

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

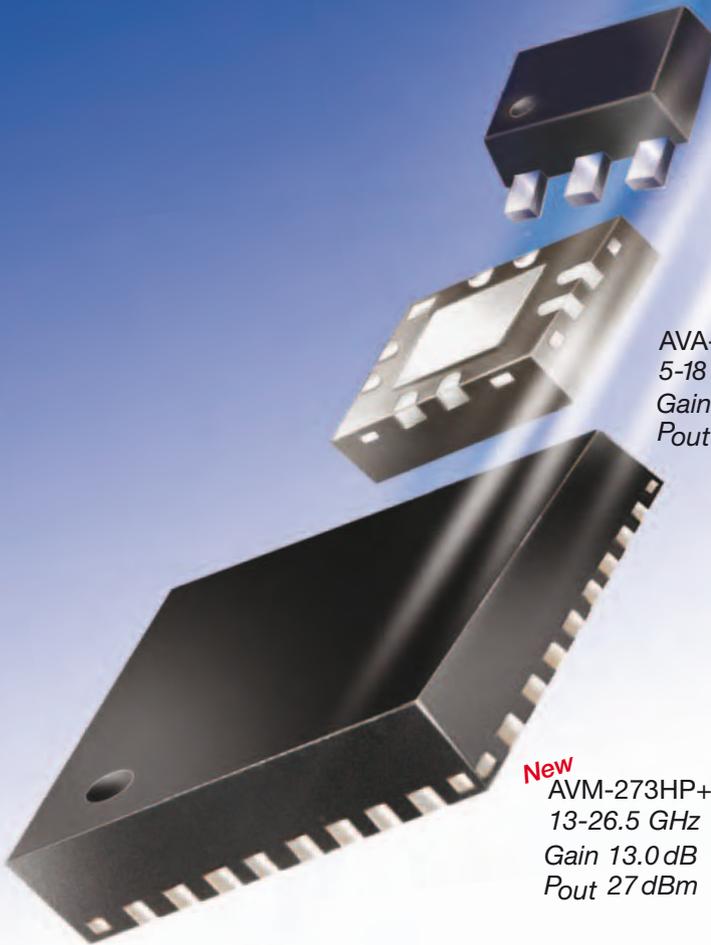
Messsystem für elektromagnetische Felder

Anritsu,
Seite 28



50 MHz to 26.5 GHz

THREE AMPLIFIERS COVER IT ALL!



PHA-1+ \$199
0.05-6 GHz ea. (qty. 20)
Gain 13.5 dB
P_{out} 22 dBm

AVA-183A+ \$695
5-18 GHz ea. (qty. 10)
Gain 14.0 dB
P_{out} 19 dBm

New
AVM-273HP+ \$2795
13-26.5 GHz ea. (qty. 10)
Gain 13.0 dB
P_{out} 27 dBm

Mini-Circuits' neuer Breitbandverstärker **AVM-273HP+** bietet 13 dB Gain, ist unter allen Betriebsbedingungen stabil und eignet sich für Applikationen im Bereich 13 bis 26,5 GHz mit 0,5 W bis zu Signalleistung. Die Verstärkung schwankt dabei um maximal ± 1 dB und 58 dB Isolation machen Ihre Anwendung zu einem herausragenden Puffer in P2P-Funkanwendungen, Militärapplikationen, Radarlösungen, DBS, VSAT und mehr. Interne Schutzschaltungen verhindern Rückspannungen, Spannungs-Sequencing und Stromschwankungen, und das bei einem sehr kleinen Gehäuse.

Der **AVA-183A+** bietet 14 dB Verstärkung mit maximal ± 1 dB Flatness zwischen 5 und 18 GHz, 38 dB Isolation und bis zu 19 dBm Signalleistung. Dieser Verstärker ist stabil unter allen Bedingungen und ein optimaler LO-Treiber. Interne DC-Blocks, ein Bias Tee und Koppelkondensatoren zeichnen ihn weiterhin aus und minimieren Entwicklungszeit, Kosten und Platzbedarf.

The **PHA-1+** nutzt E-PHEMT-Technologie, um einen besonders hohen Dynamikbereich und somit niedriges Eigenrauschen wie exzellente IP3-Performance zu erreichen. Dies und sein Frequenzbereich von 50 MHz bis 6 GHz prädestiniert ihn für die Anwendungsfelder LTE und TD-SCDMA. Eine geringe Rückflussdämpfung bei Ein- und Ausgang über fast sieben Oktaven sichert darüber hinaus Einsatzmöglichkeiten bei CATV, Wireless LANs und Basisstations-Infrastruktur.

Auf www.minicircuits.com finden Sie weitere Informationen, wie Kennlinien, Grenzwerte, Maßangaben und Applikationsbeispiele. Alle drei Modelle liegen zum sofortigen Versand an Sie bereit!

 RoHS compliant

FREE X-Parameters-Based
Non-Linear Simulation Models for ADS 
<http://www.modelithics.com/mvp/Mini-Circuits.asp>

Mini-Circuits®

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

DISTRIBUTORS

478 rev P

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

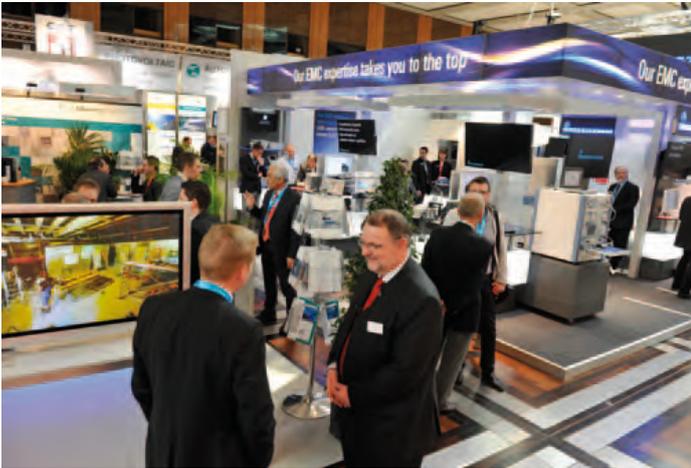
Mini-Circuits Europe

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

EMV 2015 – Vielversprechende Aussichten für alle Beteiligten



Die Vorbereitungen zur EMV 2015 sind in vollem Gange: vom 24. – 26.03.2015 trifft sich die gesamte Branche in Stuttgart. Parallel finden dort die EMV Fachmesse und die Workshops zur Elektromagnetischen Verträglichkeit statt. Diese einzigartige EMV-Plattform vereint renommierte Aussteller und Besucher vom Fach und bietet EMV-Lösungen für individuelle Herausforderungen der Branche.

Die Fachbesucher erwartet zusätzlich zur Messe ein breitgefächertes Rahmenprogramm. So werden beispielsweise kostenlose Präsentationen und Fachdiskussionen auf dem Messegelände geboten, die dem Besucher die Möglichkeit geben, sich im Detail über Neuheiten und Entwicklungen der Branche zu informieren. Auf den parallel zur Messe stattfindenden Workshops

stehen vielfältige Themen zur EMV auf dem Programm. Diese bilden die Grundlage für weiterführende Diskussionen über die Elektromagnetische Verträglichkeit. Eine weitere Besonderheit stellt die kostenlose Teilnahme am Plenarvortrag dar: Reinhard Prechter, Leiter Bordnetze, EMV und Antennen, der Audi AG, referiert zum Thema „Aktuelle Trends und Herausforderungen der Automobilelektronik“.

Der Besuch der EMV Messe 2015 ist für registrierte Fachbesucher kostenfrei. Workshop-Teilnehmer profitieren bis zum 09. Februar 2015 von attraktiven Frühbucherpreisen. Weitere Informationen zu Messe und Workshops sind unter e-emv.com zu erhalten.

■ *Mesago Messe Frankfurt GmbH*
www.e-emv.com



municom[®]
Technische Beratung und Distribution



- Bauelemente für die Hochfrequenztechnik, Opto- und Industrieelektronik
- Hochfrequenzmessgeräte
- Obsolete und schwer beschaffbare ICs (Hersteller-autorisiert)

municom[®]
www.municom.de



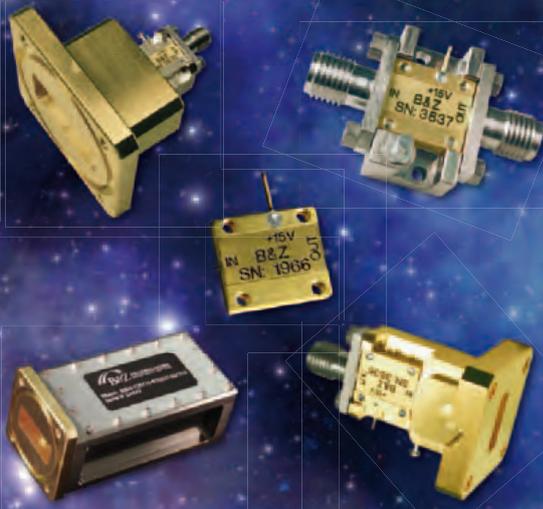
municom GmbH
Fuchsgrube 4
83278 Traunstein
info@municom.de
Tel. +49 861 16677-99

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification
N° 1393-DIN-02-001
EN ISO 9001:2008



State of the Art MW-Amplifiers from 5 kHz to 60 GHz

- Cryogenic Amplifiers
- High Dynamic Range Amplifiers
- High Power Amplifiers
- Low Noise Amplifiers
- Multi Octave Amplifiers
- SATCOM Amplifiers
- Wideband Amplifiers
- Waveguide Amplifiers
- EMC Amplifiers



TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG
Bunsenstr. 5/II
D-82152 Martinsried

info@tactron.de
www.tactron.de

Fon: +49 89 895 569 0
Fax: +49 89 895 569 29

Inhalt

Zum Titelbild:



Mess-System für elektromagnetische Felder

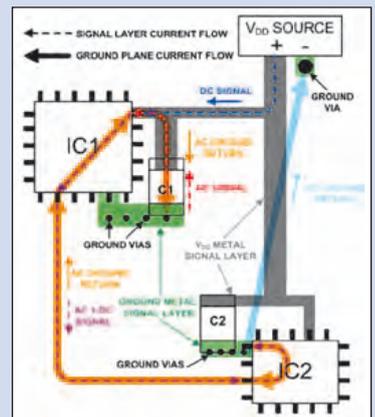
Anritsu stellte für seine Handheld-Analysatoren Spectrum Master MS271xE und für die Basisstations-Analysatoren Cell Master MT8212E/MT8213E ein System zum Messen von Strahlung im elektromagnetischen Feld (EMF) vor. 28

In dieser Ausgabe:

Praxis:

Masseführung auf Platinen mit gemischten Chips, Teil 2

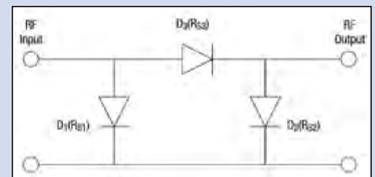
Dieser zweite von drei Teilen nimmt zunächst die Bypasskondensatoren, dann die Art und Weise der Masseflächengestaltung und schließlich die Signalführung oberhalb der Platine näher ins Visier. 6



Dämpfungsglieder:

Breitbandiges PIN-Dioden-Dämpfungsglied für allgemeine Anwendungen

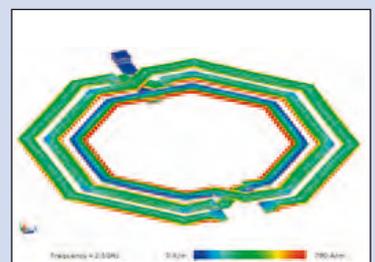
Design und Leistungsfähigkeit eines auf vier PIN-Dioden basierenden Hochleistungs-dämpfungsgliedes 12



HF-Technik:

Entwurf und Simulation von RFIC Spulen

Integrierte Hochfrequenzschaltungen werden immer komplexer und unterstützen eine immer größere Anzahl unterschiedlicher Frequenzbänder. Dem Entwurf von Spulen in RFIC-Designs kommt daher eine besondere Bedeutung zu. 42



Messtechnik:

Phasenschieber-Grundlagen



Phasenschieber sind eine kritische Komponente in vielen HF- und Mikrowellen-Systemen. Zu den Applikationen gehören z.B. die Kontrolle der relativen Phase jedes Elements einer Phase-Array-Antenne oder eines steuerbaren Übertragungs-Links. 24

EMV:

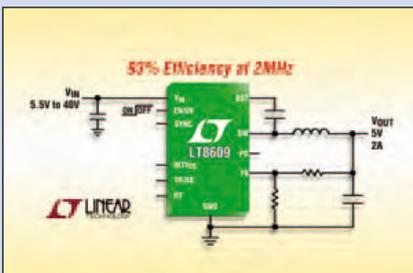
Ultra-Low Noise Option für TDEMI X ermöglicht niedrigstes Rauschen bis 40 GHz



Mittels der vorgestellten neuen Option Ultra Low Noise für die TDEMI-X-Geräte können hochempfindliche Emissionsmessungen bis 40 GHz ohne externen Vorverstärker durchgeführt werden. 34

Bauelemente:

Hocheffizienter 2-A-Synchron-DC/DC-Abwärtsregler

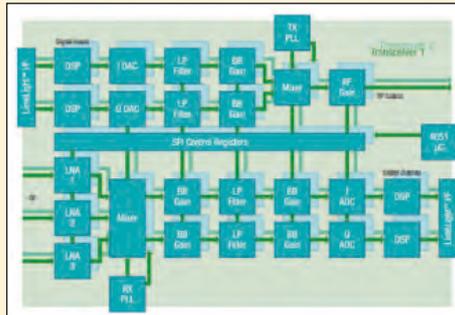


Linear Technology präsentierte den Synchron-Abwärts-Schaltregler LT8609 für 2 A/42 V. Dank einer einzigartigen Synchrongleichrichter-Topologie erreicht er bei 2 MHz Schaltfrequenz einen Wirkungsgrad von 93%. 46

RF & Wireless International



High-power WR28 waveguide dual-channel rotary joint for compact Ka-band satellite communications 54



Lime Microsystems announced new programmable dual transceiver 56



Keysight Technologies Announces Best-in-Class Femto/Picoammeters and Electrometers for Research and Development of New Materials 58

Rubriken:

Aktuelles	3
Inhalt	4
Praxis	6
Dämpfungsglieder	12
Messtechnik	18
EMV	34
EMV/Funkmodule	40
HF-Technik	42
Bauelemente	46
Produkt-Portrait	50
RF&Wireless	52
HF- und Mikrowellenfilter/Impressum	62



- » **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

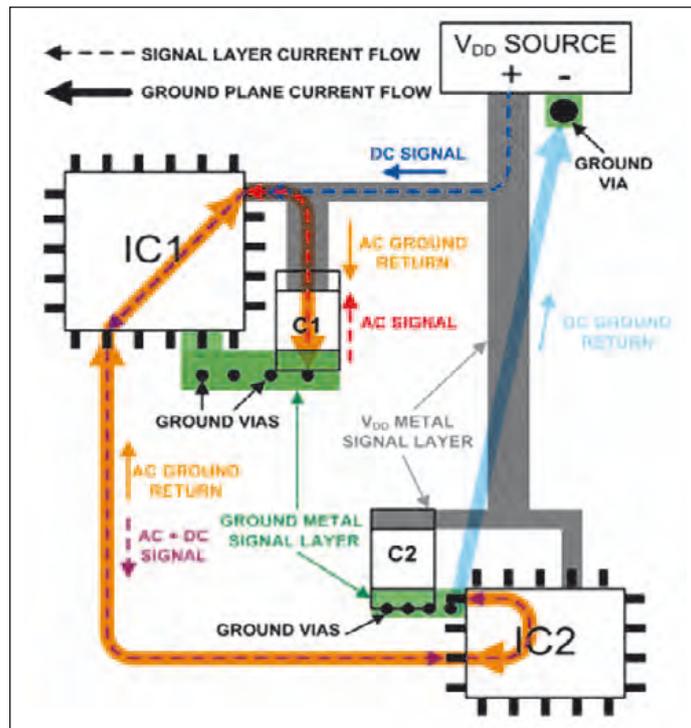
tel +49 89 54 43 23-0
fax +49 89 54 43 23-21

info@compotek.de
www.compotek.de

Masseführung auf Platinen mit gemischten Chips, Teil 2

Dieser zweite von drei Teilen nimmt zunächst die Bypasskondensatoren, dann die Art und Weise der Masseflächengestaltung und schließlich die Signalführung oberhalb der Platine näher ins Visier.

Originaltitel: "Successful PCB Grounding with Mixed-Signal Chips - Follow the Path of Least Impedance" by Mark Fortunato, Senior Principal Member of Technical Staff, Maxim Integrated Products, Inc., October 2012 frei übersetzt von FS



zu fassen ist. Man kann noch tiefer in den Ablauf einsteigen, indem man die Betrachtung im Bereich mittlerer Frequenzen verfeinert. Für die gezeigten praktischen Beispiele wären das Frequenzen zwischen 500 kHz und 1 MHz. Diese Frequenzen sind tief, genug, dass ein signifikanter Teil des Stroms aus der Versorgungsquelle statt praktisch vollständig aus den Kondensatoren fließt.

In diesem Fall fließt ein Teil des Rückkehrstroms unter der Signalspur, aber die Verteilung wird natürlich viel breiter sein als bei deutlich höheren Frequenzen. Und am IC fließt der Rückkehrstrom nicht vollständig durch den Kondensator, sondern teilweise auch durch die Batterie. Mit weiter sinkender Frequenz haben die parasitären Kapazitäten und Induktivitäten immer weniger Auswirkungen, und mehr Strom fließt durch den Gleichstrompfad. Glücklicherweise wird dieser „Mittelfall“ schon von den Versuchen eingeschlossen. Es wurden ja optimale DC- und AC-Pfade geschaffen.

Bypasskondensatoren sind wichtig

Wie in Teil 1 klargeworden sein dürfte, kommt eine vollständigere Beschreibung des Signalstromkreises an den Bypasskondensator an jedem IC und an der Stromquelle nicht vorbei. Die skizzenhaft besprochenen Beispiele werden jetzt ausgebaut und konkretisiert. Das kann so aussehen wie im Aufmacherbild. IC1 versorgt dabei ICs mit einem Signal. Hier sind die Pfade für AC und DC eingezeichnet.

Wie zu erwarten, decken sie sich im Massebereich nicht. DC nimmt den direkten Weg, AC ab einer bestimmten Frequenz läuft unterhalb des oberen Signalpfades entlang, obwohl eine durchgehende Massefläche besteht. Die Versorgungsstromleitung ist auf der oberen Ebene in Grau zu erkennen. Verbindungen zur Massefläche erfolgen mit Vias in den grünen Bereichen. Die Signalströme auf der Oberseite werden mit der Farbe Ocker gezeigt. Sie sind am leichtesten zu verstehen, da außerhalb der ICs an die Leitungen gebunden. Die Rückkehrströme haben andere Mög-

lichkeiten, zu fließen. Gleichstromströme wählen den Pfad des geringsten Widerstands, also den kürzesten Abstand. Die hochfrequenten Ströme fließen unter der oberen Signalspur mit einer bestimmten Verbreiterung, die mathematisch

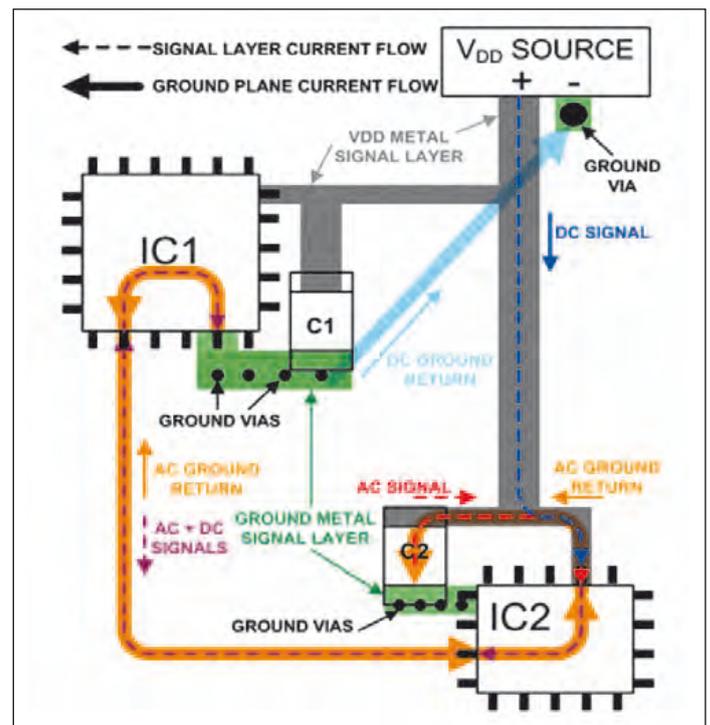


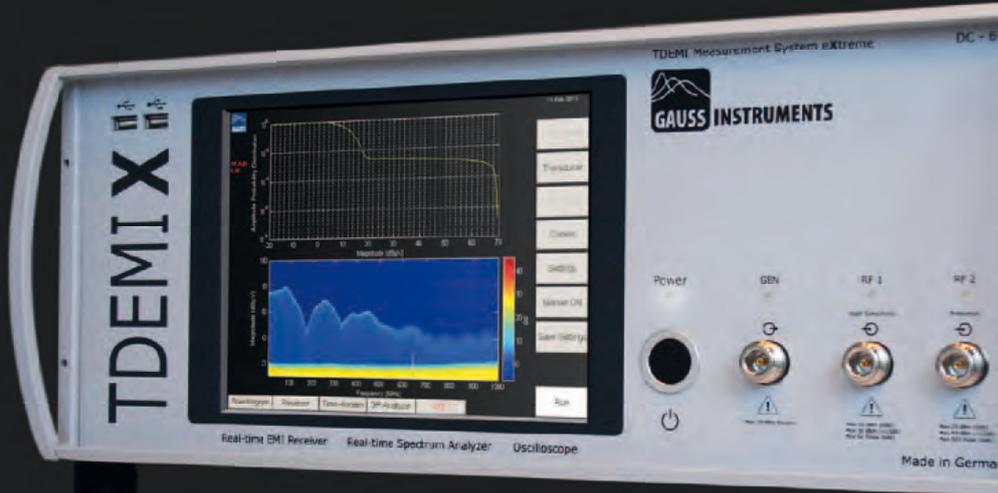
Bild 12: Stromflüsse für den Fall, dass IC1 von IC2 versorgt wird

Ein rundes Programm

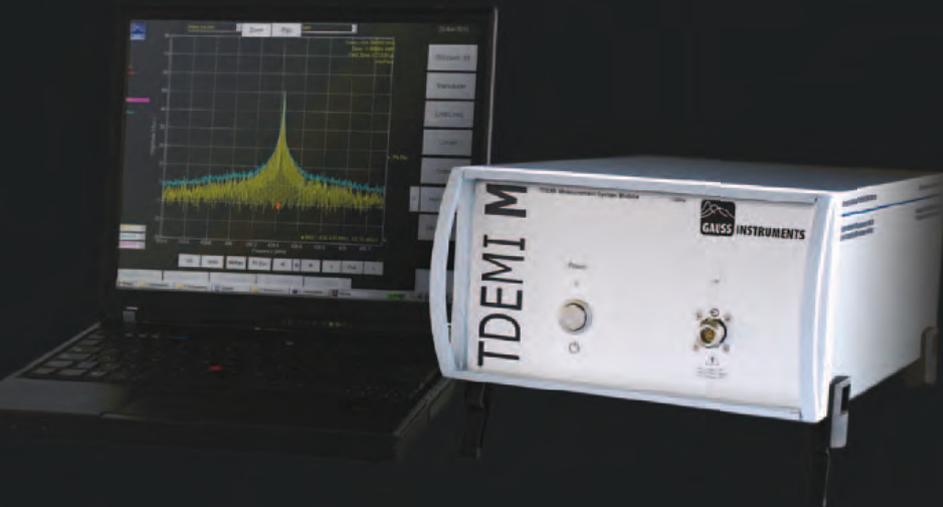
- AT Schnitt Quarze
- Uhrenquarze
- TCXO/VCTCXO
- SAW Filter
- Clock Oszillatoren
- Quarzfilter

www.telcona.de
info@telcona.de

TELCONA
BEST IN ELECTRONIC COMPONENTS



TDEMI. DIE ALLESKÖNNER FÜR IHRE EMISSIONSMESSUNGEN



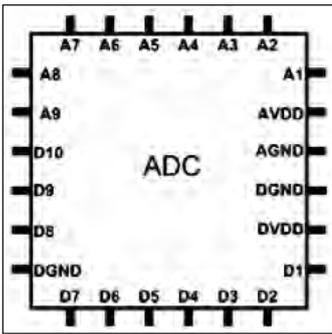


Bild 13: Ein A/D-Konverter hat analoge und digitale Masseanschlüsse.

Dabei sind die Bypasskondensatoren entscheidend, weil sie dafür sorgen, dass HF die ICs als auch die Versorgung umgehen kann. Es gilt: Je größer die Entfernung und somit parasitäre Impedanz zwischen der Versorgungsstromquelle und dem IC und je geringer die Signalfrequenz, umso größere Bedeutung erlangt der Bypasskondensator. Je größer der Abstand und je geringer die kleinste Signalfrequenz, umso größer muss seine Kapazität sein, damit er seine Aufgabe möglichst gut erfüllt.

Der Vollständigkeit halber zeigt Bild 12 die Situation für den Fall, dass IC1 von IC2 versorgt wird. Man beachte die verschiedenen Wege durch die ICs sowie den kürzeren Gleichstrompfad. In diesem Fall ist es C2, der Bypasskondensator für IC2, der diesen mit dem HF-Signalstrom über den VDD-Anschluss versorgt. Der an IC1 gelieferte Strom fließt dort über den Masseanschluss zurück zu IC2.

Masse heißt nicht Nullpotential

An dieser Stelle ist es wichtig, zu verstehen, dass eine Massefläche kein ausgeglichenes Nullpotential bedeutet. Zu allererst weist jede Massefläche, ganz gleich, wie dick das Kupfer ist, einen ohmschen Widerstand auf. Schon deshalb gibt es „Nebensprechen“, wenn z.B. die analogen und die digitalen Rückkehrströme oder zwei ähnliche Ströme einen Teil der Massefläche gemeinsam nutzen. Je größer der Strom, umso größer der entsprechende

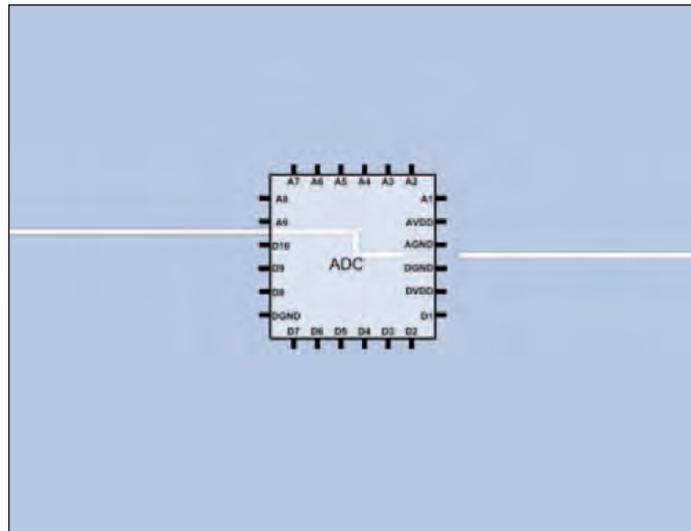


Bild 14: Aufteilung der Massefläche in Analog- und Digitalbereich

Spannungsabfall. Der sorgfältige Entwickler muss daher versuchen, die Masseanschlüsse von verschiedenen Komponenten möglichst nahe zueinander vorzunehmen, idealerweise am selben Punkt. Man spricht von Sternpunktterdung. Das Problem wird immer dann besonders akut, wenn hohe Ausgangsströme fließen. Beispielsweise 100 mA an 0,01 Ohm Leitungswiderstand bedeuten schon eine Störspannung von 1 mV. Selbst wenn die gestörte Signalspannung 10 mV beträgt, kommt ein Fehler von 10% zustande.

Bei hohen Frequenzen und steilen Flanken überwiegt der Einfluss der parasitären Induktivität den Einfluss des Kupferwieder-

stands, wenn die Massefläche nicht konsequent fachgerecht ausgelegt wurde. Je größer die Änderungsgeschwindigkeit des störenden Signals (z.B. Ausgangsstrom), umso größer wird die induzierte Störspannung.

Daher verursachen gemeinsame Rückkehrpfade oft Probleme, wenn sie Digitalsignale mit Analogsignalen führen. Die schnellen Ausgangssignale der Digitalbausteine können eine empfindliche Analogelektronik extrem stören.

Eine andere Ursache für unerwartete Spannungen im Bereich der Masserrückführung kann deren elektrische Länge sein. Dies ist die Leitungslänge in Teilen der Wellenlänge des Signals.

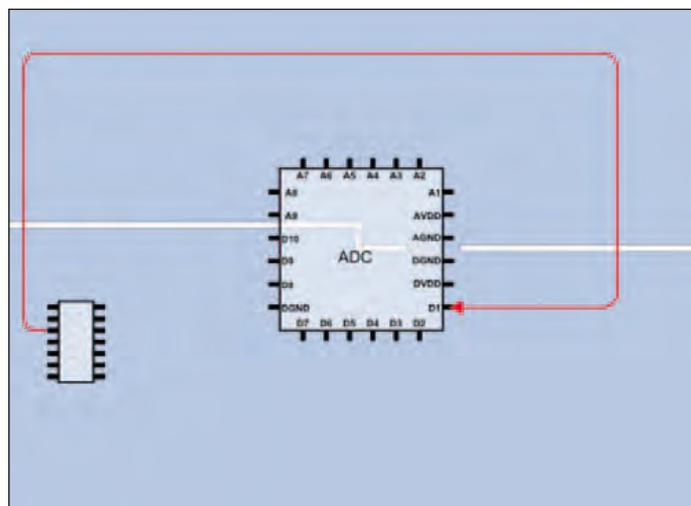


Bild 15: Schlechte Lage einer digitalen Leitung

Unter bestimmten Voraussetzungen (Ein- und Ausgangswiderstand, Wellenwiderstand, konkrete elektrische Länge) kann es zu Resonanzerscheinungen und/oder Reflexionen kommen. Grundsätzlich sollte man elektrisch kurze Verbindungen anstreben (1/10 oder weniger der kleinsten Signalwellenlänge). Wo das nicht möglich ist, sollte man Striplines mit dem Eingangswiderstand angepasstem Wellenwiderstand vorsehen.

Anwendung in der Praxis

Die erlernten Grundlagen versetzen Entwickler in der Lage, die Erdung von gemischten analogdigitalen ICs richtig auszuführen. Letztlich ist es dabei das Ziel, sicherzustellen, dass die digitalen und analogen Ströme nicht den selben Rückkehrpfad gemeinsam benutzen. Oder anders formuliert: Man muss konstruktiv dafür sorgen, dass die Digital- und Analogsignale getrennte Wege gehen. Wenn dies gelingt, dann ist die größere Ursache für Probleme, Störungen und Fehler, hervorgerufen durch die „bösen“ Digitalsignale und sich zeigend an den relativ empfindlichen Analogsignalen, beseitigt.

Eine grundsätzliche Vorgehensweise ist, die Massefläche in einen digitalen und einen analogen Abschnitt aufzutrennen und nur an einem Punkt geschlossen zu lassen, wo digitaler und analoger Massestrom noch zusammenfließen. Dies ist eine gute Ausgangsposition. Wenn man die ICs richtig anordnet, dann ist die Auftrennung meist recht einfach möglich. Bei ADCs und DACs gilt es zu prüfen, ob der Hersteller schon die Voraussetzungen dafür geschaffen hat. Etwa bei dem IC in Bild 13 liegen analoge und digitale Masseanschlüsse direkt beieinander, sodass man kaum eine Wahl hat. Wenn dieser IC Mittelpunkt einer Platine mit sowohl analogen als auch digitalen Schaltkreisen sein soll, dann ist eine Auftrennung der Massefläche gemäß Bild 14 optimal. Es spielt kaum eine Rolle, welche konkrete Funktion

CST STUDIO SUITE 2015

From Components to Systems. Simulate, Optimize, Synthesize.

From the first steps to the finishing touches, CST STUDIO SUITE® is there for you in your design process. Its tools allow engineers to develop and simulate devices large and small across the frequency spectrum. The powerful solvers in CST STUDIO SUITE 2015 are supplemented by a range of new synthesis and optimization tools, which are integrated directly into the simulation workflow. These can suggest potential starting points for component design, allow these components to be combined into systems, and finally analyze and fine-tune the complete systems. Even the most complex systems are built up from simple elements. Integrate synthesis into your design process and develop your ideas.

Choose CST STUDIO SUITE – Complete Technology for EM Simulation.



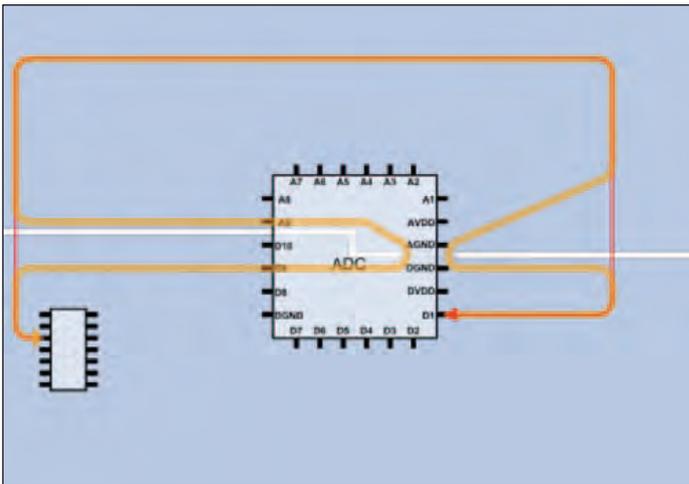


Bild 16: Die Rückkehrströme zeigen die Brisanz der Situation.

die Anschlüsse haben. Entscheidend ist, ob sie zum Analog- oder Digitalteil gehören.

Die digitalen Anschlüsse und die analogen Pins für Masse sind benachbart. Dies ist nicht ungewöhnlich, weil Chipentwickler die Realitäten der Platinenentwicklung kennen. Beachten Sie auch, dass es im Beispiel zwei digitale Pins gibt. Diese zu nutzen ist vorteilhaft oder notwendig, damit der Strom am Übergangspunkt niederohmiger fließen und somit weniger Schaden anrichten kann.

Der Entwickler ordnet nun alle analogen ICs oben und alle digitalen Chips unten an. Der ADC ist die einzige Einheit mit sowohl Analog- als auch Digitalsignalen. Angenommen, die Verteilung der digitalen Komponenten über dem digitalen Teil der Masse und die Anord-

nung der analogen Komponenten über dem anderen Teil sind gelungen. Das ist noch nicht alles. Man muss nun die Wege des Signals planen.

Dazu bringt Bild 15 einen schlechten Vorschlag für eine digitale Leitung. Warum? Sie ist viel zu lang und läuft weitgehend im Analogbereich. Die meisten Entwickler machen solche plumpen Fehler nicht. Sie sind sich bewusst, dass eine digitale Spur im analogen Bereich Analogsignale kontaminieren kann. Die Bedeutung des Problems wird nicht immer vollständig eingeschätzt. Das wird deutlich, wenn man sich vorstellt, wo der Wechselstromstrom zurückkehren würde. Bild 16 zeigt das in Orange. Man sieht, wie er der Signalspur folgt, bis er auf den Schnitt stößt. An diesem Punkt kann er nur durch den einzelnen

Verbindungspunkt zurückkehren, um zur anderen Seite des Schnitts zu kommen. Folglich fließt hier der digitale Strom nicht nur mit seinem hochfrequenten Gehalt auf der analogen Seite, sondern es sind auch noch zwei nette Schleifenantennen entstanden, die dieses Signal ausstrahlen!

Damit die „Schnittmethode“ funktioniert, müssen Entwickler nicht nur sicherstellen, dass die digitalen und analogen Bauteile auf ihrer jeweiligen Seite bleiben, sondern dass es die Spuren auch tun.

Was geschieht, wenn man auch diese Anforderung erfüllt? In Bild 17 ist skizziert, wie diverse einzelne Leitungen verlaufen sollten, ohne den Schnitt zu überqueren. Die Rückkehrströme

fließen unter den Signalspuren und reduzieren den Schleifenbereich, weil nur noch die Stärke der Platine die Signalspuren von der Massefläche trennt.

Erforscht man die Rückkehrströme näher, dann stellt man fest, dass keiner der Ströme „versucht“, den Schnitt zu überqueren. Dies ist der Fall, weil darauf geachtet wurde, die Komponenten so zu platzieren, dass sie über ihren Massebereichen liegen und dass die dann bestehende Möglichkeit genutzt wurde, auch all die Verbindungen, digital oder analog, über ihren jeweiligen Bereichen zu realisieren. Dann quert keine Leitung den Spalt. Da aber kein Strom den Schnitt überqueren muss, kann man auf diesen auch verzichten! ◀

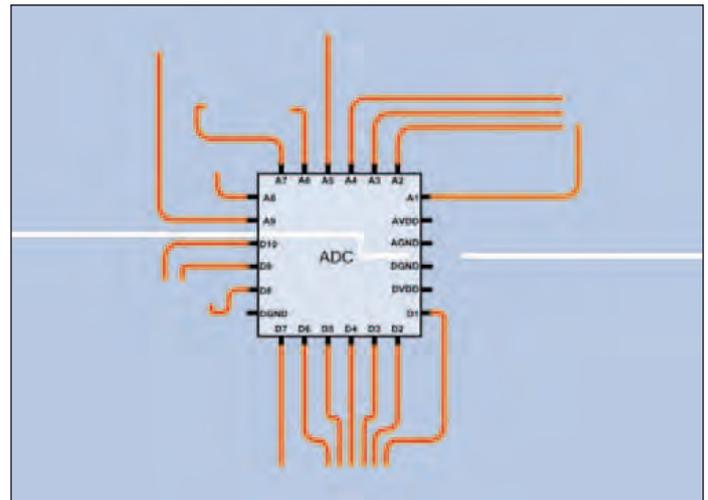


Bild 17: So ist es richtig: analoge Leitungen nur über dem „Analoggebiet“, digitale Leitungen nur über dem „Digitalgebiet“



Wainwright Instruments GmbH

Seit über 35 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.

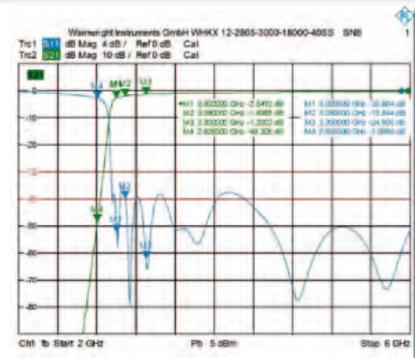
Ausführliche Spezifikationen und Preise von tausenden Standarddesigns finden Sie auf unserer Webseite.

HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer

Hochpassfilter (Chebyshev Design)
mit sehr steiler Flanke und Passband bis 18 GHz
Grenzfrequenz wählbar zwischen 1.0 und 8.0 GHz

z.B.:
WHKX12-2805-3000-18000-40SS
Grenzfrequenz: 3.0 GHz
Flanke von unter 200 MHz
40 dB min. von DC bis 2805 MHz
Einfügedämpfung: 3.0 dB max. an den Passbandecken, 1.8 dB typ.
Rückflussdämpfung: 12 dB min.
Abmessungen: 52 mm lang, 12.7 mm breit und 12.7 mm hoch
Gewicht unter 50 g
Befestigung: 3 x M2.5
Steckverbinder: SMA

Gerne senden wir Ihnen weitere Informationen.





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

Unsere neue Homepage ist online !



beam-Verlag
Fachverlag für Elektronik

Home | Fachzeitschriften | Fachartikelarchiv | HF-Technik | Einkaufsführer | Mediadaten | Media Kit | Messkalender
Fachbücher | Kontakt | Business-Talk | News-Archiv | Kolumne | Impressum

Herzlich Willkommen beim beam-Verlag in Marburg, dem
Fachverlag für anspruchsvolle Elektronik-Literatur.
Wir freuen uns, Sie auf unserer Homepage begrüßen zu können.



aktuelle News aus der Elektronik-Branche

SmartHome (Elektronik Award 2015) Start der Bewerbungsphase
Smart Home Die Bewerbungsphase für den diesjährigen SmartHome Award Deutschland ist gestartet. Die SmartHome Initiative Deutschland e.V. sucht die besten Ideen, Produkte und umgesetzten Projekte aus der gesamten Smarten Wohnbaubranche. Die Gewinner werden im März 2015 im Rahmen der SmartHome Awards 2015 in Marburg vorgestellt.
14.03.2015 | Aktuelles

Wahl der Vorstandswahl der HTW Aachen - Expertenwissen in Theorie & Praxis
Für alle diejenigen, die in die Zusammenarbeit einsteigen oder zu Tischen ausbauen und vertiefen möchten, bietet HTW Aachen in Kooperation mit der HTW Aachen vom 11. und 12. Februar 2015 die Bildungsveranstaltung 2015 an.
14.03.2015 | Aktuelles

Panasonic PRODUCT FINDER FÜR SENSOREN
Einfach und direkt zum richtigen Sensor!

NEO der neuen Filtertechnologie in der statischen Prozessregelung
Die statische Prozessregelung (SPC) gehört zum Filterprogramm nahezu jeder präzisesten Qualitätsicherung und ist seit Jahr eine Basistechnik in Guardos MES. Als integraler Bestandteil der Visual-Controlling dient sie dazu.

- Zeitschriften im Archiv als e-paper zum Blättern und als Download
- Optimiert für mobile Endgeräte
- Direkt-Links zu den Herstellern
- umfangreiches HF-Technik Fachartikel-Archiv
- Aktuelle Produkt-News und Business-Talk aus der Elektronik-Branche
- Komplettes Archiv der beliebten Kolumne „Das letzte Wort des Herrn B“ aus PC & Industrie

Besuchen Sie uns auf:
www.beam-verlag.de

Breitbandiges PIN-Dioden-Dämpfungsglied für allgemeine Anwendungen

Design und Leistungsfähigkeit eines auf vier PIN-Dioden basierenden Hochleistungs-dämpfungsgliedes

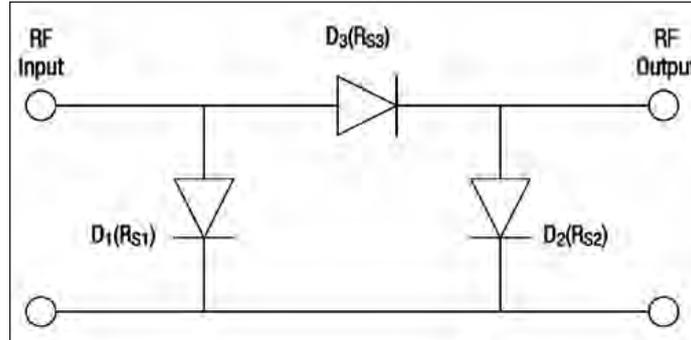


Bild 1: Das klassische PI-Dämpfungsglied mit drei Dioden

Dämpfungsglieder für die automatische Verstärkungsregelung (AGC = automatic gain control) auf der Basis von PIN-Dioden haben eine hohe Verbreitung in vielen breitbandigen Anwendungen, wie TV-Übertragungssysteme mit herkömmlichen Kabeln oder Glasfasern, drahtlose CDMA oder zellulare Kommunikation. PIN-Dioden sind kostengünstig in diversen kleinen Plastikgehäusen verfügbar und verursachen nur geringe Verzerrungen.

Grundlagen des PI-Dämpfungsgliedes

Die Pi-Struktur (Bild 1) ist ein gängiges Design für den großen Frequenzbereich von 10 MHz bis über 2 GHz. Die Vorteile dieses Designs sind die weitgehend frequenzunabhängige Impedanz, der große Dynamikbereich und die gute Kompatibilität zu AGC-Signalen. Die PIN-Diode wird darin als stromgesteuerter Widerstand genutzt. Noch weiter verbessern lassen sich die Eigenschaften mit der Struktur gemäß Bild 2. Setzt man hier die Low-Cost-Typen SMP 1307-011LF mit ihrem Plastikgehäuse SOD-323 ein, kann man Frequenzen zwischen 10 MHz und 3 GHz

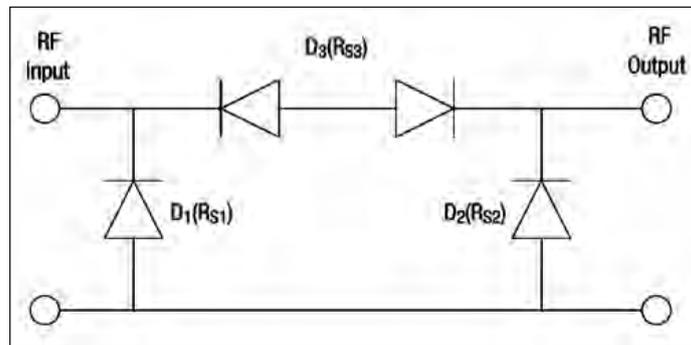


Bild 2: Ein Vierdioden-Dämpfungsglied

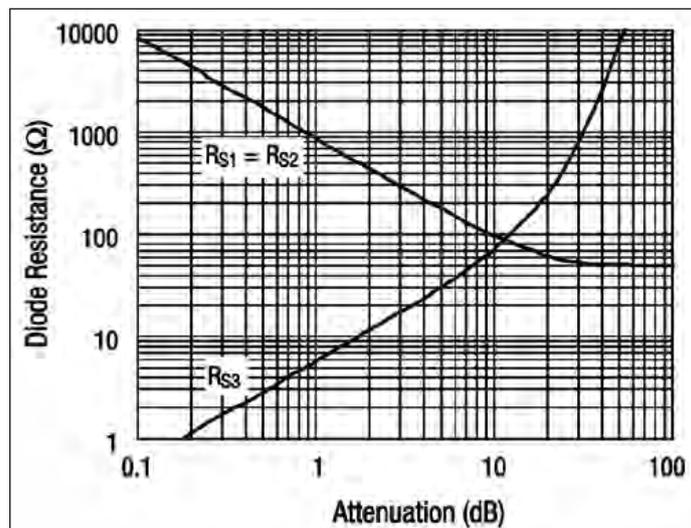


Bild 3: Gesamtdämpfung und HF-Widerstände der Dioden

Quelle:
Application Note: A Wideband General Purpose PIN Diode Attenuator
Skyworks Solutions, www.skyworksin.com
übersetzt von FS

sehr gut verarbeiten. Die Vorteile dieser Vierdiodenstruktur sind eine einfachere Bias-Lösung infolge der Symmetrie und ein sehr geringer Klirrfaktor infolge der Ausblendung harmonischer

Anteile durch die Back-to-Back-Anordnung der Seriendioden.

Aus Bild 3 sind die Widerstandswerte der einzelnen Dioden des einfachen PI-Glieds zu entneh-

men, die bei einer bestimmten Dämpfung der gesamten Anordnung auftreten. Die Längsdiode vergrößert mit steigender Gesamtdämpfung ihren Widerstand, während die Querdioden im Widerstand nachlassen. Bei 10 dB Gesamtdämpfung beispielsweise sind jeweils etwa 100 Ohm vorhanden. Dies alles gilt für ein 50-Ohm-Dämpfungsglied. Die Querdioden können daher niemals weniger als 50 Ohm erreichen.

Modellierung des Vierdioden-Dämpfungsgliedes

In dem Libra-IV-Model gemäß Bild 4 gibt es zwei symmetrische PIN-Dioden-Paare X3/X4 und X1/X2. Sie werden symmetrisch von zwei DC-Quellen gesteuert. Eine 5-V-Referenz sorgt dabei für ein adäquates Biasing, um die HF-Widerstände der Shunt-Dioden X2 und X3 nicht unter 50 Ohm sinken zu lassen bzw. bei höchster Dämpfung nahe 50 Ohm zu halten, während die Längsdioden hohe Widerstände aufweisen.

Die Werte der Biasing-Widerstände SRL3, SRL2, SRL1 und SRL4 wurden so gewählt, dass sich im gesamten Dämpfungsbereich ein möglichst niedriges SWR ergibt. Es wurde versucht, die Werte von SRL5 und SRL4 so zu bemessen, dass ein hoher Durchlasstrom durch die seriellen Dioden X4 und X1 fließt, ohne dabei die Einfügedämpfung zu beeinträchtigen. Die Dämpfung wird über die Steuerspannung VCTL von 1 bis 6 V eingestellt.

Diese Quelle treibt je einen Durchlasstrom durch die Seriendioden X4 und X1 über eine breitbandige Hochimpedanz-Ferritkernspule X7 vom Typ Taiyo-Yuden FBMH 4525, sowie die Widerstände SRL5, SRL4 und SRL6. Die Kapazitäten SRLC12, SRLC10 und SRLC5 schaffen die HF-Erde

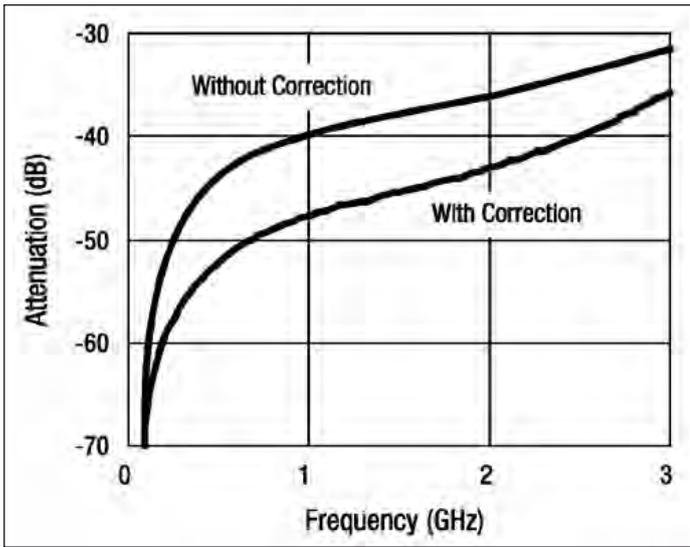


Bild 5: Effekt mit und ohne PI-Struktur. Die etwa 5 dB höhere Dämpfung mit Korrektur kommt durch eine entsprechend verbesserte Entkopplung zustande.

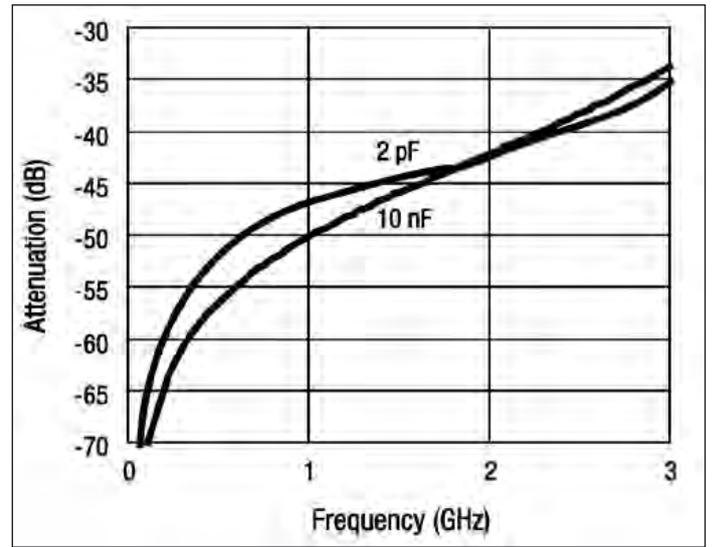


Bild 6: Kennlinie mit kleinem und großem Kondensator SRLC5

Bild 5 verdeutlicht den Effekt mit und ohne diese PI-Struktur. Eine Verbesserung der Entkopplung um etwa 5 dB ist klar erkennbar. Ein- und Ausgang

sind nicht symmetrisch ausgeführt: Nur im Eingang liegen große Kapazitäten (SRLC12 und SRLC10). Der sehr geringe SRLC5-Wert wurde gewählt,

um die Isolation bei hohen Frequenzen durch Kompensation der parasitären Serieninduktivität der Shunt-Diode X2 zu verbessern. Eine Verbesserung um

mehrere Dezibel über 1 GHz ist der Lohn. Als Nebeneffekt muss ein Anstieg des SWRs bei geringen Frequenzen hingenommen werden.

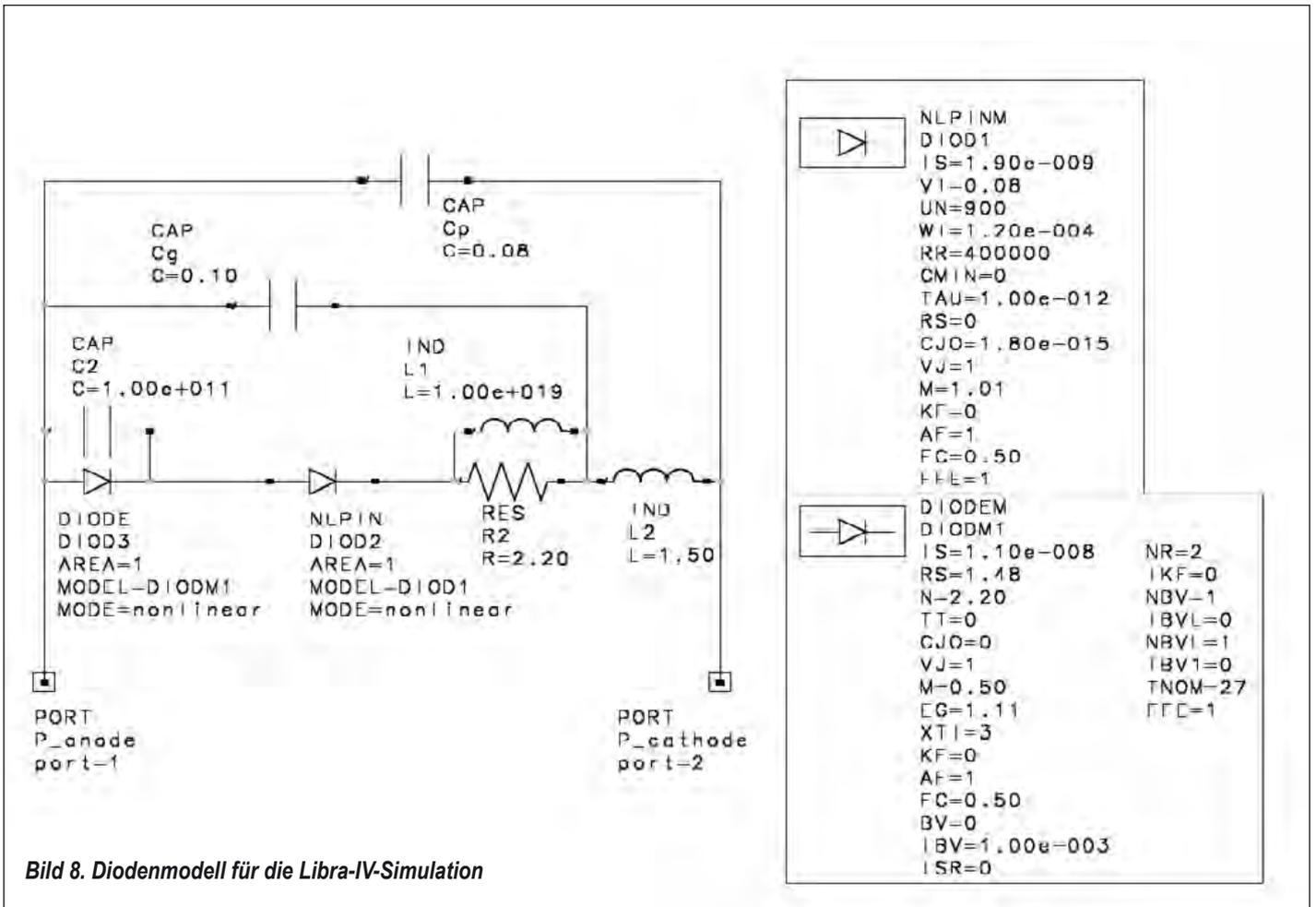


Bild 8. Diodenmodell für die Libra-IV-Simulation

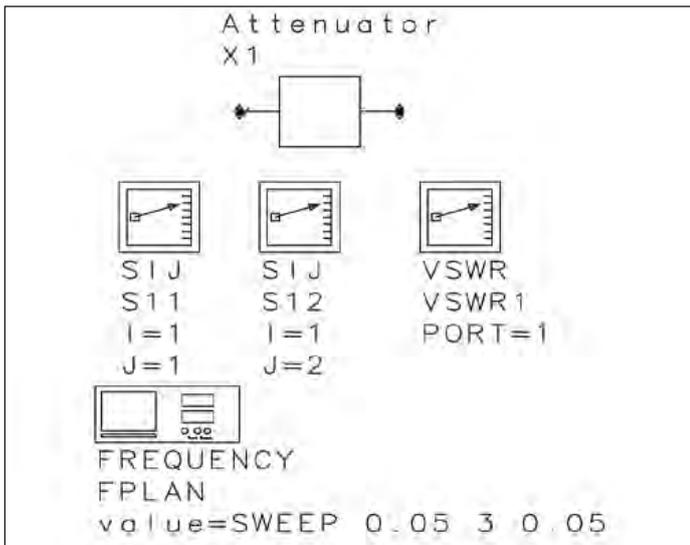


Bild 7: Prüfstand für Libra IV

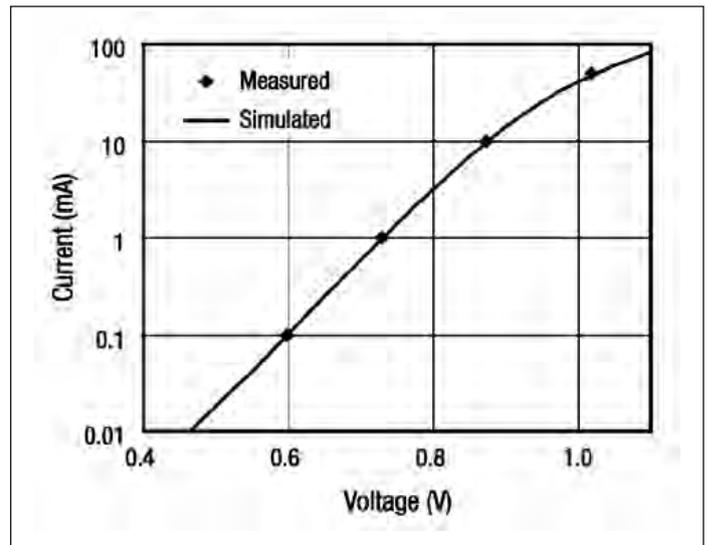


Bild 9: Verlauf des Gleichstroms über der Gleichspannung

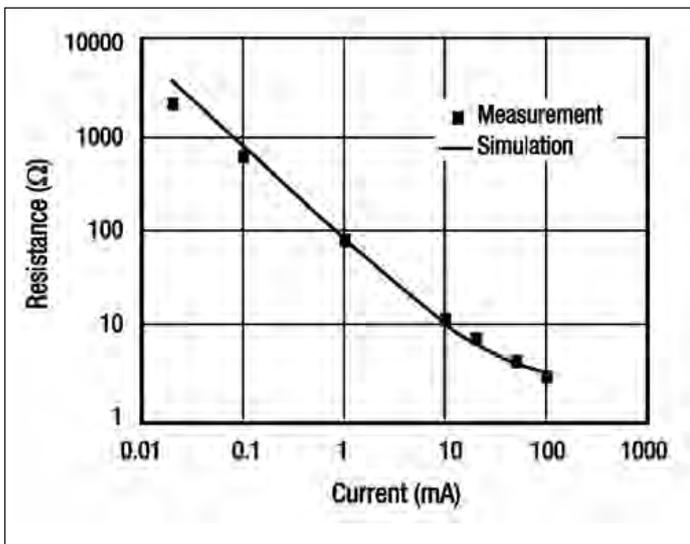


Bild 10: Verlauf des HF-Widerstands der Diode über dem Gleichstrom

Dies ist für viele Anwendungen unkritisch, denn es handelt sich um einen Ausgangswiderstand, sodass Reflexionen unterbleiben. Sollte dennoch der bestmögliche Wert erzielt werden, kann man SRLC5 auf 10 nF erhöhen. Das Ergebnis bezüglich Dämpfung ist in Bild 6 dargestellt. Infolge der guten Isolation bleibt das gute Eingangs-SWR praktisch unberührt. Die der Simulation entsprechende Test Bench zeigt Bild 7.

SPICE-Modell der SMP 1307

Bei der SMP 1307-011LF handelt es sich um eine Silizium-PIN-Diode mit einer 175 μm dicken I-Region und einer lan-

gen Träger-Lebenszeit (1,5 μs). Dies ermöglicht einen hohen nutzbaren Widerstandsbereich bei geringer Verzerrung. Bild 8 zeigt das für die Libra-IV-Umgebung definierte SPICE-Modell der Diode einschließlich der Parameterbeschreibung. Hier

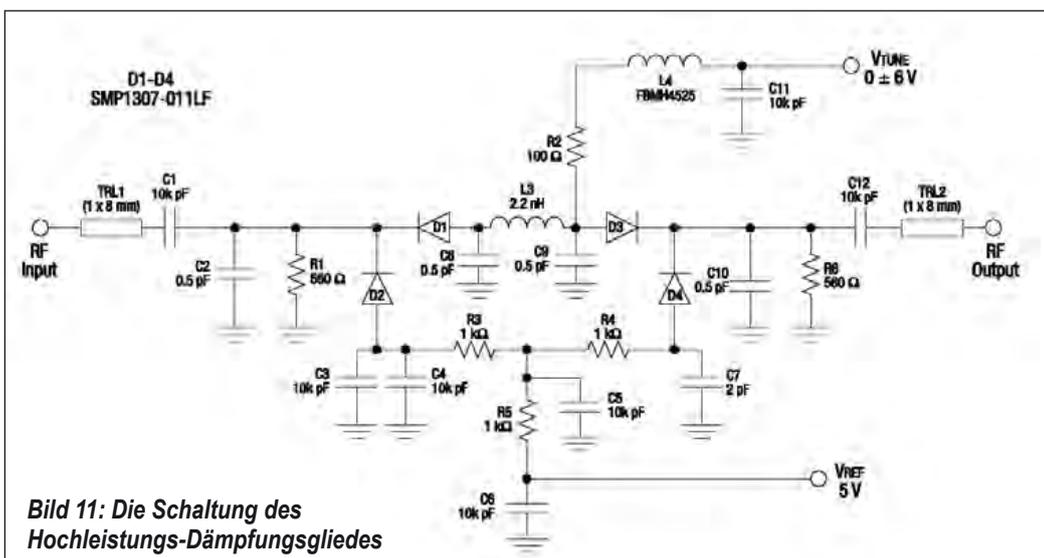


Bild 11: Die Schaltung des Hochleistungs-Dämpfungsgliedes



Telemeter Electronic

Komponenten und Systeme für HF- und Mikrowellentechnik



- ▶ Absorbierende Materialien
- ▶ Übertragungsstrecken
- ▶ Anschlüsse und Leitungen
- ▶ Antennen/Antennensysteme
- ▶ EMV-Messzubehör
- ▶ Frequenzquellen
- ▶ Gehäuse und Frästeile
- ▶ Komponenten
- ▶ Schalter und Verteilsysteme
- ▶ Verstärker/Verstärkersysteme

Wir liefern Lösungen ...

www.telemeter.info

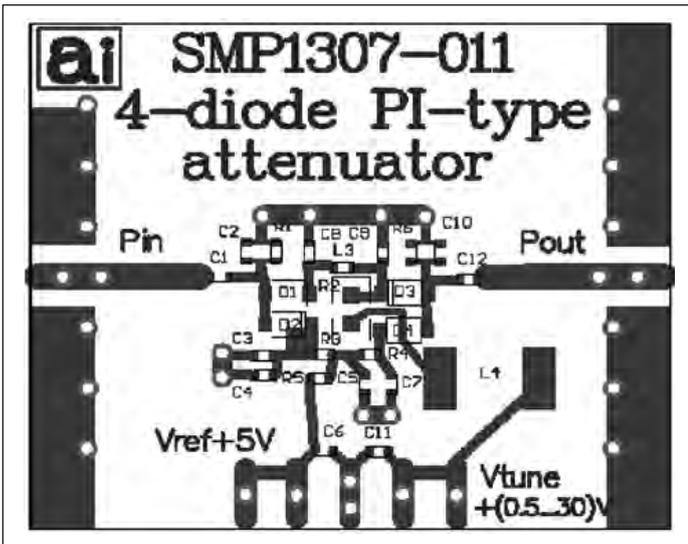


Bild 12: Layout und Bestückung

wurden zwei Dioden genutzt, um sowohl die DC- als auch die HF-Belange richtig darstellen zu können.

Die in Libra IV integrierte PIN-Diode wurde herangezogen, um das Verhalten des HF-Widerstands in Abhängigkeit vom Durchlassstrom zu zeigen, während das Modell einer PN-Diode dazu diente, die DC-Abhängigkeit von der Gleichspannung einzubringen. Beide Dioden liegen in Serie, erhalten also den gleichen Strom. Die PN-Diode wird jedoch durch eine sehr große

Kapazität für HF praktisch kurzgeschlossen.

R2 ist der verbleibende minimale Serienwiderstand von lediglich 2,2 Ohm. Aber auch dieser ist mit der sehr hohen Induktivität L1 für bestmögliche DC-Performance geshunted. Die Kapazitäten C6, C_p und die Induktivität L2 spiegeln die parasitären Verhältnisse von Sperrschicht und Gehäuse wieder.

Das geschaffene Modell ist linear und repräsentiert das DC- und HF-Verhalten der PIN-Diode für Frequenzen über 42,5 kHz. Die Modellparameter kann man

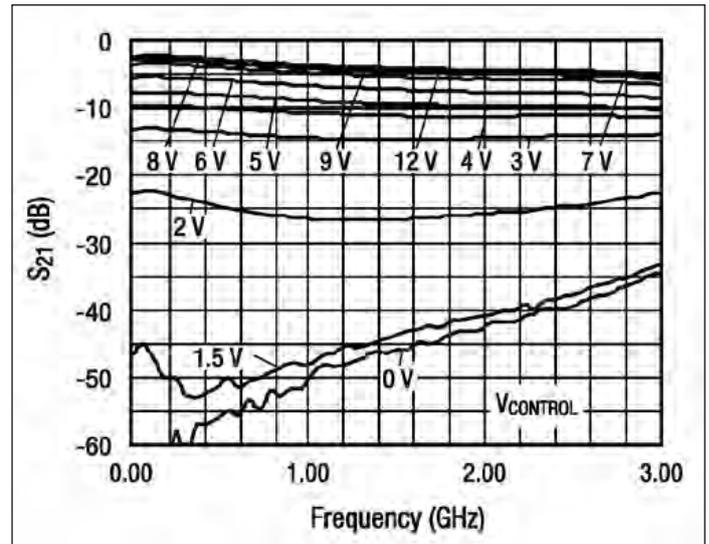


Bild 13: Frequenzgang der Dämpfung bei verschiedenen Steuerspannungen

zwei Tabellen in der Originalveröffentlichung entnehmen.

Bild 9 zeigt das DC-Verhalten der Diode gemäß Simulation und Messung als Kennlinie. Die Übereinstimmung ist jeweils sehr gut. In Bild 10 ist das HF-Verhalten der Diode dargestellt. Die parasitären Größen C6, C_p und L2 wurden „de-embedded“. Auch hier stimmen Messung und Simulation gut überein.

Das Dämpfungsglied in der Praxis

Bild 11 zeigt den Schaltplan des Vier-Dioden PI-Dämpfungs-

gliedes, Bild 12 das dazugehörige Leiterplattenlayout. Zur Herstellung des Boards wurde FR4-Standardmaterial verwendet. Den Frequenzgang verschiedener Dämpfungen (S₂₁) stellen Bild 13 und 14 dar. Er läuft nur bei kleinen Dämpfungen einigermaßen linear. Bei großen Dämpfungen macht die mit der Frequenz abnehmende Isolation einen Strich durch die Rechnung. Für AGC-Anwendungen stört das nicht, wenn man es beachtet. Mittlere Dämpfungen sind bezüglich Steuerspannung recht kritisch, daher blieb dieser Bereich ausgespart. Er zeigt

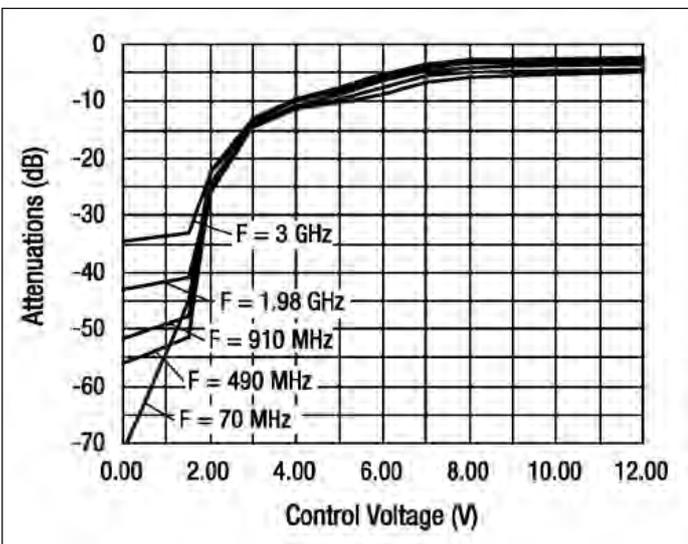


Bild 14: Die Dämpfung über der Steuerspannung mit der Frequenz als Parameter

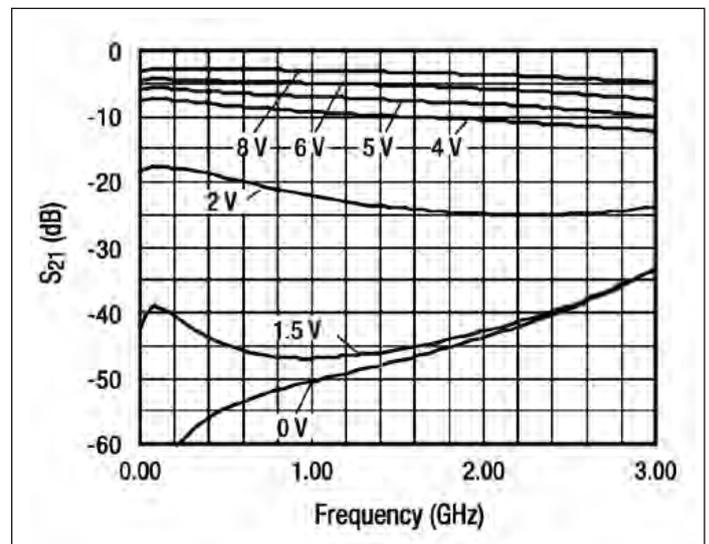


Bild 15: Der simulierte Parameter S₂₁

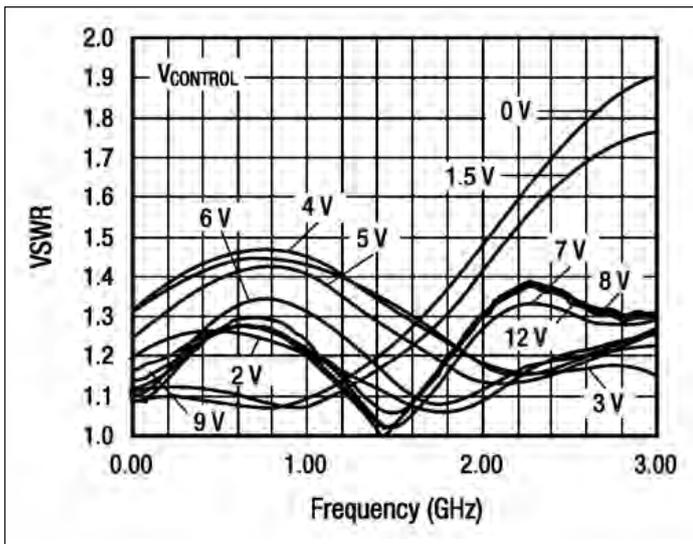


Bild 16: Das SWR über der Frequenz bei verschiedenen Steuerspannungen

sich in Bild 15 durch die große Steilheit zwischen 1,5 und 2 V. Das HF-Widerstandsmodell der Diode macht dies erklärbar.

Bild 16 informiert zum Eingangs-SWR. Es liegt meist unter 1,5, wie es die Simulation vorhersagt.

Die Temperaturabhängigkeit der Dämpfung ist unabhängig von der Steuerspannung recht gering.

Zum wichtigen Intermodulationsverhalten informiert Bild 17. Addiert man die Dämpfung zum Output IP3, erhält man den Input

IP3. Bei 20 dB beträgt er z.B. 60 dBm und bei 35 dB 55 dBm.

Weiterführende Literatur:

Skyworks Solutions: SMP 1307 Series: Very Low distortion Attenuator Plastic Packaged PIN Diodes, Data Sheet

Skyworks Solutions: Dsign with PIN Diodes, Application Note

G. Hiller, R. Caverly: Predict PIN Diode Switch Distortion, Microwaves and RF January 1986

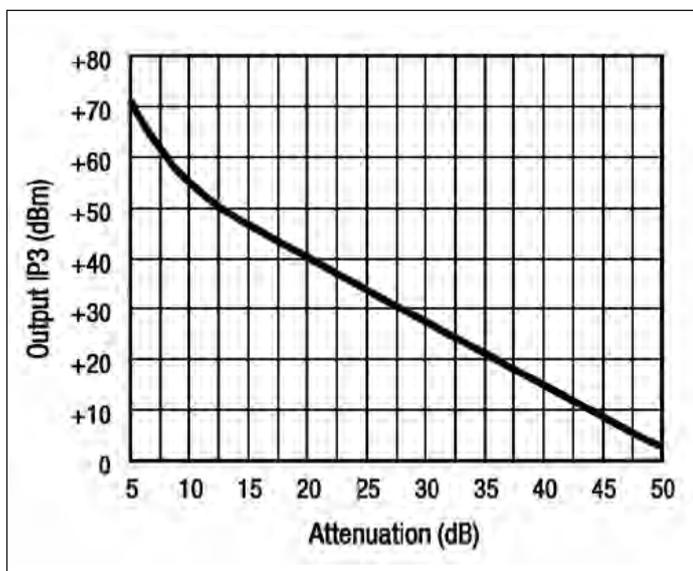


Bild 17: Der IP3 in Abhängigkeit von der Dämpfung bei 900 MHz

Try NI AWR Design Environment Today!



NI (formerly AWR), der Innovationsführer bei Hochfrequenz-EDA-Software, liefert Software, welche die Entwicklung von High-Tech-Produkten beschleunigt. Mit NI AWR Software als Ihre Hochfrequenz-Design-Plattform können Sie neuartige, preiswerte HF und RF Produkte schneller und zuverlässiger entwickeln.

Finden Sie heraus, was NI AWR Software für Sie tun kann:

- Microwave Office für die Entwicklung von MMICs, Modulen und HF-Leiterplatten.
- Visual System Simulator für die Konzeptionierung von Kommunikationsarchitekturen.
- Analog Office für das Design von RFICs.
- AXIEM für 3D-Planar-Elektromagnetik-Analyse.
- Analyst für 3D-FEM-Elektromagnetik-Analyse.



Laden Sie eine KOSTENLOSE 30-Tage-Testversion herunter und überzeugen Sie sich selbst. ni.com/awr

NI Germany | AWR Group | Olivier Pelhâtre | Tel: +49 170 916 4110

©2014 National Instruments. All rights reserved. Analog Office, AXIEM, AWR, Microwave Office, National Instruments, NI, and ni.com are trademarks of National Instruments. Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies.

Zeit- und Kostenersparnis bei der Aufnahme und Dokumentation von HF-Messungen mit Spektrumanalysatoren

Die Entwicklung von elektronischen Baugruppen ist heutzutage geprägt von starker Kostenminimierung und damit einhergehendem Zeitdruck für den Entwicklungsingenieur. Im Verlauf der Entwicklung eines Produktes sind meist Messungen mit einem Spektrumanalysator notwendig. Ein nicht unerheblicher Arbeitsaufwand besteht im intensiven Analysieren und genauen Dokumentieren von Messungen mit einem Spektrumanalysator. Besonders erheblich ist der Aufwand beim Vergleich der Spektren von Vorher-Nachher-Messungen. Diese Aufgabe gilt es zum Beispiel im Teilbereich der EMV-Störaussendung häufig zu lösen. Hier sollen Frequenzbereiche von gemessenen Nahfeldern und die Baugruppenmodifikation im Anschluss miteinander verglichen werden. Im folgenden Artikel soll mit Hilfe einer Software anhand von Entstörungsmaßnahmen aus der EMV-Praxis gezeigt werden, dass der Aufwand erheblich reduziert werden kann, wodurch Messungen effizienter werden und Zeit und Kosten gespart werden können.

Die Einhaltung bestimmter Normen bezüglich hochfrequenter Störemissionen wird im Rahmen der Entwicklung in einem EMV Labor geprüft. Überschreiten die Störemissionen festgelegte Grenzen in der Fernfeldmessung, muss die elektronische Baugruppe auf die auffälligen Störfrequenzen hin analysiert und modifiziert werden. Dieser Prozess von Prüfung und Modifikation wird unter Umständen mehrmals durchgeführt, bevor alle Störfrequenzen die in den

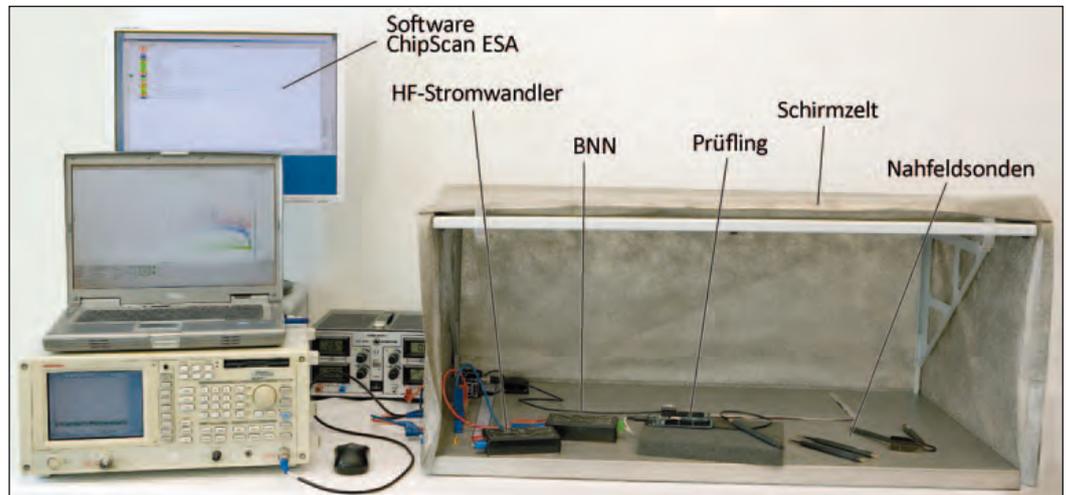


Bild 1: Messaufbau am Arbeitsplatz des Entwicklers zur entwicklungsbegleitenden Messung und Optimierung der Störaussendung einer Automobilbaugruppe.

Normen vorgegebenen Grenzwerte nicht mehr überschreiten.

In den letzten zehn Jahren konnte der Aufwand für den Entstörprozess - viel Zeit und hohe Kosten für wiederholte Prüfungen im EMV-Labor - vor allem durch die Entwicklung von Nahfeldsonden und kleinen geschirmten Kabinen für den Arbeitsplatz des Entwicklers (Schirmzelt) erheblich reduziert werden. Nahfeldsonden ermöglichen die Messung der lokalen elektrischen und magnetischen Felder auf den elektronischen Baugruppen am Arbeitsplatz. Somit ist eine Analyse der im Fernfeld auftretenden Störfrequenzen auch im Nahfeld möglich, und es lassen sich die für die Störaussendung verantwortlichen Komponenten rasch finden. Ein Schirmzelt ist eine Voraussetzung für aussagekräftige Nahfeldmessungen, da es elektromagnetische Störungen vom Messaufbau abschirmt. Die Nahfeldmessungen erfassen die durch die Baugruppe direkt und indirekt verursachten Störemissionen. Im ersten praktischen Beispiel dieses Fachartikels wird auf eine Störaussendungsanalyse mit Nahfeldsonden eingegangen.

Ein weiterer erheblicher Zeitfaktor ist der Vergleich und die Dokumentation von entwicklungsbegleitenden HF-Messungen. Besonders bei der Verwendung von kapazitiven Touchs kommt es zu erheblichen unerwünschten Störaussendungsproblemen. Im zweiten praktischen Beispiel dieses Fachartikels wird kurz darauf eingegangen, wie ein kapazitiver Touch weitestgehend störungsfrei arbeitet und auch bestimmte Normen bezüglich hochfrequenter Störemissionen eingehalten werden. Hier wird im Rahmen der Entwicklung mit einer Boardnetznachbildung die Störaussendung geprüft. Überschreiten die Störemissionen festgelegte Grenzen, muss die Baugruppe analysiert und verbessert werden.

Auf den ersten Blick ist eine weitere Zeit- und Kostenreduktion zum Beispiel des Entstörprozesses mit Nahfeldsonden kaum möglich. Dabei hat man bisher den Aufwand des Entwicklungsingenieurs für die schnelle und effektive Analyse von Vergleichsmessungen vor und nach der Baugruppenmodifikation und

deren Dokumentation außer Acht gelassen. So lassen sich zum Beispiel die Messreihen verschiedener Baugruppenmodifikationen nur sehr aufwendig miteinander vergleichen, da die zur Messung der Störfrequenzen eingesetzten Spektrumanalysatoren für gewöhnlich nur einen Bildexport des angezeigten Spektrums ermöglichen. Weiterhin ist zum Beispiel die Dokumentation der Bildexporte in einem zusätzlich verwendeten Dokumentationsprogramm meist sehr aufwendig. In diesem müssen die Bildexporte zusammen mit allen händisch übertragenen Messparametern und den jeweiligen Beschreibungen des Messaufbaus dokumentiert werden. Diese exemplarisch aufgeführten Probleme und weitere methodische Schwachstellen reduzieren die Arbeitseffizienz des Entwicklungsingenieurs erheblich.

Dokumentation von HF-Messungen mit Nahfeldsonden

Im Folgenden wird an zwei Beispielen die Funktion der Software beschrieben. Im ersten Beispiel überschreitet ein Mikro-

Dr. rer. medic. Hagen Mölle
Langer EMV-Technik GmbH
www.langer.de

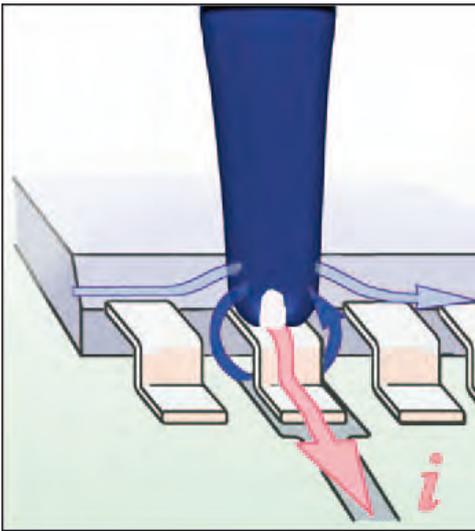


Bild 2: Erfassung des um den untersuchten Pin kreisenden Störmagnetfeldes mit der Nahfeldsonde RF-U 2,5. Das interne Taktsignal wird über einen der Pins und über das angeschlossene Flachbandkabel ausgekoppelt (Bild 3).

controllerboard bei Prüfmes- sungen zur Normkonformität im EMV Labor die festgelegten Störaussendungsgrenzen deutlich. Zurück an seinem Arbeits- platz hat der Entwickler nun die Aufgabe, die auffälligen Störfre- quenzen zu reduzieren. Zum einen müssen also die Bauteile gefunden werden, die zu den auf- fälligen Frequenzen der Störaus- sendung führen. Zum anderen sollen effiziente Maßnahmen gefunden und angewendet wer- den, um die Störfrequenzen zu reduzieren. Kontrollmes- sungen sollen im Anschluss den Erfolg der Maßnahmen sicht- bar machen. Zum Zwecke der weiteren Analyse des genauen Ursprungs der Störfrequenzen wird das Mikrocontrollerboard in eine ihrem Einsatzumfeld möglichst entsprechende Anord- nung innerhalb eines Schirm- zelts gebracht (Bild 1). Das Schirmzelt, mit einer Dämp- fung von ca. 50 dB, unterbindet Störfrequenzen anderer Geräte, wodurch einzig die Störemis- sionen des Mikrocontrollerboards untersucht werden. Die leitungs- gebundenen Zuführungen, wie Stromversorgung und Kabel zur Übertragung der Messer- gebnisse werden über die Filter der Groundplane des Schirmzelts geführt. Weil für die Entstörung des Mikrocontrollerboards viele Mess- und Modifikationsschritte erforderlich sind, ist es von Vor- teil, wenn der Entwickler am eigenen Arbeitsplatz zusammen- hängend arbeiten kann und wenn

der Zugang zum Prüfling auch während der Messungen direkt und ständig gegeben ist. So kann der Entwickler auch während einer Messung direkt auf den Prüfling zugreifen. Durch diesen Zugriff wird es möglich, die Veränderung der Störaussendung auf einfache Manipulation hin zu untersuchen (Bild 1).

Im ersten Schritt werden mit einem Stromwandler Vergleichs-

messungen mit dem Spektruma- nalyzator an dem Mikrocontrol- lerboard durchgeführt, um die in der Fernfeldmessung aufge- tretenen Störfrequenzen nach- zuweisen.

Normalerweise erfolgt diese Erfassung des Ausgangszustands mit mehreren Softwareprodukten wie der Aufnahmesoftware des Spektrumanalysators, einer Dokumentationssoftware und gegebenenfalls einer Bildver- arbeitungssoftware zur Bear- beitung der aufgenommenen Spektren. Der Umstand, die Messdaten und die zugehör- ige Dokumentation innerhalb der verschiedenen Programme manuell zu übertragen, wäre bei der Aufnahme von wenigen Spektren vielleicht vertretbar. Bei einer komplexen Analyse einer Störquelle und deren Aus- kopplungspfade kommen schnell sehr viele Spektren zusammen, wodurch der Aufwand eine nachvollziehbare Dokumenta- tion (Protokoll) zu erstellen auf mehrere Stunden steigen kann. Betrachtet man, dass die Mes- sung und Dokumentation nach

jeder Modifikation ebenfalls not- wendig ist, steigt der Aufwand nochmals erheblich.

Die Software „ChipScan-ESA“ umgeht diesen Aufwand kom- plett, indem es die drei Soft- wareprodukte

- Aufnahmesoftware des Spek- trumanalysators
- Dokumentationssoftware und
- Bildbearbeitungssoftware) in einer einzigen Software vereint.

Die direkte Steuerung des ange- schlossenen Spektrumanalysa- tors ermöglicht die Aufnahme der Spektren per Mausclick. Das aufgenommene Spektrum lässt sich sofort mit dem nötigen Dokumentationstext versehen. Entsprechend kann der Entwick- ler ohne Umwege eine Vielzahl von Spektren aufnehmen und gleichzeitig dokumentieren, und spart dabei sehr viel Zeit.

In den weiteren Messschrit- ten wird mit verschiedenen Nahfeldsonden die Quelle der Störfrequenz eingekreist und genau lokalisiert. Dazu werden die Nahfeldsonden von Hand

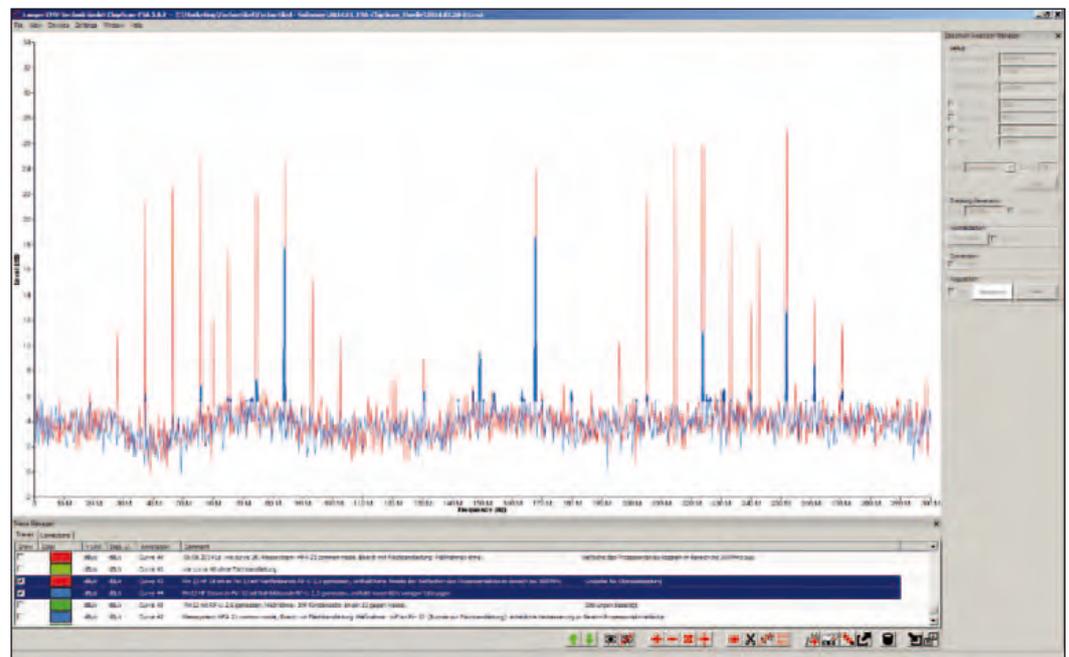


Bild 3: gefundene Fehlerursache: erhöhte HF-Auskopplung aus Pin 13 (rot) in die angeschlossene Flachbandleitung. Alle anderen Pins haben diese Auskopplung nicht (Beispiel Pin 12, blau). Messung am Pin 13 aus Messprotokoll: - Pin 13: HF-Strom in Pin 13 mit Nahfeldsonde RF-U 2,5 gemessen, enthält hohe Anteile der Vielfachen des Prozessortaktes im Bereich bis 300 MHz, Ursache für Störauskopplung Messung am Pin 12 aus Messprotokoll: - Pin12: HF Strom im Pin 12 mit Nahfeldsonde RF-U 2,5 gemessen, enthält wesentlich weniger Störungen

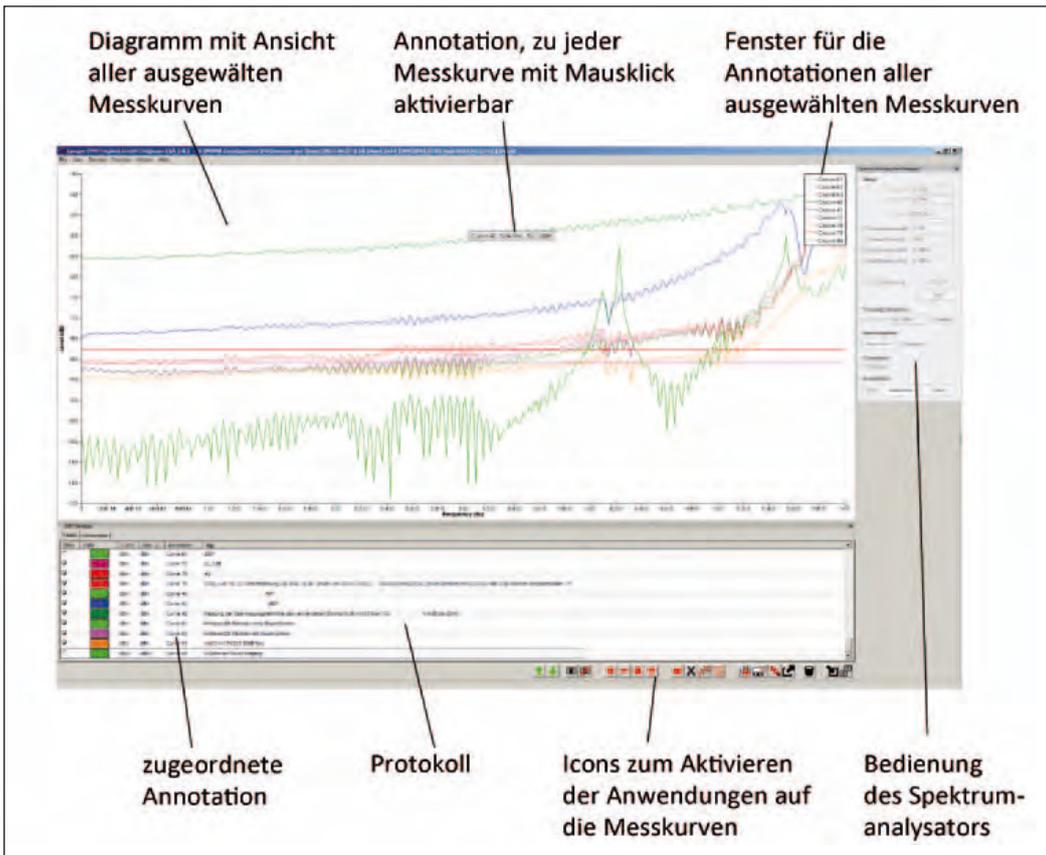


Bild 4 Benutzeroberfläche von ChipScan-ESA mit der Darstellung mehrerer nacheinander gemessener Spektren.

über das Mikrocontrollerboard geführt, gedreht und gewendet, um die Position und Ausrichtung der Störfelder zu ermitteln. Mit diesem Wissen verschafft sich der Entwickler ein ziemlich genaues Bild der EMV-Verhältnisse auf dem Mikrocontrollerboard. Im Fall unseres Mikrocontrollerboards zeigen Messungen mit Nahfeldsonden an verschiedenen Positionen, dass die Quelle der Störfrequenzen der Mikrocontroller selbst ist. Mit einer speziellen Nahfeldsonde können der entsprechende Pin und die Ader des Flachbandkabels genau herausgefunden werden (Bild 2).

Mögliche Maßnahmen für die Entstörung wären: das Flachbandkabel räumlich anders zu verlegen. Bestenfalls in die Innenlagen der Leiterkarte des Mikrocontrollerboards und somit gleichzeitig zu schirmen. Weiter soll das Flachbandkabel so kurz wie möglich sein, und wenn es außerhalb verlegt werden muss, dann möglichst mittig auf dem

Mikrocontrollerboard. Den für die Auskopplung verantwortlichen Pin kann man als weitere Möglichkeit zur Entstörung mit einem HF-Filter versehen. Aufgrund des geringen Aufwands und der dadurch niedrigen Kosten wurde zur Entstörung des Mikrocontrollerboards das HF-Filter eingesetzt.

Im Anschluss an die Durchführung der Entstörungsmaßnahme wird die Messung mit dem Stromwandler erneut durchgeführt, um den Nutzen der Maßnahme auf ihre Effektivität bezogen auf den entsprechenden Frequenzbereich genau zu prüfen. Treten andere Störfrequenzen über dem Grenzwert auf, muss erneut mit Nahfeldsonden deren Ursache gesucht und die entsprechende Problemlösung herausgefunden werden. Oft ist es der Fall, dass durch die erste Störaussendungsquelle überlagerte Störfrequenzen nach der Problemlösung sichtbar werden. Ein Vergleich der einzelnen Spektren der Messungen ist

auf dem konventionellen Weg zeit- und kostenintensiv. Zum Beispiel ist der Vergleich von Papierausdrucken der exportierten Bilder des Spektrumanalysators durch bloßes ‚Nebeneinanderhalten‘ aufwendig und fehleranfällig. Mit diesem Verfahren können die Spektren nicht genau genug übereinander gelegt werden. Ein Foliendruck der Bilder umgeht zwar den Nachteil, treibt aber die Kosten bei vielen Spektren in die Höhe. Mit Hilfe von Bildbearbeitungssoftware und einer halbtransparenten Darstellung der Spektren können die Bilder direkt am PC verglichen werden. Jedoch ist diese Lösung zeitaufwendig und nicht weniger umständlich, wenn es um den Vergleich mehrerer Spektren geht.

Mit Hilfe von ChipScan-ESA können beliebig viele Spektren in einem einzigen Diagramm blitzschnell direkt miteinander verglichen werden (Bild 4). Die Färbung einzelner Spektren, die Einblendung der Annotation zu

der einzelnen Kurve und das Fenster für alle Annotationen im Diagramm schafft zusätzliche Übersichtlichkeit. ChipScan-ESA ermöglicht ebenfalls die Spektren verschiedener überlappender Frequenzbereiche zu vergleichen und zudem beliebig in die Diagrammansicht hinaus und hinein zu zoomen. Mit dem Mauszeiger direkt am Spektrum werden die Messwerte genau angezeigt und können abgelesen werden.

Dokumentation von HF-Messungen mit einer Boardnetz nachbildung

Als zweites praktisches Beispiel dient hier die Messung an einem Boardnetzanschluss eines kapazitiven Touchs. Die Verwendung von kapazitiven Touchs in den Produkten der Elektronikindustrie ziehen Störaussendungsprobleme nach sich. Aufgrund ihrer Funktionsweise geben die kapazitiven Touchs hochfrequente elektrische Felder in ihre Umgebung ab. Als Nebeneffekt können diese hochfrequenten elektrischen Felder andere Geräte beeinflussen. Die besonders schwer zu beherrschenden Grenzwertüberschreitungen entstehen hauptsächlich im Frequenzbereich 150 kHz bis 5 MHz bei EMV-Messungen mit der Boardnetz nachbildung. Wenn der kapazitive Touch an das Boardnetz eines Automobils angeschlossen ist, werden Störungen über den Kabelbaum in das Fahrzeug geleitet.

Die Wirkung von im Fachartikel nicht beschriebenen EMV-Maßnahmen sind in der Elektronik praktisch umgesetzt und wiederum mit einer Boardnetz nachbildung gemessen. Im Bild 5 sind die Messergebnisse in der Software ChipScan-ESA dargestellt. Die blaue Kurve zeigt die Baugruppe ohne EMV-Maßnahmen. Die Pegel der einzelnen Harmonischen sind am höchsten. Die EMV-Maßnahmen sollen diese Pegel verringern. Die rote Kurve zeigt die Wirkung einer Drossel von 10 µH in der Zuleitung der Elektrode eines kapazitiven

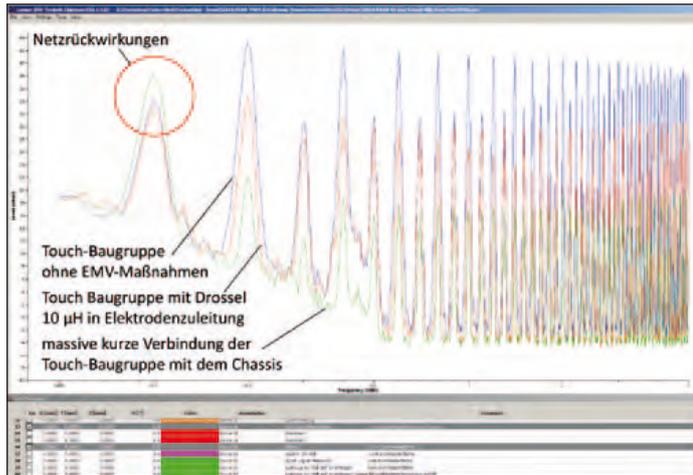


Bild 5: Ergebnisse der Messung der Touch-Baugruppe mit der Boardnetzachbildung NNB 21, dargestellt in der Mess- und Dokumentationssoftware ChipScan ESA.

Touchs. Es tritt eine Absenkung um ca. 10 dB ein. Bei der Grundschwingung ist keine Änderung erkennbar. Das kann daran liegen, dass die Drossel 10 µH zu klein dimensioniert ist. Oder es liegt noch ein weiteres EMV-Problem vor, das durch die Drossel nicht beseitigt wird.

Die grüne Kurve zeigt die Wirkung einer Masseverbindung von der Touch-Baugruppe zum Chassis. Dabei war die Masseverbindung als breitflächig kurze Verbindung ausgeführt. Mit dieser Maßnahme wird bei den Harmonischen eine Absenkung von > 20 dB erreicht. Je dünner und länger diese Verbindung ist, umso weniger Wirkung hat sie. Wenn die Verbindung im Querschnitt und Länge der Verbindung zur Boardnetzachbildung entspricht, wird eine Absenkung von ca. 6 dB erreichbar sein.

Die mit dem roten Kreis kenntlich gemachte Grundschwingung von 100 kHz entstammt nicht allein vom elektrischen Feld aus der Elektrode des Touchs. Sie wird durch Netzurückwirkungen hervorgerufen. Der Versorgungsstrom des Treibers der HF-Spannung wird auf dem Weg zum Boardnetz nicht genug abgefiltert. Der Netzfilter des Boardnetzanschlusses der Touch-Baugruppe ist nicht ausreichend dimensioniert.

In beiden Beispielen ist gut die effiziente Vergleichbarkeit

verschiedener Messreihen mit einem Spektrumanalysator sichtbar und nachzuvollziehen.

Zusatzfunktionen der Mess- und Dokumentationssoftware

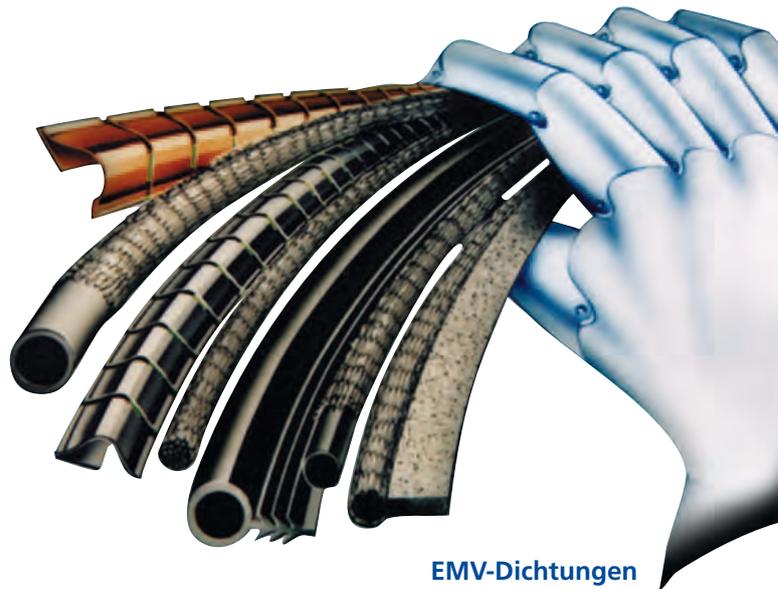
ChipScan-ESA bietet zusätzlich mathematische Operationen (Addition, Glättung, ...), um Spektren weiterer Analysen zu unterziehen. Damit lassen sich zum Beispiel Hüllkurven für die Analyse von Frequenzüberschreitungen generieren. Zudem können aktuelle Einstellungen des Spektrumanalysators gespeichert und beim Fortsetzen der Messung zu einem späteren Zeitpunkt im Spektrumanalysator gesetzt werden. Ebenfalls lassen sich beliebige Diagramme für Präsentationen als Bildformate exportieren.

Zum Abschluss der Störaussendungsanalyse lassen sich alle Spektren zusammen mit der zugehörigen Dokumentation in eine einzige Datei speichern, die für weitere zukünftige Analysen herangezogen werden kann.

Kombiniert ermöglichen alle Funktionen von ChipScan-ESA eine sehr einfache und effiziente Analyse und Dokumentation von Störaussendungsproblemen oder anderer HF-Messungen mit dem Spektrumanalysator. ◀

EMV-Materialien aus einer Hand

- EMV- und Umwelt-Dichtungen (bis IP69k)
- verschieden dotierte Silikone+Fluorsilikone
- EMV-Fenster + Folien
- verschiedenste metallisierte Gewebe
- auch Dispensing in x-y-z Achsen



EMV-Dichtungen



EMV-Container, aufblasbar



EMV-Fenster und -Folien



3D-Formdichtungen



EMV-Zelte und -Räume



Magnetfeld-Peilantennen für 9 kHz bis 400 MHz

Die Aaronia AG bietet mit den neuen Magnetfeld-Peilantennen der MDF-Serie hochwertige Antennen zur Signalpeilung und Feldstärkemessung. Erhältlich in fünf Versionen (zwei passiv, drei aktiv), deckt die Serie MDF den extrem weiten Frequenzbereich von 9 kHz bis 400 MHz ab. Ihre geringen Abmessungen von lediglich 180x180x85 mm und das Gewicht von nur 180 g prädestinieren diese Antennen für kleine, tragbare Messgeräte. Die MDF-Antennen besitzen einen hochwertigen SMA-Anschluss. Damit wird jeder handelsübliche Spektrumanalysator zum professionellen Signalpeiler. Dank der hohen Direktionalität der Antennen eignen sie



sich nicht nur zur Feldstärkemessung, sondern auch hervorragend zur Signalpeilung. Dies prädestiniert die MDF-Serie zum Einsatz als Funkpeiler bzw. zur Ortung von illegalen oder unerwünschten Störquellen. Der besondere Wandlerfaktor der MDF in Verbindung mit einem in dBm anzeigenden Pegelmessgerät ergibt eine direkte dBA/m-Anzeige mit korrektem Vorzeichen (Power-Meter-Funktion). Die Antennen wurden entwickelt und hergestellt in Deutschland und erfüllen höchste Qualitätsansprüche. Daher beträgt die Garantielaufzeit zehn Jahre.

■ Aaronia AG
 mail@aaronia.de, www.aaronia.de

50-MHz-Digitaloszilloskop für Einsteiger

Rigol Technologies erweiterte seine Midrange-Oszilloskop-Serie DS1000Z um eine Version mit 50 MHz Bandbreite und 7-Zoll-Farbbildschirm. In dem neuen vielseitigen Hochleistungs-Digitaloszilloskop DS1054Z sind viele der modernsten Technologien und Prozesse aus dem Hause Rigol integriert. Mit einer Abtastrate von 1 GSa/s und vier Eingangskanälen ist das Gerät optimal geeignet für Einsteiger, für die Ausbildung, für Technische Schulen und für Universitäten. Das DS1054Z bietet eine hervorragende Einsteiger-Plattform und zeichnet sich durch das für Rigol typisch günstige Preis/Leistungs-Verhältnis und die bekannte Qualität aus.



Der große Bildschirm dient zur übersichtlichen Signaldarstellung sowie zur optimalen Darstellung der Zusatzinformationen, wie z.B. Cursorpositionen und deren Koordinaten, mathematischen Parametern

sowie der Hot-Key-Funktionen zum Vermessen der angezeigten Signale (Vpp, Vrms, Freq, Periode, Anstiegszeit usw.).

Die innovative UltraVision-Technologie aus der DS6000-Serie, die mit dem R&D-100-Award ausgezeichnet wurde, bis zu 1 GSa/s Abtastrate und bis zu 12 Mpts Speichertiefe (optional auch 24 Mpts) erlauben sehr einfache lange Signalaufzeichnungen mit hoher zeitlicher Auflösung.

Mit einer Kurvenerfassungsrate von 30.000 wfms/s kann der Anwender auch selten auftretende Fehler schneller finden.

Auf dem Display mit bis zu 64 Helligkeitsstufen können Ereignisse sehr gut dargestellt und ausgewertet werden. Die optionale hardwarebasierte Echtzeit-Signalaufzeichnung und -wiedergabe und die Analysefunktion sind ein leistungsfähiges Debug-Tool. Die kleinste vertikale Ska-

lierung beträgt 1 mV/Div bei einer Auflösung von 8 Bit. Ein Dual-XY-Mode sowie vielfältige Standard-Triggermöglichkeiten, wie Edge, Pulse, Video, Slope, Pattern und Optional Runt, Setuphold, Windows und Nth-Edge runden die Performance ab. Ein Bus-Decoding und Bus-Trigger für RS232/UART, I2C, SPI sind ebenfalls optional erhältlich. Hot-Keys zur schnellen und einfachen Bedienung gehören ebenso zum Standard wie die Maskeneingabe für schnelle Pass/Fail-Entscheidungen.

Ein umfangreiches Zubehörprogramm von aktiven und passiven Tastköpfen, Hochspannungstastköpfen und 19-Zoll-Einbau-rahmen sowie Softwaretreiber für bekannte Pakete und Hochsprachen sowie die UltraScope-Bediensoftware stehen zur Verfügung.

■ Rigol Technologies Europe GmbH
 www.rigol.eu

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

USB-3.0 SuperSpeed-Oszilloskope mit 512-MS-Speicher

Die Oszilloskope der PicoScope-Serie 3000D sind Hochleistungsgeräte für Elektronikentwickler in den unterschiedlichsten Branchen.

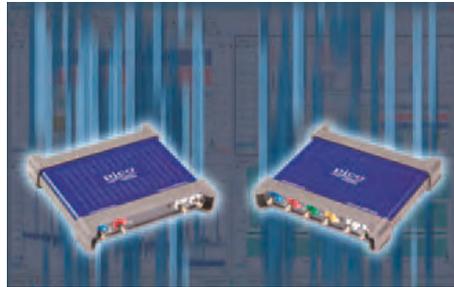
Mit einer Bandbreite von bis zu 200 MHz, zwei oder vier analogen Kanälen plus 16 digitalen Kanälen bei den Mixed-Signal-Modellen (MSO) sowie großzügigen Speichern von 64 bis 512 MS eignen sich diese Geräte optimal für die Fehlersuche bei aktuellen digitalen und Mischsignal-Systemen.

Die Oszilloskope bieten eine Echtzeit-Abtastrate von bis zu 1 GS/s und verfügen über eine USB-3.0-Schnittstelle und einen integrierten Generator für anwenderdefinierte Wellenformen (AWG). Dank des schlanken Gehäuses können sie sowohl als Tischgerät wie auch unterwegs eingesetzt werden.

Zeitbasen mit den höchsten Abtastraten

Der großzügige Speicher bedeutet, dass lange Zeitbasen mit den höchsten Abtastraten verwendbar sind. So kann man zum Beispiel sogar bei einer Abtastrate von 1 GS/s eine 500-ms-Wellenform erfassen, während die Hardwarebeschleunigung für eine flüssige Aktualisierung der Anzeige sorgt. Der 512-MS-Pufferspeicher kann segmentiert werden, um bis zu 10.000 einzelne Wellenformsegmente aus 50.000 Abtastungen zu erfassen, wobei die Rückstellzeit zwischen den einzelnen Segmenten weniger als 1 μ s beträgt. Die Speichersegmentierung ist besonders von Nutzen, wenn man Wellenformbündel oder serielle Datenpakete analysiert, die lange Lücken enthalten. Das Oszilloskop kann so konfiguriert werden, dass es bei jedem Paket triggert. Diese Funktion gestattet es zum Beispiel, CAN-Datenpakete über mehrere Minuten hinweg zu erfassen und den Inhalt der Pakete zu einem späteren Zeitpunkt zu analysieren.

PicoScope-Oszilloskope sind Mehrzweckgeräte und verfügen über einen Spektrumanalysator sowie einen AWG. Sie bieten auch serienmäßig zahlreiche erweiterte Funktionen, wie die serielle Entschlüsselung von Bussignalen, Maskengrenzprüfungen, Rechenkanäle und leistungsstarke Filter. Zu den erweiterten Triggern zählen Impulsbreite, Intervall, Fenster, Fensterimpulsbreite, Ebenen-Aussetzer, Fenster-



Aussetzer, Runt-Impuls, variable Hysteresis und Logik. Die vollständig digitale Triggerung sorgt für einen geringen Jitter, hohe Genauigkeit und eine Spannungsauflösung von lediglich einem LSB. MSO-Modelle kombinieren diese Trigger mit Flanken- und Mustertriggern an den digitalen Eingängen.

PicoScope verwendet für die Steuerung des Geräts und zur Anzeige von Wellenformen den Host-PC, sodass Bildschirmgröße und Auflösung unbegrenzt sind. Wellenformen können über die Tastatur oder mit der Maus einfach gezoomt und geschwenkt werden. Zum weiteren Funktionsumfang zählen Farb-Persistenzmodi, automatische Messungen mit Statistik, programmierbare Alarmer und die Entschlüsselung von I2C-, UART/RS232-, SPI-, CAN-Bus-, LIN-, FlexRay- und I2S-Signalen.

Die neuen Oszilloskope profitieren von den neuesten Aktualisierungen der PicoScope-Software. Ein neuer, schneller Persistenzmodus bietet eine Aktualisierungsrate von 100.000 Wellenformen pro Sekunde, während für die Rechenkanäle jetzt auch konfigurierbare Filter verfügbar sind.

Ein kostenloses Software Development Kit (SDK) ermöglicht die Steuerung der Oszilloskope über Industriestandard-Anwendungen und -Programmiersprachen. Das SDK enthält Beispielprogramme in C, C++, Excel, LabVIEW und MATLAB und kann mit jeder Programmiersprache eingesetzt werden, die C-Aufrufkonventionen unterstützt. Die PicoScope-Software und das SDK sind mit Microsoft Windows XP bis 8 kompatibel, Beta-Versionen gibt es für Linux und Mac OS X. Beta-Treiber sind außerdem für das ARM-basierte Beaglebone Black und Raspberry Pi verfügbar.

Die Oszilloskope der PicoScope-Serie 3000D erhält man einschließlich eines Messkopfsatzes und mit fünf Jahren Garantie.

■ Pico Technology
www.picotech.com

NEU!

Auch mit
Twist & Lock
Steckverbindern!



distribute
elspec

**Jetzt
bei elspec:
Das perfekte
Messkabel
Phase Master
von Teledyne
Storm**

elspec GmbH

Brunnenfeldweg 5a
D-82538 Geretsried-Gelting, Germany
Telefon: +49 8171/4357-0
Fax.: +49 8171/4357-99
sales@elspec.de
www.elspec.de



Phasenschieber-Grundlagen



Phasenschieber sind eine kritische Komponente in vielen HF- und Mikrowellen-Systemen. Zu den Applikationen gehören z.B. die Kontrolle der relativen Phase jedes Elements einer Phase-Array-Antenne oder eines steuerbaren Übertragungs-Links.

Aber was ist ein Phasenschieber, bzw. noch grundlegender: Was ist Phase? Die Phase eines einzelnen Signales ist bedeutungslos, bis es mit einem anderen Signal verglichen wird. Wenn wir uns eine Sinuswelle im Zeitbereich ansehen hätten wir einen Anblick in Bild 1.

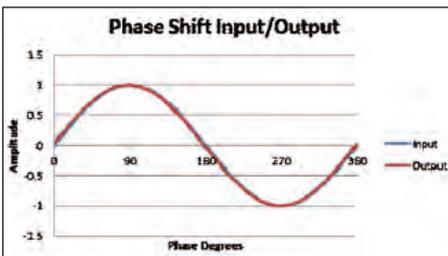


Bild 1: Einzelne Sinusschwingung

Wenn wir eine zweite Sinusschwingung mit einer 90° Phasenverschiebung gegenüber der ersten hinzufügen, ergibt sich die Darstellung in Bild 2. Wenn die Phase des zweiten Signals variiert oder verschoben wird, sieht man, wie sich die Sinuswelle relativ zur ersten Sinusschwingung bewegt.

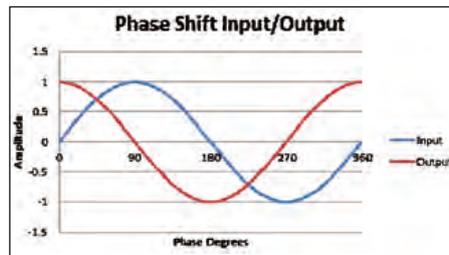


Bild 2: Zwei gegeneinander phasenverschobene Schwingungen

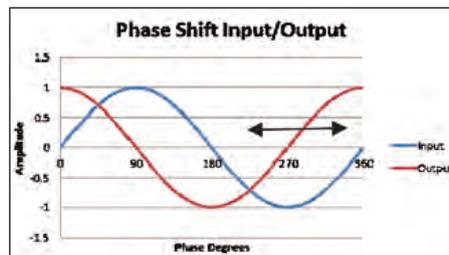


Bild 3: Die Phase des zweiten Signals wird verschoben

Phase ist daher der Bruchteil einer Wellenlängen-Differenz zwischen den beiden Signalen und kann sich zwischen 0 und 360 Grad (°) ändern. Mit Grad werden auch Winkel gemessen. Dies führt zu einem alternativen Weg die relative Phase eines Systems zu sehen. Wenn wir daran denken, dass ein einzelner Ton eine Amplitude und eine Phase haben kann, dann können wir das Signal in einem Polardiagramm wie in Bild 4 darstellen.

Zwei Signale mit gleicher Amplitude und einer Phasendifferenz von 90° zeigt Bild 5. Wenn wir die Phase eines der Signale rotieren lassen oder verschieben, dann sehen wir das Signal um 360° um den Plot rotieren.

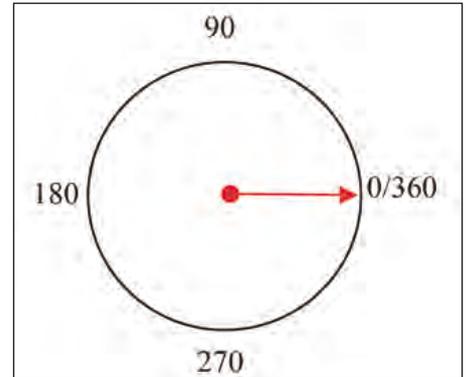


Bild 4: Darstellung eines Signals im Polardiagramm

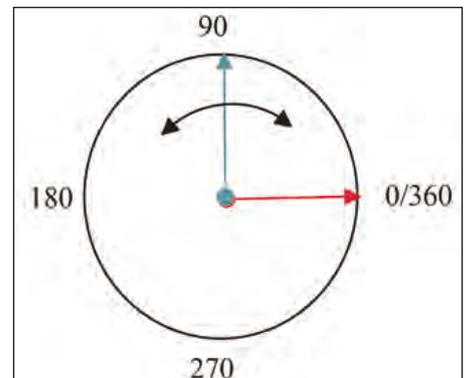


Bild 5: Zwei Signale im Polardiagramm, von denen eines rotiert.

Dies führt uns zu einer Möglichkeit, wie ein Vektor-Netzwerk-Analyzer (VNA) Phase und Amplitude auf einem polaren Display darstellt (siehe Bild 6). Der Marker zeigt einen 45°-Offset relativ zum Referenzton des Instruments.

Wie bauen wir einen Phasenschieber?

Eine populäre Methode verwendet einen 90°-Hybridkoppler und zwei Varaktordioden in einer Anordnung gemäß Bild 7. Eine Varaktordiode verhält sich bekanntlich wie eine spannungsgesteuerte Kapazität, wenn sie im Sperrbereich betrieben wird. Das 90°-Hybrid ist so verbunden, dass das gekoppelte Ausgangssignal maximal groß wird, wenn sich eine totale Reflexion des Signals an den Durchgangsports und den isolierten Ports ergibt.

Mit zwei Kondensatoren an diesen Ports wird die Leistung praktisch zu 100% reflektiert, da die Kondensatoren so gewählt wurden, dass sie eine sehr niedrige Impedanz bei der Betriebsfrequenz haben. Wenn die

Unter Verwendung des Applikationsberichts: „Phase Shifter Fundamentals“, TeleApp #003, Telemakus, www.Telemakus.com

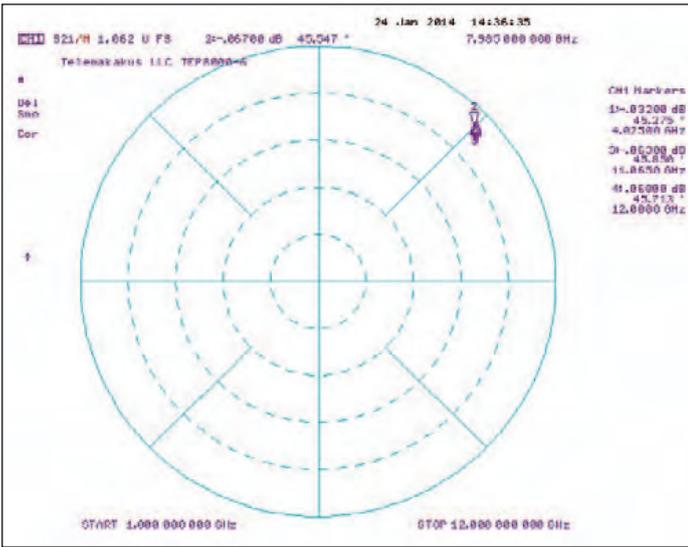


Bild 6: Darstellung auf einem VNA

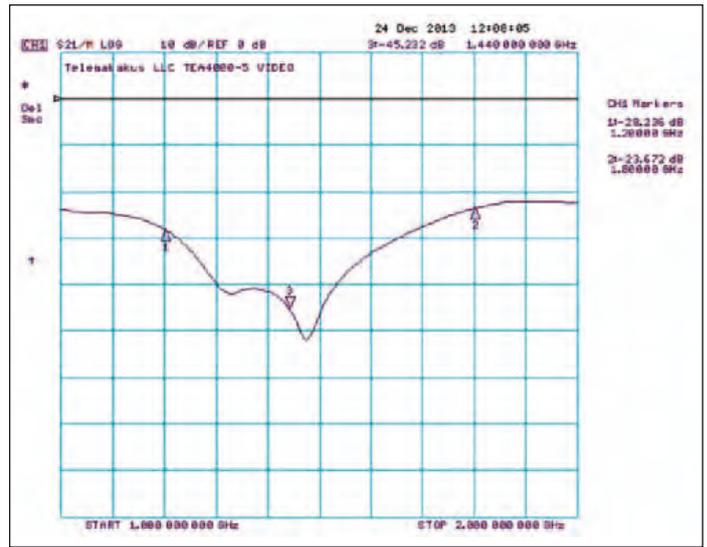


Bild 10: VNA-Plot des Auslöschbereichs

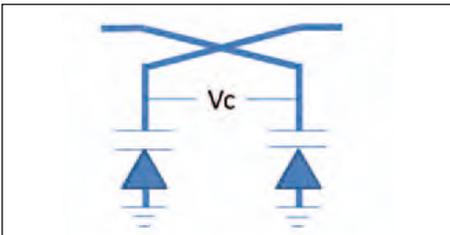


Bild 7: Grundschaltung eines Phasenschiebers

Spannung erhöht wird, sinkt die Kapazität ab und mit ihr die Phase der Reflexion. Die Kapazität ist umgekehrt proportional zur Quadratwurzel der angelegten Spannung und daher ist die Phasen-Spannungsfunktion nichtlinear.

Eine einzelne Stufe kann, wie gezeigt wurde, einen Phasenbereich von ungefähr 100° haben. Daher müssen, um einen Bereich von vollen 360° abzudecken, vier Stufen in Serie geschaltet werden, wie es Bild 8 zeigt.

Die Einfügungsdämpfung jeder Stufe beträgt ungefähr 1 dB, so dass vier Stufen einen Verlust von knapp 4 dB bewirken. Diese Dämpfung tendiert dazu, noch größer zu werden, wenn wir höhere Frequenzen verwenden. Die Hybridkoppler werden unter

Verwendung von 2 ¼ Lambda Wellenlängen langen Übertragungsleitungen hergestellt und sind typischerweise auf eine Oktave Bandbreite oder weniger beschränkt. Der Telemakus TEP2000-4 zum Beispiel hat einen Frequenzbereich von 1 - 2 GHz und eine Einfügungsdämpfung von 4 dB aber der TEP8000-6 mit einem Frequenzbereich von 4 – 8 GHz hat einen noch höheren Verlust von 6 dB.

Wenn zwei Signale mit unterschiedlichen Phasen kombiniert werden, kann das resultierende Signal durch den folgenden Ausdruck beschrieben werden:

$$A_c = A_1 \sin(\omega t + \Theta) + A_2 \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Darin ist ωt eine zeitvariable Funktion, Θ und φ sind die beiden Phasen und A_1 und A_2 die beiden Amplituden. Wenn wir $A_1 = A_2$ wählen und $\Theta - \varphi = 180^\circ$, dann ergibt sich ein interessantes Ergebnis:

$$A_c = 0 \quad (2)$$

Die Amplitude sinkt auf 0 ab und das Signal verschwindet. In der Praxis ist eine vollständige Auslöschung jedoch aufgrund der nicht perfekten Schaltungen unmöglich zu erreichen. Dabei geht es vor allem um Leckströme und die Schwierigkeit die gleiche Amplitude und entgegengesetzte

Phase aufrecht zu erhalten. Praktisch ausgeführte Schaltungen können jedoch durchaus 30 dB Auslöschung oder mehr jederzeit erreichen. Dieser Effekt wird daher in sehr großem Umfang genutzt, z.B. in Hochleistungs-Linearverstärken. Eine Demonstration der Auslöschung kann man mit einem TEP4000-5 und einem TEA13000-12 durchführen. Siehe Bild 9.

Bei dieser Schaltung kann man, wenn sie mit einem VNA ausgemessen wird, einen breiten Unterdrückungsbereich von mehr als 30 dB erkennen. Dies ist ein Plot von S21 mit Dämpfung und Phase, optimiert für die Signalauslöschung.

Ein anderer Effekt tritt auf, wenn die Amplituden und Phasen exakt gleich sind:

$$A_c = 2A \quad (3)$$

In diesem Fall wird die Amplitude verdoppelt, was ideal für die Leistungsaddition in einem Hochleistungsverstärker ist.

Das Diagramm in Bild 11 zeigt eine typische Phase Array Antenne, die mit 8 Elementen arbeitet. Jedes Element besteht aus einer Dipolantenne und einem 360° Phasenschieber. Eine Schaltung zur Leistungsverteilung liefert an jedes Element ein identisches Signal. Die Richtung des kombinierten

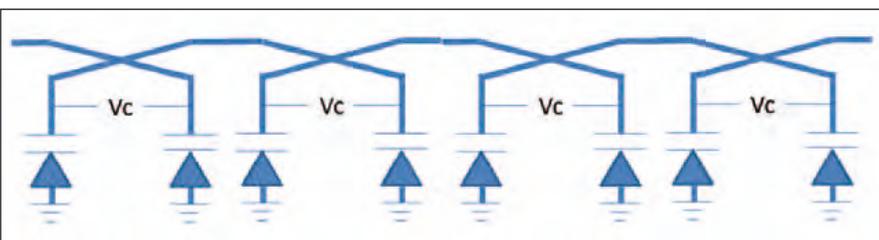


Bild 8: Mehrstufiger Phasenschieber für 360°

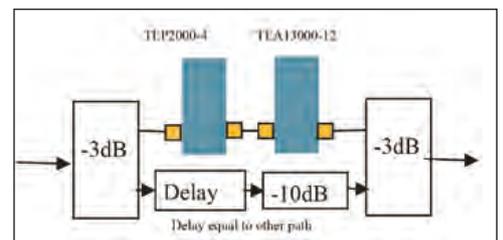


Bild 9: Demonstration der Signalauslöschung

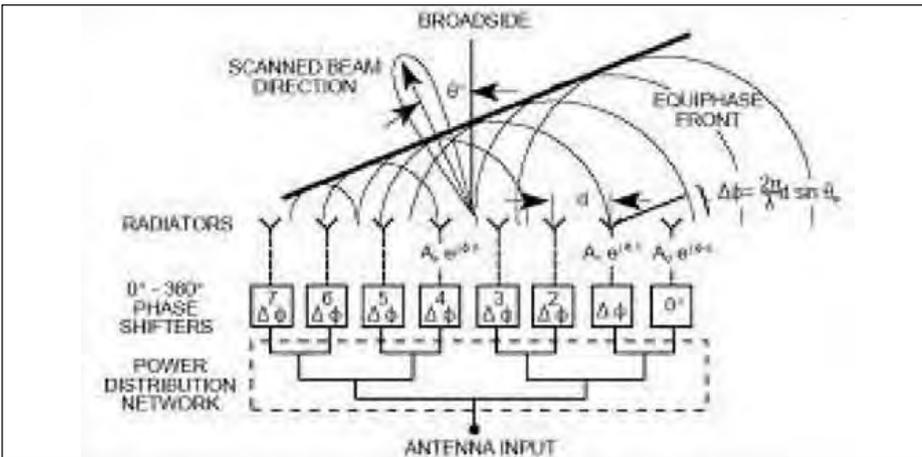


Bild 11: Wirkung einer Phase Array Antenne

Signale kann durch Veränderung der Phase in jedem Element entsprechend einem vorgegebenen, mathematischen Algorithmus gesteuert werden.

Kritische Parameter

- Einfügungsdämpfung
- IP3
- Amplitudenänderung in Abhängigkeit von der Phasensteuerung
- Rückflussdämpfung

Einfügungsdämpfung

Wie bereits zuvor ausgeführt wird die Einfügungsdämpfung des Phasenschiebers weitgehend durch die Anzahl der benötigten Stufen und die Frequenz beeinflusst. 4 – 6 dB sind für ein Design mit 360° Einstellbereich typisch. Die Änderung mit der Frequenz bei gegebener Phase ist ebenfalls kritisch und liegt bei +/- 1 dB über 1 Oktave Bandbreite.

Amplitudenänderung und Phasensteuerung

Ein anderer Aspekt der Einfügungsdämpfung ist ihre Änderung mit der Phaseneinstellung. Bei einem idealen Phasenschieber gäbe es keine Veränderung. Dies ist wichtig für sowohl Phase Array Antennen als auch Auslöschungs-Anwendungen, denn die Amplitude konstant zu halten bedeutet, dass es keine Notwendigkeit gibt die Verstärkung einzustellen, wenn die Phase geändert wird. In einer praktisch ausgeführten Schaltung gibt es eine gewisse Amplitudenvariation, die über 100 MHz Bandbreite auf typisch <1 dB reduziert werden kann.

Intercept-Punkt dritter Ordnung – IP3

Bei manchen Leistungspegeln steigt die Einfügungsdämpfung an und erzeugt eine

Nichtlinearität. Diese wiederum produziert Intermodulationsprodukte die Verzerrungen im Spektrum des angelegten Signals bewirken. Der sogenannte IP3 wird typisch in einem Zweitontest ermittelt, bei dem zwei Signale mit gleicher Amplitude an den Phasenschieber angelegt und die Ausgangsprodukte dritter Ordnung auf einem Spektrum Analyzer gemessen werden. Die halbe Differenz zwischen der Grundleistung und den Intermodulationsprodukten wird dann zur Eingangsleistung pro Ton hinzuaddiert, um die Höhe des IP3 zu bestimmen.

$$IP3 = \text{Eingangston} + \frac{1}{2} (\text{Eingangston} - IM3)$$

Wenn z.B. zwei Töne mit 0 dBm angelegt werden und die IM3-Produkte mit -60 dBm gemessen werden, dann beträgt der IP3 +30 dBm. Dies ist ein typischer Wert für die Reihe der Telemakus-Phasenschieber.

Rückflussdämpfung oder VSWR

Dies ist ein Maß für die Impedanz des Phasenschiebers. Typisch werden 50 Ohm als nominelle Impedanz eines Systems verwendet, und das Ziel ist, eine Schaltung zu entwickeln, die eine perfekte 50-Ohm-Anpassung erreicht, so dass die gesamte ankommende Leistung in die Schaltung eingekoppelt wird. Die Rückflussdämpfung ist ein Maß für die von der Schaltung, aufgrund ihrer nicht perfekten Anpassung, reflektierten Leistung. Ein typi-

scher Wert für ein breitbandiges Bauteil wäre -10 bis -15 dB.

Linearität der Phaseneinstellung

Die Kontrollfunktion gibt die Beziehung zwischen der von der Spannung oder dem digitalen Kontrollwert erzeugten Phasenverschiebung wieder. Normalerweise sollte diese Beziehung linear sein, wie es die Kennlinie in Bild 12 zeigt.

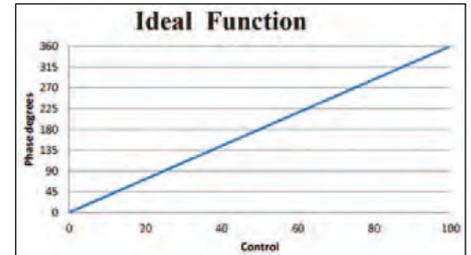


Bild 12: Ideale Kontrollfunktion

Eine reale Steuerfunktion würde typischerweise nicht linear sein und vielleicht so wie der Plot in Bild 13 aussehen.

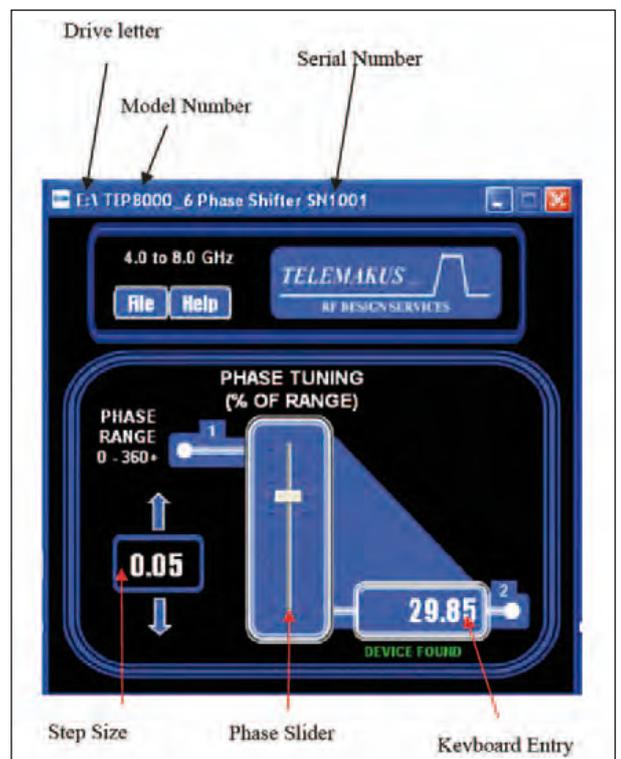
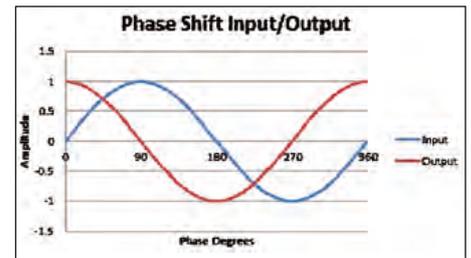


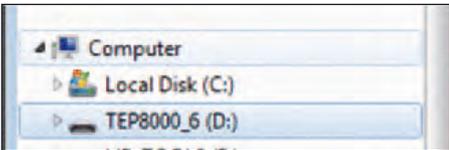
Bild 14: GUI des Telemakus-Phasenschiebers

Bild 13: Steuerkennlinie eines unkorrigierten digitalen Phasenschiebers

Diese nichtlineare Funktion kann numerisch mit Hilfe eines Polynoms korrigiert werden, das sich zur tatsächlichen Funktion invers verhält. Diese Form der Korrektur ist in das GUI aller Telemakus-Phasenschieberprodukte kodiert.

$$\text{Phase} = f_{\text{(tatsächliche Funktion)}} \times f_{\text{(inverse tatsächliche Funktion)}} = f_{\text{(ideal)}} \quad (4)$$

Alle Phasenschieber von Telemakus sind mit einem 0,5 MB Flash-Drive ausgestattet, der über den Windows File Manager so wie jeder andere Flash-Driver erreichbar ist. Der Speicher erscheint als der nächste verfügbare Drive, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.



Der Flash wird zur Speicherung einer Reihe von Files verwendet, die während der Pro-

dukt-Installation und des Arbeitens mit dem Programm wichtig sind.

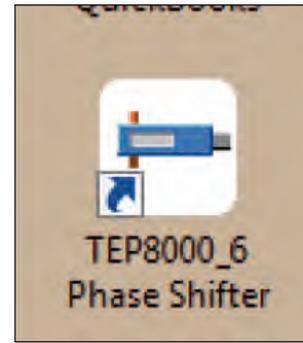
Die Directory-Struktur wird wie die nachfolgende Liste aussehen.

Name	Date modified	Type
SN0000	8/2/2012 5:53 PM	File folder
Windows 7 64bit Installation	7/22/2012 8:19 PM	File folder
XP Vista W7 32bit Installation	7/12/2012 1:16 PM	File folder

Der erste Schritt im Installationsprozess besteht darin, die korrekte Version der Installations-Dateien auszuwählen: Entweder 32 Bit für XP oder W7 32 Bit bzw. 64 Bit für W7 64 Bit oder W8. Die Wahl des richtigen Verzeichnisses öffnet die nachfolgende File-Struktur.

Name	Date modified	Type	Size
Install TEP8000_6	12/10/2012 2:01 PM	Windows Installer Package	1.119 KB
setup	12/10/2012 2:01 PM	Application	487 KB

Um die Installation zu starten wählen Sie das .MSI-File und folgen den Instruktionen. Wenn alles eingerichtet ist, sind die GUI-Files zum Betrieb bereit entweder, vom Desktop aus oder von der Programmgruppe „Telemakus LLC“ unter dem Startmenu. Ein Doppelklick auf das Icon startet das in Bild 14 abgebildete GUI.



Zusammenfassung

Der Phasenschieber ist eine sehr nützliche Funktion in der Welt von HF- und Mikrowellentests und Kontrolle. Die Telemakus Produkt-Familie umfasst einen Satz von leicht zu benutzenden, oktavbreiten, fein einstellbaren 360°-Phasenschiebern. APIs stehen auf dem Flash Drive für die meisten der populären ATE-Software-Applikationen wie Labview und Agilent VEE zur Verfügung und machen die Integration ein ATE-System möglich. ◀



NSG 437 UND NSG 438 ESD-SIMULATOREN –

ERSTKLASSIGE FUNKTIONEN FÜR 30 KV ESD-PRÜFUNGEN

Die NSG 437 und NSG 438 ESD-Simulatoren überzeugen durch ihre marktführende Benutzerfreundlichkeit – das einzigartige Touchscreen und das Aktivitätsprotokoll sind nur einige der zahlreichen Highlights. Auch mit seinem neuen Farb-Display, verfügt das NSG 438 über die längste Akkulaufzeit aller ESD-Simulatoren auf dem Markt, mit über 30'000 Entladungen bei 30 kV bei einer einzigen Akkuladung. Die Simulatoren verfügen ebenfalls über ein einzigartiges Aktivitätsprotokoll, mit dessen Hilfe der Benutzer einfach und übersichtlich per Touchscreen prüfen kann, was in welchem Zeitrahmen getestet wurde. Beide Simulatoren sind mit allen relevanten IEC-, ANSI-, SAE- und ISO-Normen vollständig konform, und eignen sich somit ideal zur ESD-Prüfung von Autos und deren Unterbaugruppen, ebenfalls zur ESD-Prüfung von Unterhaltungs- und Haushaltselektronik, IT- und Telekommunikationsgeräten sowie medizinische und industrielle Ausrüstungen.

Schlüsselfunktionen

- Entladungsspannung von 200 V bis 30 kV in 100 V-Schritten
- Bis zu 30 s Haltezeit
- Batterielebensdauer über 30'000 Entladungen bei 30 kV (NSG 438)
- Über 60 schnell austauschbare Entladungsnetzwerke erhältlich (150 Ω / 330 pF Standard)
- Individuelle Entlastungsnetzwerke von 0 Ω und bis zu 2 nF
- Eingebaute ISO-Selbstkalibrierung

Mess-System für elektromagnetische Felder



Anritsu stellt für seine Handheld-Analysatoren Spectrum Master MS271xE und für die Basisstations-Analysatoren Cell Master MT8212E/MT8213E ein System zum Messen von Strahlung im elektromagneti-

schon Feld (EMF) vor. Mit der eingebauten Option sowie einer isotropen Antenne können die Analysatoren von staatlichen Regulierungsbehörden und Mobilfunkbetreibern im Feld genutzt werden, wodurch die

Einhaltung verschiedener nationaler Normvorschriften zur Personensicherheit in Mobilfunknetzen gewährleistet wird.

Bei der erforderlichen Antenne für 0,7 bis 6 GHz handelt es sich um einen dreiachsigen E-Feld-Sensor mit einem integrierten HF-Schaltgerät, Mikrocontroller und Speicher. Jeder der drei Sensoren ist orthogonal im Inneren des Antennengehäuses angeordnet, um auf diese Weise eine kugelförmige Strahlungscharakteristik zu erhalten.

Zum Messen von breitbandiger Strahlung funktioniert die EMF-Option im Spektrumanalysator-Modus. Die Gesamtstrahlung kann über das gewünschte Frequenzband hinweg gemessen werden. Mit der EMF-Option lassen sich Strahlungsmessungen von demodulierten Signalen in speziellen Frequenzbändern durchführen, wie LTE, TD-LTE und W-CDMA. Messungen lassen sich extrapolieren. So kann eine Worst-Case-Analyse erfolgen, indem ein voll ausgelasteter Traffic-Kanal angenommen wird. Für die EMF-Messungen stehen zahlreiche automatisierte Features zur Verfügung. Der Anwender kann Grenzwertlinien auf verschiedenen Ebenen über das gewünschte Spektrum hinweg setzen und sie speichern.

Pass/Fail-Indikatoren werden auf dem Bildschirm angezeigt, sodass Anwender eine sofortige Rückmeldung zu den Messergebnissen erhalten. Zusätzlich werden die Ergebnisse automatisch in einem internen Speicher abgelegt.

Dank der multifunktionalen Lösung mit dem Spectrum Master sind mehrere Messgeräte nicht mehr erforderlich. Neben EMF-Messungen lässt sich das Messgerät als Spektrumanalysator, Interferenzanalysator mit Signal-Mapping, Netzabdeckungs-Mapping, Mitlauf-generator, Kanal-Scanner, Leistungsmesser, Leistungsmesser mit hoher Messgenauigkeit, AM/FM/PM-Analysator und GPS-Empfänger verwenden.

Der Cell Master ist ein kompakter Basisstations-Analysator in Handheld-Ausführung, der speziell für Techniker am Funkzellenstandort entwickelt wurde, damit virtuell alle Messanforderungen in einer Funkzelle und im Umkreis um eine Funkzelle in 2G-, 3G- und WiMAX-Netzen erfüllt werden können. Über 30 Analysatoren sind in dem Handheld-Messgerät kombiniert, um virtuell jeder Messanforderung zu genügen.

■ *Anritsu Corp.*
www.anritsu.com

Beste Messergebnisse mit dem digitalen Tischmultimeter

Durch die vielseitigen Kombinationsmöglichkeiten der beiden Anzeigeeinheiten lässt sich das digitale Tischmultimeter der Serie 1705 optimal einsetzen. Es kann individuell konfiguriert werden, um alle Informationen auf einen Blick zu erhalten. Standardmäßig ist in dem Multimeter von Telemeter Electronic eine RS232-Schnittstelle implementiert. Diese kann auch im ARC-Modus (Addressable RS232 Chain) benutzt werden und somit den Anschluss von bis zu 32 Geräten an nur einer RS232 ermöglichen. Optional ist auch eine IEEE-488.2-



Schnittstelle erhältlich. Beide Schnittstellen erlauben die volle Bedienbarkeit des Gerätes mittels eines Computers. Alle notwendigen Kalibrierdaten und Konstanten sind in einem EEPROM hinterlegt, eine

Rekalibrierung erfolgt per Software, das Gehäuse muss dabei nicht mehr geöffnet werden. Eine weitere Besonderheit ist ein Data Logger, der bis zu 100 Messungen automatisch speichert. Außerdem wird mit einer Genauigkeit von 0,04% und einer Auflösung von 10 µV, 10 mOhm bzw. 0,1 µA gemessen. Durch das True-RMS-Funktion ist eine Effektivwertmessung nichtsinusförmiger Wechselgrößen möglich.

■ *Telemeter Electronic*
www.telemeter.info

Wachsendes Oszilloskop-Portfolio



Kontinuierlich erweitert Rohde & Schwarz sein Oszilloskope-Portfolio mit neuen Modellen, Applikationen und Zubehör. Davon können sich Messebesucher am Stand 4-218 von Rohde & Schwarz auf der embedded world 2015 in Nürnberg selbst ein Bild machen.

Der High-Definition Mode erhöht die vertikale Auflösung der digitalen Oszilloskope R&S RTO und R&S RTE auf bis zu 16 Bit. Gegenüber der Auflösung von 8 Bit im Standardmodus entspricht das einem 256-fachen Gewinn. Die erhöhte Auflösung führt dazu, dass die Messkurven schärfer dargestellt werden und Signaldetails hervortreten, die sonst vom Rauschen verdeckt waren.

Die Familie der Universal-Oszilloskope R&S RTM hat Rohde & Schwarz um ein neues Modell mit 200 MHz Bandbreite erweitert. Für alle Bandbreitenmodelle verfügbar ist die Option für History und Segmentierten Speicher, die die maximale Speichertiefe auf einzigartige 460 MS pro Kanal erweitert. Der tiefe, segmentierte Speicher ist von großem Nutzen bei der lückenlosen Analyse von Datensequenzen mit langen Ruhephasen, beispielsweise gepulste Signale oder Datenpakete von seriellen I²C-Bussen. Neu ist auch die Digitalvoltmeter-Option. Mit ihr ermittelt das R&S RTM unabhängig von der Triggerung des Geräts verschiedene Messwerte. Zudem wird mit ihr ein siebenstelliger Frequenzzähler im Oszilloskop verfügbar.

Für Anwender im Automotive-Markt gibt es für die R&S RTE und R&S RTO jeweils Trigger- und Decodier-Analyselösungen für das schnelle Busprotokoll CAN Flexible Data (CAN-FD). Eine Option für das R&S RTO unterstützt bei Konformitätstests von Automotive-Ethernet-Schnittstellen. Im Bereich der mobilen Kommunikation und von Embedded Designs hat Rohde & Schwarz die Einsatzmöglichkeiten seines R&S RTO mit zwei Optionen für die Analyse von MIPI-RFFE sowie USB 1.0/1.1 und 2.0 erweitert. Neu ist zudem die Option für automatisierte MIPI-D-PHY-Konformitätstests.

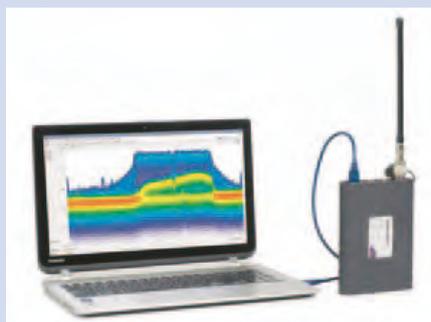
Lüfterloser Betrieb, 1 Mpts Speichertiefe und 1 GSa/s Abtastrate in Echtzeit, das sind die wichtigsten Eckdaten des neuen Mixed-Signal-Oszilloskops der Einsteigerklasse



R&S HMO1002. Mit einer vertikalen Empfindlichkeit von 1 mV/Div und integrierter FFT mit 128 k Messpunkten zeichnet es sich durch Eigenschaften aus, die weit über dem Standard von Oszilloskopen in diesem Preissegment liegen.

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

Tragbarer Spektrumanalysator



Einen tragbaren Spektrumanalysator präsentiert Tektronix mit dem RSA306. Das Messgerät bietet eine Bandbreite von 9 kHz bis 6,2 GHz bei einer Echtzeit-Bandbreite von 40 MHz. Zusammen mit der kostenlosen SignalVU-PC-Software lässt sich der Analysator beispielsweise bei Hochfrequenzdesign und -entwicklung, Installation und Wartung mobiler Funknetze oder bei der Ermittlung von

Störquellen einsetzen. Eine offene API erlaubt es, kundenspezifische windows-basierte Schnittstellen, wie MatLab oder Python, zu verwenden, um Rohdaten von Instrumenten zu verarbeiten. Da das Gerät über keine Batterie verfügt, wird die Energieversorgung über USB 3.0 abgesichert. Auch ist in dem Analysator kein Speicher verbaut. Aus diesem Grund wird an dem PC einiges an Hardware vorausgesetzt. So sollte der Rechner über mindestens 8 GB RAM, die vierte Generation eines Intel i7 und über Windows 7 oder 8 in 64-Bit-Ausführung verfügen. Der RSA306 ist der erste USB-Spektrumanalysator, der künftig durch ähnliche Instrumente ergänzt werden soll. Außerdem ist geplant, neben Windows noch Linux, Android und iOS zu unterstützen.

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

ENGINEERING + MANUFACTURING
FOR A NETWORKED WORLD



ULTRA BROADBAND MULTICOUPLERS

1:4 and 1:8

20 ... 3000 MHz and 20 ... 8000 MHz

MATRICES · SWITCHING UNITS · MULTICOUPLERS · CROSSBARS · COMPONENTS

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

Die Nadel im Heuhaufen finden – zuverlässig und in Echtzeit

Mit jeder Generation werden elektronische Systeme in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie der Konsumelektronik komplexer, vereinen mehr Schnittstellen in einem System und tauschen mehr Daten und Signale aus. Auf der einen Seite steigen dadurch die Anforderungen an Testsysteme, während auf der anderen Seite die Testzeiten und Testkosten gesenkt werden müssen.

Eine wichtige Aufgabe in der Entwicklung und Fertigung ist das Aufspüren von fehlerhaften Signalen. Hierbei spielen die Trigger-Funktionen von Oszilloskopen eine zentrale Rolle, denn sie erlauben es, ein fehlerhaftes Signal in einem Strom von einwandfreien Signalen zu identifizieren.

Anwender wünschen sich zunehmend flexiblere Trigger-Funktionen, um Effekte aufzuspüren, die nur unter speziellen Bedingungen auftreten. Außerdem sollten Trigger-Bedingungen möglichst schnell, das heißt ohne Totzeit, erkannt werden, um Testzeiten zu minimieren.

Lesen Sie in diesem Artikel, wie diese Herausforderungen durch FPGAs in Messgeräten überwunden werden, indem benutzerdefinierte Algorithmen in Messgeräten die erfassten Daten in Echtzeit analysieren.

Triggerfunktionen in traditionellen Oszilloskopen

Aktuelle Oszilloskope bieten, neben Standardfunktionen wie Edge-, Hysterese-, und Window-Trigger, eine Vielzahl an weiteren Trigger-Möglichkeiten,

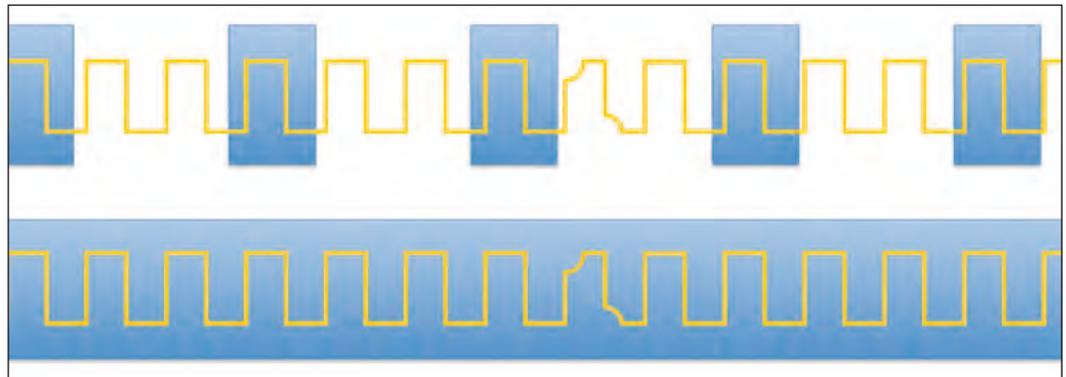


Bild 1: Erfassung von Waveform-Paketen in traditionellen Oszilloskopen mit Totzeit zwischen den Paketen, in denen Trigger-Bedingungen unentdeckt bleiben.

beispielsweise das Erkennen von Pulsbreiten (PWM, Glitch) oder auch Dateninhalte auf seriellen Schnittstellen wie I2C, SPI oder NFC. Entweder sind diese Funktionen vom Hersteller fest in ein Instrument integriert oder als Zusatzpaket verfügbar. Eine Möglichkeit für Anwender, eigene Algorithmen in Oszilloskopen zu integrieren oder spezielle Funktionen von externen Quellen (Drittanbieter) einzubinden ist allerdings nicht bekannt.

Die beschriebene Architektur basiert meist auf Software-Algorithmen, die auf Embedded-CPU's ausgeführt werden. Daher können die beschriebenen Trigger-Funktionen nicht in Echtzeit auf erfasste Daten angewendet werden, denn auch leistungsfähige CPU's sind nicht in der Lage, Datenströme von mehreren GSamples/s zu verarbeiten, wie sie in Oszilloskopen üblich sind. Deshalb arbeiten Oszilloskope typischerweise, indem sie die erfassten Signale in Paketen, sogenannten Waveforms, von einigen tausend Samples verarbeiten und Samples zwischen diesen Paketen auslassen. Dies kann dazu führen, dass Trigger-Bedingungen verpasst werden, weil sie nicht zufällig in ein solches Paket gefallen sind. Dies kann wiederum zu längeren Testzeiten führen oder zu der Situation, dass fehlerhafte Signale



Bild 2: Rekonfigurierbares Oszilloskop PXIe-5171R mit acht Kanälen, 250 MHz Bandbreite und einer Auflösung von 14 bit

überhaupt nicht gefunden werden können.

Einführung in software-designte Messgeräte

Seit vielen Jahren nutzen Ingenieure Softwarewerkzeuge wie LabVIEW, um die Funktionen von traditionellen Messgeräten zu erweitern und in Testsysteme zu integrieren. Dieser Ansatz ist flexibel und kann neueste PC-Technologie für die Signalverarbeitung nutzen, aber auch

Prozessoren der neuesten Generation sind nicht in der Lage Datenmengen von Oszilloskopen in Echtzeit zu verarbeiten.

Seit mehreren Jahren allerdings wird die FPGA-Technologie immer leistungsfähiger. FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays) sind programmierbare Logikschaltkreise, welche – anders als universelle Prozessoren mit festen Befehlsätzen – für eine speziellen Aufgabe programmiert werden können.

*Christian Gindorf
Senior Product Manager für
Oszilloskope
National Instruments,
Austin, Texas.
www.ni.com*

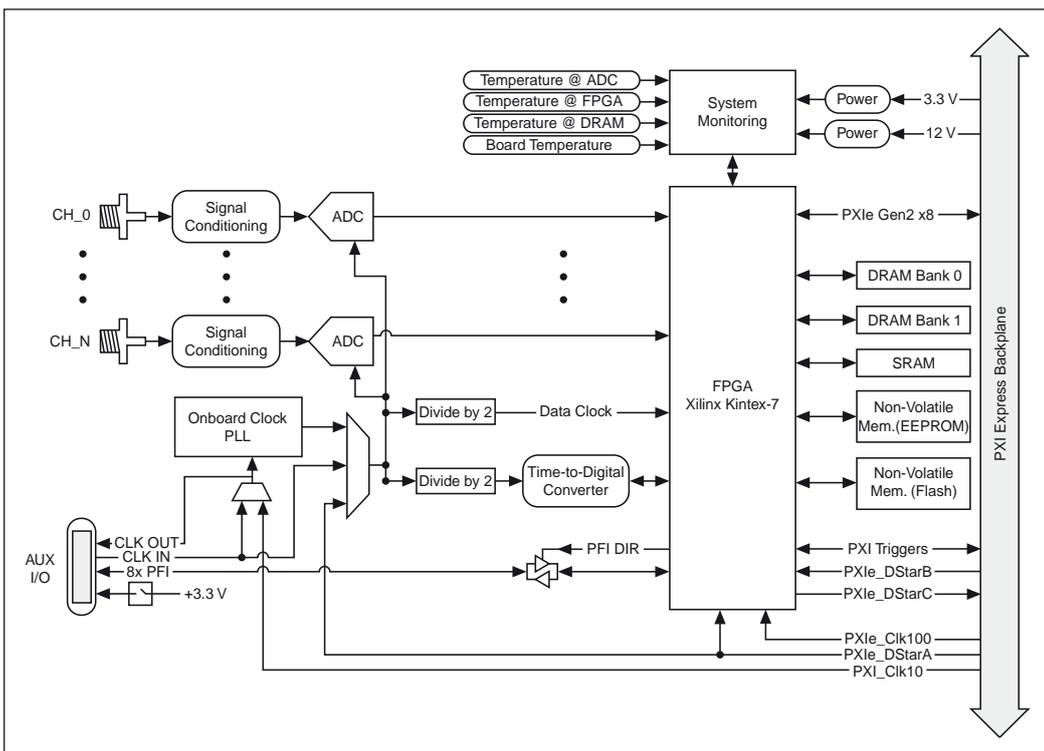


Bild 3: Blockdiagramm des rekonfigurierbaren Oszilloskops PXIe-5171R. Das anwenderprogrammierbare FPGA ist direkt in den Datenpfad integriert und hat Zugriff auf alle Steuerleitungen des Oszilloskops.

theiken aufteilen in Funktionsblöcke für den FPGA im Messgerät selbst und Funktionen für den Host-PC. Selbstverständlich können auch Funktionen aus LabVIEW FPGA sowie VHDL-Code (etwa aus den Xilinx-Bibliotheken) eingebunden werden, um das Messgerät zu programmieren.

Benutzerdefinierte Trigger-Funktionen in rekonfigurierbaren Oszilloskopen

Spezielle Trigger-Funktionen in einem FPGA im Oszilloskop zu integrieren ermöglicht es, ein Messgerät für eine sehr spezielle Aufgabe zu optimieren. Im Fertigungstest kann so z. B. die Notwendigkeit für eine Nachverarbeitung von Daten im PC entfallen, beispielsweise wenn ein Signal erst demoduliert werden muss, bevor auf die enthaltenen Daten getriggert werden kann. Beides lässt sich elegant

FPGAs vereinen die Leistungsfähigkeit große Datenmengen zu verarbeiten mit der Flexibilität, beliebig oft auf neue Aufgaben programmiert werden zu können. Zusätzlich arbeiten FPGAs inhärent parallel.

Die von National Instruments geschaffene Klasse der software-designierten Messgeräte vereint moderne Messtechnik mit der Leistungsfähigkeit von FPGAs, sodass Oszilloskope oder RF-Signalanalytoren die erfassten Datenpunkte in Echtzeit kontinuierlich verarbeiten können.

Dies ermöglicht dem Anwender, Daten schon während der Erfassung im Messgerät durch Algorithmen zu analysieren oder Trigger-Funktionen in das Gerät zu integrieren, um spezielle Signalformen oder Kombinationen in Echtzeit zu erkennen. Ebenso lässt sich der FPGA in einem Messgerät nutzen, um das Verhalten eines Geräts zu emulieren, beispielsweise um ein nicht mehr verfügbares Gerät zu ersetzen.

Ein Beispiel für diese Geräteklasse ist das rekonfigurierbare

Oszilloskop PXIe-5171R. Es bietet acht Eingangskanäle mit 250 MHz Bandbreite und einer Auflösung von 14 bit. Ein Kintex-7-FPGA von Xilinx ist direkt in den Datenpfad integriert und hat außerdem Zugriff auf alle Steuerleitungen im Gerät.

Um die Funktion von software-definierten Messgeräten zu programmieren stehen dem Anwender LabVIEW FPGA und Instrument Design Libraries (IDLs, Entwicklungsbibliotheken) zur Verfügung. Diese Instrument Design Libraries sind Softwarebibliotheken, die Gerätedetails und Kommunikation zwischen FPGA und Host-PC, ähnlich einem Gerätetreiber, abstrahieren und so dem Anwender die Low-Level-Programmierung abnehmen.

Dennoch ist der Code dieser Bibliotheken offen und kann vom Anwender eingesehen oder verändert werden. In den IDLs stehen Funktionsblöcke für die Konfiguration des Messgeräts, die Erfassung von Signalen und den Datentransfer zur Verfügung, wobei sich die Biblio-





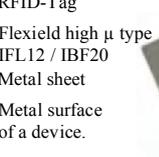



**RFID
EMI
Antennen
13,56MHz**



www.smae.de
info@smae.de

Zur Verbesserung der Sende und Empfangseigenschaften von **RFID-Tags** und **Antennen** bietet TDK flexible Folien der Serien **IFL10M, IFL12, IFL04** und **IBF15** an. Sie eignen sich auf Grund ihrer hohen Permeabilität μ' für **RFID-Lesegeräte** und **RFID-Antennen**. Insbesondere bei metallischen Untergründen sorgen die Flexield Folien für eine **optimale Bündelung** des Magnetfeldes und erhöhen so Reichweite und **Signalqualität**. Die Folien lassen sich in beliebige Formen schneiden und sind selbstklebend. Auch komplette **RFID-Antennen** sind erhältlich.



RFID-Tag
Flexield high μ type IFL12 / IBF20
Metal sheet
Metal surface of a device.

s.m.a.e. GmbH
Lise-Meitner-Straße 6, 40878 Ratingen
Telefon: 02102 / 4248-0, Fax: 02102 / 4248-23

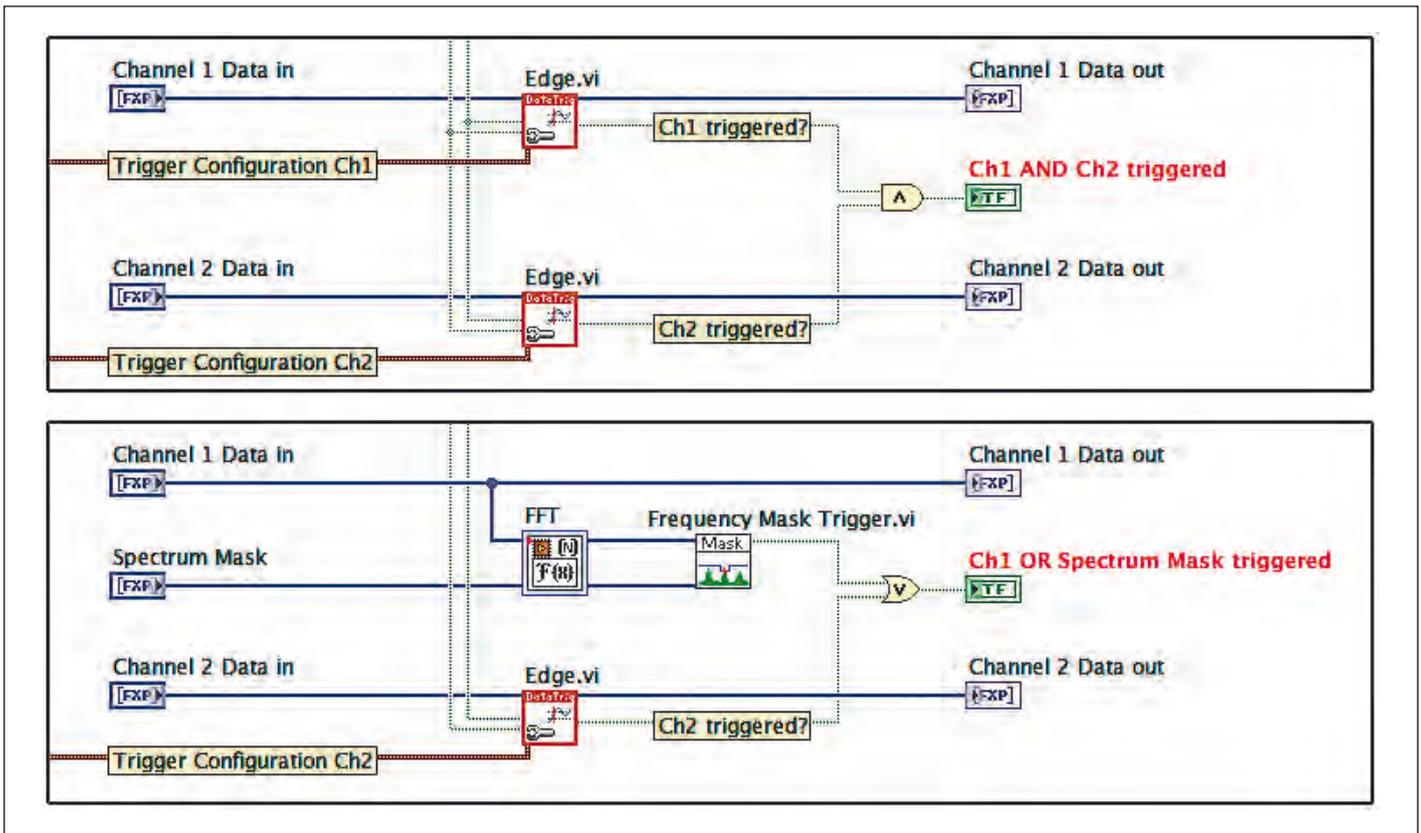


Bild 4: Verschiedene Trigger-Funktionen im LabVIEW-Code eines softwaredefinierten Messgeräts

im FPGA lösen. Auch lassen sich Totzeiten bei Messungen vermeiden, da Signale ohne Unterbrechung analysiert werden können. Dies kann zu einer erheblichen Reduzierung von Testzeiten wie auch von Kosten führen, weil Messgeräte vielseitiger einsetzbar sind und mehrere Aufgaben von einem Gerät übernommen werden können.

von einzelnen Zuständen (Pegel) und Ereignissen, wie beispielsweise Signalfanken. Im FPGA eines rekonfigurierbaren Oszilloskops ist dies, wie in Bild 4 gezeigt, mit wenigen Gatter-Elementen leicht zu realisieren. In diesem Beispiel werden mehrere Edge-Trigger mit einem ODER-Gatter kombiniert.

Ein einfaches Beispiel für benutzerdefinierte Trigger-Funktionen sind logische Kombinationen

Durch Verwendung der Fourier-Transformation aus dem Funktionsumfang von LabVIEW FPGA kann ebenfalls leicht ein

Spektrum-Trigger erstellt werden, mit dem gezielt der Pegel einzelner Frequenzkomponenten überwacht werden kann. Selbstverständlich lassen sich Trigger im Frequenz-, Zeit- und Datenbereich kombinieren, um beispielsweise Wechselwirkungen zwischen übertragenen Daten und Störungen im Frequenzbereich aufzudecken.

Ein weiteres Beispiel sind Trigger-Funktionen, die einen Signalverlauf erkennen können. Hierzu werden im FPGA mehrere Window-Trigger genutzt, welche die einzelnen Punkte einer erfassten Signalform überprüfen, wie in Bild 5 dargestellt wird. Erkennen alle Window-Trigger gleichzeitig einen Datenpunkt in ihrem Fenster, wird der Trigger ausgelöst und das Signal mit Pre- und Post-Samples erfasst. Diese Funktion kann zum Beispiel sehr nützlich sein, um Störungen in einem Signal, etwa Datenbits mit überlagerter Signalreflexion, zu erfassen, aber auch um beispielsweise einen speziellen Datenin-

halt einer seriellen Übertragung zu identifizieren.

Fazit

Softwaredefinierte Messgeräte bieten dem Anwender die Möglichkeit, Messgeräte an eine spezielle Aufgabe anzupassen und z. B. auf kurze Testzeiten zu optimieren. Weiterführende Informationen finden Sie unter ni.com/xyz. Der Beispielcode zum Waveform-Trigger wird unter ni.com/xyz bereitgestellt.

Der Autor

Christian Gindorf studierte Physiktechnik an der Fachhochschule Ostfriesland in Emden. Nach einem Einstieg als Applications Engineer bei National Instruments in München war er als Systemingenieur für Aufgaben im Fertigungstest, als Business Development Manager für den Bereich HF-Testsysteme und Leiter der Abteilung Systems Engineering tätig. Aktuell ist er Senior Product Manager für Oszilloskope bei National Instruments in Austin, Texas. ◀

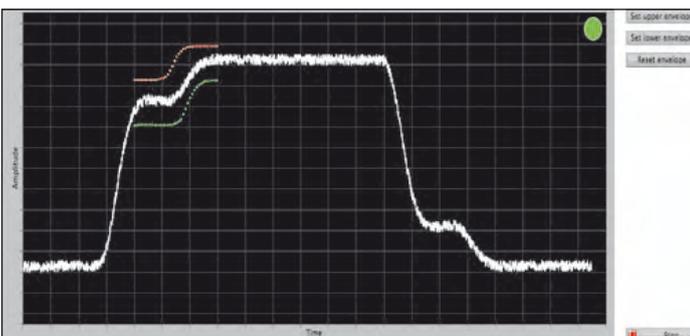
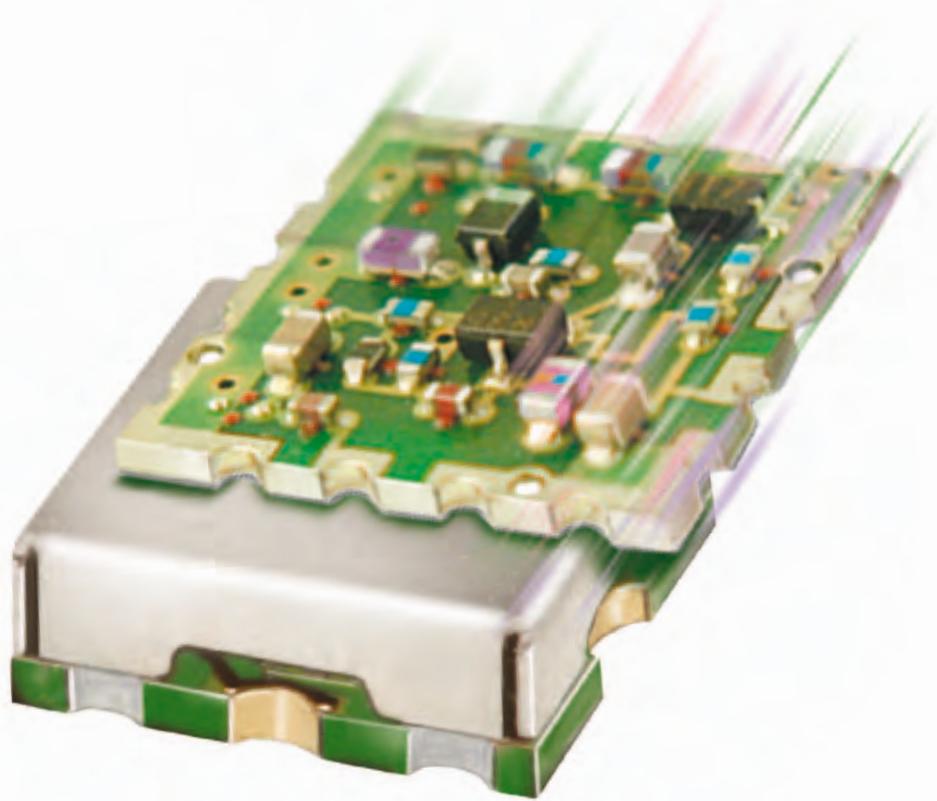


Bild 5: Triggern auf einen bestimmten Signalverlauf, als Beispiel einer speziellen, vom Anwender implementierbaren Triggerfunktion

CUSTOM VCOs

You Define It. We'll Design It.

3 MHz to 7 GHz



Starting at
\$49.95*
ea. (min. Qty. 10)

Send us your requirements using our online spec checklist for a response within 4 days!

Sie benötigen einen VCO nach Kundenanforderungen für Ihr Projekt? Mini-Circuits hat es jetzt einfach gemacht: Gehen Sie auf minicircuits.com und geben Sie Ihre Anforderungen in unser Online-VCO-Spezifikationsformular ein. Unsere Ingenieure werden sich Ihre Applikation genau ansehen, Simulationen durchführen und innerhalb von vier Tagen oder weniger antworten, um mit Ihnen über Ihre Anforderung zu sprechen. Wir können Modelle für breitbandigen Betrieb, lineare Abstimmung, zweifachen Ausgang und niedriges Phasenrauschen zu geringen Kosten optimieren. Ob Sie nun ein robustes Koaxialgehäuse oder ein SMT-Gehäuse mit Abmessungen ab 0.25 x 0.25 x 0.1" haben wollen – wir können sicherlich

eine Lösung für Ihre Anforderungen finden. Sie können auch unsere einzigartige Yoni2™-Suchmaschine auf unserer Website nutzen, um tatsächliche Testdaten in unserer kompletten Ingenieur-Datenbank zu suchen. Geben Sie einfach die gewünschten technischen Parameter ein und klicken sie auf „Search“. Sie bekommen dann eine Liste aller Modelle, die Ihren Anforderungen nahe kommen. Wir sind immer bereit, um Sie zu unterstützen. Schicken Sie daher Ihre Anfrage noch heute und unsere Ingenieure werden mit Ihnen zusammenarbeiten, um den richtigen VCO für Ihre Applikation zu finden.

Go to www.minicircuits.com/specCheckList/vco.html

Enter your requirements, and click **SUBMIT!**

We promise you a fast response!

*Price for most designs. Up to \$99.95 for more complex designs.



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

DISTRIBUTORS

533 rev A

IE INDUSTRIAL GMBH
ELECTRONICS

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

Ultra-Low Noise Option für TDEMI X ermöglicht niedrigstes Rauschen bis 40 GHz

Emissionsmessungen wurden traditionell im Frequenzbereich mittels Superheterodyn-Empfängern durchgeführt. Der Vorteil dieses Verfahrens bestand darin, eine hohe Empfindlichkeit und niedriges Rauschen zu erreichen. Der Nachteil besteht allerdings darin, dass die einzelnen Frequenzpunkte sequentiell nacheinander gemessen werden müssen und daher sehr lange Messzeiten entstehen.

Erste Messempfänger, basierend auf dem Superheterodynprinzip, wurden bereits in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts von Siemens, General Electric [1] sowie Stoddard gebaut und zur Messung elektromagnetischer Störungen eingesetzt. Modernere Funkstörmessempfänger führen die Filterung des Zwischenfrequenzsignals sowie die Bewertung mittels Detektoren bereits digital durch. Dadurch konnte eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit von Emissionsmessungen erreicht werden. Da bei einer Emissionsmessung jedoch mehrere tausend Frequenzpunkte gemessen werden müssen und dies bei solchen Funkstörmessempfängern üblicherweise sequentiell erfolgt, ergeben sich bei derartigen Messungen für eine Charakterisierung der Störaussendungen eines Messobjektes leicht mehrere Stunden Messzeit.

Mittels diskreter Fouriertransformation (DFT) lässt sich das Spektrum aus einem Signal im Zeitbereich berechnen. Ein Berechnungsverfahren der DFT, welches die Anzahl der Multiplikationen reduziert, ist die sogenannte schnelle Fouriertransformation (engl. fast Fou-

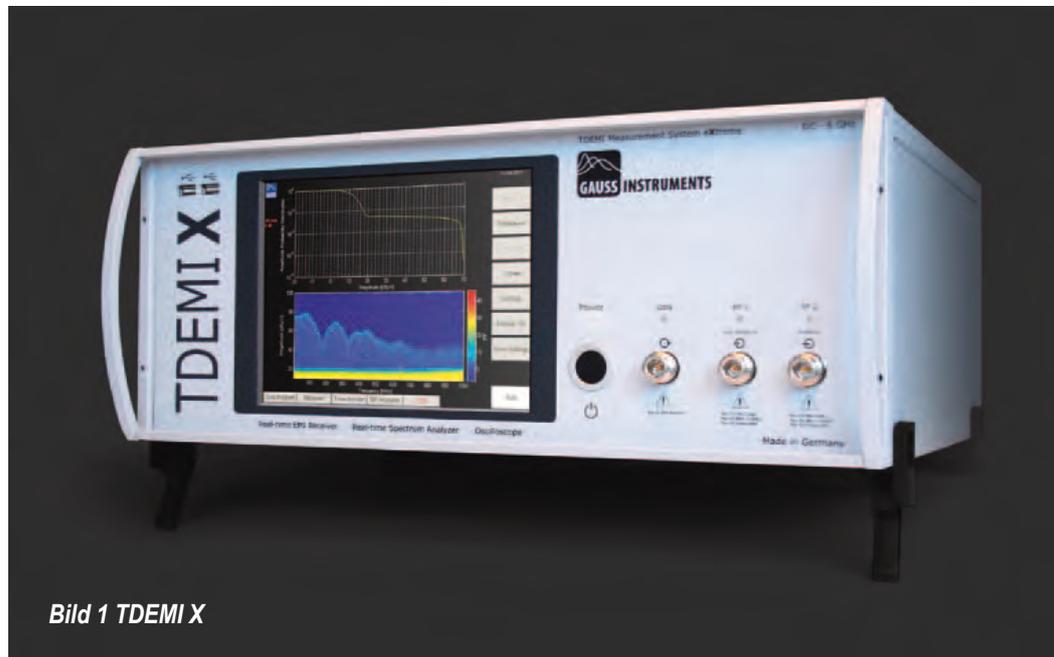


Bild 1 TDEMI X

rier transform, FFT) [2]. Ein weiteres Verfahren, welches aus einem Signal im Zeitbereich ein Spektrogramm berechnet, ist die Kurzzeit-FFT (engl. Short time FFT, STFFT) [3].

Allerdings genügt alleine die Durchführung einer FFT nicht, um gleiche Ergebnisse bzw. Anzeigen wie mit einem konventionellen Messempfänger zu erreichen. Hierzu sind Signalverarbeitungsmethoden notwendig, welche über die bloße Berechnung einer FFT deutlich hinausgehen. Beispielsweise wird die FFT zusammen mit Fensterfunktionen eingesetzt, um sogenannte spectral leakage Effekte zu mini-

mieren. Bei einem herkömmlichen Messempfänger spricht man hier von Nebenempfangstellen. Um exakt gleiche Messergebnisse bei Einzelfrequenzpunktmessung, wie mit einem klassischen Messempfänger nach Superheterodynprinzip, und einem Mehrkanalmessempfänger mit FFT, welcher somit an vielen Frequenzpunkten gleichzeitig misst, zu erhalten, muss ein analytischer Zusammenhang zwischen Filterkoeffizienten des ZF-Filters und den Koeffizienten der verwendeten Fensterfunktion hergestellt werden. Dieser kann eindeutig berechnet werden, soll aber hier aufgrund der

Komplexität nicht näher erläutert werden [4].

Weiter muss die Dynamik der verwendeten Analog-Digital-Wandler ausreichend sein, um die typischen Signale, welche im Bereich der EMV-Prüfungen auftreten, mit hohem Signal-Rausch-Abstand erfassen zu können. Im letzten Jahr wurden hier von der Firma Gauss Instruments weitere Analog-Digital-Wandler Systeme realisiert, welche es ermöglichen, einen nochmals deutlich verbesserten Signal-Rausch-Abstand zu erreichen, verglichen mit der Technik vor wenigen Jahren. Messgeräte die diese Anforderungen erfül-

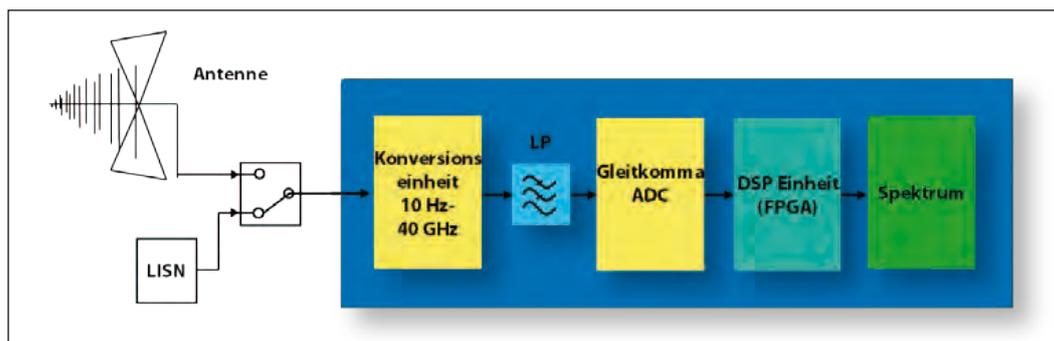


Bild 2: EMV-Zeitbereichsmesssystem TDEMI eXtreme

Autoren:
Stephan Braun
Arnd Frech
GAUSS INSTRUMENTS
GmbH
München

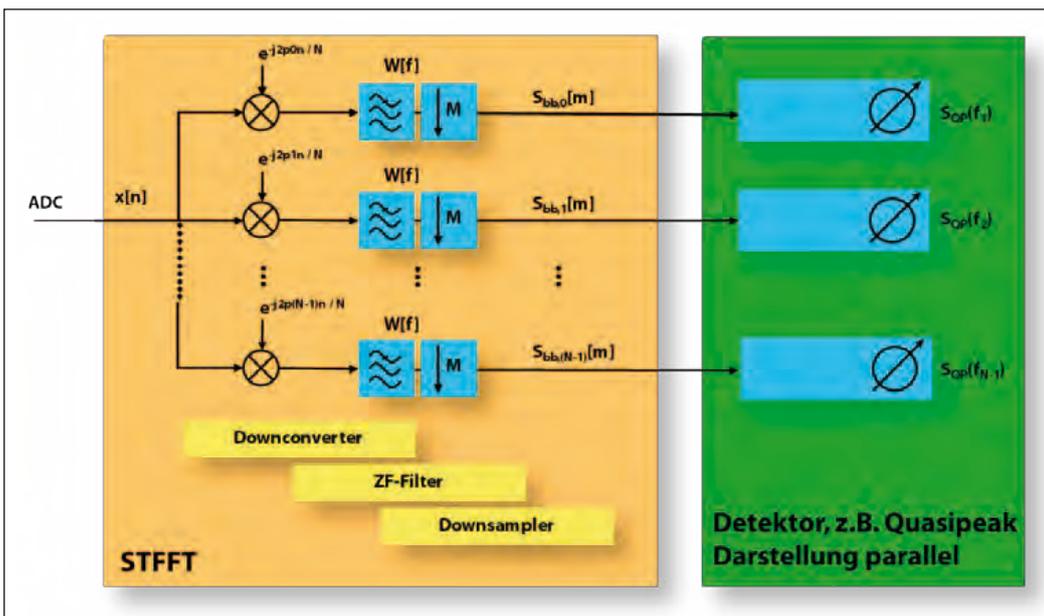


Bild 3: Mehrkanalmessempefänger-Umsetzer, Filterbank, Dezimator und Detektor

len, dürfen für Zertifizierungsmessungen eingesetzt werden. Im Frequenzbereich oberhalb der sog. Nyquistfrequenz der Analog-Digital-Wandler wird zudem eine mehrstufige und sehr breitbandige Frequenzumsetzung eingesetzt. Die Anforderungen an eine solche Frequenzumsetzung sind unter anderem eine Echtzeitbandbreite von einigen hundert MHz, sowie ein geringes Rauschen. Es wurden bereits in der Vergangenheit Konzepte vorgestellt, die einen mit einem Superheterodynempfänger vergleichbaren Rauschboden bieten [10]. Für die Geräteserie TDEMI eXtreme (TDEMI X), in Bild 1 dargestellt, ist nun eine ultra Low Noise Option verfügbar, die mittels spezieller Low Noise Amplifier (LNAs), Filterbänke und MMICs einen Rauschboden von weniger als -167 dBm/Hz (0 dB μ V bei 1 MHz ZF-Bandbreite) bei 40 GHz erreicht.

Technische Funktionsweise des TDEMI X

Im Basisband wird das Eingangssignal mittels einer Analog-Digital-Wandler-Einheit zur Messung im Frequenzbereich 9 kHz - 1 GHz abgetastet und digitalisiert. Für Messungen oberhalb des Basisbands bis 1 GHz

erfolgt eine breitbandige Frequenzumsetzung. Die spektrale Berechnung erfolgt mittels Kurzzeit-FFT. Ein Blockschaltbild eines TDEMI X ist in Bild 1 dargestellt. Für gestrahlte Emissionsmessung verwendet man typischerweise breitbandige logarithmisch-periodische Antennen. Alternativ können Messungen mittels Absorberzangen oder Netznachbildungen durchgeführt werden. Zur Untersuchung der Einkopplung an Antennen in einem Kfz kann das TDEMI X direkt angeschlossen werden. Durch das mehrstufige Analog-Digital-Wandler-System erfolgt die Digitalisierung in eine Gleitkommazahl. Hierzu werden nach neuestem Stand der Technik zwei 12-Bit Analog-Digital-Wandler kombiniert eingesetzt.

Dies erlaubt es, einen äquivalenten Dynamikbereich von ca. 22 Bit zu erreichen, womit es einerseits möglich ist eine hohe Empfindlichkeit von ca. -25 dB μ V (CISPR Band B) zu erreichen und andererseits gleichzeitig Pulse von mehreren Volt vollständig zu erfassen.

Mittels leistungsfähiger FPGAs mit einer Rechenleistung, welche ca. 100 handelsüblichen PCs entspricht, erfolgt die Auswertung in einer Bandbreite von 325 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.

Mehrkanalempfänger

Die Kurzzeit-FFT wird als eine FFT-Berechnung über einen begrenzten Abschnitt verstanden, welche im Zeitbereich verschoben wird. Mittels Kurzzeit-FFT wird ein Spektrogramm berechnet, welches einer Darstellung des Spektrums über der Zeit entspricht. Während stationäre Signale ein konstantes Spektrum über der Zeit aufweisen, zeigt sich beim Spektrogramm außerdem das instationäre Verhalten des Störsignals. Die mathematische Definition der Kurzzeit-FFT ist gegeben durch:

$$Z[m, k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] w[n-m] e^{-j2\pi kn}$$

Da die Fensterfunktion $w[n]$ symmetrisch ist, existieren mehrere Möglichkeiten diese Gleichung zu vereinfachen, wobei $w[n]$ das ZF-Filter eines Messempefängers nachbildet [6]. Üblicherweise wird diese Fensterfunktion gaussförmig ausgeführt, da hier ein exakter analytischer Zusammenhang zwischen dem Gaussfilter eines

digitalen Messempefängers und dem Mehrkanalgaußfilter eines Mehrkanalmessempefängers wie dem TDEMI X hergestellt werden kann.

Aus der Fachliteratur kann entnommen werden, dass die Kurzzeit-FFT äquivalent zu einer Anordnung von Basisbandmischern und einer Filterbank ist [7]. Die Kurzzeit-FFT kann somit ebenfalls aus der Anordnung einer Filterbank hergeleitet [8] werden. Das Verhältnis des Dezimators ist gegeben durch:

$$M = f_s / f_{sbb}$$

wobei f_s die Abtastrate des Analog-Digital-Wandlers ist, und f_{sbb} die inverse Schrittweite der Kurzzeit-FFT, welche der Basisbandabtastfrequenz entspricht. Die Basisbandabtastfrequenz f_{sbb} muss so groß sein, dass die Nyquistbedingung im Basisband eingehalten wird. Eine zu geringe Abtastrate führt zu Abweichungen und Messfehlern bei transienten Signalen.

Um einen Mehrkanalmessempefänger zu erhalten, muss anschließend an jedem Frequenzpunkt digital demoduliert werden, sowie eine digitale Implementierung der Detektoren erfolgen. Die Realisierung eines solchen Mehrkanalempfängers, wie im TDEMI X realisiert, ist in Bild 2 dargestellt.

Im Unterschied zu einem Mehrkanalmessempefänger müssen bei der Implementierung eines Mehrkanalspektrumanalysators, wie ebenfalls im TDEMI X realisiert, die Signale an jedem Frequenzpunkt logarithmiert werden und mit einem Videofilter tiefpassgefiltert werden. Anschließend erfolgt die Anzeige mittels eines MaxPeak, Sample oder MinPeak Detektors.

Frequenzumsetzung mit Ultra Low Noise Option

Im Frequenzbereich bis 40 GHz wird eine sehr breitbandige Vorselektion verwendet. Die Konvertereinheit verwendet ein Mischerschema, das es er-

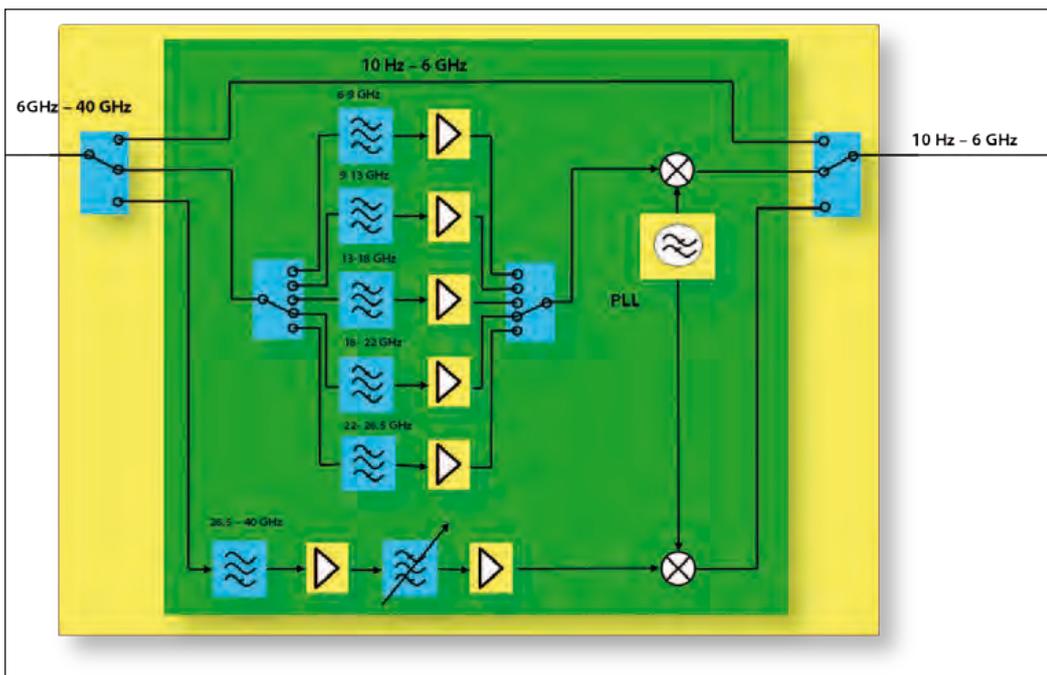


Bild 4: Frequenzumsetzung 6 GHz - 40 GHz

möglichst Spiegelfrequenzen und andere Mischprodukte zu unterdrücken und gleichzeitig eine Echtzeitbandbreite von 325 MHz zur Verfügung zu stellen. Ein vereinfachtes Blockschaltbild der Konvertereinheit im Frequenzbereich von 6 GHz bis 40 GHz ist in Bild 4 dargestellt. Im Bereich 6 GHz - 26,5 GHz wird eine feste Filterbank verwendet, wobei in jedem Filterpfad ein Low Noise Amplifier mit einer Rauschzahl von ca. 2 dB integriert ist.

Oberhalb von 26,5 GHz wird ein Hochpassfilter verwendet, gefolgt von Low Noise Amplifiern mit einer Rauschzahl von ca. 1,5 dB und durchstimmbaren MMIC-Filtern bis 40 GHz. Die verwendete PLL weist eine hohe spektrale Reinheit auf und umfasst den Frequenzbereich 10 GHz bis 34 GHz. Hierdurch entfällt eine weitere Kaskadierung des Bereichs oberhalb von 26,5 GHz, was - neben einem nochmals verbesserten Rauschboden - auch eine verbesserte Dynamik zur Folge hat. Weiter kommen ausschließlich sogenannte Triple-Balanced-Mischer zum Einsatz, welche einen sehr hohen 1-dB-Kompressionspunkt erreichen und sich durch sehr geringe

parasitäre Mischprodukte auszeichnen.

Anzeigegenauigkeit

Üblicherweise müssen bei Messungen im Bereich bis 40 GHz externe Vorverstärker eingesetzt werden, um ein geringes Eigenrauschen zu erhalten. Externe Vorverstärker haben jedoch den Nachteil, dass diese breitbandig vom Signal der Antenne angesteuert werden und somit Intermodulation und Oberwellen entstehen können. Ein weiterer Nachteil ist die Temperaturabhängigkeit solcher Verstärker, welche die Anzeigegenauigkeit des Systems verschlechtert. Durch die integrierte Ultra Low Noise Option ist der Rauschboden beim TDEMI X im Frequenzbereich oberhalb 6 GHz bis 40 GHz derart niedrig, dass auf einen externen Vorverstärker verzichtet werden kann. Die internen Vorverstärker sind durch eine Vorselektion außerdem geschützt und zeigen geringe Abweichungen, so dass eine hohe Anzeigegenauigkeit erreicht wird.

Bild 5 zeigt eine Histogrammdarstellung der Abweichungen von Messwerten im Bereich 6 GHz bis 40 GHz. Es ist zu erkennen, dass die Standardab-

weichung annähernd der Messunsicherheit entspricht.

EMV Normen

Grundsätzlich sind die EMV Normen technologieunabhängig, d.h. technologieunabhängig, d.h. technologieunabhängig verfasst. Die Norm CISPR 16-1-1 schreibt nur ein Anzeigeverhalten für Pegel und Signale vor. Es geht aus der Norm CISPR 16-1-1 nicht hervor, ob es sich um einen analogen Empfänger nach Superheterodynprinzip, einen Geradeausempfänger, einen teildigitalen

Messempfänger oder einen voll-digitalen Messempfänger, d.h. um ein EMV-Zeitbereichsmesssystem handeln muss. Auch ist nicht definiert, dass man nur an einem Frequenzpunkt gleichzeitig messen darf. In den MIL461 und VG Normen ist die Beschreibung noch technologieunabhängig. Hier wird z. T. nur von einem frequenzselektiven Messgerät gesprochen. Frequenzselektive Messgeräte sind alle Messgeräte, welche eine Anzeige des Pegels über die Frequenz liefern. Da im Automotive-Bereich vorwiegend die Norm CISPR 16-1-1 und MIL461 für den unteren Frequenzbereich angewendet werden, wird im Nachfolgenden auf diese beiden Normen im Detail eingegangen.

CISPR 16-1-1

Die Norm CISPR 16-1-1 [8] verlangt ein exakt definiertes Anzeigeverhalten eines Instruments für unterschiedliche Prüfsignale. Dabei wird unterschieden zwischen:

- Anzeigeverhalten für Sinus und Pulsfolgen
- Anforderungen an die Dynamik
- Anforderungen für Ein- und Ausgänge

Die CISPR 16-1-1 unterscheidet zwischen den Frequenzbändern A, B, C/D, E. Zu jedem Band muss das Messinstrument eine

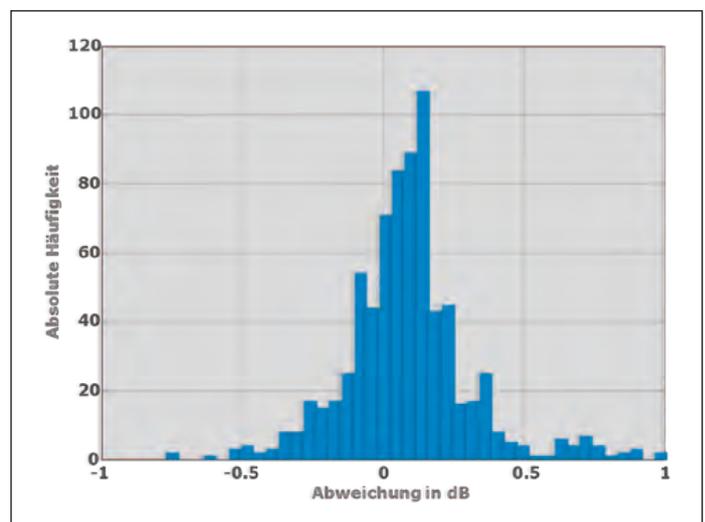


Bild 5: Statistische Verteilung der Abweichungen im Frequenzbereich 6 GHz - 40 GHz

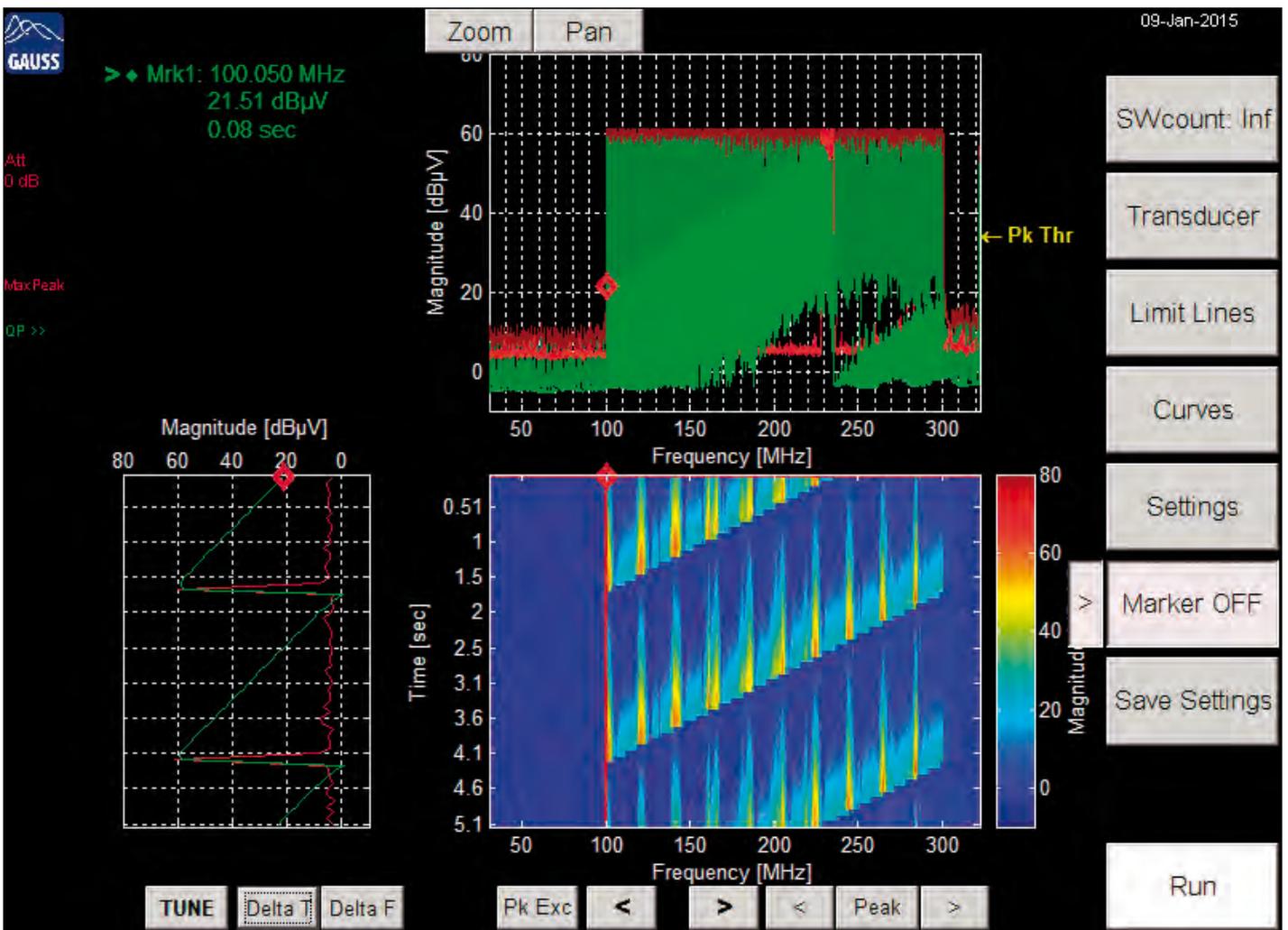


Bild 6: Spektrogrammodus mit Quasipeak (QP) und Spitzenwert (MaxPeak) parallel, 325 MHz Echtzeitbandbreite

genormte ZF-Bandbreite bereitstellen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen. Für die einzelnen Bänder A, B, C/D sind dann jeweils noch unterschiedliche Zeitkonstanten für den Quasispitzenwertdetektor definiert. Ferner werden die ZF-Bandbreiten als 6-dB-Bandbreiten definiert.

Die Geräteserien TDEMI eXtreme und TDEMI Standard der Firma Gauss Instruments verwenden die Kurzzeit-FFT und erfüllen das nach CISPR 16-1-1 vorgegebene Anzeigeverhalten vollständig und können somit für Abnahmemessungen eingesetzt werden.

Die Norm CISPR 16-1-1 geht traditionell davon aus, dass ein Messgerät nur gleichzeitig an einem Frequenzpunkt eine Messung durchführen kann, wobei

die Messung über die Messzeit hinweg kontinuierlich ist. Messgeräte wie z.B. die TDEMI-X-Geräte, welche eine harte Echtzeitbedingung erfüllen und eine unbegrenzte Messzeit für Quasipeak ermöglichen, können außerdem für Messungen nach CISPR 16-2-X eingesetzt werden.

Sogenannte FFT-Analysatoren können keinen echten Mehrkanalempfänger nachbilden. Dies hängt damit zusammen, dass

weder die ZF-Selektivität, noch die nachfolgenden Einheiten wie Detektoren nachgebildet werden. Des Weiteren arbeiten diese nicht lückenlos. FFT-Analysatoren, bzw. Oszilloskope mit FFT-Funktionalität können deshalb nicht für EMV-Messungen sinnvoll oder gar normgerecht eingesetzt werden.

MIL 461

Die Norm MIL 461 beschreibt einen Messempfänger, welcher

dekadische 6-dB-Bandbreiten zur Verfügung stellt. Da die Norm CISPR 16-1-1 nur den Frequenzbereich 9 kHz - 18 GHz abdeckt, kommen üblicherweise unterhalb von 9 kHz und oberhalb 18 GHz Messempfänger nach der Norm MIL461 zum Einsatz. Derartige Messempfänger bieten die Bandbreiten 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, sowie üblicherweise einen Spitzenwertdetektor zur Bewertung.

Frequenzbereich	Band	Scanzeit klassisch ca.	Scanzeit TDEMI X ca.
9 kHz - 150 kHz	A	24 Minuten	1 s
150 kHz - 30 MHz	B	1:40 Stunden	1 s
30 MHz - 300 MHz	C	1:30 Stunden	2s
30 MHz - 1 GHz	C/D	5:25 Stunden	7s

Tabelle 1 Typische Scanzeiten Superheterodynempfänger im Vergleich zu TDEMI X

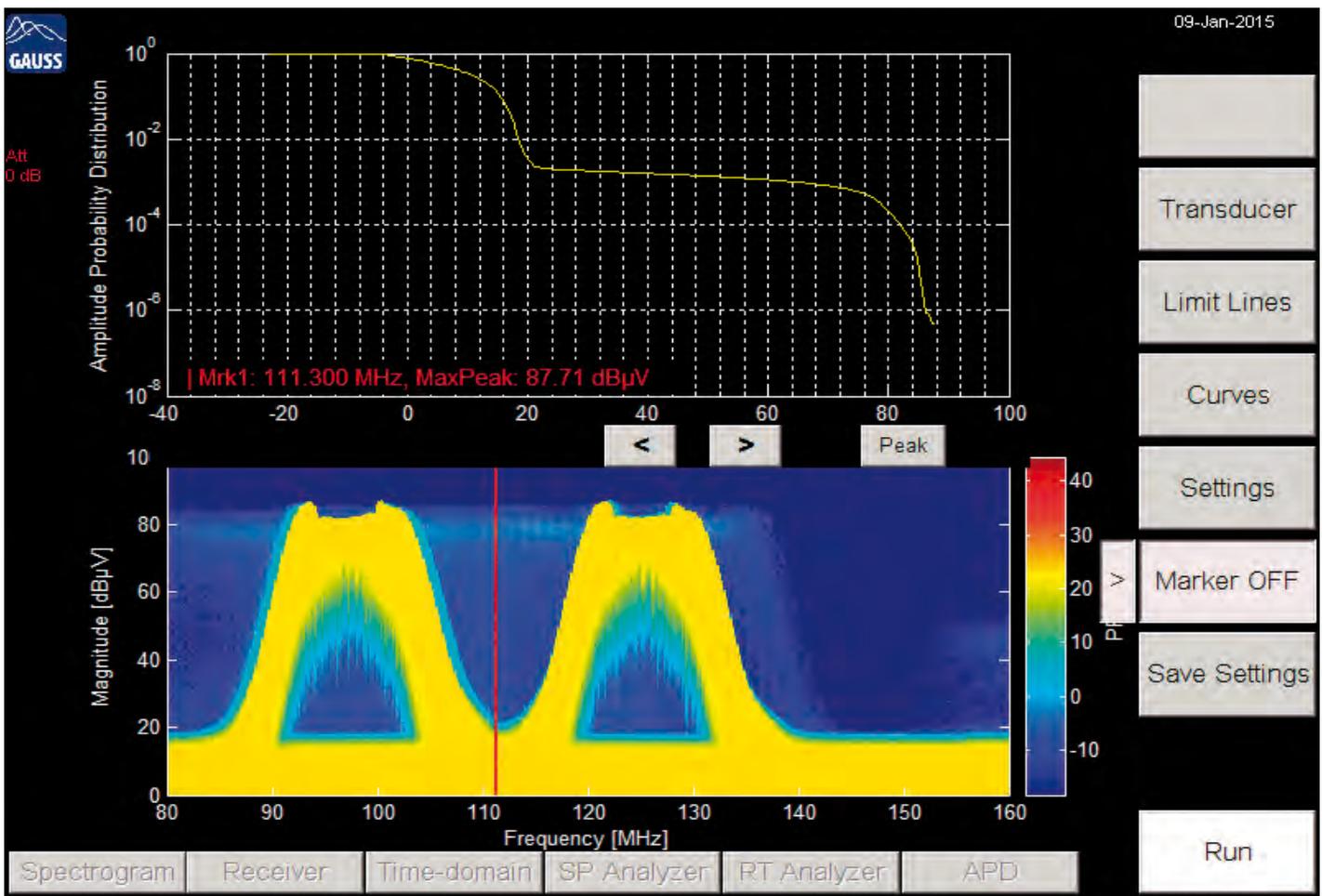


Bild 7: Nachleuchtfunktion und APD Messfunktion

Funktionen für Emissionsmessungen

Scanzeiten im Messempfängermodus

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 verglichen.

Durch den Einsatz modernster Digitaltechnik, den sehr hohen Grad an Parallelisierung von ca. 16000 Quasispitzenwert-Detektoren und der Nachbildung eines Messempfängers an bis zu 16000 Frequenzpunkten in den Messgeräten TDEMI X von GAUSS INSTRUMENTS, werden diese

Scanzeiten mit Quasispitzenwert-Detektor erreicht.

Spektrogrammodus - Normgerechter Echtzeit-Messempfängermodus

Darüber hinaus kann das TDEMI X mittels Echtzeitauswertung aller Quasispitzenwert-Detektoren über einen Bandbereich von 325 MHz gleichzeitig erfassen und das Einschwingverhalten des Quasispitzenwertdetektors an allen Frequenzpunkten gleichzeitig mit einer Auflösung von 50 ms zur Anzeige bringen. Zudem können gleichzeitig zwei unterschiedliche Detektortypen parallel zur Anzeige gebracht werden. Die einzelnen Traces können zudem mit MaxHold erfasst werden. Ein Beispiel einer derartigen Messung zeigt Bild 6. Das Eingangssignal eines Signalgenerators der in

1-MHz-Schritten von 100 MHz bis 300 MHz durchgestimmt wurde, ist im Spektrogrammmodus mit Quasipeak- (QP, grün) und Spitzenwert-Detektor (MaxPeak, rot) gemessen. Zusätzlich wurde MaxHold aktiviert. Es ist zu erkennen, dass der Quasipeakwert hinsichtlich der MaxHold-Anzeige um ca. 3 dB geringer ist als der Spitzenwert. Bei der Auswertung des zeitlichen Verhaltens bei 100 MHz kann man im linken unteren Fenster die Antwort des Quasispitzenwert-Detektors erkennen. Während der Spitzenwertdetektor kurz das Maximum zeigt, benötigt der Quasispitzenwert-Detektor eine Einschwingzeit von mehreren hundert Millisekunden. Die Entladekonstante ist ebenfalls zu erkennen. Diese ist deutlich größer als die Ladekonstante.

Durch den Frequenzmaskentrieger kann gegen eine Grenzwertlinie geprüft werden, und bei

einer Grenzwertüberschreitung wird die Messung automatisch getriggert.

Demodulator

In allen Betriebsarten besteht die Möglichkeit, Marker zu setzen und Auswertungen durchzuführen. Mit der Option DM-UG ist es zudem möglich, das empfangene Signal an der eingestellten Frequenz des Markers zu demodulieren. Es besteht die Möglichkeit der AM und FM Demodulation. Da die Audiodaten digital vorliegen besteht auch die Möglichkeit diese über das Netzwerk zu streamen, aufzuzeichnen oder sich diese an z.B. einem Fernsteuerrechner akustisch wiederzugeben zu lassen.

I/Q Datenspeicher

Mit der Option IQ-UG ist es möglich das TDEMI X auf eine feste Frequenz einzustellen und die I/Q-Daten mit einer Echtzeit-

bandbreite von 162,5 MHz zu digitalisieren und nachträglich auszuwerten. Durch ein integriertes Dezimationsfilter ist es zudem möglich die Bandbreite in zweier Potenzen zu verringern.

APD und Nachleuchtfunktion

Weiter verfügt das TDEMI X über einen Nachleuchtmodus (engl. persistence mode), der aber auch gleichzeitig dazu verwendet werden kann um ISM Geräte nach CISPR 14 gemäß dem neuen APD-Messverfahren durchzuführen. In Bild 7 ist eine solche Messung eines frequenzmodulierten Signals, welches zudem die Frequenz wechselt, dargestellt. Die Frequenzmodulation ist zu erkennen. Außerdem ist zu sehen, dass das Signal zwischen 97 MHz und 125 MHz wechselt. Darüber hinaus kann man gut erkennen, dass ein Einschwingvorgang stattfindet der zu einem Nachleuchten führt.

Wirtschaftliche Aspekte

In der Vergangenheit war es nötig, aufgrund der komplexen und sehr zeitaufwändigen Prüfverfahren mittels Vor- und Nachmessung eine Automatisierungssoftware zu verwenden und den Prüfablauf so weit wie möglich zu automatisieren. Durch den Einsatz der zuvor beschriebenen, modernen und zeitsparenden Technologie können nunmehr

Geräte auch auf einfache Art und Weise im Stand-alone-Betrieb verwendet werden und die Messungen auch manuell mit erheblich geringerem Aufwand durchgeführt werden. Eine zusätzliche Investition in eine Fernsteuerungssoftware ist bei diesen Messungen nicht erforderlich. Eine Echtzeitbandbreite von 325 MHz mit mehreren Detektoren parallel bietet hier ganz neue Möglichkeiten zur Durchführung von Emissionsmessungen. Weiterhin bietet das TDEMI X als multifunktionales Gerät viele zusätzliche Möglichkeiten, wie z. B. Ultra Low Noise Option und Demodulator.

Fazit

Mittels der vorgestellten neuen Option Ultra Low Noise für die TDEMI-X-Geräte können hochempfindliche Emissionsmessungen bis 40 GHz ohne externen Vorverstärker durchgeführt werden. Emissionen können normgerecht in kürzester Zeit einfach und zuverlässig gemessen werden. Darüber hinaus können Signale analysiert und charakterisiert werden. Weitere Möglichkeiten, wie z. B. die I/Q-Datenspeicherung oder die Demodulation und der Nachleuchtmodus erlauben einen vielseitigen Einsatz, z. B. in der Analyse von Kommunikationssignalen. Der Zeitbereichsmodus bis 1 GHz ermöglicht es zudem, das Gerät als hochauflösendes Oszilloskop einzusetzen.

Literatur

[1] C. R. Barhydt, "Radio noise meter and its application," in General Electric Rev. Vol. 36, pp. 201–205, 1933.

[2] J. W. Cooley and J. W. Tukey, "An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series," in Math. Computation, vol. 19, pp. 297–301, 1965.

[3] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing. ISBN 0-13-214107-8, Prentice-Hall, 1999.

[4] S. Braun An Overview of Emission Measurements in Time-domain

In 2009 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Kyoto, July 2009

[5] S. Braun EMV-Emissionsmessung im Zeitbereich

In EMV ESD Magazin, 2009

[6] F. J. Harris, "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform," in Proceeding of the IEEE, vol. 66, no. 1, pp. 51–83, 1978.

[7] J. Allen and L. Rabiner, "A unified approach to short-time Fourier analysis and synthesis," in Proceedings of the IEEE, vol. 65, pp. 1558–1564, 1977.

[8] CISPR16-1-1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus. International Electrotechnical Commission, 2007.

[9] 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

[10] S. Braun und A. Frech „Emissionsmessungen mit dem TDEMI X - schnell, genau und unkompliziert“ HF Praxis Einkaufsführer 2014, pages 6 - 10

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 25 Jahre Erfahrung, qualifizierte Beratung und applikative Unterstützung unserer Kunden sowie namhafte Kooperationspartner sind die Bausteine für unseren Erfolg.



Zeichnungsteile mittels Schneidplotter



Stanzteilherstellung mittels Hochleistungsstanze



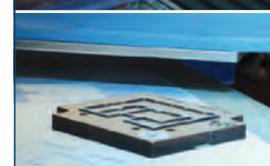
Zuschnitt „cut to length“



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



ELECTRONIC SERVICE GmbH

Überarbeitete Leistungsverstärker-Familie



Prâna Leistungsverstärker der MT-Serie für den Bereich 80...1.000 MHz werden ab sofort mit neuen Transistoren bestückt. Durch den Einsatz aktueller Transistortechnologie in Klasse A erhalten Kunden nun noch leistungsstärkere Modelle. Neben dem allseits bekannten Thema Obsoleszenzmanagement kann Prâna mit weiteren Vorzügen punkten:

- min. zehn Jahre Verfügbarkeiten
- leicht erhöhte Ausgangsleistung gegenüber der alten MT-Verstärkerserie
- >20 dB Oberwellenunterdrückung beim -1 dB-Kompressionspunkt
- äußerst robuster Aufbau
- Betrieb in hohe Lastzustände ohne Leistungsreduktion
- höhere Betriebstemperatur der Transistoren

- verbesserte Servicemöglichkeiten (leichterer Austausch von Einzeltransistoren)

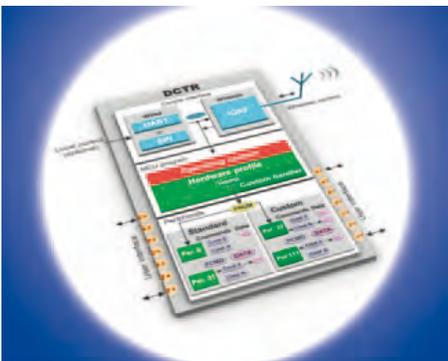
Neue Möglichkeiten

Die MT-Verstärkerfamilie von Prâna eröffnet neue Möglichkeiten. Die Einbandtechnologie kommt ohne lästige Bandumschaltung aus und unterstützt Anwendungen von 80 MHz bis 1 GHz mit Leistungsklassen von 100 bis 2.800 W Dauerstrichleistung. Prâna bietet optimierte Lösungen zu aktuellen EMV-Antennen für Störfestigkeitsprüfungen, d.h. maximale Leistung am unteren Frequenzband, wo es an Antennengewinn mangelt.

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

Neue Techniken für die drahtlose Kommunikation

Einfache Wireless-Anbindung mit DCTR-Technologie



Die neuen Funkmodule von IQRF (Vertrieb: HY-Line Communication Products) mit DCTR-Technologie (Data Controlled Transceiver) ermöglichen einen unkomplizierten Einstieg in die 868-MHz-Mesh-Netzwerktechnologie. Geräte können damit unkompliziert mit Funkanbindung ausgestattet werden, da sich das Funkmodul beispielsweise huckepack auf einer anwendungsspezifischen Trägerplatine montieren lässt.

Neben dem Funkteil und einem PIC-Mikrocontroller mit dem IQRF-Betriebssystem unterstützen die Funkmodule sofort nutzbare Hardwareprofile, welche die Kommunikation in Mesh-Netzwerken ohne Programmierung unterstützen. Bei den Profilen handelt es sich um Funktionsmodule, die

den Zugriff auf die interne Peripherie des Funkmoduls und auf anwenderspezifische Hardware vereinfachen, mit der das Funkmodul über Stifte verbunden werden kann. Da keine Programmierung der Modulhardware nötig ist, lassen sich Funkmodule mit DCTR-Technologie einfach in Systemlösungen mit Mesh-Netzwerk- und Cloud-Anbindung integrieren. Das Time-to-Market von Geräten mit Funkanbindung wird verkürzt. Weitere Merkmale der IQRF-Funkmodule in DCTR-Technologie sind Reichweiten von bis zu einigen hundert Metern pro Hop und Verbrauch im Mikroampere-Bereich. Weitere Infos unter www.hy-line.de/IQRF/.

Standalone-WiFi-Modul

Das WF121 von Bluegiga (Vertrieb: HY-Line) unterstützt die 802.11-b/g/n-Standards und ist dank 32-Bit-Controller, integriertem TCP/IP Stack und geringer Stromaufnahme die Plattform für integrierte Lösungen und Standalone-Anwendungen mit drahtloser IP-Konnektivität. Dem mit 80 MHz getakteten Controller stehen 128 kB RAM und 512 kB Flashspeicher zur Verfügung. Die BlueGiga-WiFi-Software bietet volle 802.11-Funktionalität inklusive den Sicherheitsstandards WPA2, WPA und WEP. Sie unterstützt zahlreiche IP-basierte Protokolle, wie TCP, UDP, DHCP, DNS, ICMP und HTTP-Server. Das Modul kann im AP- und Client-Mode betrieben werden. Mit der einfachen Bluegiga-BGScript-Programmiersprache

und kostenfreien Entwicklungstools lassen sich kundenspezifische Anwendungen auf dem 32-Bit-Controller sehr einfach realisieren. Ein externer Microcontroller wird nicht benötigt.



Verschiedene Interfaces, wie SPI, I2C, USB, GPIO, AIO und die Bluetooth-Koexistenz, runden das Konzept ab und erleichtern die Einbindung in vorhandene Systemumgebungen. Zertifiziert nach CE, FCC, IC, Süd-Korea und Japan, kann das Modul in vielen Ländern eingesetzt werden. Weitere Infos www.hy-line.de/bluegiga.

■ *HY-Line Communication Products*
www.hy-line.de/communication

PRECISION ATTENUATORS

2 W to 100 W



NEW
50 W & 100 W
models

NOW from **DC** up to **40 GHz** from **\$2995**
ea. (1-49)

Anwender vertrauen auf die Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit von Mini-Circuits' s BW-Familie von Präzisions-Festdämpfungsgliedern. Jetzt haben wir die Auswahl mit der zusätzlichen, von DC bis 40 GHz einsetzbaren BW-K-Serie noch erweitert. Diese neuen Ultra-Breitband-Modelle bieten Dämpfungswerte von 3 bis 20 dB, 2 W Belastbarkeit und 2,9-mm-Steckverbinder. Unsere gesamte BW-Dämpfungsgliederfamilie umfasst jetzt 70 Modelle mit präzisen Dämpfungswerten von 1 bis 50 dB und einer Hf-Belastbarkeit von 2 bis 100 W, um Ihre Anforderungen mit einer Leistung, auf die sie sich verlassen können, zu erfüllen.

Besuchen Sie minicircuits.com für kostenlose Datenblätter, Messkurven, Mengenpreise, Designer Kits und alles, was Sie benötigen, um das richtige BW-Dämpfungsglied für Ihre Anwendung zu finden. Alle Typen sind ab Lager zur sofortigen Lieferung verfügbar.

 **Mini-Circuits®**

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

518 rev C

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

Entwurf und Simulation von RFIC Spulen

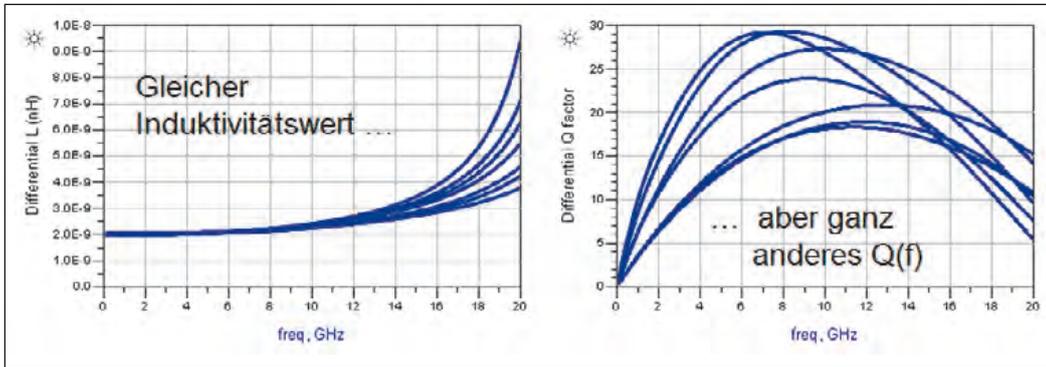


Bild 1: Sehr unterschiedliche Güteverläufe bei gleichem L-Wert

lige Zielfrequenz, mit minimalen Abmessungen.

Verlustmechanismen

Zur Optimierung der Spule ist ein Verständnis der Verlustmechanismen unabdingbar. Bei tiefen Frequenzen ist die Güte der Spule zunächst durch die Leiterverluste begrenzt, und die Güte steigt linear mit der Frequenz an, hier gilt zunächst $Q = \omega L/R$. Durch den Skineneffekt steigt der Widerstand je nach Leiterquer-

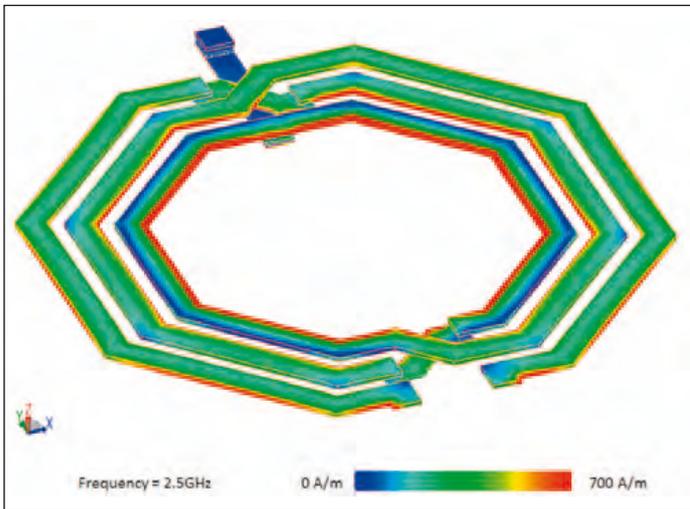


Bild 2: Stromdichte einer RFIC Spule in 130-nm-BiCMOS-SiGe-Technologie bei 2.5 GHz

Integrierte Hochfrequenzschaltungen werden immer komplexer und unterstützen eine immer größere Anzahl unterschiedlicher Frequenzbänder. Auf dem Chip integrierte Spulen sind dabei eine kritische Komponente: einerseits bestimmen sie das erzielbare Phasenrauschen von Oszillatoren und andererseits benötigen sie viel Chipfläche, was sie zu einem Kostenfaktor macht. Dem Entwurf von Spulen in RFIC-Designs kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Das Auswahlkriterium für eine Spule ist - neben der Induktivität - der Gütefaktor Q , also das Verhältnis aus Gesamtenergie zu den Verlusten in der Spule. Das Ziel ist ein hoher Q -Faktor, also geringe Verluste bei gegebener Induktivität, unter Berücksichtigung der verfügbaren Chipfläche.

Traditionell wurde eine Palette an Induktivitätswerten vom Anbieter einer RFIC-Technologie in Bibliotheken bereitgestellt, mit festem Layout und auf Messwerten basierenden Modellen. Anders als bei GaAs-Technologien gibt es bei Silizium-basierten-Technologien jedoch - neben den Leiterverlusten - auch zusätzliche Hochfrequenzverluste im leitfähigen Siliziumsubstrat. Dies führt dazu, dass die

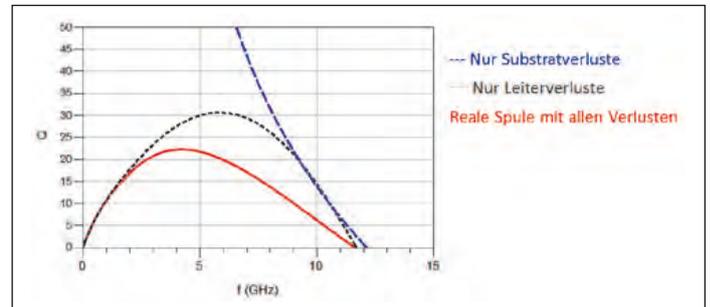


Bild 3: Güte der Spule mit Leiter- und Substratverlusten

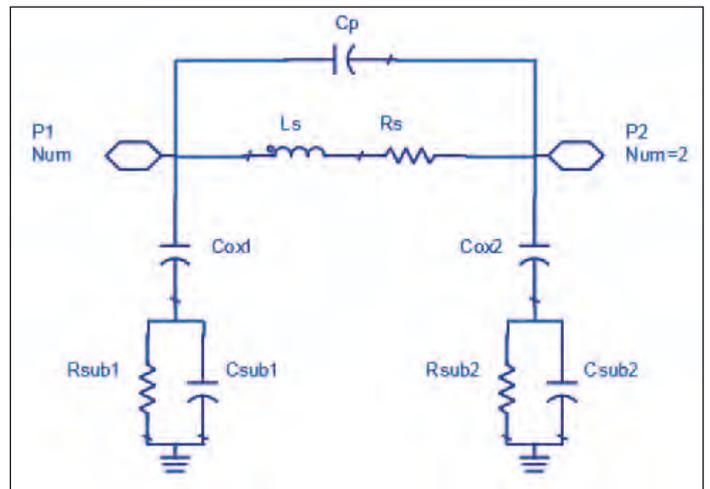


Bild 4: Einfaches Ersatzschaltbild einer Spule

Spulen nur in einem recht engen Frequenzbereich ihre optimale Güte zeigen.

Eine 2-nH-Spule, deren Güte für 5 GHz optimiert ist, kann zwar auch bei 2 GHz eingesetzt werden, hat aber keinesfalls die optimale Performance. Das Ziel ist also die richtige Dimensionierung des Layouts für die jewei-

schnitt ab etwa 0,1 GHz ... 1 GHz stetig an, wodurch sich die Gütekurve abflacht.

Durch unvermeidbare parasitäre Kapazitäten hat die Spule bei hohen Frequenzen eine Serienresonanzfrequenz (SRF), bei der die Güte auf 0 sinkt. Die entsprechende Gütekurve einer Spule, die nur durch die Leiter-

Autor:

Dr.-Ing. Volker Mühlhaus
 Consultant RF EDA & RFIC
 EM workflow
 www.muehlhaus.com

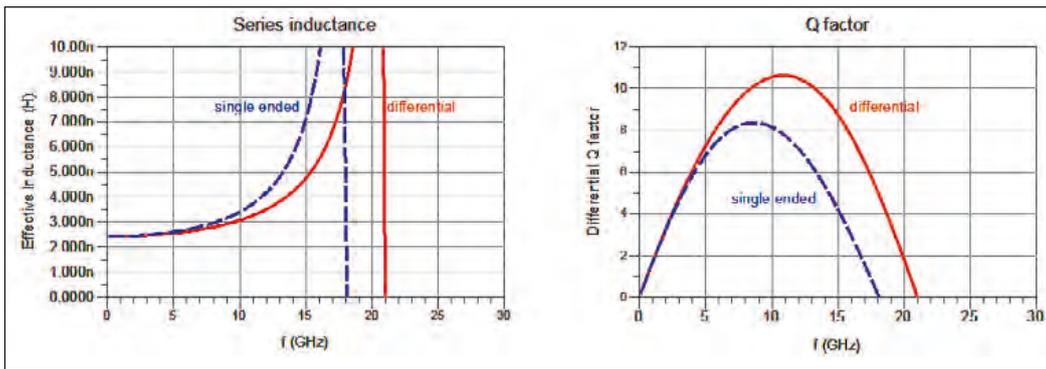


Bild 5: Identische Spule, unterschiedlich beschaltet

verluste bestimmt wird, ist in Bild 3 schwarz dargestellt. Bei realen RFIC-Spulen kommt es außerdem mit steigender Frequenz zu Verlusten im Siliziumsubstrat. Hier dominiert bei Sub-

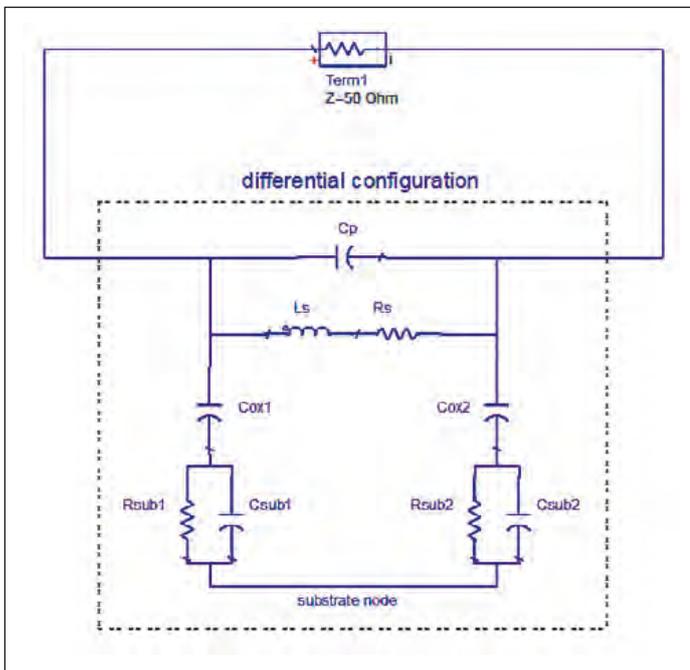


Bild 6: Differentielle Beschaltung der Spule

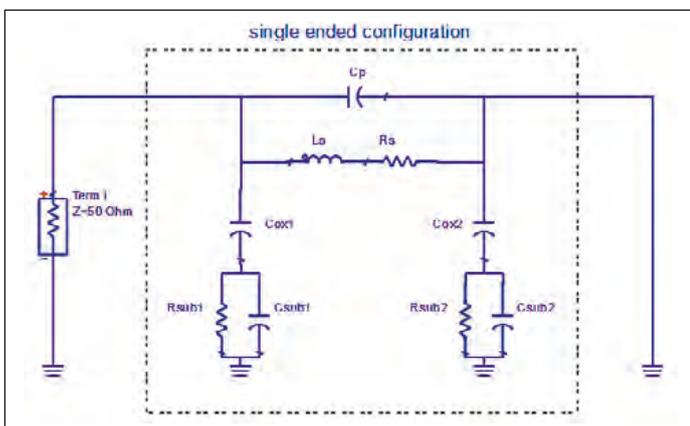


Bild 7: Single-ended-Beschaltung der Spule

stratleitfähigkeiten von 10-100 $\Omega \cdot \text{cm}$ eine kapazitive Ankopplung vom Spulenmetall zu dem darunter liegenden Substrat. Bei sehr niederohmigen Substraten kann es zusätzlich auch induzierte Wirbelströme im Substrate geben, die zu weiteren Verlusten führen. Die Güte einer realen Spule auf Siliziumsubstrat mit Leiter- und Substratverlusten ist in Bild 3 rot dargestellt. Die blaue Kurve zeigt den Beitrag der Substratverluste.

Ein weiterer Einfluss, die Verkopplung der Spulenwindungen untereinander und die daraus resultierende Stromverdrängung („proximity effect“) soll hier zunächst nicht betrachtet werden.

Ersatzschaltbild

Hilfreich zum Verständnis des Spulenverhaltens ist eine Ersatzschaltbilddarstellung. Bild 4 zeigt ein solches einfaches Ersatzschaltbild mit Induktivität und Serienwiderstand sowie den Shuntpfaden, bestehend aus Oxidkapazität und Substratelementen $R_{\text{sub}}||C_{\text{sub}}$.

Bei tiefen Frequenzen ist das Verhalten der Spule bestimmt durch die Serielemente L_s und R_s . Bei höheren Frequenzen wird die Oxidkapazität wirksam, und es fließt Strom durch den verlustreichen Shuntpfad. Weiterhin erkennt man die Kapazität C_p zwischen den Spulenwindungen.

Die Beschaltung entscheidet

Für die Spulengüte Q ergeben sich unterschiedliche Werte, je

nachdem, welcher Massebezug gewählt wird. Die Spule wird üblicherweise in differentieller Beschaltung betrieben, aber auch eine „single ended“-Konfiguration mit einem Spulenknoten auf Substratmasse ist möglich. In Bild 2 sind Induktivität und Güte für beide Konfigurationen beispielhaft gegenübergestellt. Sinnvoll ist deshalb, bei der Spezifikation einer Güte anzugeben, auf welche Beschaltung sich dieser Wert bezieht.

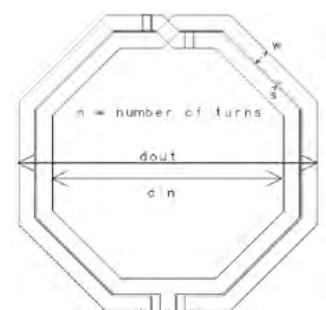
Der Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse ist leicht erkennbar, wenn man sich das Ersatzschaltbild in Bild 6 anschaut. In der differentiellen Konfiguration gibt es keine Verbindung zur Substratmasse und dadurch liegt parallel zur Induktivität die Serienschaltung aus den beiden Oxid/Substratpfaden, was die Auswirkung dieser parasitären Elemente verringert.

Bei der Single-ended-Konfiguration in Bild 7 ist durch die anderen Masseverbindungen die wirksame Shuntimpedanz nur halb so groß (C_{ox1} in Serie mit $R_{\text{sub1}}||C_{\text{sub1}}$). Dadurch steigen die Verluste und auch die Eigenresonanz /SRF der Spule sinkt.

Im weiteren Verlauf dieses Beitrags werden nur differentielle Parameter verwendet, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

Induktivitätsberechnung

Wie also werden nun Spulen dimensioniert? Hierzu betrachten wir zunächst die Abhängigkeit der Induktivität von der Spulengeometrie.



In Referenz [1] findet man recht genaue Berechnungsformeln,

u.a. die modifizierte Wheeler-Formel

$$L_{mw} = K_1 \mu_0 \frac{n^2 d_{avg}}{1 + K_2 \rho}$$

Formel 1: modifizierte Wheelerformel

$$\rho = \frac{d_{out} - d_{in}}{d_{out} + d_{in}}$$

Formel 2: Füllfaktor

und den von der Grundform der Spule abhängigen Konstanten:

Form	K ₁	K ₂
Quadrat	2.34	2.75
Oktagon	2.25	3.55

Tabelle 1: Geometriekonstanten

Hiermit ist es möglich, die Induktivität bei niedrigen Frequenzen (weit unterhalb der Eigenresonanz) mit einer Genauigkeit von typisch 5% zu berech-

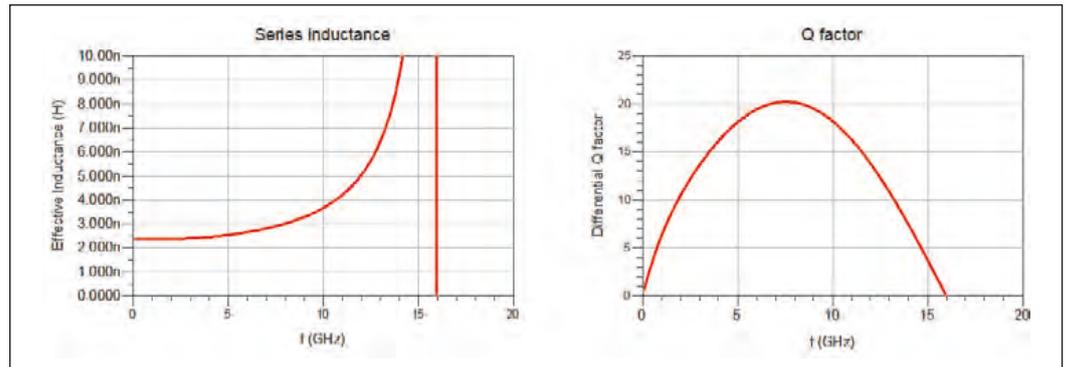


Bild 8: Ergebnisse für N=3, w=10 µm, s=2 µm, dout=209.5 µm

nen. Eine Voraussetzung ist, dass die Spule frei ist von störenden Metallflächen: keine Massefläche direkt unterhalb der Spule, keine geschlossenen Leiter-schleifen direkt um die Spule.

Die effektive Induktivität bei hohen Frequenzen erhöht sich in Abhängigkeit von den parasitären Elementen und wird sinnvollerweise mit einer elektromagnetischen Simulation

(Momentum, Sonnet usw.) bestimmt.

Spulenburg

Durch Umstellen von Formel 1 ist es möglich, für vorgegebene Windungszahl und vorgegebene Leiterbreite und Abstand den Durchmesser zu berechnen, der erforderlich ist, um einen gewünschten Induktivitätswert zu erreichen. Entsprechende

Berechnungen gibt es auch bereits automatisiert mit den passenden skalierbaren Spulenlayouts [2]. Für einen gewünschten Induktivitätswert sind zunächst viele unterschiedliche Layouts mit unterschiedlichen Kombinationen aus Windungszahl N, Leiterbreite w und Leiterabstand s möglich, die alle bei niedrigen Frequenzen denselben Induktivitätswert erreichen. Hier gilt es nun, die geometrisch mög-

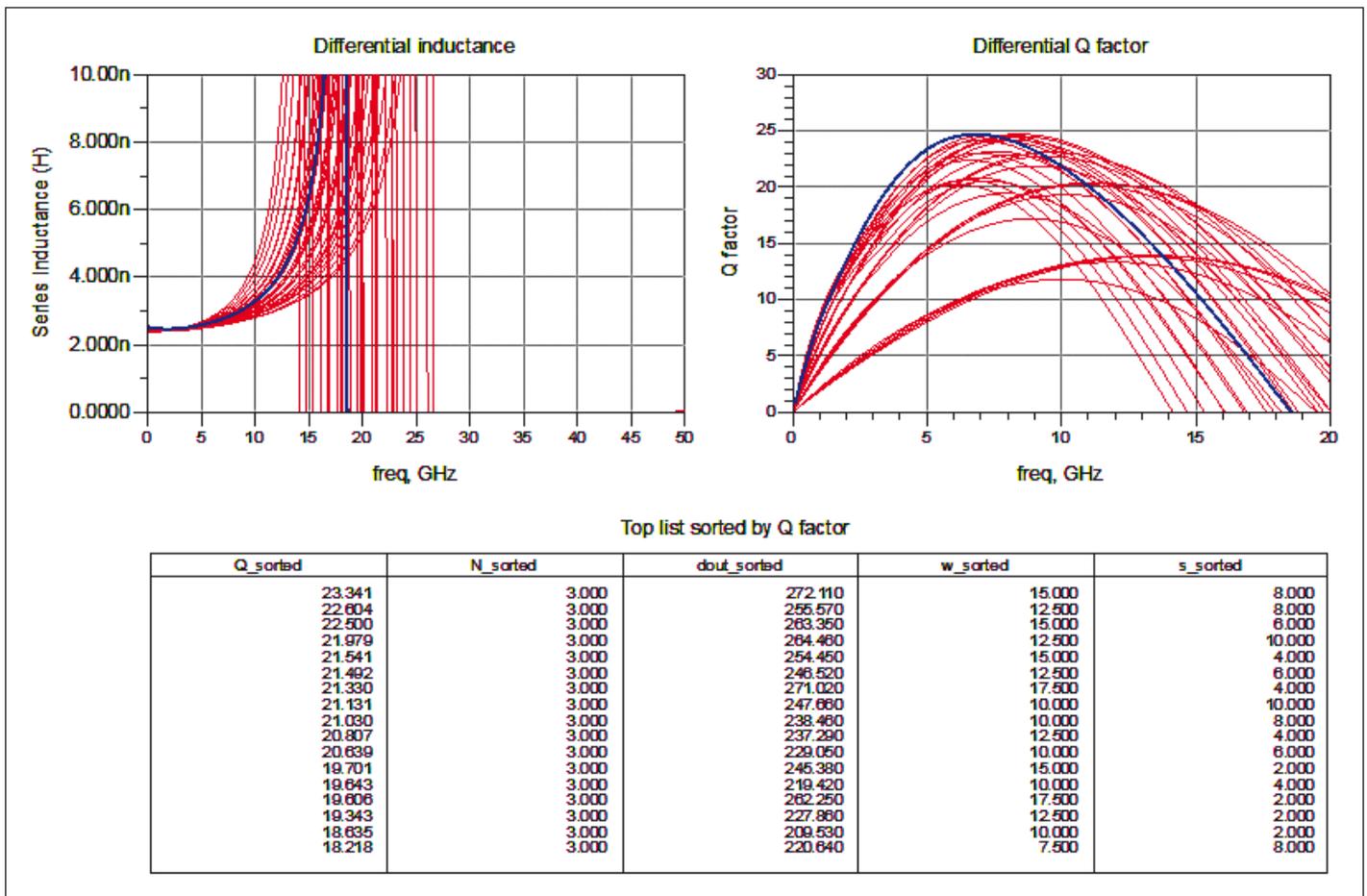


Bild 9: Variation von w und s mit jeweils angepasstem Durchmesser für gleiche Induktivität, N=3

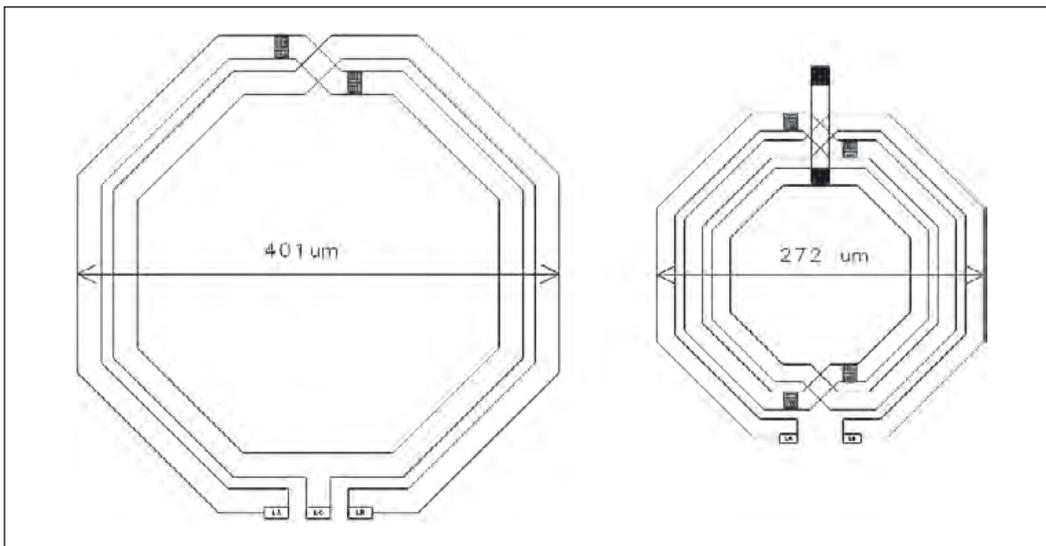


Bild 10: Größenvergleich der beiden Layouts für 2.5 nH mit N=2 und N=3 Windungen

lichen Layouts bezüglich ihres Hochfrequenzverhaltens zu untersuchen.

Beginnen wir mit einer mittleren Windungszahl, z.B. N=3 Windungen, einer mittleren Leiterbreite, z.B. $w=10\ \mu\text{m}$, und dem minimal zulässigen Windungsabstand, z.B. $2\ \mu\text{m}$. Mit diesen Daten ergibt sich für eine Zielinduktivität von 2.5 nH ein erforderlicher Außendurchmesser von 209.5 μm . Dieses Spulenlayout wird nun im EM-Simulator berechnet, und die differentiellen Parameter ausgewertet.

Man erkennt, dass die Induktivität bei niedrigen Frequenzen mit 2.4 nH recht genau dem Zielwert von 2.5 nH entspricht. Die Dimensionierung mit der modifizierten Wheeler-Formel hat also funktioniert. Bei höheren Frequenzen steigt die effektive Induktivität an und erreicht bei der Serienresonanzfrequenz SRF ihren Maximalwert. Die differentielle Güte der Spule hat ihr Maximum bei ca. 7 GHz mit einem Wert von 20.

Die weitere Vorgehensweise hängt nun ab von der Zielfrequenz, bei der die Spule verwendet werden soll. Wenn die Zielfrequenz unterhalb von 7 GHz liegt, also unterhalb des Gütemaximums, so kann man die Leiterbreite vergrößern, um die Leiterverluste zu minimieren. Wenn dies nicht möglich ist, weil die Leiterbreite bereits den

maximalen Wert gemäß Designrules erreicht hat, oder weil eine größere Leiterbreite geometrisch nicht möglich ist, so wird man möglicherweise ein Layout mit gestapelten Metallen auf mehreren Ebenen wählen.

Durch beide Maßnahmen wird sich aber nicht nur der Serienwiderstand verringern, sondern gleichzeitig auch die Kapazität zum Substrat erhöhen. Dies wiederum verschiebt die Frequenz maximaler Güte zu niedrigeren Frequenzen und reduziert auch die Serienresonanzfrequenz.

Damit wird deutlich, welche Änderungen nötig sind, um die Spule für Frequenzen oberhalb von 7 GHz zu modifizieren: hier würde man die Leiterbreite reduzieren, um die Kapazität zum Substrat und damit die Substratverluste zu verringern.

Einen weiteren Freiheitsgrad eröffnet der Leiterabstand: durch einen größeren Abstand kann die Kapazität zwischen den Leitern reduziert werden, was zu einer etwas höheren Resonanzfrequenz und damit auch zu einer höheren Güte in dem Frequenzbereich führt, der durch Substratverluste bestimmt wird. Der Effekt ist allerdings begrenzt, denn neben dem Leiterabstand wird die Resonanzfrequenz auch von der Kapazität der Leiter zum Substrat bestimmt. Bei breiten Leitern dominiert dieser zweite Effekt

und ein größerer Leiterabstand hat nur wenig Auswirkung.

Optimierung der Güte

Bild 9 zeigt ein Beispiel, bei dem unterschiedliche Breiten und Abstände verglichen werden mit jeweils angepasstem Durchmesser für gleiche resultierende Induktivität. Die Tabelle neben der Gütekurve zeigt die besten Ergebnisse, sortiert nach Güte bei $f=5\ \text{GHz}$. Die Anzahl der Windungen in diesem Beispiel war mit N=3 fest vorgegeben.

Die Tabelle mit den unterschiedlichen Spulenparametern zeigt anschaulich die Schwierigkeit bei der Optimierung des Spulenlayouts: bei jeder Änderung von Leiterbreite oder Abstand muss der Spulendurchmesser angepasst werden, um die Induktivität konstant zu halten. Nur so sind die Spulen sinnvoll vergleichbar. Die von den Designrules maximal zulässige Breite von 20 μm erscheint in der Topliste gar nicht, weil dieses Layout bei N=3 Windungen geometrisch zu groß würde und die Zielinduktivität von 2.5 nH gar nicht erreichbar ist. Dies macht deutlich, dass eine einfache automatische Optimierung durch den Simulator wegen der vielfältigen Abhängigkeiten und der für bestimmte Parameterkombinationen möglichen Layouts schwierig ist. Für das gezeigte Beispiel besteht eine Optimie-

rungsmöglichkeit einerseits darin, durch Parallelschaltung mehrerer Layer doch noch einen größeren Leiterquerschnitt zu realisieren, ohne den Spulendurchmesser deutlich zu verändern. Andererseits besteht die Möglichkeit, mit einer geringeren Windungszahl bei insgesamt dann größeren Abmessungen auch eine größere Leiterbreite einsetzen zu können.

In unserem Beispiel bringt der Schritt von N=3 Windungen zu N=2 Windungen eine Steigerung der Güte bei 5 GHz von $Q=23.3$ auf $Q=26.5$, bei einem Außendurchmesser von 401 μm anstatt 272 μm . Die Abwägung hierbei ist, wieviel Chipfläche zur Verfügung steht und welche Spulengüte gefordert wird.

Zusammenfassung

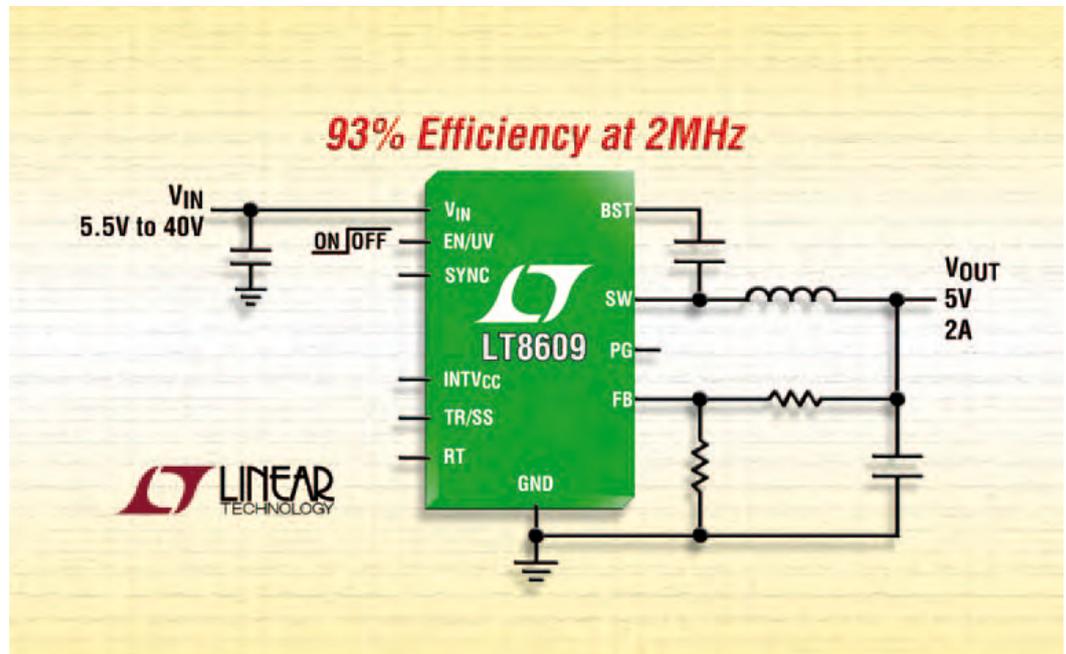
Ein optimales Spulenlayout mit bester Güte Q bei der Zielfrequenz, bei zugleich geringen Abmessungen, erfordert eine sorgfältige Abwägung von Leiterverlusten und Substratverlusten. Mögliche Layouts können mit Lehrbuchformeln [1] vordimensioniert werden. Ein vereinfachtes Ersatzschaltbild erleichtert das Verständnis der grundlegenden Effekte. Im zweiten Schritt erfolgt dann die Berechnung in einem EM Simulator, um alle relevanten Technologieeffekte zu berücksichtigen. Es wurde gezeigt, wie das Layout modifiziert werden kann, um die Güte für die Zielfrequenz zu optimieren.

Referenzen

- [1] Simple Accurate Expressions for Planar Spiral Inductances, S. Mohan, M. Hershenson, S. Boyd, and T. Lee, IEEE Journal of Solid-State Circuits, 34(10):1419-1424, October 1999
- [2] <http://muehlhaus.com/products/rfic-inductor-toolkit-forads>
- [3] "Integrated Inductors and Transformers: Characterization, Design and Modeling for RF and MM-Wave Applications", A. Scuderi et al, Auerbach Publications, 2010, ISBN 978-1-4200-8844-1

Hocheffizienter 2-A-Synchron-DC/DC-Abwärtsregler

Linear Technology präsentierte den Synchron-Abwärts-Schaltregler LT8609 für 2 A/42 V. Dank einer einzigartigen Synchrongleichrichter-Topologie erreicht er bei 2 MHz Schaltfrequenz einen Wirkungsgrad von 93%.



Die hohe Schaltfrequenz ermöglicht es, stöempfindliche Frequenzbänder, wie z.B. AM-Rundfunk, zu vermeiden und winzige externe Bauelemente einzusetzen. Im Standby-Betrieb ohne Last arbeitet der Regler im Burst Mode mit einem Ruhestrom von weniger als 2,5 μ A. Durch seinen weiten Eingangsspannungsbereich von 3 bis 42

V ist der LT8609 eine ideale Lösung für Automobilanwendungen, die auch in Kalt- und Stop-Start-Situationen eine geregelte Spannung erfordern. Der Chip verträgt Transienten von über 40 V, wie sie bei einem Lastabfall an der Lichtmaschine auftreten können. Seine internen 3,5-A-Schalter können dauernd bis zu 2 A und in Spitzen bis zu 3 A liefern.

Das einzigartige Design des LT8609 gewährleistet unter allen Betriebsbedingungen eine Dropout-Spannung von nur 200 mV bei 1 A. Der Regler kommt dadurch in Automobilanwendungen problemlos mit Kaltstartbedingungen zurecht. Störstrahlung und Störspannung werden durch Spread-Spectrum-Frequenzmodulation und spezielle Designtechniken minimiert; dadurch kann der Regler auch in industriellen Umgebungen eingesetzt werden. Die Mindest-on-Zeit von nur 45 ns ermöglicht es bei 2 MHz, 16 V auf 1,5 V umzusetzen. Durch die Kombination aus dem thermisch optimierten zehnpoligen MSOP-Gehäuse und der hohen Schaltfrequenz ist der LT8609 eine kompakte und

thermisch effiziente Lösung. Der Chip vereint zwei verlustarme Leistungsschalter, die notwendige Boost-Diode, einen Oszillator sowie die komplette Steuerungselektronik und Logik. Der Burst-Mode-Betrieb gewährleistet bei niedrigen Ausgangsströmen einen hohen Wirkungsgrad und eine Welligkeit von weniger als 10 mV Spitze-Spitze. Spezielle Designtechniken und ein neuer Hochgeschwindigkeitsprozess sichern einen hohen Wirkungsgrad über einen weiten Eingangsspannungsbereich, und die Current-Mode-Topologie sorgt für kurze Einschwingzeiten und hervorragende Regelschleifenstabilität. Weitere Besonderheiten: interne Kompensation, „Power-Good“-Flag, Ausgangs-Soft-Start/Tracking und Über-temperaturschutz.

Der LT8609EMSE besitzt ein thermisch optimiertes Gehäuse, der LT8609EMSE ist für den Sperrschicht-Temperaturbereich von -40 bis +125 °C spezifiziert. Alle Versionen sind ab Lager lieferbar.

■ setron GmbH
www.setron.de

Technische Daten des LT8609

- Eingangsspannungsbereich: 3 bis 42 V
- 2 A Dauer-, 3 A Spitzen-Ausgangsstrom
- ultrageringer Ruhestrom im Burst Mode
- Ausgangswelligkeit <10 mV Spitze-Spitze
- energieeffizienter Synchronbetrieb: bei 2 MHz 93% Wirkungsgrad
- Mindest-on-Zeit: 35 ns
- Spread-Spectrum-FM für geringe Störspannung/Störstrahlung
- niedrige Dropout-Spannung unter allen Betriebsbedingungen
- Mindest-Ausgangsspannung: 0,8 V
- kleine Induktivitäten möglich
- einstellbare und synchronisierbare Schaltfrequenz: 200 kHz bis 2,2 MHz
- Current-Mode-Betrieb
- präzise 1-V-Schwellenspannung für Enable-Anschluss
- interne Kompensation
- Ausgangs-Soft-Start und -Tracking
- kompaktes, thermisch optimiertes MSOP-Gehäuse

Hochleistungs-Koaxialkabel für Immunitätstests



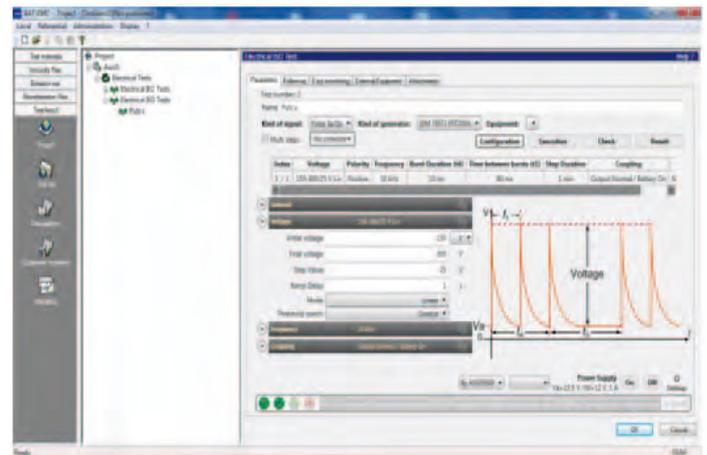
Die TRU Corp. aus Massachusetts bietet ausgereifte und leistungsstarke Kabel und Systeme für anspruchsvollste Anwendungen im EMV-Umfeld, aber auch bei Militär, Luftfahrt, Telekommunikation und Medizintechnik. Mit den Hochleistungskabeln der TRUflex-PWR-Serie für Frequenzen bis 6 GHz bietet TRU Lösungen für EMV-Labore, die sich durch ausgesprochen langlebige Materi-

alien und hohe Reserven im übertragbaren Leistungsbe- reich auszeichnen. Es gibt zwei Kabeltypen je nach gewünschter Flexibilität, deren Stecker- und Längenauswahl auch direkt online im TRU Cable Configurator erfolgen kann. Die TRUtie-Steckerkonfiguration ist eine einzigartige Befestigungstechnologie. Hierbei erfolgt die Klemmung beider Geflechtsschirme im vorderen Teil des Steckers. Dies verbessert in Kombination mit einem zusätzlichen Knickschutz die mechanische Stabilität erheblich und trägt somit zu einer Ver- längerung der Lebensdauer im teilweise rauen Laboralltag bei.

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

Neues Modul der BAT- Software-Familie

Es lohnt sich, Puls- und elek- trische Tests mit der Prüfungs- überwachung und den vielen



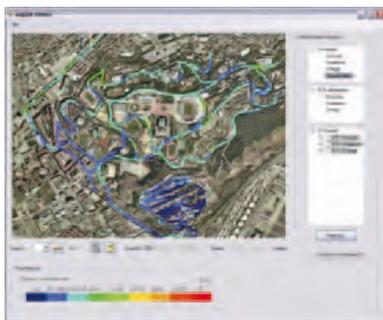
Möglichkeiten von BAT-EMC durchzuführen. Was man schon bei gestrahlter und geleiteter HF gewohnt ist – vielfältiges Monitoring, Prüfplan, umfangliche Steuerung, einheitlicher voll- ständiger Testreport –, das bietet Nexio nun auch für die Tests mit und gegen Transienten. Nach Anfragen von Kunden zu solch einem Modul entstand das neu-

ste Mitglied der BAT-Software- Familie. BAT-ELEC bedeutet im Umfeld Automotive Puls- und elektrische Tests und in der Industrie Burst- und Surge-Tests und Tests auf Spannungsein- brüche sowie gedämpfte Sinus- schwingungen.

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



RF Safety



Wavecontrol SMP2

- Messung elektromagnetischer Felder für den Arbeitsschutz nach der EU Direktive 2013/35/EU
- eingebauter GPS-Empfänger
- graphische Anzeige in Echtzeit
- LF-Spektrum Analyse bis 400kHz
- E-Feld und H-Feld Frequenzanalyse
- breitbandige Messungen bis 18GHz
- USB- und optische Anschlüsse

Wavecontrol MonitEM

- für den Außeneinsatz optimiert; staub- und wasserdicht nach IP66
- selbstständige und kontinuierliche Aufzeichnung elektromagnetischer Felder
- autonome Messung elektromagnetischer Felder nach ITU-T K.83
- staub- und wasserdicht nach IP66
- eingebaute isotrope Feldsonde
- fernbedienbar über PC-Software
- autark durch Stromversorgung über Photovoltaik-Element



emv



Internationale Fachmesse mit Workshops für Elektromagnetische Verträglichkeit Stuttgart, 24. – 26.03.2015

HF-Transformatoren übertragen bis 18 GHz



Von Mini-Circuits kommt die HF-Trafo-Serie NCR2, die eine extrem große Einsatzbandbreite bietet. Sie beträgt 1,2 bis 18 GHz. Das Übertragungsverhältnis ist 2. Die Transformatoren werden üblicherweise für die Symmetrierung bzw. Desymmetrierung eingesetzt.

Sie sind in LTCC-Konstruktion ausgeführt und besitzen daher eine hohe Zuverlässigkeit, eine hohe Temperaturstabilität und einen hohen Grad an Fertigungsgenauigkeit. Die Grundfläche beträgt 0,08x0,1 Zoll.

Dieser kleine Transformator ist für 50 Ohm ausgelegt und kann bis zu 3 VA übertragen. Die Einfügedämpfung im gesamten Einsatzfrequenzbereich ist typisch 0,6 dB und maximal 2,5 dB.

Der kleine Baustein findet Anwendungen beispielsweise in den Bereichen PCS, Breitband-Gegentaktverstärker, Zellularkommunikation oder Radar.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Amplituden-Unbalance typ. 2 dB, max. 2,5 dB
- Phasen-Unbalance bis 1,7 GHz typ. 10°, max. 20°
- Phasen-Unbalance ab 1,7 GHz typ. 15°, max. 25°

USB/Ethernet-Schaltmatrix für acht Quellen/Verbraucher



Mit der USB/Ethernet RF Switch Matrix RC-8SPDT-A18 hat Mini-Circuits erneut

ein Umschalter-Produkt vorgestellt, das viele Millionen Schaltzyklen garantiert. Diese Matrix in 50-Ohm-Technik ist von DC bis 18 GHz einsetzbar, entweder für USB oder Ethernet-TCP/IP.

Die On-Dämpfung hängt von der Frequenz ab und ist mit Zehnteln eines Dezibel gering; die On/Off-Isolation beträgt nach Frequenz um die 90 dB. Die Umschaltzeit wird mit typisch 25 ms angegeben.

Das einfach zu handhabende elektromechanische Interface (Plug&Play mit Win, Mac oder Linux) lässt sich vielseitig z.B. in Labors einsetzen. Es benötigt 24 V DC zur Versorgung. Die Steuerung erfolgt über das mitgelieferte GUI-Programm oder wird speziell auf den User zugeschnitten (API).

Das metallene Gehäuse besitzt SMA-Anschlüsse für die HF-Signale, einen gemeinsamen SMA-Anschluss für die HF und eine Rundbuchse für das Netzteil. Dieses sowie Programm-CD und USB/Ethernet-Kabel werden mitgeliefert. Es gibt eine Geld-zurück-Garantie.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich 0 bis 40 °C
- Lagertemperaturbereich -15 bis +45 °C

Doppelbalance-MMIC-Mischer für 2,2...7 GHz



Mini-Circuits' neuer Doppelbalance-Mischer MDB-73H+ arbeitet breitbandig als MMIC: Sowohl der RF- als auch der LO-Frequenz-Bereich betragen 2.200 bis 7.000 MHz, und der IF-Bereich erstreckt sich von DC bis 1.600 MHz.

Dieses Modell ist optimal geeignet für ein weites Feld von kommerziellen und Wehrtechnik-Anwendungen. Hierzu gehören die Satellitenkommunikation

ebenso wie der Radar. Als passiver Mischer wird keine DC-Power benötigt. Außerdem ist der Platzbedarf mit 4x4x1 mm sehr gering.

Die Ausführung mit einer InGaP-HBT-Struktur mit integrierten LO- und RF-Baluns führen dazu, dass die Übertragungsdämpfung von 8 dB mit einer Flatness von nur +/- 1 dB über den Bestimmungsfrequenzbereich 2.200...7.000 MHz verläuft. Hinzu kommen eine hohe LO/IF-Isolation (46 dB) und eine beachtliche LF/RF-Isolation (39 dB). Oft kann daher auf externe Filterung verzichtet werden.

Das Bauteil ist typisch für eine LO-Leistung von 15 dBm vorgesehen. Der Mischer erreicht typisch 24 dBm für den IP3 und 10 dBm am Eingang (RF oder IF) für den 1-dB-Kompressionspunkt.

„Scharfer“ Richtkoppler für 50 bis 6.000 MHz



Von Mini-Circuits kommt ein neuer, interessanter Richtkoppler, der ZHDC-16-63+. Dabei handelt es sich um einen High-Directivity Coupler. Dies daher, weil er eine herausragende Richtschärfe von bis zu 32 dB (frequenzabhängig) bietet.

Ein solcher High-Directivity Coupler ist optimal geeignet für Test-Applikationen, besonders für das Messen von S-Parametern. Allgemein erlaubt er das qualifizierte Monitoring von Signalen in Sendepfaden.

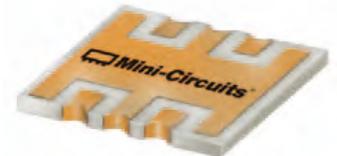
Das neue Bauteil bietet einen Koppelfaktor von typisch 16,7 dB mit nur +/- 0,45 dB Flatness und erreicht 2 dB Mainline Loss. Dies ist verbunden mit etwa 20 dB Return Loss (Nennimpedanz 50 Ohm) und einer zulässigen Eingangsleistung von maximal 0,5 W. Dieser Richtkoppler besitzt ein robustes Metall-

gehäuse mit den Abmessungen 2,5x1,4x0,88 Zoll mit SMA-Anschlüssen für alle Ports.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Richtschärfe bis 3 GHz min. 26 dB, typ. 32 dB
- Return Loss am Eingang, bis 3 GHz typ. 24 dB, ab 3 GHz typ. 22 dB
- Return Loss am Ausgang, bis 3 GHz typ. 21 dB, ab 3 GHz typ. 18 dB
- Return Loss Coupling, bis 3 GHz typ. 18 dB, ab 3 GHz typ. 17 dB

Bidirektionaler Koppler für hohe Leistungen



Der bidirektionale Richtkoppler CPL-20-14+ von Mini-Circuits bietet in 50-Ohm-Technik einen typischen Koppelfaktor von typisch 19,2 dB, lässt ein DC-Signal bis 500 mA passieren und ist zwischen 9,2 und 10,5 GHz einsetzbar.

Der Vierport-Koppler ermöglicht die gleichzeitige Anzeige von vor- und rücklaufender Spannung/Leistung. Die Toleranz des Koppelfaktors beträgt +/- 1,5 dB, die Flatness im gesamten Einsatzfrequenzbereich +/- 0,15 dB. Die Einfügedämpfung (Mainline Loss) ist mit typisch 0,2 dB und maximal 0,5 dB gering. Die Richtschärfe beträgt mindestens 10 dB und typisch 16 dB.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Return Loss typ. 19 dB
- Eingangsleistung max. 16 W (1 W bei 500 mA DC)

■ Mini-Circuits
www.minicircuits.com

Turn Smart Power Sensors into Low-Cost RF Power Meters!



USB & Ethernet POWER SENSORS from **\$695** ea. qty. (1-4)

Mini-Circuits' RF Power-Sensoren verwandeln fast jeden Windows- oder Linux-basierenden Computer in eine kostengünstige Testplattform für alle Arten von HF-Komponenten und -applikationen. Damit Sie noch mehr Möglichkeiten erhalten, haben wir das Modell PWR-8GHS-RC entwickelt. Damit ist ganz einfach das Monitoring von Remote-Signalen und die Datenerfassung mit USB- und Ethernet-Steuerung möglich. Mit unseren sieben verschiedenen Modellen erreichen Sie Messgeschwindigkeiten bis zu 10 ms in Dynamikbereichen von -35 bis +20 dBm, egal, ob Continuous Wave oder modulierte Signale. Welche Anforderungen Sie auch stellen und welche Preisvorstellungen Sie

auch haben - hier finden Sie den passenden Power-Sensor. Unser nutzerfreundliches GUI hält eine Fülle von Mess-Tools bereit und erledigt Mittelwertmessungen wie auch zeitkritische Messungen, bietet Multi-Sensor Support und messtechnische Applikationen für Ihr RF Testing von Kopplern, Filtern, Verstärkern und weiteren Komponenten. Umfangreiche Daten und Diagramme mit direktem Zugang oder Excel-Export stehen zur Verfügung, damit Sie bestens informiert sind. Alle Mini-Circuits-Power-Sensoren sind kurzfristig verfügbar und werden schnell geliefert. Besuchen Sie also www.minicircuits.com und geben Sie noch heute Ihre Bestellung auf!

Model	Power Measurement	Frequency MHz	Control Interface	Price \$ ea. (Qty 1-4)
PWR-2.5GHS-75 (75Ω)	Peak	0.1 to 2500	USB	795.00
PWR-4GHS	Peak	0.009 to 4000	USB	795.00
PWR-6GHS	Peak	1 to 6000	USB	695.00
PWR-8GHS	Peak	1 to 8000	USB	869.00
NEW! PWR-8GHS-RC	Peak	1 to 8000	USB & Ethernet	969.00
PWR-8FS	Peak	1 to 8000	USB	969.00
PWR-4RMS	Average	50 to 4000	USB	1169.00

*Measurement speed as fast as 10 ms for model PWR-8-FS. All other models as fast as 30 ms.
 †Dynamic range as wide as -35 to +20 dBm for model PWR-4RMS. All other models as wide as -30 to +20 dBm.
 Excel is a registered trademark of Microsoft Corporation in the US and other countries.
 Neither Mini-Circuits nor Mini-Circuits Power Sensors are affiliated with or endorsed by the owners of the above-referenced trademarks.



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

DISTRIBUTORS

532 rev A

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
 D-65719 Hollheim-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



Mobilfunk

Mechanik
Präzisionsfrästeile & GehäuseSchalten & Verteilen
von HF-Signalen

HF- Komponenten

Distribution von IMS
Connector Systems

Extrem schnelle AD- und DA-Wandler für modernste Mikrowellensysteme

Semtech Corporation stellte die 64-GS/s AD- und DA-Kerne vor, die auf der 32-nm-SOI-Technologie von IBM basieren und in hochleistungsfähige digitale Mikrowellen-SoC-Lösungen integriert werden.

Mikrowellenfunksysteme werden derzeit durch den vermehrten Einsatz modernster Datenwandler mit Sampling-Raten im Millimeterwellen-Frequenzbereich und der Erweiterung der analogen Bandbreite im Ku-Band revolutioniert. Diese kompakten und hocheffizienten Analog-Digital- (AD) und Digital-Analog-Wandler (DAC), die in den vielseitigen Chipsets mit digitalen programmierbaren Poly-Phase-Filtern und Interpolationstechniken integriert sind, ermöglichen die digitale Bearbeitung extrem großer Bandbreiten. Bestimmte Bereiche, die sich bis zu 34 GHz ausdehnen, können selektiv bearbeitet werden, was die SNR- und SFDR-Systemleistung deutlich erhöht. Die digitale Abstimmung mit feiner Frequenzauflösung und Kanalbildung ermöglicht eine extrem effiziente Bearbeitung, welche die Leistung und Integrationsfortschritte der CMOS-SOI-Technologie im unteren Mikrometerbereich unterstützt.

Hochleistungs-AD-Wandler ermöglichen stabilere und leistungsfähigere Systeme

Die Hochleistungs-ADCs und DACs von Semtech ermöglichen die Verschiebung der Analog-/Digital-Grenze in modernen Mikrowellensystemen in Richtung zu höheren HF-Frequenzen. Dadurch erweitert sich die Flexibilität und Verzerrungen werden reduziert, was die Realisierung stabilerer und leistungsfähigerer Systeme ermöglicht. Die Revolution durch die digitale Mikrowellen-Architektur unterstützt die kommerziell verfügbare CMOS IC-Technologie und verdrängt die traditionellen Architekturen, die auf der analogen Mikrowellenteknik basieren. Die digitale Mikrowellen-Architektur wird vermutlich in den kommenden Jahren der neue Implementationsstandard für die meisten Mikrowellen-Applikationen werden.

Semtech Corporation wurde von NGC ausgewählt

Die Semtech Corporation wurde von der Northrop Grumman Corporation (NGC)



als Zulieferer für sein „Arrays on Commercial Timescales program“ (ACT) ausgewählt. Dieses soll die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für bezahlbare Active Electronically Scanned Arrays (AESAs) der nächsten Generation ermöglichen, um wiederverwendbare gängige digitale Module bereitzustellen, die kritische integrierte Schaltkreise beinhalten, welche die AESAs der nächsten Generation benötigen.

Im Rahmen dieses Programmes wurde NGC von der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) ausgewählt, eine moderne Breitband-Digital-Antennen-Technologie für die nächste Generation der HF-Sensoren, die AESAs verwenden, zu entwickeln und vorzustellen. NGC wird die hochleistungsfähige ADC- und DAC-Technologie in dieses Projekt integrieren.

Verfügbarkeit

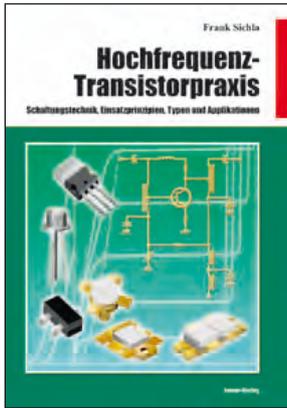
Semtechs hocheffiziente Wandler, die auf der 32-nm-SOI-Prozess-Technologie (SOI = Silicon on Insulator) von IBM basieren, sind seit November 2014 als Kerne, die von 42 GS/s bis 68 GS/s arbeiten, verfügbar. Momentan entwickelt das Unternehmen extrem stromsparende aber trotzdem hochleistungsfähige Wandler, die auf der 14-nm FinFET-Technologie basieren. Sie sollen voraussichtlich Anfang 2016 verfügbar sein.

■ *Semtech Corporation*
www.semtech.com

■ *Northrop Grumman Corporation*
www.northropgrumman.com

Hochfrequenz-Transistorpraxis

Schaltungstechnik, Einsatzprinzipien, Typen und Applikationen



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

Diskrete Transistoren haben im HF-Bereich noch immer

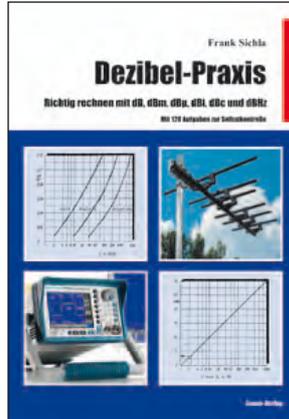
hohe Bedeutung, denn es gibt viele Probleme, für die nur sie die optimale Lösung bieten. Das Buch beschreibt ihre Anwendung und erläutert die Schaltungstechnik praxisorientiert mit einer Fülle ausgewählter Applikationsschaltungen.

Aus dem Inhalt:

Bipolartransistoren: Grundschaltungen, Schaltungstricks, Anpassung - FETs, SFETs, MESFETs und Dualgate-MOSFETs - Power-MOSFETs: Typen, Schaltungstechnik - Transistorschaltungen richtig aufbauen - HF-Kleinsignal- u. Leistungsverstärker - Oszillatorschaltungen, Senderschaltungen

Dezibel-Praxis

Richtig rechnen mit dB, dBm, dBμ, dBi, dBc und dBHz
Mit 120 Aufgaben zur Selbstkontrolle



Frank Sichla, 17,5 x 25,5 cm, 94 S., 82 Abb., zahlr. Tab. u. Diagramme
ISBN 978-88976-056-2 2007, 12,80 €,
Art.-Nr.: 118064

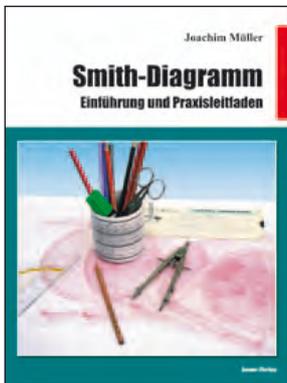
Das Buch zeigt systematisch und leicht verständlich den Umgang mit dem

Dezibel und seinen eigenen, teils völlig aus dem Rahmen des Gewohnten fallenden Gesetzen. Insbesondere die 120 Fragen und Antworten vermitteln die nötige Sicherheit in der Anwendung des Verhältnismaßes und bei der Interpretation von dB-Angaben.

Aus dem Inhalt: Rechenregeln der Dezibel-Welt - Signalgenerator, Pegelmessung und Pegelplan - Dezibel-Anwendung bei Hochfrequenzleitungen - Dezibel-Anwendung bei Antennen - Dezibel-Anwendung beim Rauschen von Verstärkern, Empfängern und Antennen - Dezibel-Anwendungen bei Empfängern, Oszillatoren und Sendern

Smith-Diagramm

Einführung und Praxisleitfaden



Joachim Müller, 21 x 28 cm, 117 S., zahlr. Abb.
beam-Verlag 2009, ISBN 978-3-88976-155-2, 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.

In der Fachliteratur findet man zwar viele Stellen zum Smith-Diagramm, sie erfordern aber meist erhebliche mathematische Kenntnisse: Eine grundlegende Einführung sucht man vergeblich. Diese Lücke schließt dieses Buch als praxisnahe Einführung in Aufbau und 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 S., zahlr. Abb.,
ISBN 978-3-88976-159-0,
beam-Verlag 2011, 32,- €
Art.-Nr.: 118100

Dieses Buch erleichtert den Einstieg in die tägliche Praxis. Es beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom

eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

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
Gruppenlaufzeit

Firmen und Institute werden gegen Rechnung beliefert

Bestellungen an: beam-Verlag, Postfach 1148, 35001 Marburg, info@beam-verlag.de

News

Keysight Technologies' PXI VNA Wins Multiple Industry Awards



Keysight Technologies, Inc. announced that it has received three awards for its recently introduced M937XA PXI Vector Network Analyzer. The awards include 1) Product of the Year from Electronic Products magazine, 2) Top Products of the Year 2014 from Microwave and RF magazine, and 3) Hot 100 Products of 2014: Test & Measurement from EDN. The awards, selected from thousands of products introduced in 2014, are based on votes from readers and editors.

The award winning, one-slot PXI vector network analyzers cover 300 kHz up to 26.5 GHz. The new analyzers offer the best PXI VNA performance on key specifications such as speed, trace noise, stability and dyna-

mic range. This enables the PXI VNAs to perform fast, accurate measurements and reduce the cost-of-test by enabling simultaneous characterization of many devices – two-port or multi-port – using a single PXI chassis.

When space is at a premium, engineers can add full, two-port VNA capability with S-parameters to an existing system that has just one open slot. To address applications such as high-volume device testing and highly complex on-wafer testing, engineers can add a single chassis loaded with up to sixteen PXI VNA modules for use as either multiple two-port VNAs, a single 32-port VNA or any combination in between.

■ *Keysight Technologies*
www.keysight.com

RFMW Announces Director of Coaxial Components



RFMW, Ltd. announces that Gerry Camacho has joined their organization as worldwide Director of Coaxial Components. Mr. Camacho has served in senior management positions within RF distribution and engineering positions at well known industry OEMs. His accomplishments include VP of Technical Marketing at Pasternack Enterprises, Regional Sales Management, Antenna and Test Engineering at Lockheed and TRW. Mr. Camacho brings his technical and web marketing skills to his new position where he is tasked with growing RFMW's RF Interconnect and Coaxial Component Business Unit. With a successful track record, Mr. Camacho strengthens and confirms RFMW's specialization strategy and brings a fresh approach to coaxial component sales and marketing that will enhance the value of RFMW's

highly qualified, technical sales organization.

■ *RFMW Ltd*
www.rfmw.com

Xilinx First to Move 20 nm FPGAs into Volume Production

Xilinx, Inc. announced that its Kintex UltraScale KU040 FPGAs are now the industry's first 20 nm device to move into volume production. Customers can benefit from an estimated one year time to market advantage relative to its competition. Built on the industry's only ASIC-class architecture, the mid-range Kintex UltraScale devices provide optimal price/performance/watt for a broad set of applications that include 100G OTN, packet processing and traffic management, 8X8 Mixed Mode LTE and WCDMA Radio, 8K/4K displays, Intelligence Surveillance and Reconnaissance (ISR), Data Center and more. Kintex UltraScale development and evaluation boards are available from Xilinx and its Alliance Members. Xilinx boards include the KCU105 universal development board and the KCU1250 transceiver evaluation board.

■ *Xilinx*
www.xilinx.com

Richardson RFPD Announces Availability of Hittite Microwave Products from ADI

Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for Hittite Microwave products from Analog Devices, Inc. Following the July, 2014 acquisition, Hittite Microwave products have been fully integrated into Richardson RFPD's portfolio of ADI products. That combined portfolio now covers the entire signal chain, from antenna to bits and back, across the entire frequency

spectrum up to 110 GHz. Complemented by its industry-leading data converters, ADI's RF, microwave and millimeter-wave portfolio now includes more than 2,000 high-performance products, from functional blocks to highly-integrated solutions, development platforms and modules.

Richardson RFPD customers will benefit from the complete solutions that address the performance, reliability, and time-to-

market requirements of an ever-widening range of ADI applications. To find more information, or to purchase these products today online, please visit the ADI storefront webpage. Hittite Microwave products from ADI may be identified by part numbers beginning with "HMC."

■ *Richardson*
www.richardsonrfpd.com

Components

New Times-Protect Protector-Connectors Introduced by Times Microwave Systems

Times has added to its popular line of Times-Protect protector-connectors with the new LP-18-240 and LP-18-195 in-line broadband DC pass surge protector series to augment the existing LP-18-400 series. All designs incorporate state-of-the-art lightning protection circuitry and the EZ Advantage -X series crimp style connector interface unit. This combination allowing the in-line surge protector to be attached directly to the LMR cable eliminates the cable connector needed when using conventional lightning protectors. The LP-18 series protectors exhibit outstanding RF performance over the entire frequency spectrum from DC through 6000 MHz and the elimination of the extra connector further reduces return loss, insertion loss



and lowers cost. In addition, the fully weatherized housing meets the IP-67 standard for outdoor as well as indoor installation.

- Eliminates the Need for Separate Cable Connector

- Attaches Directly to LMR-400, LMR-240 and LMR-195 Cables
- Uses EZ-400-X, EZ-240-X or EZ-195-X (No Braid Trim) Connector Interface
- DC Pass Multi-Strike Broadband Bidirectional Design
- Fully Weatherized Housing
- Solid Brass Construction
- White Bronze Plated for Durability and Long Life

The LP-18 series protectors install easily onto LMR cable using standard CST prep tools and crimp tools.

■ *Times Microwave Systems*
www.timesmicro.com

MACOM Introduces Industry's Highest Linearity 4 W Ka-Band Power Amplifier



M/A-COM Technology Solutions Inc. ("MACOM"), a leading supplier of high performance RF, microwave, millimeterwave and photonic products introduced a high linearity 4 W power amplifier, ideally suited for Ka-Band High Data Density Satellite communications.

MACOM's new MAAP-011139 is offered in both bare die format and a 5 x 5 mm 32-lead QFN package. The device delivers 24 dB of linear gain, 4 W of saturated output power and 23% efficiency. The device provides greater than 27 dBm Pout/line while maintaining IM3 levels of 30 dBc, which we believe is twice the linear performance of competing alternatives. This two-times linearity performance

allows the MAAP-011139 to replace two equivalent competing alternatives with a single device while operating in an overall more efficient mode. Furthermore, the device in bare die format and measures 3.1 x 2.8 x 0.05 mm, ideal for real estate constrained customers.

"The MAAP-011139 sets a new industry benchmark for linear power performance at Ka-Band frequencies," said Paul Beasley, Product Manager. "In combination with MACOM's comprehensive mmWave Ka-Band product portfolio we can provide customers with a complete chip-set solution that we believe enables the best performance, value and ease-of-use." The table below outlines typical performance for bare die and packaged versions: Parameter Units MAAP-011139 Frequency GHz 29-31 Gain dB 24 Pout dBm 36.5 PAE % 23 IM3 @ 27 dBm per tone dBc -30 Input Return Loss dB 10 Output Return Loss dB 10.

■ *MACOM*
www.macom.com

VCO: CRO2457A-LF Features Ultra Low Phase Noise



Z-Communications, Inc. announces a new RoHS compliant VCO (Voltage Controlled Oscillator) model CRO2457A-LF. The CRO2457A-LF operates at 2457 to 2458 MHz with a tuning voltage range of 0.5 to 4.5 VDC. This high performance VCO features a spectrally clean signal of -115 dBc/Hz @ 10 kHz offset and a typical tuning sensitivity of 8 MHz/V. The CRO2457A-LF is designed to deliver +6 dBm of output power into a 50 ohms load while operating off a 5 VDC sup-

ply and drawing typically 24 mA of current. This low noise VCO operates over the industrial temperature range of -40 to 85 °C and features typical second harmonic suppression of -18 dBc. The CRO2457A-LF has a pulling response of less than 1 MHz with a 12 dB return

loss, any phase, and is housed in Z-Comm's standard, MINI-16-SM package measuring 0.5 in. x 0.5 in. x 0.22 in. It is available in tape and reel packaging for production requirements making it ideal for automated surface mount assembly and reflow. The CRO2457A-LF is well suited for backhaul radios and satellite communication applications that require low phase noise performance.

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

Microwave Components

Pasternack Introduces New RF Combiners Operating Up to 6 GHz



Pasternack Enterprises, Inc. introduces a completely new line of broadband RF power combiners. The broad bandwidth of these new combiners makes them the perfect complement to systems using components such as power amplifiers, antenna feeds, attenuators and switches. A special area of usage for these power combiners is in combining individual power amplifiers together into a large power block in an amplifier system.

The new RF power combiners from Pasternack are offered in the popular 2-way and 4-way configurations and deliver high power up to 600 Watts and operate over a broad temperature range between 55 °C to 85 °C, expanding the versatility of this product offering to a wide range of military and commercial applications. Pasternack's broadband RF combiners offer frequency ranges from 20 MHz to 6 GHz, low insertion loss from 0.35 dB to 1 dB and low VSWR up to 1.30:1. Other features of these power combiners include excellent amplitude and phase balance, high power handling, good isolation levels and rugged packaging. Pasternack's RF combiners offer low loss and low VSWR while providing competitive port-to-port isolation through the use of high power resistive components. These RF signal combiners are designed to be screw-down mounted to a heatsink.

■ *Pasternack*
www.pasternack.com

High Frequency Surface Mount Cavity Filter Series



RLC Electronics is proud to introduce a series of high frequency surface mount cavity filters for small scale, low profile system integration. Designs are created and constructed using proprietary techniques resulting in rugged, stable performance over a full range of environmental stresses. High Q cavity filter performance is available up

to 30 GHz with profile height as low as 200 mm. The surface mount design is suitable for reflow attachment, providing savings on size, cost and weight. This type of design achieves Rejection of 60 dBc up to 3x fo, while also maintaining good VSWR (14 dB min).

■ *RLC Electronics, Inc.*
www.rlcelectronics.com

High Power 18 GHz SPDT Switch

RLC Electronics is proud to announce the addition of a high power 18 GHz SPDT switch with N connectors to its product capabilities. The switch can handle 1000 W at 100 MHz, 200 W at 4 GHz and 125W at 18 GHz, and provides high reliability, long life and excellent electrical

performance characteristics over the frequency range (including high isolation).



Options on the switch include operating mode (failsafe or latching) and coil voltage (12 or 28 Vdc), as well as indicator circuitry and a TTL Driver. Control connector options include solder terminals, in addition to special power connectors such as MS and sub-D.

■ *RLC Electronics, Inc.*
www.rlcelectronics.com

High-power WR28 waveguide dual-channel rotary joint for compact Ka-band satellite communications

The new AM28RJD dual-channel rotary joint from Link Microtek provides an effective means of reducing component count and saving space and weight in the compact antennas that are used for Ka-band high-data-rate SOTM (satellite-on-the-move) communication systems.

Particularly suitable for military or commercial airborne systems such as satcom uplinks in unmanned aerial vehicles, the new rotary joint features a high-power/low-loss WR28 waveguide transmit channel, together with a coaxial receive channel offering a high current rating of 2 A at 24 VDC, which enables it to power the antenna's LNB and servo motors without the need for additional slip rings.

The central transmit channel has a frequency range of 29 - 31 GHz, with an average power rating in excess of 50 W, a typical insertion loss of just 0.5 dB and a maximum VSWR of 1.7:1. The receive channel can handle frequencies up to 3 GHz at an average microwave power of 1 W, and its typical VSWR and insertion loss are specified as 1.5:1 and 0.25 dB respectively.

Designed and manufactured at Link Microtek's premises in Basingstoke, this robust device is fabricated from lightweight aluminium with an Iridite finish. Right-angle waveguide bends are used on the transmit channel to save additional



space, resulting in overall dimensions of just 36.0 mm (D) x 90.3 mm (H), with a 50 mm-diameter UBR320 bulkhead flange as standard.

■ *Link Microtek Ltd*
www.linkmicrotekeng.com

Products

High Power SP3T and SP4T 200 Watt PIN Diode Switches



Featuring low insertion loss and excellent linearity operating over the 50 MHz to 1 GHz frequency range, these devices are ideal for land mobile radio applications

M/A-COM Technology Solutions Holdings Inc., announced two high power PIN diode switches, with industry leading linearity in a common anode configuration, operating over the 50 MHz to 1 GHz frequency range.

The MASW-011040 and MASW-011041 are designed for Military and Civilian customers who require higher CW and pulsed power operation for land mobile radio applications.

MACOM enables the connections that ensure high data-density network performance from L-Band to Ka-Band. These devices are capable of handling 200 Watts CW incident power at a base plate temperature of 85 °C, delivered in a single 9 mm HQFN 20-lead plastic package.

Covering 50 MHz to 1 GHz, both devices deliver >40 dB isolation at 1 GHz with insertion loss of <0.5 dB and are compatible with MACOM's MADR-010574 PIN Diode Driver.

The MASW-011040 and MASW-011041 are manufactured using MACOM's hybrid manufacturing process featuring high voltage PIN diodes and passive devices and are a high power switch ideal for use on land mobile radio and MIL-COM applications that require higher power.

■ *M/A-COM Technology Solutions Holdings, Inc.*
www.macom.com

RFMW offers 35 W, X-band GaN Power Amp



RFMW, Ltd. announces design and sales support for a 35 W GaN power amplifier designed for weather and marine radars in the X-band (9 to 10 GHz). TriQuint's TGA2622-CP offers

New Family of Tuning Control Switches for Antenna Tuning Applications from Peregrine

Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for two new tuning control switches from Peregrine Semiconductor Corporation. The PE613010 and PE613050 are the first two devices in a new family of tuning control switches based on Peregrine's UltraCMOS technology, a patented variation of silicon-on-insulator (SOI) technology on a sapphire substrate, offering excellent RF performance. The new switches are highly versatile and support a wide variety of tuning circuit topologies, with emphasis on impedance-matching and aperture-tuning applications.

Both of the new switches feature low on-resistance and insertion loss across key cellular frequency bands from 100 to 3000 MHz. They offer high RF power handling and



ruggedness, and Peregrine's HaRP technology enables them to meet challenging harmonic and linearity requirements. All decoding and biasing is integrated on-chip and no external bypassing or filtering components are required.

UltraCMOS tuning devices feature ease of use while delivering superior RF performance. With built-in bias voltage generation and ESD protection, tuning control switches provide a monolithically integrated tuning solution for demanding RF applications.

■ *Richardson*
www.richardsonrfpd.com

power added efficiency of >43%. Operating from a 28 V supply, it draws only 290 mA. The TGA2622-CP offers high power in both pulse and CW operation thanks, in part, to TriQuint's Cu-base packaging offering supe-

rior thermal management. Large signal gain is 27.5 dB with small signal gain around 30 dB. The TriQuint TGA2622-CP is export controlled (ECCN 3A001.b.2.b.)

■ *RFMW, Ltd.*
info@rfmw.com

Low Powered V480MEM2-LF Features Excellent Phase Noise Performance

Z-Communications, Inc. announces a new RoHS compliant VCO (Voltage Controlled Oscillator) model V480MEM2-LF. The V480MEM2-LF operates at 445 to 480 MHz with a tuning voltage range of 0.5 to 2.5 VDC. This high performance VCO features a spectrally clean signal of -113 dBc/Hz @ 100 kHz offset and a typical tuning sensitivity of 25 MHz/V.

The V480MEM2-LF is designed to deliver 0 dBm of output power into a 50 Ohms load while operating off a 3.3 Vdc supply and drawing typically 12 mA of current. This low powered VCO operates over



the industrial temperature range of -40 to 85 °C and features typical second harmo-

nic suppression of -12 dBc. The low noise V480MEM2-LF comes in Z-Comm's standard, low profile MINI-16M-L package measuring 0.5 in. x 0.5 in. x 0.13 in. It is available in tape and reel packaging for production requirements making it ideal for automated surface mount assembly and reflow.

The V480MEM2-LF is well suited for UHF radios and portable satellite modem applications that require low phase noise performance.

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

Products

Lime Microsystems announced new programmable dual transceiver

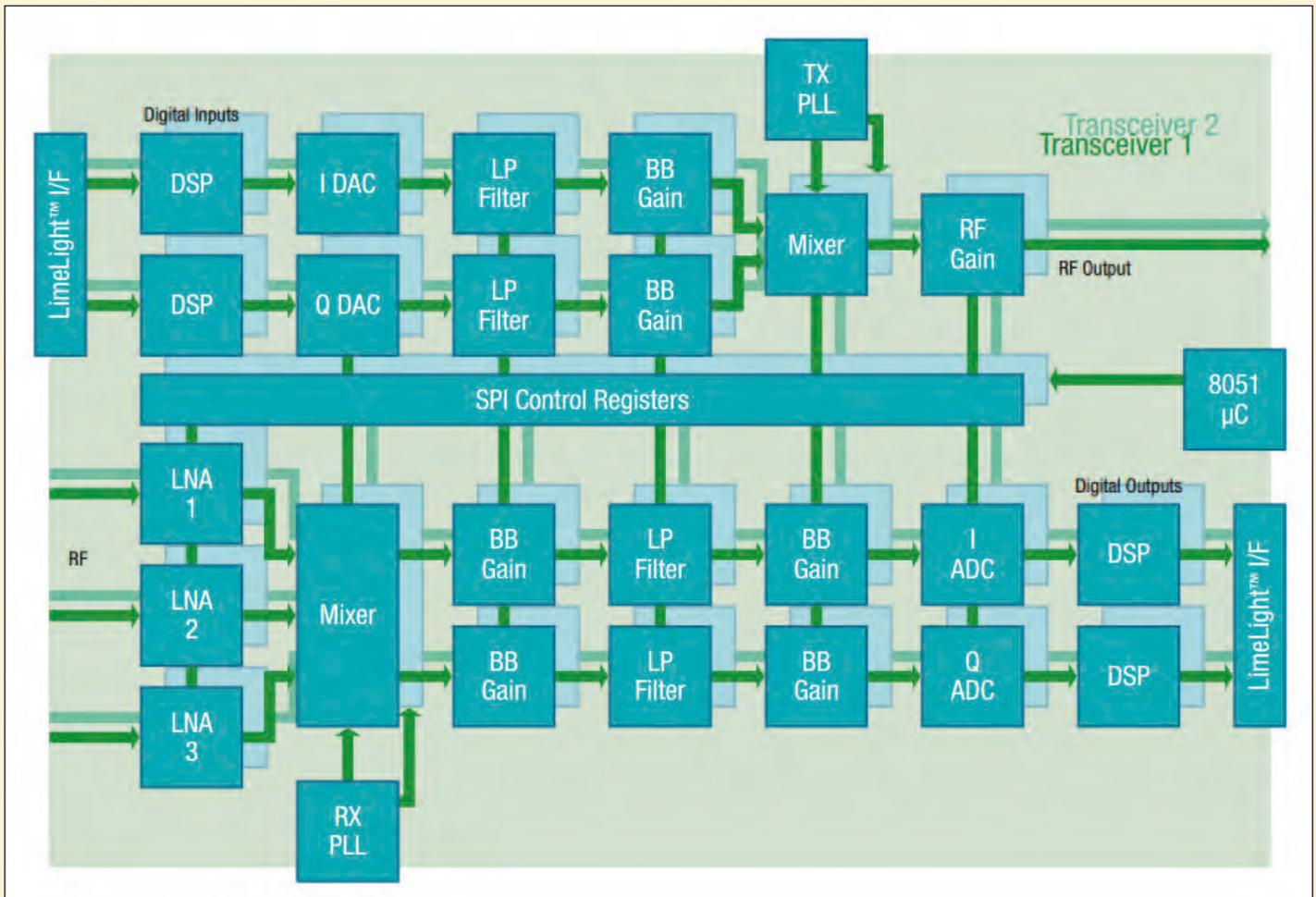


Fig. 1: Simplified block diagram of the LMS7002M

Lime Microsystems, Guildford, UK announces that it has commenced shipping the second generation Field Programmable Radio Frequency (FPRF) devices.

The LMS7002M is 3GPP compliant and supports all cellular standards and frequencies including TDD, FDD and MIMO. The FPRF contains dual transceivers with multiple 12 Bit ADCs and DACs, LNAs, filters and mixers to provide two transmit and receiver paths for continuous coverage over the 50 MHz to 3,8 GHz range. The fully programmable, low power chips cover all the cellular bands used in 2G, 3G and 4G networks, as well as many commercial and military bands. Parameters such as gain and filter bandwidth are also fully in-system programmable, making the device the

most flexible RF solution for a wide range of wireless applications. The LMS7002M is ideal for a wide range of consumer and professional applications, including:

- Small cell communications equipment
- M2M networks
- Open source radio
- Broadband wireless

“We are delighted to be shipping LMS7002M devices”, said Ebrahim Bushehri, Lime CEO. “We have enormous interest from applications spanning small cells, software defined radio

(SDR), industrial networking, medical, test equipment and high end M2M such as asset tracking. We believe that our pricing strategy will stimulate a range of new applications in variety of markets including commercial and military customers.

Universal Wireless Communications Toolkit

The devices are supported by a Universal Wireless Communications Toolkit (UWCT) and will in the future be supplemented with a number of low cost development boards. Customers

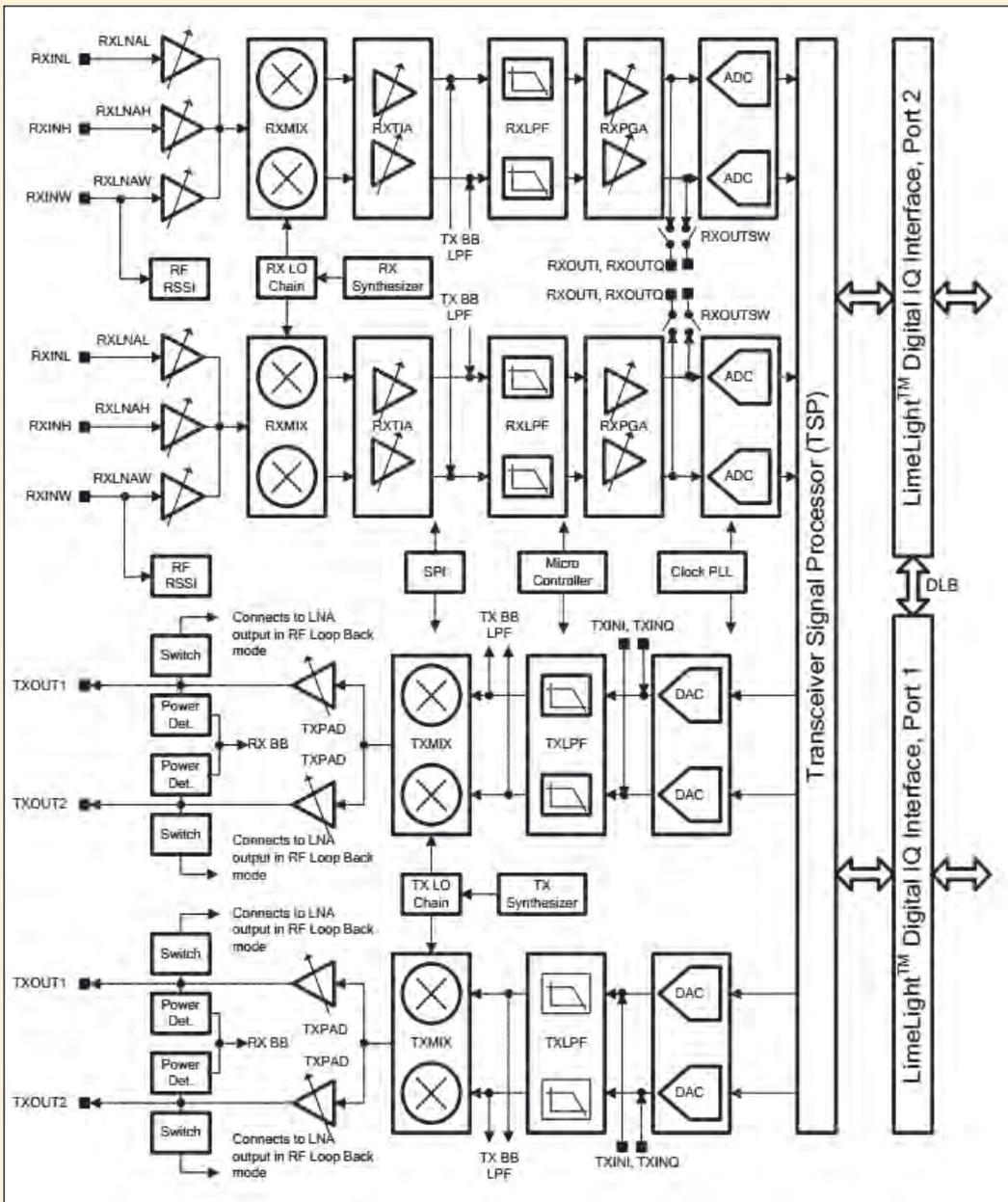


Fig. 2: Functional block diagram

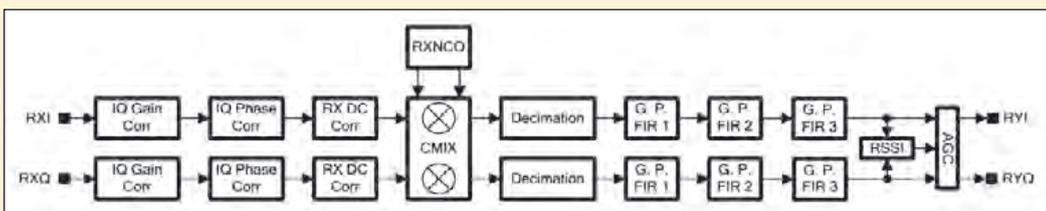
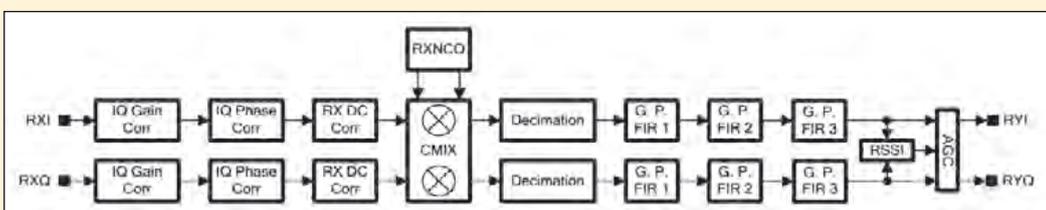


Fig. 3: Structure of the RX Transceiver Signal Processor block (TSP)



purchasing UWCT are provided with hardware, software and direct access to expert applications engineers.

The dual transceivers are ideal for implementing Multiple-In, Multiple-Out (MIMO) systems with a digital bandwidth up to 60 MHz in each channel. The LMS7002M includes user programmable DSP that can equalize the gain and phase of a MIMO system, greatly reduce distortion and non linearities, or enhance the analog filtering to provide a lower power consumption. The low power chip uses a 65 nm CMOS process, and consumes only 550 mW in single-in single-out (SISO) mode or 800 mW when configured for MIMO operation. The device can operate using a single 1.8 V supply rail, and requires an absolute minimum of external components.

The LMS7002M is priced at \$110 in sample quantities, and \$63 for quantities of 5,000 units. Lime simultaneously announced that it is significantly reducing the price of the first generation part, LMS6002D, with samples starting at \$35, and \$15 for quantities of 5,000 units. LMS7002M devices and the UWCT are in stock at Lime distributors such as Digi-Key and Richardson RFPD. Customers can download the free design software, a range of development boards, projects directly from Lime website and an open-source initiative called MyriadRF.

Lime Microsystems is a leading designer and manufacturer of field programmable RF transceivers. The company's software configurable chips can run any mobile standard and any mobile frequency and have been used in a vast array of systems including mobile base stations and small cells, SDR platforms, indoor navigation and machine-to-machine communication systems.

■ Lime Microsystems
www.limemicro.com

Fig 4: Structure of the TXTSP

Products

Keysight Technologies Announces Best-in-Class Femto/Picoammeters and Electrometers for Research and Development of New Materials

Keysight Technologies, Inc. introduced the B2980A Series of femto/picoammeters and electrometers, the world's first graphical picoammeters and electrometers to confidently measure down to 0.01 fA which is 0.01×10^{-15} A, and up to 10 ptaohms (pn) which is 10×10^{15} ohms.

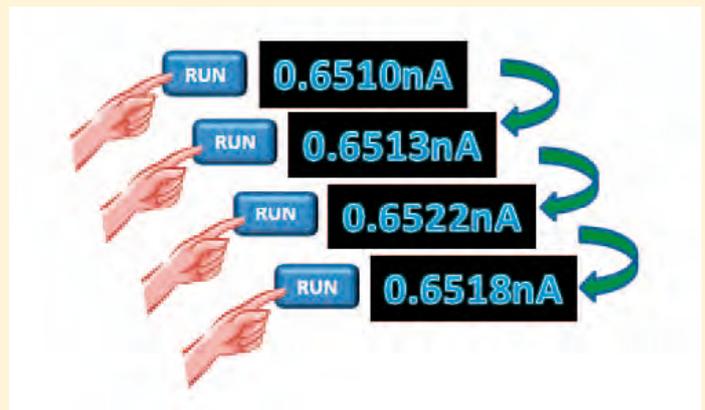


The B2981A/83A femto/picoammeter

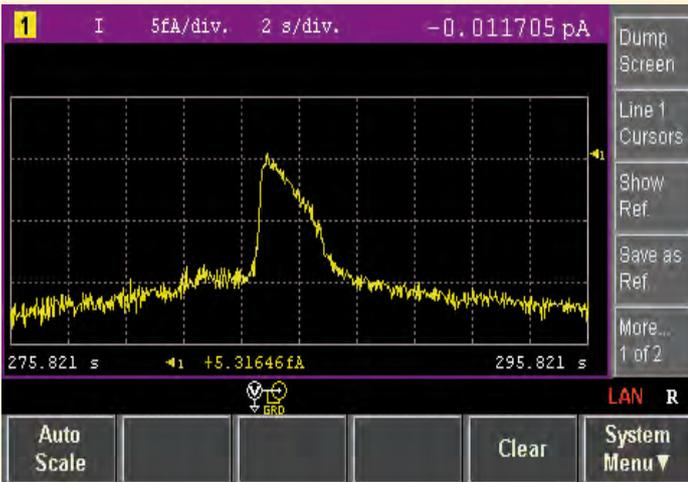


The B2985A/87A electrometer/high-resistance meter

In recent years, research and development into new materials, such as nanomaterial, graphene, polymers and dielectric material, has increased significantly. While such materials are expected to be enablers for a wide-range of new applications, working with these new materials requires highly sensitive electronic measurement. However, making those measurements with a high degree of confidence is challenging. With its ability to make highly sensitive, low-current and high-



A numeric-only display poses a critical test challenge



The B2980A Series time domain view

resistance measurements, the B2980A Series is well suited to address this challenge.

The B2980A Series meters offers best-in-class performance, with a 2 pA to 20 mA operating range and an internal 1000 V source, as well as a host of innovative capabilities designed to optimize measurement confidence.

- A battery Operation mode that eliminates the effect of any AC power noise on measurements and enables detection of previously hidden signals.
- A time-domain view that makes it easy to capture transient signal effects as well as select the desired measurement data.
- A real-time histogram display capability for quick statistical analysis of measurement data - a capability previously only available on an external PC. Because the display is continuously updated on a real-time basis, users can quickly debug their measurement environment and setup. This eliminates any ambiguity between the measurement environment and the measurement data.
- A Test Setup Integrity function and dedicated accessories designed to ensure maximum measurement accuracy. In sensitive measurement applications, setting up the appropriate cabling and equipment

connections can be quite difficult. Conventional picoammeters and electrometers fail to address issues related to test setup, such as external cabling. With the B2980A Series' optional setup integrity checker function, users can now more easily isolate causes of noise.

„Evaluating new materials or characterizing advanced devices often requires highly sensitive electronic measurements,“ said Masaki Yamamoto, general

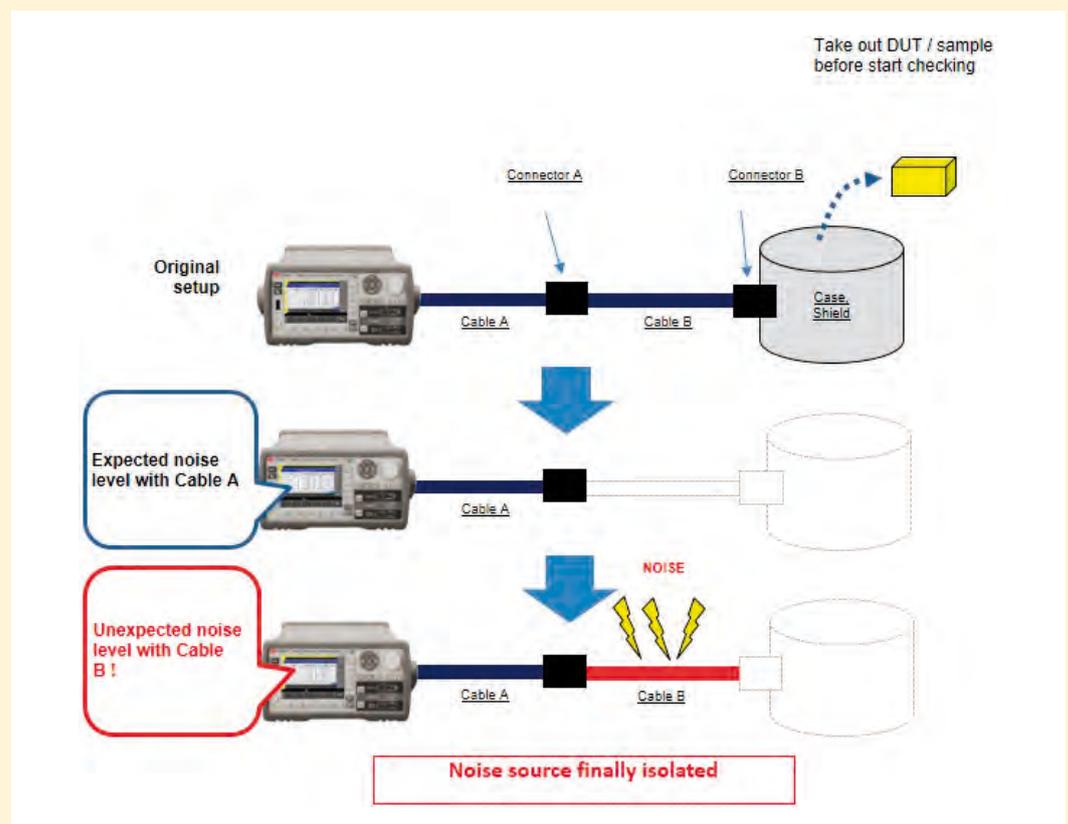


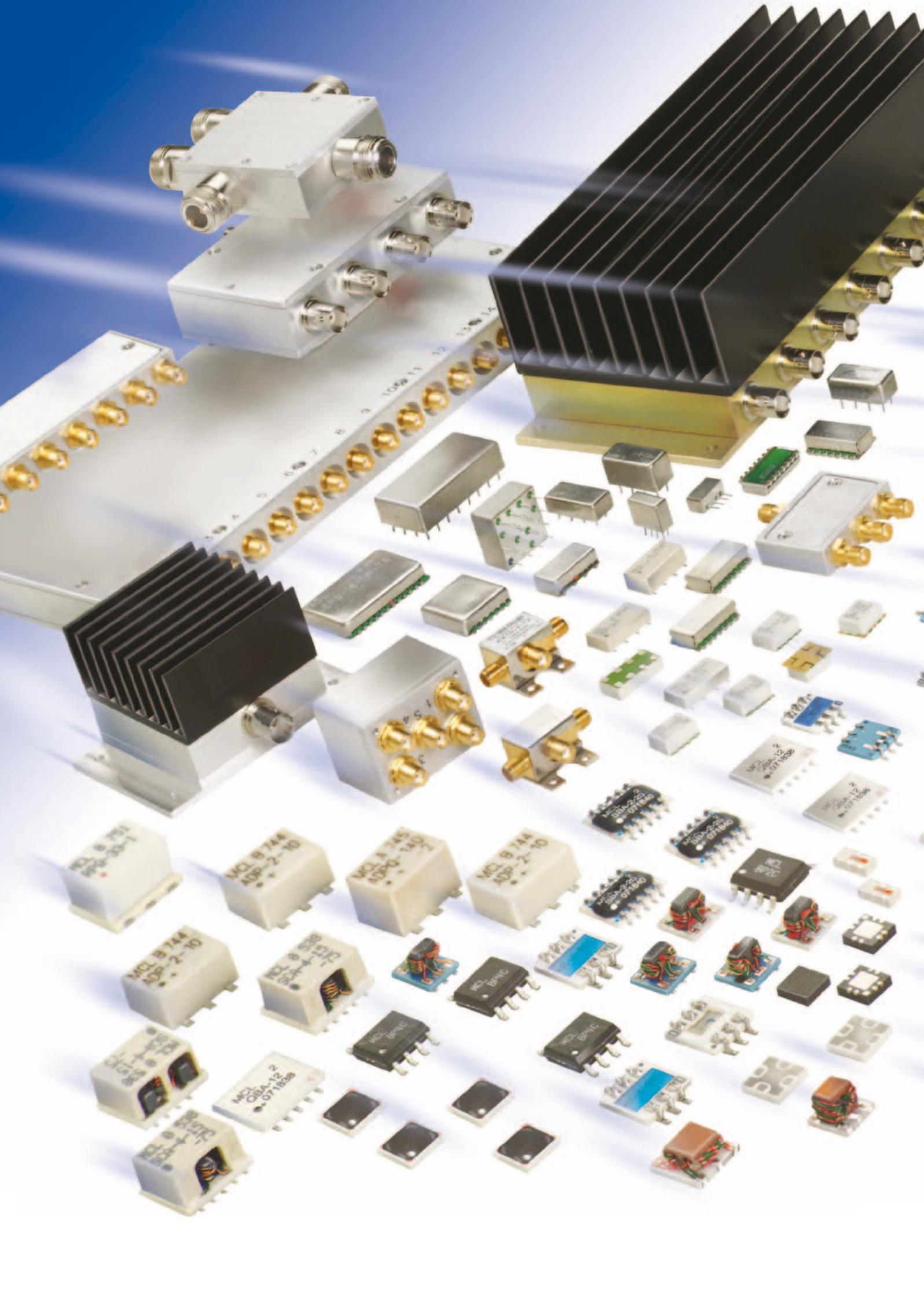
The B2980A Series battery operation model (B2983A/B2987A)

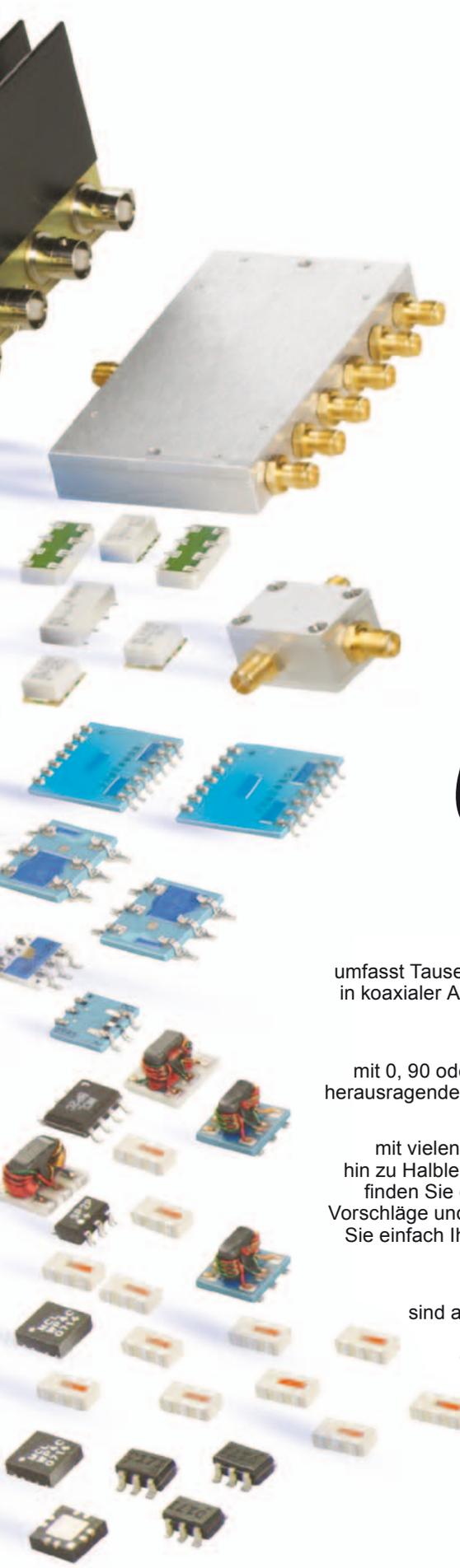
manager of Keysight's Hachioji Semiconductor Test Division. „Engineers and researchers performing such sensitive measurements demand greater confidence in their measurement results. Our new B2980A Series femto/picoammeters and elec-

trometers, means engineers and researchers can trust their test results and improve their development speeds.“

■ Keysight Inc.
www.keysight.com







POWER SPLITTERS/ COMBINERS

NOW! from **2 kHz to 18 GHz** as low as **79¢**

Dieses größte industrielle Angebot umfasst Tausende von Typen von 2 kHz bis 18 GHz, mit bis zu 300 W HF-Belastbarkeit, in koaxialer Ausführung, mit Flat-Pack-, SMT- oder Rack-Mount-Gehäusen für 50- oder 75-Ohm-Systeme.

Vom 2- bis 48-Wege-Design mit 0, 90 oder 180 Grad Phasendrehung bieten Mini-Circuits Power-Splitter/Combiner herausragende Leistung in Hinblick auf Einfügedämpfung, Entkopplung oder Anpassung.

Jahrzehntelange Erfahrungen mit vielen Technologien von einfacher Verdrahtung über Microstrip und Stripline bis hin zu Halbleitern und LTCC-Keramik machten dies möglich. Auf www.minicircuits.com finden Sie detaillierte Daten, Leistungskurven, S-Parameter, Gehäusemaße, Layout-Vorschläge und alles Weitere, was Sie für eine schnelle Entscheidung benötigen. Geben Sie einfach Ihre Anforderungen ein, und unsere patentierte Suchmaschine Yoni2 sucht nach tatsächlichen Testdaten, die Ihre Bedingungen erfüllen.

Alle Katalogtypen sind auf Lager und mit unserer Einjahresgarantie ausgestattet. Sie finden sogar die Lagermengen, die Echtzeitverfügbarkeit sowie die Preise, um Ihnen optimal bei der Planung zu helfen und damit Sie schnelle Entscheidungen treffen können. Worauf warten Sie noch?

 **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 N

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

Wainwright Instruments GmbH stellte neue HF- und Mikrowellenfilter vor

Wainwright Instruments erweiterte erneut seine Produktpalette an hochwertigsten Filtern für wichtige Frequenzbereiche und Anwendungsgebiete. Einige davon hatten ihre Premiere auf der electronica im letzten Jahr.

Digital über LAN abstimmbare UHF/Mikrowellen-Bandsperfilter



Wainwright Instruments stellte UHF/Mikrowellen-Bandsperfilter vor, deren FO sich am Computer mit einer intuitiv zu bedienenden Software oder direkt über LAN mit einem einfachen Tel-Net-Protokoll in 1-MHz-Schritten innerhalb der Sperrbänder 670 - 1000 MHz oder 1.7 - 2.0 GHz einstellen lassen. Mit einem Durchlassbereich bis 2.5 bzw. 5 GHz eignen sich die Filter besonders zur Messung von Oberwellen in Laboranwendungen und automatisierten Prüfplätzen in der Produktion. Die Trägerfrequenz einer Signalquelle wird unterdrückt, und die dabei entstehenden Oberwellen können passieren.

Weitere Spezifikationen:

- Sperrbereich: >40 dB Dämpfung, 20 MHz breit
- F_0 einstellbar in 1-MHz-Stufen
- Durchlassdämpfung: 1 dB max.
- Rückflusdämpfung: >14 dB
- Stromversorgung: 23...32 VDC/1.8 A
- LAN Anschluss über RJ45 Normstecker
- Einstellzeit: 2 s. typ., 4 s max. (Bandanfang bis Bandende)
- HF-Belastbarkeit: 50 W max. CW im Sperrbereich, 200 W max. CW im Durchlassband
- Anschlüsse: SMA-Buchsen (PC 3.5)
- Betriebstemperatur 10 °C bis 45 °C
- Abmessungen: 305 mm x 60 mm x 180 mm plus Anschlüsse
- Weitere Frequenzen auf Anfrage.

Mikrowellen-Hochpassfilter mit Passband bis 26,5 GHz



Dieses Filter unterdrückt die von Stromquellen geringer Leistung erzeugten Störsignale, lässt aber die entstandenen Oberwellen bis 26,5 GHz für Messzwecke passieren. Die Serie bietet Filter mit Grenzfrequenzen zwischen 3,5 und 10,0 GHz.

Weitere Spezifikationen:

- Durchlassdämpfung bis 26.5 GHz: 1.0 dB typ. / 1.5 dB max. bei F_{co}
- Rückflusdämpfung: >12 dB
- Anschlüsse: (PC 3.5) Buchse
- Sperrdämpfung: 80 dB min. von DC bis $0.67 \times F_{co}$

Mikrowellen-Diplex-Filter



Dieses Mikrowellen Diplex-Filter ist ein Beispiel für mehrere möglichen Kombinationen der von Wainwright produzierten Mikrowellen-Tiefpässe mit Mikrowellen-Hochpässen. Die folgenden Grenzfrequenzen können kombiniert werden.

- * Tiefpässe ab 1,0 GHz
- * Hochpässe bis zu 8,0 GHz

Dabei ist zu beachten, dass die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters niedriger als die des Hochpasses sein muss.

■ Wainwright Instruments GmbH
info@wainwright-filters.com
www.wainwright-filters.com

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift für HF- und Mikrowellentechnik

• **Herausgeber und Verlag:**
 beam-Verlag
 35001 Marburg, Postfach 1148
 Tel.: 06421/96140
 Fax: 06421/961423
 E-Mail: info@beam-verlag.de
www.beam-verlag.de

• **Redaktion:**
 Dipl.-Ing. Reinhard Birchel (RB)
 Joachim Müller (JM)
 Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

• **Anzeigen:**
 Frank Wege
 Tel.: 06421/961425
 Fax: 06421/961423
frank.wege@beam-verlag.de

• **English Contact:**
 Myrjam Weide
 Fon.: +49-6421/961416
m.weide@beam-verlag.de

• **Erscheinungsweise:**
 monatlich

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

• **Druck:**
 Strube Druck & Medien oHG

• **Auslieferung:**
 VU Verlagsunion KG
 Wiesbaden

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.

Durchblick kommt von „Insight“

Natürlich nur mit der richtigen Hardware und Software.

Je komplexer Ihr HF-Design für LTE-Advanced wird, desto wertvoller ist die Unterstützung durch Experten für Test- und Messtechnik. Keysight bietet als einziger Anbieter Tischgeräte sowie modulare und Software-Lösungen für jede Phase des LTE-A-Designprozesses an. Von der Simulation über F&E, bis hin zur Validierung und Fertigung bieten wir die richtigen Instrumente, Programme und das Know-how für Ihren Erfolg.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = LTE-A INSIGHTS

Vollständiger Design- und Test-Zyklus für LTE-Advanced

Tischgeräte und modulare Lösungen

Identische Software-Algorithmen auf allen Plattformen

Mehr als 300 Software-Anwendungen für alle Stadien der Entwicklung

Keysight W1715EP SystemVue
MIMO channel builder

Keysight N9040B UXA
Signalanalysator mit 89600
VSA Software

Keysight MIMO PXI Testlösung
mit N7624/25B Signal Studio Software
für LTE-Advanced/LTE FDD/TDD und
89600 VSA Software



Keysight 89600 VSA Software

Keysight Infiniium high-definition
Oszilloskope der S-Serie
mit N8807A MIPI DigRF v4 (M-PHY)
Protokolldecoder-Software

Keysight N5182B MXG HF-
Vektorsignalgenerator der X-Serie
mit N7624/25B Signal Studio Software
für LTE-Advanced/LTE FDD/TDD

Keysight E6640B EXM
wireless test set
mit V9080/82B LTE FDD/TDD
Mess-Anwendungen und
N7624/25B Signal Studio-
Software für LTE-Advanced/LTE FDD/TDD

Keysight E7515A UXM wireless
test set mit E7530A/E7630A LTE-Advanced/LTE
test/lab Software

Laden Sie die neue LTE-A Technology and
Test Challenges 3GPP Releases 10, 11, 12
und weitere herunter
www.keysight.com/find/LTE-A-Insight



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

© Keysight Technologies, Inc. 2015

 **KEYSIGHT**
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Preisgünstige flexible Kabel

S
p
e
c
t
r
u
m
F
l
e

**Steckverbinder: von 1.85mm
bis N standardmäßig
erhältlich.**

**Haben Sie eigentlich
schon unser
neues
Kabel-
Hand-
buch?**

Made in Germany



x der Schlüssel zum Erfolg

 **Spectrum**
Elektrotechnik GmbH

wenn Qualität benötigt wird

80905 München

Telefon: 089-3548-040

WWW.SPECTRUM-ET.COM

Postfach 450533

Fax: 089-3548-0490

Email: Sales@Spectrum-et.com