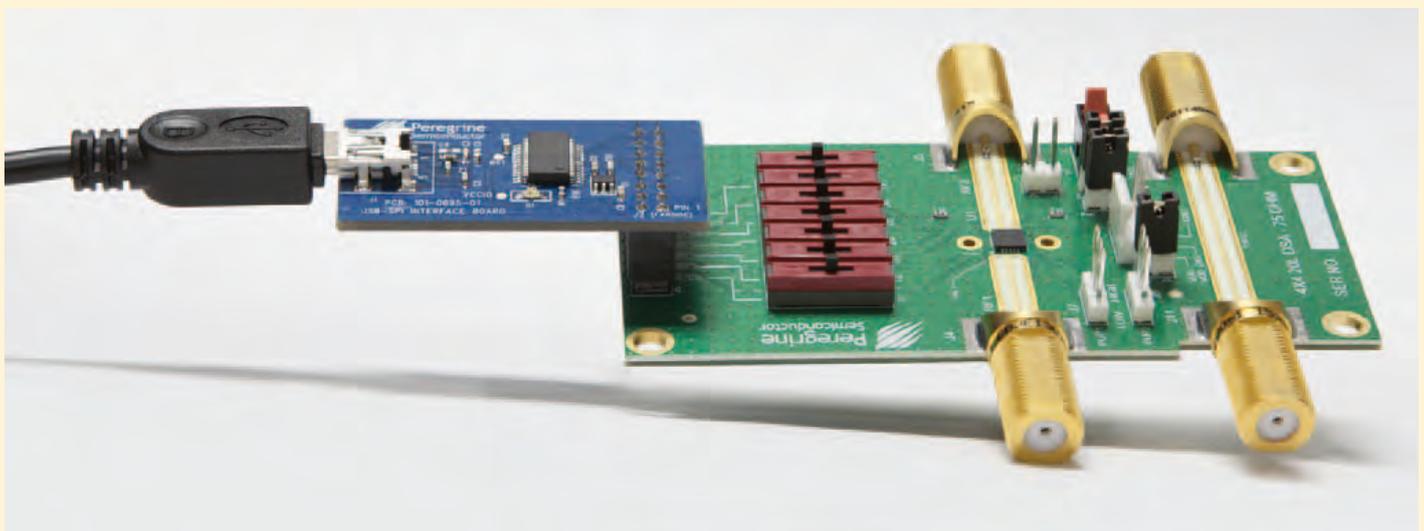


Figure 3: Evaluation Kit for PE4314

IoT

New LTE Cat M1 Module



u-blox announced plans to launch modules supporting Category M1 (Cat M1) LTE networks, which will allow a larger number of devices to connect to the Internet of Things (IoT). The first SARA-R4 module developed by u-blox will be available in Q4 2016 targeting mobile network operators in the US market. With the recently launched SARA-N2, the world's first cellular NB-IoT module, the new LTE Cat M1 complements u-blox's extensive product offering for the IoT.

Along with NB-IoT, LTE Cat M1 is part of the new 3GPP Release 13 standard supporting low-power wide-area (LPWA) technologies in the licensed spectrum and is designed for IoT applications with low to medium data throughput rates, as well as devices that require long battery lifetimes. Additionally, M1's vehicular handover capability delivers the technology necessary to support vehicle, asset and people tracking. It also supports lower latency applications and a data rate of 375 kbps in half duplex mode and 1 mbps in full duplex mode.

The market focus for the LTE Cat M1 technology is extensive and will cover applications in many areas, such as the smart home, security systems, industrial monitoring and control, asset tracking, telematics, connected health, smart metering, smart cities, and wearables.

The SARA-R4 modules follow u-blox's 'nested design' philosophy to maintain form factor and software continuity. This allows customers to easily upgrade their products with each new generation of u-blox wireless modules without having to change their PCB designs. Such easy migration maximizes investment return, simplifies logistics and drastically reduces time-to-market.

■ *u-blox*
www.u-blox.com

Antennas

Assembly Allows for Flexible Antenna Mounting



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 12 inch, coaxial Gooseneck assembly allowing omni-directional antennas to be mounted in different positions with respect to adjacent antennas. This is particularly useful for MIMO radio setups and dismounted user applications for body worn antennas used by first responders. Additional applications include precision surveying, asset tracking, unmanned ground vehicles and ad hoc mesh networks. The Southwest Antennas model 1040-027 gooseneck assembly is waterproof to a depth of 20 ms and can bend and hold past a 180 degree angle. One end of the assembly is a Type-N male connector and the other is SMA male. The 1040-027's rugged design measures 0.47" in diameter. Compatible with antennas operating up to 8 GHz, the 1040-027 can handle up to 50 watts of RF energy. Midband insertion loss is 1 dB. Southwest Antennas offers a flat black, low visibility finish on the assembly with black chrome finished connectors.

■ *RFMW, Ltd.*
www.rfmw.com

EMC Dual Ridge Horn Antenna for EMI Testing

The Microwave Vision Group (MVG) has used its expertise and experience in antenna design to develop a new innovating line of antennas for the Electro-magnetic Compatibility (EMC) testing market, more specifically for Electro-magnetic Interference (EMI) testing. These antennas enable more

accurate test results and allow detection of lower level emissions.

The new line of EMC Antennas will include a biconical antenna, a log-periodic array, a log/biconical hybrid, and several dual-ridge horns to cover various frequency bands from 20 MHz to 40 GHz applicable to various EMC product standards. Additionally, MVG will add a rod antenna and a loop antenna to cover EMI testing from 9 kHz to 40 GHz.

The first product of this line is the EH118, a dual-ridge horn antenna that will operate from 1 to 18 GHz. This antenna offers superior performance. It has a balanced, smooth antenna factor curve that extends all the way to 18 GHz, a reduction of higher order modes on the aperture and low return loss (VSWR). The EH118 is applicable for commercial, military and automotive test standards and will include applicable calibrations.



Amongst the main features of the EMC dual ridge horn antenna are:

- single linear polarization
- smooth/balanced gain with frequency
- low return loss/VSWR
- ultrawide bandwidth (18:1)

Its unique design prevents the excitation of unwanted high order modes in the aperture. It has a well-defined smooth radiation pattern throughout the operational bandwidth and a robust and lightweight mechanical design. It is also precision-machined and has a high-reliability N coaxial connector.

■ *Microwave Vision Group MVG*
www.mvg-world.com

Components

Common Platform Processor Now Supports All Major PMR Systems



CML Microcircuits has further enhanced the Function Image suite of its CMX7241/CMX7341 PMR Common Platform Processors. All major PMR systems are now supported: DMR, dPMR, NXDN, ARIB STD-T102, ARIB STD-T98 and legacy Analogue PMR, all with automatic digital/analogue detection. This CMX7241/CMX7341 PMR Common Platform Processors now provide the ultimate flexibility and enable a radio manufacture to build a single platform radio that supports many different PMR standards.

About the CMX7241/CMX7341 PMR Common Platform Processor

With an embedded audio codec (ADC/DAC) the devices provide a complete baseband solution with a flexible interface to support both software and hardware implementations of the AMBE+2 Vocoder. A high level of advanced functionality is included that minimises both host interactions and host real-time control constraints. The CMX7241/CMX7341 PMR Common Platform Processors can deliver FDMA digital PMR/LMR, 2-slot TDMA digital PMR/LMR and legacy analogue PMR/LMR. Based on CML's FirmASIC component technology, a Function Image is uploaded into the device to determine the overall functions and operating characteristics.

PMR Chipset Solution Provides a Fast Development Path to Entering the DMR Market

The PMR chipset comprises a low power RF Direct Conversion Receiver (DCRx) IC (CMX994A/E) and a PMR Common Platform Processor (CMX7341) with DMR/dPMR/NXDN/ARIB STD-T102/ARIB STD-T98 Air Interface coding and analogue PMR embedded within Function Images. The CMX994A/E and CMX7341 chipset enables a highly integrated, cost effective

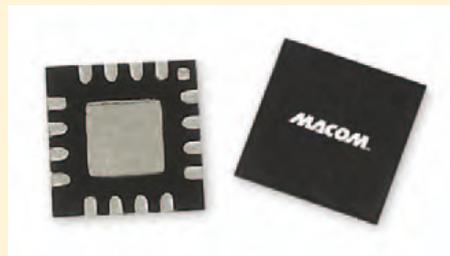
radio to be developed quickly with a low risk development route, for radio manufacturers planning to enter the Digital PMR market space.

I/Q and LIMITER Discriminator Receiver supported

Manufacturers preferring to evolve their current radio designs and not wishing to do a ground-up redesign can also take advantage of the CMX7241/CMX7341 benefits with their LD receiver capability. The PMR Chipset ICs are available in very small VQFN packages occupying a minimal PCB footprint and in conjunction with a suitable host microcontroller a small, highly integrated PMR radio can be realised.

■ *CML Microcircuits*
www.cmlmicro.com

New 1 W Driver Amplifier with VG Enable



Richardson RFPD Inc. announced the availability and full design support capabilities for a new 1 W driver amplifier from MACOM Technology Solutions Inc. The MAAP-011232 is a 2-stage power amplifier with gain shut-off. It operates from 100 MHz to 3 GHz; for operation in the 100 MHz to 1 GHz frequency range no I/O matching is required. Internal DC blocking is provided at the input, while the RF output port is DC-coupled through an external bias-tee. Bias current, RF gain and output power are controlled with a gate supply voltage. Typical current consumption is less than 300 mA at maximum output power. The new amplifier is fabricated using a high breakdown GaAs process that features full passivation for increased performance and reliability.

The MAAP-011232 is suitable for power and driver amplifier requirements for multiple applications, including land mobile radio, military communications, sensors and telemetry, test and measurement, and satellite communications.

■ *Richardson RFPD*
www.richardsonrfpd.com

IoT

Weightless-P Hardware and Weightless Ignition Pack



The Weightless SIG announced availability of Weightless-P hardware and the pre-launch of a Weightless-P Software Development Kit. The hardware, dubbed the Weightless Ignition Pack, provides Weightless-P network connectivity out of the box. Fabien Petitgrand, technical representative for the Weightless SIG explained "We have been working for more than two years now on a technology that significantly moves the LPWAN game on" adding "The Weightless Ignition Pack includes hardware and full Weightless-P software protocol stack combination delivering substantive improvements and competitive advantages over existing IoT connectivity options".

The Weightless Ignition Pack will be made available as part of a pre-launch offer on the Weightless website with a limited number offered to Weightless Developers free of charge. Developers should visit www.try.weightless.org/ctia for full details of the offer. The packs include a Weightless-P base station, end device modules, antennas, a full Weightless-P protocol stack for the base station, end device and host as well as all necessary cabling. The pack will enable a Weightless-P IoT network to be deployed 'out of the box'.

Weightless-P is an Open Standard for a high capacity LPWAN that is designed for performance. It aims to become the de facto standard for public and private IoT networks. Weightless and Antenna are natural partners and bring best in class performance antenna technology in their respective ranges.

■ *Weightless SIG*
www.weightless.org

POWER SPLITTERS/ COMBINERS

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

Neu!

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

EP2K1+ 2 to 26.5 GHz

EP2W1+ 0.5 to 9.5 GHz

EP2C+ 1.8 to 12.5 GHz

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

Vom 2- bis zum 48-Wege-Design mit 0-, 90- oder 180-Grad- Phasenkonfiguration bieten Mini-Circuits' Power-Splitter/Combiner eine herausragende Auswahl an Leistungsmerkmalen und Möglichkeiten, um Ihre Anforderungen - von hoher Leistung und niedriger Einfügedämpfung bis hin zu ultra-kleinen LTCC-Ausführungen und mehr - zu erfüllen.

Sie wollen recht schnell Ihr Wunschmodell finden? Dann besuchen Sie www.minicircuits.com und nutzen Sie die Hilfe vonYoni2!

Das ist unsere patentierte Suchmaschine, die nach tatsächlichen Messdaten der Modelle sucht, die Ihre spezifischen Anforderungen erfüllen. Sie erhalten Testdaten, S-Parameter, PCB-Layouts, Preisangebote, genaue Lieferzeiten und alles, was Sie benötigen, um schnell eine kluge Entscheidung zu treffen.

Alle Katalogtypen sind zum sofortigen Versand ab Lager verfügbar; besuchen Sie daher unsere Website noch heute!



RoHS Compliant
Product availability is listed on our website.

 **Mini-Circuits®**

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

448 rev R

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL
ELECTRONICS GMBH**

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

Oscillators

Dielectric Resonator Oscillators Offer Excellent Stability



New from Link Microtek is an extensive range of mechanically tunable dielectric resonator oscillators (DROs) that offer excellent frequency stability when subjected to variations in temperature or VSWR.

Manufactured by L-3 Narda-MITEQ, the DRO-ST series are ruggedly constructed using thin-film hybrid microcircuit technology and are designed for operation under severe environmental stress in applications such as military satellite-communications systems.

These free-running oscillators achieve superior stability through their impressively low temperature coefficient of frequency drift – 5ppm/degC maximum – and a frequency pulling factor of less than 5 MHz peak-to-peak for a 1.5:1 VSWR varying through all phases.

Available with a choice of 13 operating frequency bands spanning 2.4 to 40 GHz, the devices deliver a minimum microwave output power of 13 dBm up to 16 GHz, and 11 dBm between 16 and 40 GHz. The DROs exhibit low microphonics (noise caused by mechanical vibrations) and excellent phase noise performance, typically ranging from 105 dBc/Hz at 2.4 GHz to 70 dBc/Hz at 40 GHz for a 10 kHz frequency offset.

■ *Link Microtek Ltd.*
www.linkmicrotek.com

Components

Radar Demonstration Kits Covering the 2.4 GHz ISM Band



Pasternack unveiled the brand new PEM11000-KIT and PEM11002-KIT radar demonstration kits covering the popular 2.4 GHz industrial, scientific, and medical (ISM) band with no special licensing required. These demonstration kits offer a convenient educational resource to study and experiment with microwave radar fundamental theory and principles making it ideal for classroom instruction and research and development projects.

Pasternack's new radar demonstration kit is an innovative tool that can be used to study and learn about the principles of microwave radar object detection, motion detection, and determine the range of objects. Experimental radar operating modes can be selected for CW, FMSW, or Doppler. Output waveforms can be set for Single Tone, Frequency Ramp, or Sawtooth. This unique kit contains all digital and RF hardware that features a radar board that includes an integrated speaker and signal indicator to support both audio and visual feedback of received signal strength. A tunable signal filter is also included to allow for design and implementation of customized passive or active filtering.

The radar demonstration unit from Pasternack is command controlled via a downloadable graphical user interface (GUI) for Windows-based computers using the VISA protocol. The connection is made using a simple USB or Bluetooth connection. The PEM11002-KIT model comes complete with a radar board, antennas, cables, and accessories that include a mounting plate, tripod, and USB battery pack. The kit includes a detailed user guide and programming manual as well as a lesson guide.

The new PEM11000-KIT and PEM11002-KIT radar demonstration kits are in-stock and available to ship from Pasternack now. You can view all the product specifications on Pasternack's website.

■ *Pasternack*
www.pasternack.com

Low PIM Couplers



MECA's Low PIM High Power (300 watts) Couplers meet and exceed the industry standard of -161 dBc typical for all your DAS Application needs. Available in 6 & 10 dB models and weatherproof IP 67 rated. Available in Type N. Made in USA and 36-month warranty.

■ *MECA Electronics Inc.*
www.e-meca.com

Low PIM 4.3/10.0 Reactive Splitters



MECA's Low PIM (-160 dBc typ.) Reactive Splitters for DAS applications, with rugged construction and excellent performance across all wireless bands from 0.698 to 2.7 GHz make them ideal for in-building or tower top systems. Now available in 2-way and 3-way configurations with 4.3/10.0 soon. Capable of handling 500 watts (max.) with an IP 67 weatherproof rating. Made in and with 36 month warranty.

■ *MECA Electronics Inc.*
www.e-meca.com

Weatherproof IP67 Enclosure System

MECA offers weatherproof IP 67 enclosure system with cable interfaces. Eliminates need for cabling drip loops resulting in a cleaner visual appearance for site appro-

Components



vals. The enclosure system is designed to be serviceable for all internal parts. Made in USA & 36 month warranty.

■ *MECA Electronics Inc.*
www.e-meca.com

Public Safety Band Power Divider/Combiners

2-Way through 8-Way, Public Safety Band Power Dividers and higher power 2 & 4 way Combiners all optimized for excellent performance covering from 5MHz – 500 MHz. Their rugged construction makes them ideal for public safety networks. Available in Type-N, SMA, BNC & TNC Female connector styles. Made in the USA – 36 month warranty.

■ *MECA Electronics Inc.*
www.e-meca.com

Remote Control Reference Design Marries Voice Input Performance with Ultra-Low Power Consumption



Nordic Semiconductor today announced the availability of its 'nRFready Smart Remote 3 for nRF52 Series' reference design that leverages the class-leading processing power and feature set of Nordic's latest nRF52832 Bluetooth low-energy System-on-Chip (SoC) to marry unparalleled voice input performance with ultra low power consumption.

Targeting remote control OEMs/ODMs and manufacturers of smart TVs, set-top boxes, and digital media devices, the reference design is designed to deliver a rich, intuitive, and engaging end-user experience. It features state-of-the-art voice input for speech recognition-driven search and control functions using a pair of PDM microphones employed for echo and noise cancellation. There is also a digital mic input option, six-axis motion sensor 'Air-mouse' for physical gesture control, multi-touch trackpad, a matrix of programmable keyboard buttons, legacy IR hardware support, user-friendly NFC Touch-to-Pair (future software release), and an on-board buzzer that implements the Bluetooth low energy Find Me Profile.

■ *Nordic Semiconductor ASA*
tinyurl.com/NordicSemi

New WiFi Switches

Skyworks introduced two new WiFi switches that are ideal for WLAN networks, repeaters, ISM band radios, Bluetooth systems, smartphones, and connectivity modules. The SKY13585-679LF is a single-pole, double-throw (SPDT) switch intended for 1 to 6 GHz applications. Using advanced switching technologies, this switch maintains low insertion loss and high isolation for all switching paths. The SKY13586-678LF is a single-pole, triple-throw (SP3T) antenna switch for 2.4 GHz Wi-Fi applications.

These devices offer wide 3 to 5 V supply range and are compatible with 1.8 or 3.3 V control logic. They require fewer control signals from industry-standard SP2T and SP3T solutions and include integrated DC blocking capacitors, so no external DC blocking capacitors are required. They also feature high-linearity performance and low insertion loss, making them an ideal choice for transmit/receive applications. The switches are available in ultra-miniature 1 x 1 and 1.1 x 1.1 packages (6- or 8-pin), saving precious application board space and cost for OEMs.

■ *Skyworks*
www.skyworks.com

Oscillators

Low-Power Ultra-Miniature Crystal Oscillators



Euroquartz has launched a new range of low-power ultra-miniature quartz crystal oscillators from Statek designed for use in a wide range of applications. Hermetically sealed in a high reliability 4-pad ceramic surface mount housing, the new oscillator offers fast start-up of 1 ms typical, tight calibration tolerance of ± 25 ppm and high shock resistance of 10,000 g typical.

Available at frequencies from 1 to 8.5 MHz and available for operation over the military temperature range from -55 to $+125$ °C, the new CXOLP series oscillators feature low current consumption of 55 μ A at 1 MHz making them ideal in low power hand-held products. Frequency stability over temperature specifications are ± 10 to ± 50 ppm for commercial (-10 to $+70$ °C), ± 20 to ± 100 ppm for industrial (-40 to $+85$ °C) and ± 40 to ± 100 ppm for military. Output load is 5 pF (CMOS), and supply voltage is 1.8 to 3.3 V $\pm 10\%$.

Additional specifications include rise/fall times of 5.5 and 5 ns respectively (10% to 90%), duty cycle of 40% minimum and 60% maximum, low ageing of 2 ppm in first year and output enable/disable option available. Package size is 3.2 x 1.5 x 0.95 mm (l x w x d), and the low-power oscillators can be supplied in tray pack or on 12 mm tape reels (7 or 13 in per EIA 481). Maximum process temperature is 260 °C for 20 seconds.

■ *Euroquartz Ltd/*
Frequency Products
www.euroquartz.co.uk

Cables & Connectors

Lowcost BNC Adapter for Commercial Applications



RFMW Ltd. announced design and sales support for model P1AD-BNMM from P1dB. The P1AD-BNMM is a BNC male to BNC male adapter offering a miniature, quick connect/disconnect for commercial RF applications. Operating up to 3 GHz in a 50 ohm environment, the adapter's body is nickel plated zinc while the center contacts are gold plated brass. The P1AD-

BNMM features a maximum VSWR of 1.2:1 making it useful in SATCOM, RFIC development labs and lower frequency test and measurement applications. Overall length of the adapter is 32 mm. P1dB offers low cost, in-series and between-series adapters up to 65 GHz.

■ *RFMW Ltd.*
www.rfmd.com

New Assemblies for In-Cabinet & On-Board Interconnection



Times Microwave has recently introduced new TFlex cable assemblies up to 26.5/40 GHz:

- Cost effective In-cabinet jumpers
- SM/SMRA connectors available for 18 GHz cables
- KM connectors available for 40 GHz cables
- Excellent shielding effectiveness
- Stable loss, phase and VSWR vs. flexing

Here is the connector selection for your reference: 3190-6181 SC-402-SM, 3190-2921 TC-402-NMH, 3190-6072 TC-405-SMPF-RA, 3190-6225 EZ-405-KM-SS.

TFlex-402 connector is compatible with .141 semi-rigid and conformable cable. TFlex-405 connector is compatible with .086 semi-rigid and conformable cable.

■ *Times Microwave Systems*
www.timesmicrowave.com

Aktuelles

Microlease erhält von Frost & Sullivan Auszeichnung „Company of the Year“



Zum dritten Mal in Folge wurde Microlease mit der Auszeichnung „Unternehmen des Jahres für beste Praktiken bei weltweiten Miet- und Leasing-Dienstleistungen für Test- und Messtechnik“ ausgezeichnet, und zwar auf Frost & Sullivans „Growth, Innovation & Leadership Awards Bankett“ in London. Die Auswahl erfolgte basierend auf einer aktuellen Studie des Miet- und Leasingmarktes für Test- und Messgeräte. Damit wird die Strategie gewürdigt, mit der sich Micro-

lease erheblich vom Wettbewerb absetzt.

„Durch eine einzigartige Strategie hat Microlease zum dritten Mal in Folge diese Auszeichnung verdient“, erklärte Jessy Cavazos, Industry Director bei Frost & Sullivan. „Microlease verzeichnet seit einigen Jahren ein kontinuierliches Wachstum, führt stets neue und gebrauchte Test- und Messgeräte ein und bietet ein Bestandsmanagement, das sich für das Unternehmenswachstum als äußerst förderlich erweist. Ein Teil des Erfolgs von Microlease liegt in der weltweiten Auslegung des Geschäfts, was eine sehr effiziente Bereitstellung der Geräte ermöglicht.“

Nigel Brown, CEO bei Microlease, fügte hinzu: „Wir freuen uns außerordentlich, diese Auszeichnung nun zum dritten Mal in Folge von einem derart renommierten Unternehmen zu erhalten. Microlease arbeitet sehr nahe an den Kunden, um deren Anforderungen zu verstehen und sich an weltweite Veränderungen und Trends im Markt anzupassen. Wir werden unser weltweites Angebot weiter ausbauen, damit Kunden ihre Bestände effizienter verwalten und Chancen besser nutzen können. Damit schaffen wir eine starke Basis treuer Kunden, die sich auf uns verlassen.“

■ *Microlease*
www.microlease.com/de

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift für HF- und Mikrowellentechnik

• Herausgeber und Verlag:

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

• Redaktion:

Dipl.-Ing. Reinhard Birchel (RB)
Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

• Anzeigen:

Frank Wege
Tel.: 06421/9614-25
Fax: 06421/9614-23
frank.wege@beam-verlag.de

• English Contact:

Myrjam Weide
Fon.: +49-6421/9614-16
m.weide@beam-verlag.de

• Erscheinungsweise:

monatlich

• Satz und Reproduktionen:

beam-Verlag

• Druck & Auslieferung:

Strube Druck & Medien oHG

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

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

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

**H
E
B
A
B
M
I
T
U
N
S
E
R
E
N
P
R
O
D
U
K
T
E
N**

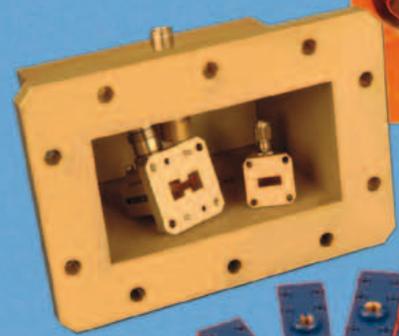
Koaxiale Stecker und Adapter



**Multipin
Kabelsätze**

Spectrum
Elektronische Geräte
wo Qualität benötigt wird

**Konfektionierte
Kabel
DC bis 68 GHz**



**Hohlleiter/
Koax Adapter**



**Gain Amplitude
Equalizers**

**Phaseenschieber
DC bis 63 GHz**



**Telefon: +49-89-3548-040
Fax: +49-89-3548-0490
Email: Sales@Spectrum-et.com**

www.spectrum-et.com

HOCHSTABIL UND RAUSCHARM

Aus deutscher
Fertigung

ITAR-frei

• VCXO, TCXO, OCXO

• PLL-Oszillatoren

• Microwave Module

• Gated Oszillatoren

• Space Oszillatoren

• Piezoresonatoren

• Piezosensoren

AXTAL ADVANCED XTAL PRODUCTS
RA.0303.114.11-17201-1313
100.000 MHz
AXIOM6060-11_Rev.2
S/N: 17201
13/13



- Extrem rauscharm bis $-183\text{dBc}/\text{Hz}$
- Vibrations-isolierte Oszillatoren
- SMD, THD und SMA-Gehäuse
- Kommerzielle und MIL-Anwendungen
- Luft- und Raumfahrt
- Kundenspezifische Lösungen

Weitere Informationen erhalten Sie über →

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

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

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

GLOBES
ELEKTRONIK



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

