

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

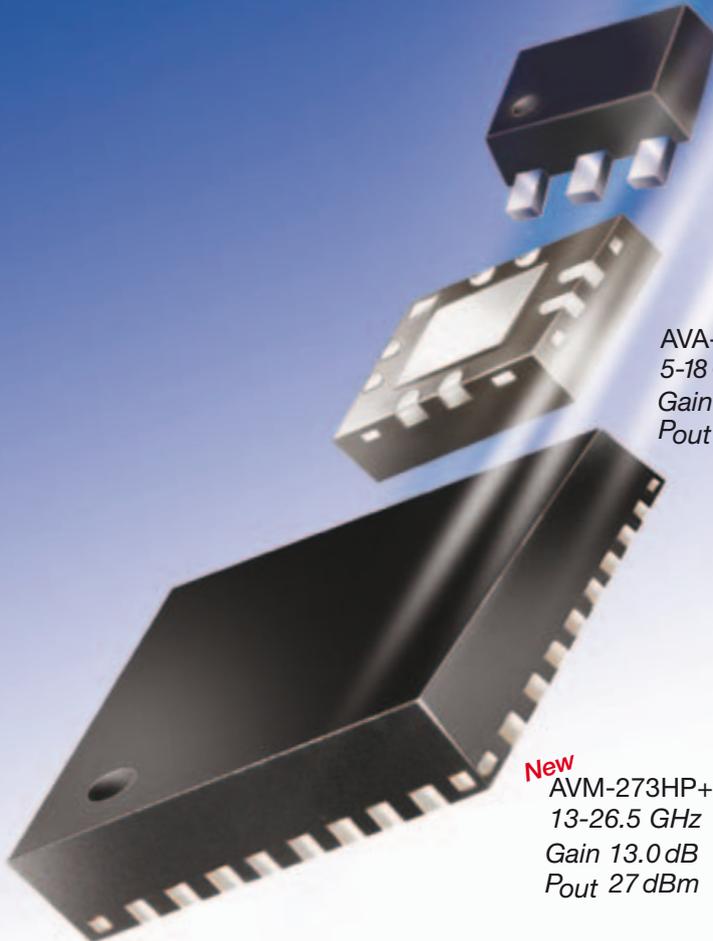
**Breit angelegte EMV-Filter-Serie,
ein- und dreiphasig**

TDK Lambda, Seite 22



50 MHz to 26.5 GHz

THREE AMPLIFIERS COVER IT ALL!



PHA-1+ \$1.99
0.05-6 GHz ea. (qty. 20)
Gain 13.5 dB
Pout 22 dBm

AVA-183A+ \$6.95
5-18 GHz ea. (qty. 10)
Gain 14.0 dB
Pout 19 dBm

New
AVM-273HP+ \$27.95
13-26.5 GHz ea. (qty. 10)
Gain 13.0 dB
Pout 27 dBm

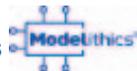
Der neue breitbandige Mikrowellenverstärker **AVM-273HP+** von Mini-Circuits verstärkt Signale im Bereich 13 bis 26,5 GHz und bis 500 mW bedingungslos stabil mit 13 dB. Eine Gain Flatness von nur ± 1 dB und 58 dB Isolation machen dieses kleine Bauteil zum hervorragenden Pufferverstärker in Applikationen wie P2P-Funk, Militärfunk und Aufklärung, Radar, DBS oder VSAT. Eine integrierte Zusatzschaltung sorgt dabei für Rückspannungsschutz, Spannungstrennung und Stromstabilisierung. Und das alles in einem sehr kleinen Gehäuse!

Auch der Mikrowellenverstärker **AVA-183A+** zeichnet sich durch diese exzellente Gain Flatness im Bereich 5 bis 18 GHz aus und kombiniert 38 dB Isolation mit 19 dBm möglicher Signalstärke. Dieser stabile Baustein eignet sich optimal als LO-Treiber. Hier sorgen interne Abblockkondensatoren, Biassschaltungen und Mikrowellen-Koppelkondensatoren für einfachste Anwendung bzw. minimale äußere Beschaltung.

Der **PHA-1+** ist ein in modernster Technik konzipierter E-PHEMT-Verstärker, der sich geradezu als „Arbeitspferd“ für Ihre drahtlosen Anwendungen anbietet. Denn ein extrem großer Dynamikbereich, niedriges Rauschen und einer der höchsten IP3-Werte lassen ihn optimal geeignet erscheinen für LTE- und TD-SCDMA-Systeme. Hohe Rückflussdämpfungen am Ein- und Ausgang über nahezu sieben Oktaven erweitern die Einsatzmöglichkeiten auf CATV, WLANs, Basisstations-Infrastruktur und mehr. Dabei ist keinerlei externe Anpassung für 50-Ohm-Systeme erforderlich.

Sie sind interessiert? Sehen Sie sich auf unserer Website die ACLR- und EVM-Daten sowie die freien X-Parameter an. Alle Modelle liegen auf Lager für sofortigen Versand! 

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 35166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

478 rev M

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

D-65760 Eschborn, Germany
Tel. 0049-6196-927900 Fax 0049-6196-927929
www.industrialelectronics.de
info@industrialelectronics.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

Agilent Technologies gliedert Messtechnikbereich aus



Unlocking Measurement Insights for 75 Years

Am 7. Januar dieses Jahres gab Agilent Technologies Inc. den Namen des neuen Messtechnik-Unternehmens bekannt, das voraussichtlich Anfang November 2014 ausgegliedert wird: Keysight Technologies.

Der Name Keysight deutet an, dass das Unternehmen seine Kunden dabei unterstützen möchte, zu sehen, was anderen verborgen bleibt, und wesentliche Erkenntnisse zu gewinnen, um so die sich wandelnde technologische Landschaft zu erschließen. Der Slogan des neuen Unternehmens, „Unlocking measurement Insights for 75 Years“ (sinngemäß: 75 Jahre Messtechnik im Dienste der Erkenntnis), bezieht sich auf das Geburtsjahr (1939) der Firma Hewlett-Packard, aus welcher Agilents Geschäftsbereich Elektronische Messtechnik – künftig Keysight Technologies – hervorging.

„Der Name Keysight spiegelt das reiche Erbe wider, auf dem unser Unternehmen gründet – es führt eine direkte Linie von Hewlett-Packards hohen Standards für Integrität und Innovation über Agilents führende Messtechnik-Technologie zu Keysight Technologies“, erläuterte Ron Nersesian, President und CEO von Keysight.

„Dieser Name trifft den Geist unseres Unternehmens – innovativ, aufgeschlossen und zukunftsorientiert“, fügte Nersesian hinzu. „Keysight gründet auf einem Fundament

aus Weltneuheiten, die bis zur Geburtsstunde von Hewlett-Packard und des Silicon Valley zurückreichen. Als neues Unternehmen sehen wir uns in der Pflicht, unseren Kunden auch eine neue Generation von Innovationen an die Hand zu geben, damit sie möglichst schnell neue Technologie-Generationen auf den Markt bringen können.“

Keysight wird sich voll auf seine Kernkompetenz, elektronische Mess- und Prüftechnik, konzentrieren. Dieser Geschäftsbereich, der derzeit noch zu Agilent gehört, ist – innerhalb seiner Branche – weltweit die „Nummer 1“ in den Marktsegmenten Funkkommunikation, Luft-/Raumfahrt/Wehrtechnik, Industrie, Computer und Halbleiter. Das neue Unternehmen wird das gesamte Messtechnik-Produktspektrum von Agilent weiterführen und über das größte Vertriebs- und Support-Team der Branche verfügen.

Keysight wird voraussichtlich Anfang November 2014 zu einem eigenständigen Unternehmen werden, seinen Sitz in Santa Rosa, Calif., haben und etwa 9.500 Mitarbeiter in 30 Ländern beschäftigen. Die Web-Adresse des Unternehmens lautet www.keysight.com.

■ *Agilent Technologies Sales & Services GmbH & Co KG*
www.agilent.com

municom[®]
Von der Idee zur Lösung

Technische Beratung und Distribution

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



Elektroingenieur
Schwerpunkt Nachrichtentechnik oder
Informationstechnikmeister (m/w)
für den Vertriebsinnen- /außendienst
gesucht.



municom GmbH
Fuchsgrube 4
83278 Traunstein
Hotline: +49 861 16677-99
EN ISO 9001:2008



www.municom.de · info@municom.de

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:

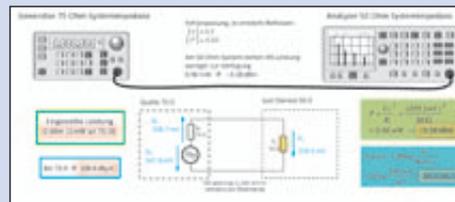


Breit angelegte EMV-Filter-Serie, ein- und dreiphasig

Mit der neuen R-Serie von TDK-Lambda bringt die TDK Corporation ein umfangreiches Spektrum leistungsfähiger und flacher EMV-Filter auf den Markt. 22

In dieser Ausgabe:

Messtechnik:



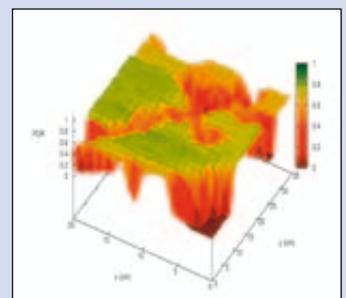
Messungen mit dem „50-Ohm-Analyzer“ im 75-Ohm-System, Teil 1

Der Beitrag illustriert die Auswirkungen, wenn an einem 75-Ohm-System, z.B. einer Kabelfernsehanlage, mit einem 50-Ohm-Analyser gemessen wird. 8

Sensoren:

Drahtlose Sensornetzwerke

Dieser Beitrag widmet sich den Herausforderungen und Lösungen die mit dem Aufbau von zuverlässigen flexiblen Sensornetzwerken mit geringster Leistungsaufnahme zusammenhängen. 30



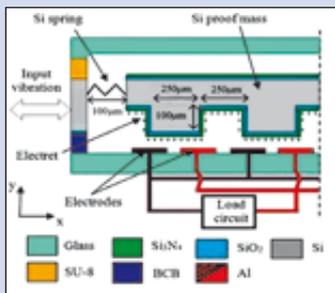
Grundlagen:

RF- und Mikrowellen-Transformatoren, Teil 1

Dieser Anwendungsbericht soll die Grundlagen von RF- und Mikrowellentransformatoren erläutern und Richtlinien zur Auswahl eines Transformators für bestimmte Anwendungen geben. Der Bericht beschränkt sich auf Kern- und Draht- sowie LTCC-Transformatoren. 35

Forschung & Technik:

Neue Hochleistungs-MEMs-Vibrationsenergie-Erntemaschine



Ein Team von imec und Panasonic hat eine neue Vibrationsenergie-Erntemaschine - basierend auf einem gewellten SiO₂-Si₃N₄-Elektret entwickelt. **6**

HF-Technik:

Surface-Mount-Quadratur-Leistungsteiler in LTCC-Technologie



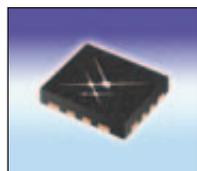
Surface-Mount-Quadratur-Leistungsteiler in LTCC-Technologie bieten gegenüber konventionellen Splitttern herausragende Vorteile. **20**

Produkt-Portrait:

Extrem rauscharme HF-LDOs reduzieren Phasenrauschen in breitbandigen Kommunikationssystemen

Die rauscharmen HF-LDOs reduzieren die spektrale Rauschdichte um den Faktor zwei und bieten beste Voraussetzungen für die Versorgung von VCOs mit geringem Phasenrauschen

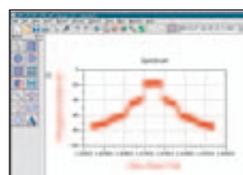
RF & Wireless International



Highly integrated 5 GHz WLAN front-end module for reference designs **39**

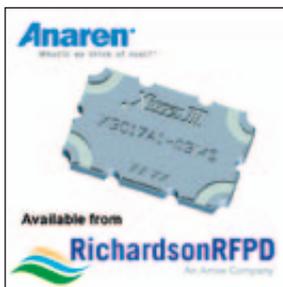


New Attenuator Models Offer Up to 120 dB of Programmable Attenuation **40**



GoldenGate Software Release Brings Wireless Standard-Compliant

Design into RFIC Designers' Hands **41**



New Xinger III Femto-Sized 3 dB Hybrid Coupler from Anaren **42**



2110-2170 MHz single junction surface mount package **43**

Rubriken:

Aktuelles	3	EMV	22
Inhalt	4	Bauelemente	24
Aus Forschung und Technik	6	Sensoren	30
Messtechnik	8	Grundlagen	35
Fachliteratur	17	RF & Wireless	39
HF-Technik	20	Produkt-Portrait	46
		Impressum	46

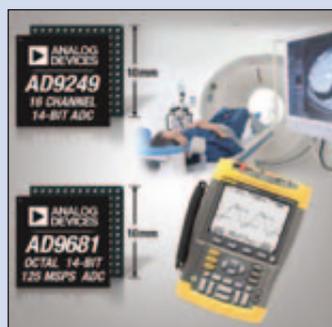
sowie für die Speisung von Taktbausteinen mit niedrigen Jitter in Mikrowellensystemen. **46**

die geringste Leistungsaufnahme und die kleinsten Gehäuse auszeichnen. **27**

Bauelemente:

Stromsparende 14-Bit-A/D-Wandler für leistungsfähige Mehrkanal-Datenerfassung

Analog Devices stellte zwei neue 14-bit-A/D-Wandler vor, die sich in ihrer Klasse durch



Premium-Messkoffer

Der Premium-Messkoffer enthält:

- + Microwave Cable Assembly 18 GHz
- + Adaptoren N / SMA
- + Drehmomentschlüssel SMA 1N
- + Jumperkabel SUCOFORM® 86

Kauf auf Rechnung!

Jetzt bestellen unter www.elspec.de/messkoffer



Große Auswahl!

Jetzt einkaufen unter www.elspec-store.de

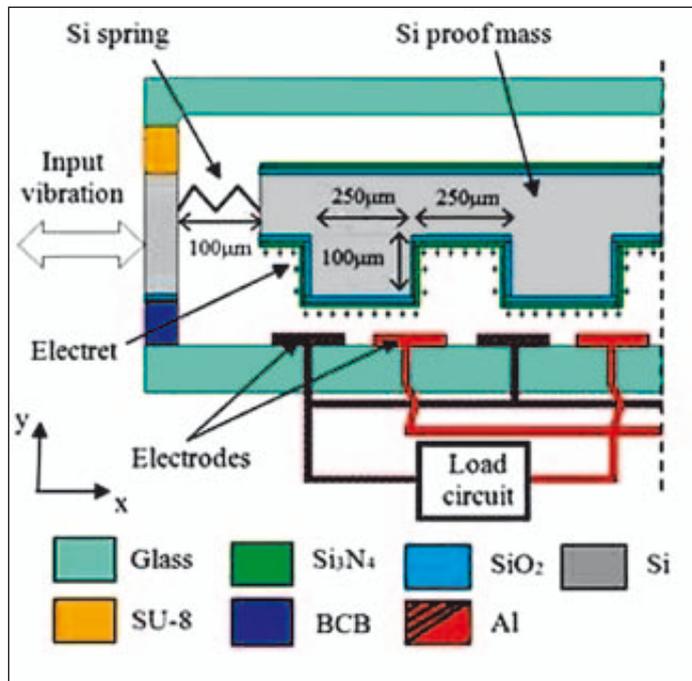
- + Semi-Rigid Kabel
- + HF-Kabel
- + Low Loss Kabel
- + Steckverbinder

- ✓ Top-Preise
- ✓ auch Speziallösungen
- ✓ ab Lager

elspec GmbH
Brunnenfeldweg 5a
D-82538 Geretsried
Tel. 08171 / 4357-0
info@elspec.de • www.elspec.de

Neue Hochleistungs-MEMs-Vibrationsenergie-Erntemaschine

Ein Team von imec und Panasonic hat eine neue Vibrationsenergie-Erntemaschine - basierend auf einem gewellten SiO₂-Si₃N₄-Elektret entwickelt.



Entwurf der neuen Erntemaschine für TPMS-Anwendungen

Die MEMS-Einheit hat einen Foot print von nur 1 cm² und wurde für Reifendruck-Überwachungssysteme (TPMS) konzipiert. Sie generiert eine Maximalnetzleistung von 160 µW, wenn sie von einer sinusförmigen Vibration angeregt wird. Bei Lärmvibrationen wie in einem Reifen liegt die generierte Netzleistung zwischen 10 und 50 µW, was ausreicht, um ein einfaches TPMS-Modul zu betreiben.

Niedrige Produktionskosten bei hoher Zuverlässigkeit

Um die Verkehrssicherheit zu verbessern, ist der Einbau von

TPMS für alle Neuwagen in den USA bereits verbindlich, wobei die EU bald folgen soll. Für den Komfort des Nutzers und um Kosten zu sparen, brauchen TPMS eine kompakte und langlebige Stromversorgung, die nicht während der Lebensdauer des Reifens ersetzt werden muss.

Da es im Innern eines Reifens zahllose mechanische Vibrationen gibt, ist die Verwendung einer Vibrationsenergie-Erntemaschine eine Lösung, die sich anbietet. Solche Erntemaschinen konvertieren mechanische Umgebungsenergie in brauchbare elektrische Energie. Sie können mit MEMS Herstellungstechniken hergestellt

werden und ermöglichen niedrige Produktionskosten und eine hohe Zuverlässigkeit. Die neue Erntemaschine, die imec entwickelt hat, ist eine elektrostatische Erntemaschine. Sie ist mit drei gestapelten und gebondeten Wafern aufgebaut. Der zentrale Chip enthält einen mechanischen Resonator als Prüfmasse sowie in Silizium geätzte Federn, die ihn halten. Die Prüfmasse ist mit einem gewellten Elektret auf ihrer Unterseite versehen. Der untere Chip wird aus Glas gemacht und enthält zwei metallische Elektroden, die an eine Last angeschlossen sind. Der obere Glaschip wird als Abdeckung verwendet um die Einheit zu schützen und Vakuumverpackung zu ermöglichen.

Wenn die Erntemaschine einer externen Vibration ausgesetzt wird, bewegt sich die Prüfmasse relativ zum Gehäuse und gerät eventuell in Resonanz. Als Folge davon induziert das elektrische Feld, das durch die ständigen Ladungen des Elektrets erzeugt wird, Gegenladungen an beiden Elektroden des unteren Chips. Die Größe der Gegenladungen auf jeder Elektrode ist gleich dem Fluss der elektrischen Verschiebung über ihre Oberflächen. Wenn sich die Masse, die das Elektret trägt, bewegt, ändert sich das elektrische Feld entlang der Spaltänderungen ebenso die Gegenladungen die in jeder Elektrode induziert werden. Das führt zu einem elektrischen Strom durch die an beiden Elektroden angeschlossene Last.

■ Imec
www.imec.be

SEMATRON DEUTSCHLAND
GmbH

www.sematron.de

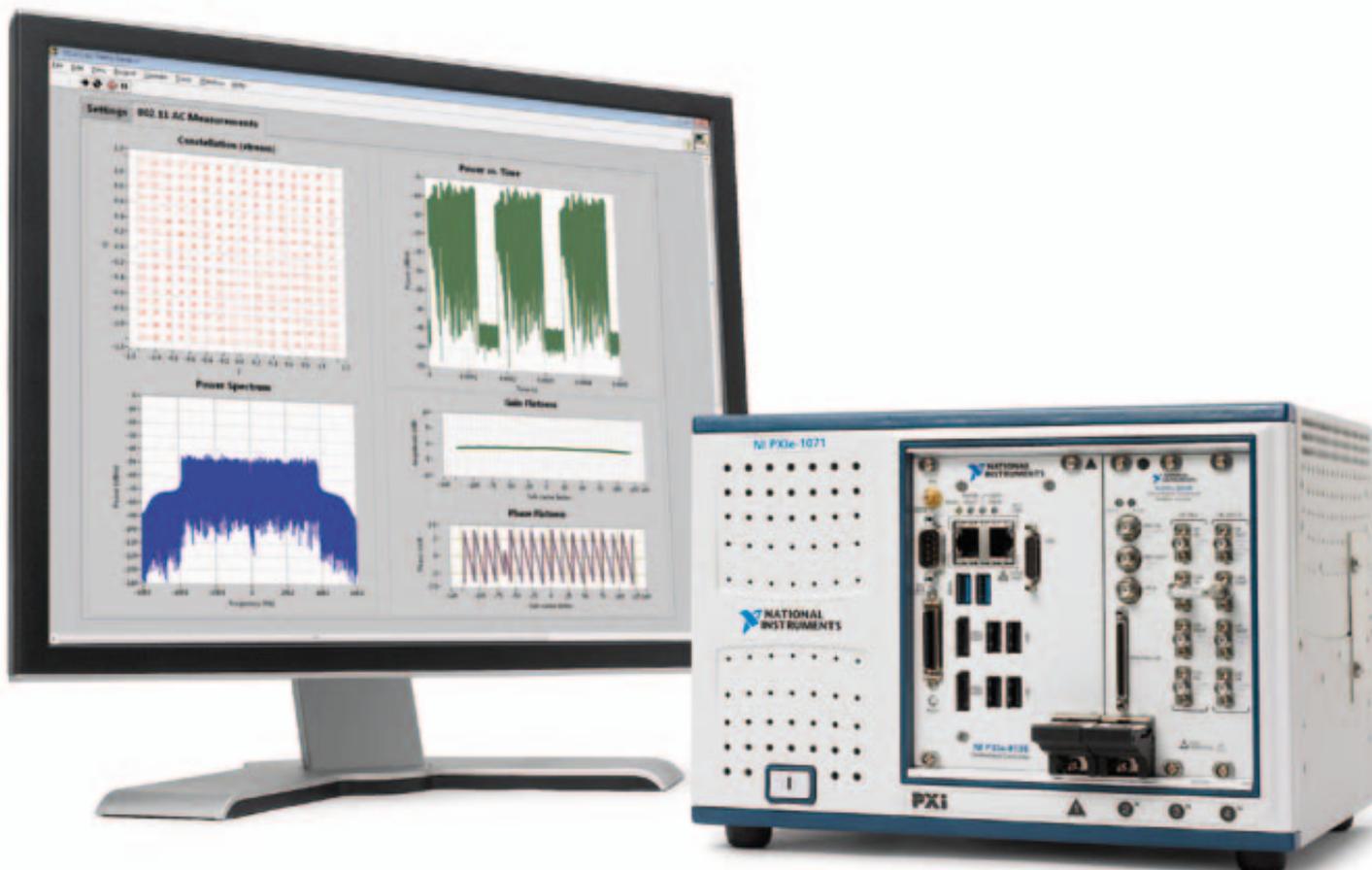
SEMATRON DEUTSCHLAND GmbH Telefon: +49 22 25 / 70 45 1 87
Nußstr. 49 Telefax: +49 22 25 / 70 20 51
53340 Meckenheim E-Mail: info@sematron.de

Ihr
Partner
für

ENTWICKLUNG bis 240 GHz
SATELLITENKOMMUNIKATION
FERTIGUNG SYSTEME/GERÄTE
HF-KOMPONENTEN

Weltweit erster Vektorsignal-Transceiver

VSA + VSG + FPGA = RF neu definiert



Der Vektorsignal-Transceiver von NI vereint einen VSA und einen VSG mit einem anwenderprogrammierbaren FPGA für die Signalverarbeitung, -steuerung und -regelung in Echtzeit in einem einzigen Gerät – zu einem Bruchteil der Kosten und Größe einer traditionellen Lösung. Diese richtungsweisende Technologie findet sich im NI PXIe-5644R, dem ersten softwarespezifischen Messgerät. Mithilfe der Systemdesignsoftware NI LabVIEW kann die Soft- und Firmware verändert und so ein Messgerät erstellt werden, das sich exakt den Anforderungen anpasst.

WIRELESS-TECHNOLOGIEN

National Instruments unterstützt zahlreiche Wireless-Standards, darunter:

802.11a/b/g/n/ac	LTE
CDMA2000/EV-DO	GSM/EDGE
WCDMA/HSPA/HSPA+	Bluetooth

>> ni.com/vst/d

 **embeddedworld**
Exhibition & Conference
... it's a smarter world
Halle 4, Stand 426

 **NATIONAL
INSTRUMENTS™**

Messungen mit dem „50-Ohm-Analyzer“ im 75-Ohm-System, Teil 1

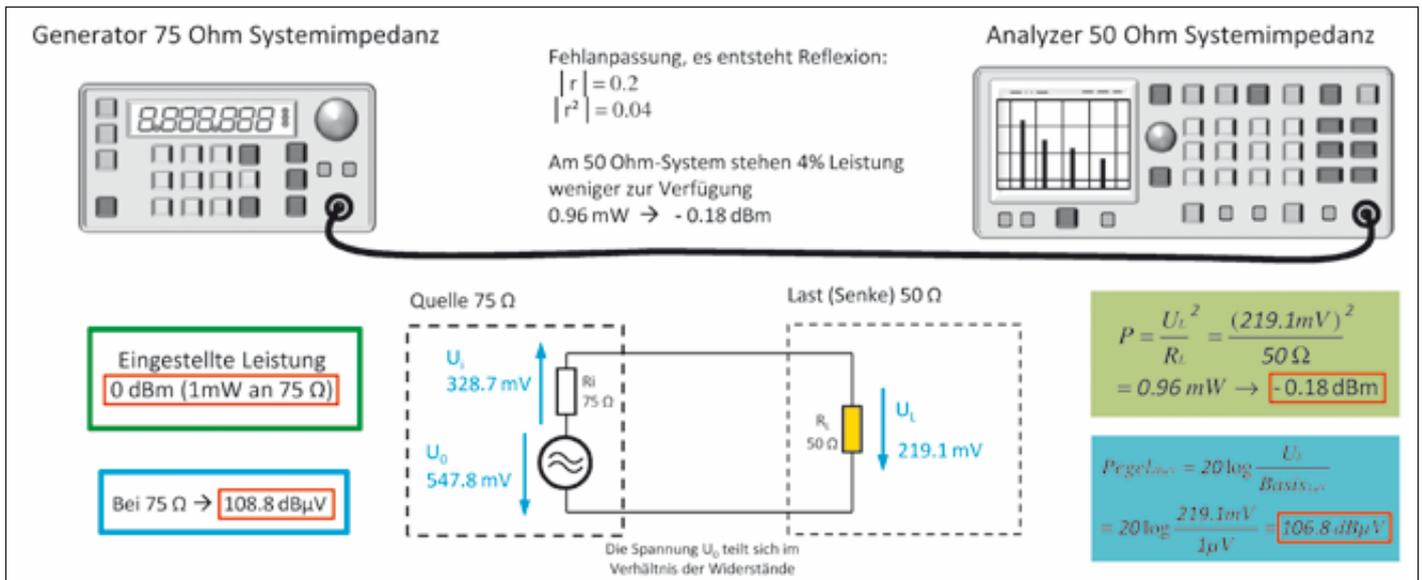


Bild 1: Einfacher Messaufbau zur Ermittlung der Fehlersituation

Der Beitrag illustriert die Auswirkungen, wenn an einem 75-Ohm-System, z.B. einer Kabelfernsehanlage, mit einem 50-Ohm-Analyzer gemessen wird. Die damit verbundenen Fehler werden aufgezeigt, die notwendigen Abhilfemaßnahmen im Detail dargestellt.

Man kann davon ausgehen, dass wesentlich mehr Spektrumanalysen, deren Systemimpedanz 50 Ohm aufweist, im Umlauf sind, als solche, deren Eingang auf 75 Ohm ausgelegt ist. Diese Aussage dürfte sich nicht nur auf Spektrumanalysen beschränken, sondern auch auf andere HF-Messgeräte übertragbar sein. Der Beitrag basiert auf dem Gebrauch eines Spektrumanalysers, er gilt natürlich auch für jedes weitere pegelanzeigende Instrument wie z.B. Leistungsmesser oder Millivoltmeter mit 50-Ohm Systemimpedanz.

In der Regel werden die Entwickler von Rundfunk- und Fernsehertechnik über entsprechend passende Messgeräte mit 75-Ohm Systemimpedanz verfügen. Es kommt jedoch immer wieder vor, dass die Kollegen der 50-Ohm-Technik mit der Situation konfrontiert werden, an einem 75-Ohm-Bauteil (Verstärker, Weiche etc.) Messungen durchzuführen, und sei es nur die triviale Aufgabe, den Ausgangspegel eines Verstärkers zu prüfen. Schnell stellt sich die Frage, was passiert bei Anschluss eines 50-Ohm-Analysers und welcher Messfehler entsteht?

Direkte Verbindung der unterschiedlichen Systemimpedanzen

Zur Klärung der Frage bedienen wir uns eines einfachen Messaufbaus, Bild 1, wir verbinden einen Generator (75-Ohm Systemimpedanz) mit dem 50-Ohm Analyzer, der Generator wird auf 0 dBm (1 mW an 75 Ohm) eingestellt, womit der Ausgangspegel der 75-Ohm-Seite definiert wäre.

Durch die Wahl des Pegels zu 0 dBm lässt sich der am 50-Ohm-Spektrumanalyzer abgelesenen Wert direkt als Abweichung bzw. resultierender Korrekturwert interpretieren. Die Dämpfung der Verbindungsleitung wird als geringfügig angenommen und nicht berücksichtigt.

Der 50-Ohm-Spektrumanalyzer zeigt für die vom 75-Ohm-System ausgehenden 0 dBm einen Messwert von - 0.18 dBm an. Damit wäre nachgewiesen, dass die Abweichung für dieses Szenario bei - 0.18 dB liegt. Dieser Wert liegt erstaunlich niedrig, und man ist geneigt, das Ergebnis auf Plausibilität nachprüfen zu wollen. Dafür gibt es zwei Ansätze. Zunächst betrachten

wir die Spannungen, das Ersatzschaltbild zeigt die vorliegende Konstellation. Für den Fall 1 mW (0 dBm) wird im Generator eine Urspannung U₀ bezogen auf korrekte Anpassung (75 Ohm -> 75 Ohm) von 547.8 mV erzeugt. Da jedoch Fehlanpassung vorliegt (75 Ohm -> 50 Ohm) teilen sich die Spannungen ungleich auf, am R_i liegen 328.7 mV und an der Last stellt sich eine Spannung U_L von 219.1 mV ein. Aus Widerstand und Spannung kann die Leistung berechnet werden, der Rechenweg ist in der grün unterlegten Formel aufgezeigt. Die Leistung beträgt 0.96 mW, was wiederum - 0.18 dBm entspricht.

Ein ganz anderer Ansatz zur Berechnung basiert auf der Betrachtung anhand des Reflexionsfaktors. Das Widerstandsverhältnis 75 Ohm / 50 Ohm lässt sich als Betrag des Reflexionsfaktors von |r| = 0.2 ausdrücken. Der zugehörige Leistungsreflexionsfaktor beträgt |r²| = 0.04, was zu dem Schluss führt, dass 4% der Leistung reflektiert wird. Reduziert man den eingespeisten Wert von 1 mW um 4% erhält man ebenfalls eine verbleibende Leistung im Lastwiderstand von

Autor
 Joachim Müller



USB & Ethernet Programmable
ATTENUATORS

0–30, 60, or 90 dB 1 MHz to 6 GHz from **\$395**

Die programmierbaren Dämpfungsglieder von Mini-Circuits eröffnen Möglichkeiten und Freiräume bei USB- wie auch Ethernet-Anwendungen. Verfügbar in Versionen mit maximal 30, 60 und 90 dB bei jeweils 0,25 dB Schrittweite, erlauben alle Modelle die präzise Pegeleinstellung mit hoher Wiederholgenauigkeit für eine Fülle von Anwendungen insbesondere in Testaufbauten. Dabei macht das hervorragende Design die dezibellineare Einstellung über den jeweiligen Bereich möglich.

Ausgestattet mit anwenderfreundlicher GUI-Steuerungssoftware und allem, was der Anwender zum unverzüglichen Einsatz benötigt, passen sich diese Dämpfungsglieder allen Anforderungen und Einsatzfällen an und schonen das Budget. Auf der Website www.minicircuits.com finden Sie elektrische, mechanische und Umweltspezifikationen, Leistungskurven und weitere Parameter sowie Preise.

RoHS compliant

Models	Attenuation Range	Attenuation Accuracy	Step Size	USB Control	Ethernet Control	RS232 Control	Price \$ ea.
RUDAT-6000-30	0 – 30 dB	±0.75 dB	0.25 dB	✓	-	✓	\$395
NEW RCDAT-6000-30	0 – 30 dB	±0.75 dB	0.25 dB	✓	✓	-	\$495
RUDAT-6000-60	0 – 60 dB	±1.00 dB	0.25 dB	✓	-	✓	\$625
RUDAT-6000-90	0 – 90 dB	±1.70 dB	0.25 dB	✓	-	✓	\$695
NEW RCDAT-6000-60	0 – 60 dB	±0.30 dB	0.25 dB	✓	✓	-	\$725
NEW RCDAT-6000-90	0 – 90 dB	±0.40 dB	0.25 dB	✓	✓	-	\$795



www.minicircuits.com P.O. Box 35166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

DISTRIBUTORS

523 Rev Org



D-65760 Eschborn, Germany
 Tel. 0049-6196-927900 Fax 0049-6196-927929
www.industrialelectronics.de
info@industrialelectronics.de



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



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

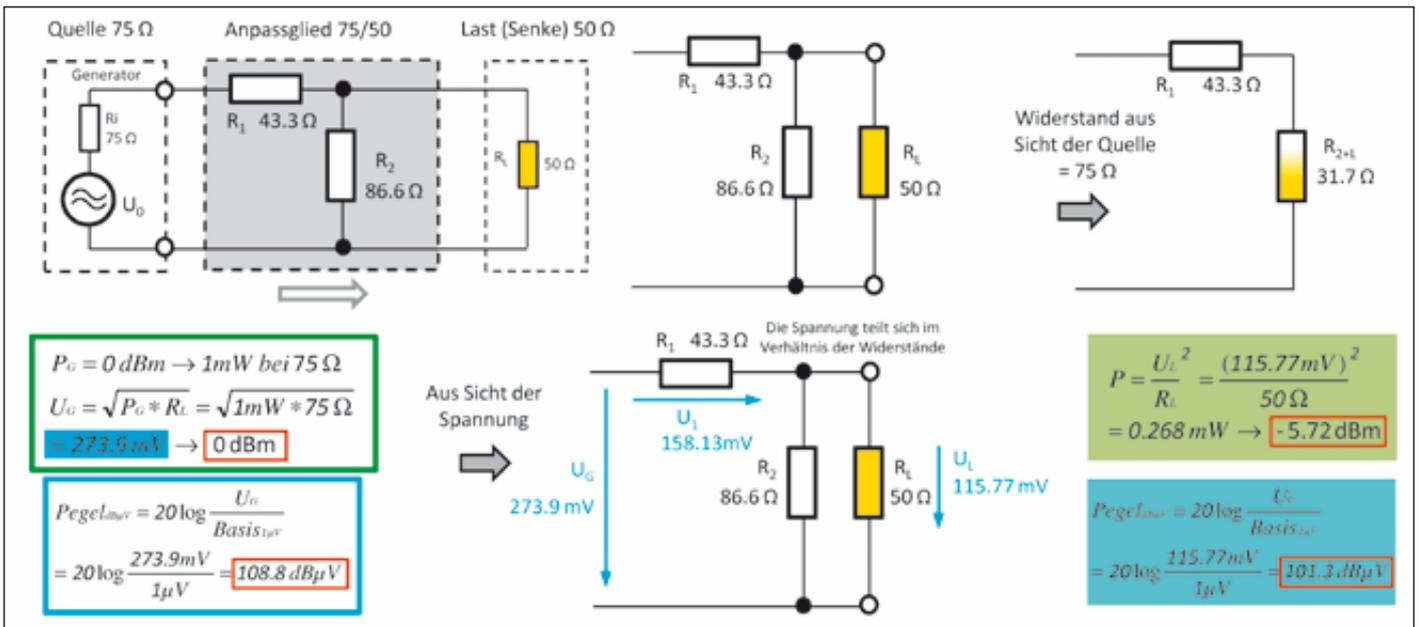


Bild 2: Anpassglied 75/50 Ohm, Spannungsteilung und Leistungsverluste – Dämpfung

0.96 mW. Beide Kontrollansätze liefern den gleichen Wert, der Spektrumanalyzer zeigt eine um -0.18 dB geringere Leistung an.

Nun wird in der 75-Ohm-Welt vielfach mit Spannungspegeln in dBμV gearbeitet und eher weniger mit Leistungswerten in dBm. Bild 1 zeigt in den blau hinterlegten bzw. eingerahmten Bereichen die Rechenwege auf. Herrscht Anpassung (75 Ohm / 75 Ohm), dann liefert der Generator an seinen Anschluss eine Spannung von 273.9 mV bei einem Milliwatt Leistung. In dB ausgedrückt gehört zu 1 mW an 75 Ohm ein Spannungspegel von 108.8 dBμV.

Aufgrund der ungleichen Spannungsteilung durch den 50-Ohm-Fehlanschlusses stehen am 50-Ohm-Lastwiderstand (Analyzer) 219.1 mV an. Drückt man diese Spannung als Pegel in dBμV aus, so erhält man einen Wert von 106.8 dBμV.

Das verdeutlicht, dass die Korrekturen bei Leistungspegel- und Spannungspegelangaben unterschiedlich sind. Bild 1 illustriert dies als Gegenüberstellung durch einen roten Rahmen um die jeweiligen Werte.

Theoretisch wäre es nun möglich bei einer Messung die Abweichungen durch die nun

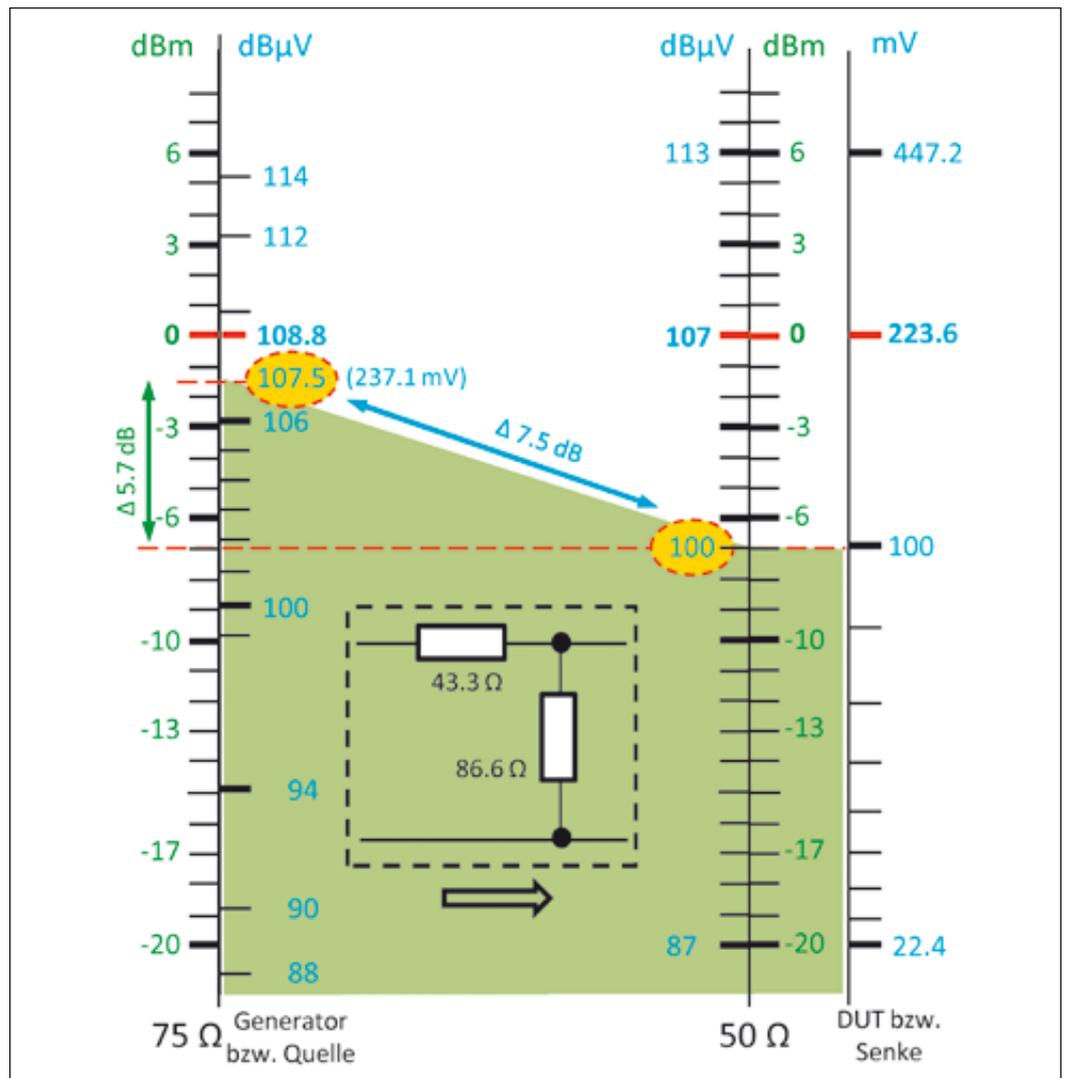


Bild 3: Zusammenhänge der Pegel in den 75- und 50-Ohm-Systemen

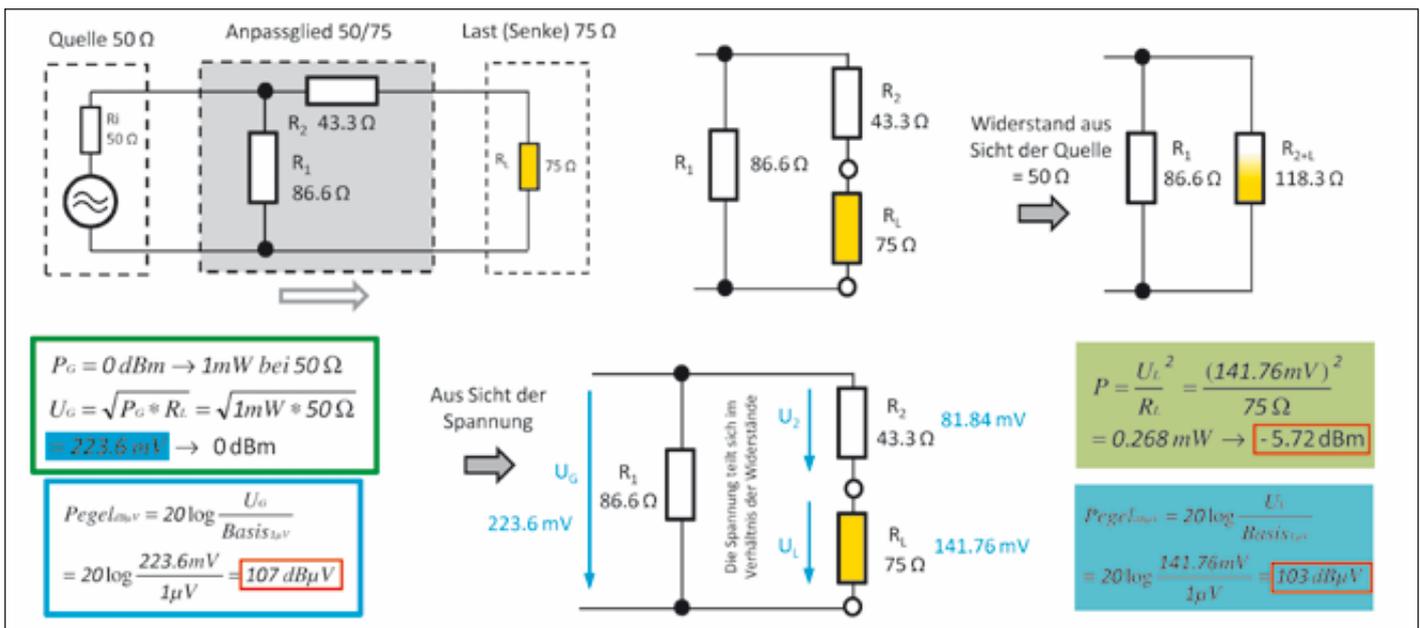


Bild 4: Anpassglied 50/75 Ohm, Spannungsteilung und Leistungsverluste – Dämpfung

bekanntem Korrekturwert zu berichtigen. Bleiben wird jedoch, bedingt durch abweichende Systemimpedanz des Analyzers, die verursachte Fehlanpassung, welche immerhin zu einem Reflexionsfaktor von $|r| = 0.2$ bzw. zu einem VSWR von $s = 1.5$ führt. Um diesen Missstand zu beseitigen wird ein Anpassglied eingefügt.

Beseitigen der Fehlanpassung durch Zwischenschalten eines Anpassglieds

Anpassglieder werden von div. Herstellern in unterschiedlichen Steckervarianten angeboten. Für die Ausführung der Schaltung gibt es nicht viel Spielraum, sie ist eigentlich bei allen Varianten gleich. Den überwiegenden Anteil wird man als resistive Schaltung vorfinden, eher selten wird man auf induktive Varianten mit Trafo stoßen, deren Frequenzbereich, wie wir nachfolgend noch sehen werden, wesentlich eingeschränkt ist.

Eine resistive Schaltung wird physikalisch bedingt natürlich Verluste bzw. Dämpfungen verursachen. Diesen Umstand wollen wir nun genauer untersuchen und dabei herausarbeiten, was bei der Handhabung eines Anpassglieds zu beachten ist.

Auch wenn durch die ohmschen Widerstände Verluste entstehen so ist dieses Konzept bzgl. Breitbandigkeit unschlagbar. Bild 2 zeigt links oben die Schaltung des Anpassglieds (grau unterlegter Bereich), es handelt sich um einen einfachen Spannungsteiler dessen Widerstände so bemessen sind, dass sich, unter Einbeziehen des jeweiligen korrekten Abschlusses an den „Gegen-Ports“, Anpassung auf der entsprechenden Seite einstellt. Um dieses Zusammenspiel zu verdeutlichen wurden die beteiligten Widerstände in einem Ersatzschaltbild herausgezeichnet (Bild 2 Mitte). Die Widerstände R_2 und R_L des Analyzers bilden eine Parallelschaltung und führen zu einem Gesamtwiderstand von 31.7 Ohm . Dazu liegt nun in Reihe R_1 mit 43.3 Ohm . Aus Sicht der Quelle addieren sich die beiden Werte ($31.7 + 43.3$) zu 75 Ohm , womit die Anpassung zum Generator hergestellt ist (dargestellt in Bild 2 oben rechts).

Unterhalb der Schaltbilder wurden Berechnungen für den Fall einer am Generator eingestellten Leistung von 0 dBm (1 mW) dargestellt. Im 75 Ohm -System wird für 1 mW Leistung eine Spannung von 273.9 mV an der Anschlußbuchse des Generators anliegen (UG). Diese Span-

nung verteilt sich entsprechend der Widerstände, die einzelnen Werte sind im Schaltbild eingetragen. Am Port des Analyzers liegen 115.77 mV an. Aus dieser Spannung bildet der Analyzer seine Anzeigewerte. Berechnet man aus dieser Spannung und dem 50 Ohm -Systemwiderstand die Leistung (grün unterlegter Rechenweg), dann erhalten wir 0.268 mW was einem Leistungspegel von -5.72 dBm entspricht. Da am Eingang des Anpassglieds 0 dBm vorliegen und am Ausgang -5.72 dBm gemessen werden kann der Rückschluss gezogen werden, dass die Dämpfung des Anpassglieds mit 5.72 dB veranschlagt werden muss. Der Leistungspegel der 75 Ohm -Seite ergibt sich indem der Anzeigewert um 5.72 dB angehoben wird.

Wie gestalten sich die Verhältnisse bei den Spannungen? Auf der 75 Ohm -Seite liegen 273.9 mV (Generatorspannung) an, was einem Spannungspegel von $108.8 \text{ dB}\mu\text{V}$ entspricht. Wie bereits ermittelt, liegen am Port des 50 Ohm -Analyzers 115.77 mV an. Das entspricht $101.3 \text{ dB}\mu\text{V}$. Aus deren Differenz ergibt sich der Korrekturwert von 7.5 dB ! Wurde die Skalierung am Analyzer auf $\text{dB}\mu\text{V}/\text{Div}$ eingestellt, dann muss der angezeigte Wert um 7.5 dB angeho-

ben werden, um den tatsächlich auf der 75 Ohm -Seite herrschenden Spannungspegel zu erhalten.

In Bild 2 sind die notwendigen Rechenwege farblich unterlegt (Leistung grün, Spannung blau), die gegenübergestellten Rechenergebnisse wurden rot eingerahmt.

Das Anpassglied verhilft uns zur optimalen Anpassung der beiden zusammengeschalteten unterschiedlichen Systemwiderstände, der Preis dafür liegt in einer nicht unerheblichen Dämpfung.

Moderne Analyser verfügen über eine Umschaltung zwischen 50 Ohm und 75 Ohm für die gewünschte Skalierung. Dabei wird jedoch nicht die Systemimpedanz des Eingangsports verändert sondern nur die Bewertung der anstehenden Signale korrigiert. Für den Leistungspegel werden 5.72 dB , für den Spannungspegel 7.5 dB automatisch addiert.

Bild 3 fasst die Zusammenhänge für ein weiteres Messbeispiel in grafischer Form zusammen: Links die dBm - und $\text{dB}\mu\text{V}$ -Skale der 75 Ohm -Seite. An der Quelle herrscht ein Pegel von $107.5 \text{ dB}\mu\text{V}$. Die grüne Fläche illustriert die Leistungsminderung durch das Anpassglied. Auf der

rechten Seite die Skalen zur 50-Ohm-Systemimpedanz. An den Skalen kann nun die Differenz der Leistung (grün 5.7 dB) oder des Spannungspegels (blau 7.5 dB) abgelesen werden. Der Analyzer zeigt hier 100 dB μ V an, auf der 75-Ohm-Seite liegt der Spannungspegel real bei 107.5 dB μ V. Weiterhin ist an der Anordnung und dem Werteverlauf der Skalen deutlich zu erkennen, dass 1 mW (0 dBm – rote Skalenstriche) für beide Systeme gleich sind, die für die Leistung notwendige Spannung jedoch unterschiedlich sein müssen.

Die Gegenrichtung: 50-Ohm-Generator speist in 75-Ohm-System ein

Das resistive Anpassglied kann in seiner Wirkung als bidirektional angesehen werden. Damit ist es möglich mit einem 50-Ohm-Generator unter korrekter Anpas-

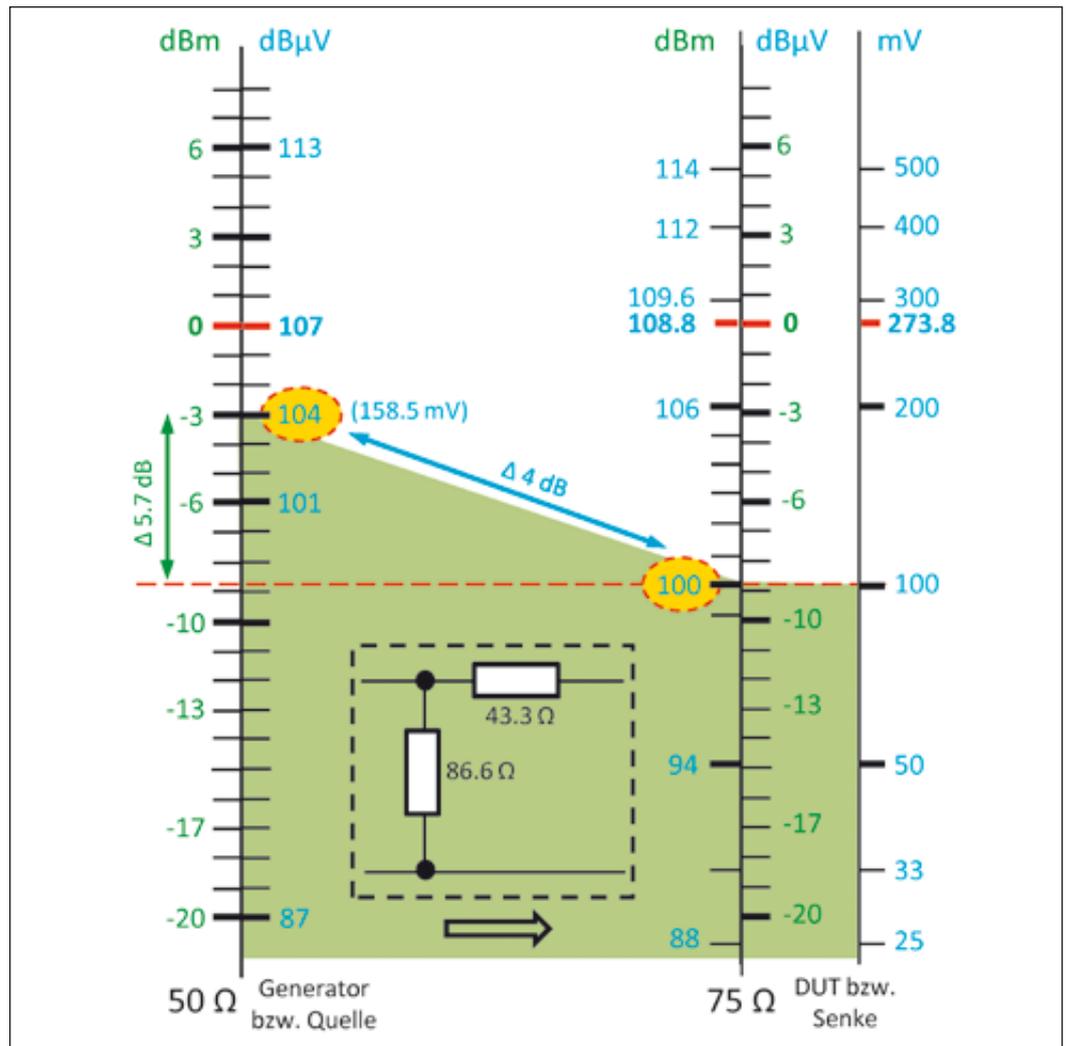


Bild 5: Zusammenhänge der Pegel in den 50- und 75-Ohm-Systemen

sung auf Komponenten, die in 75-Ohm-Systemimpedanz ausgeführt sind, einzuspeisen.

Bild 4 zeigt in der schon bekannten Darstellung die Schaltung der Widerstände und die sich daraus resultierenden Spannungen und Leistungen auf. Der Unterschied zu Bild 2 - das Anpassglied ist um 180° gedreht (links oben im Bild) - damit ergibt sich eine veränderte Konstellation der Widerstände und Spannungen. Zeichnet man sich die Widerstände wieder heraus, so erkennt man, dass die Parallelschaltung von R1 und R2+L zu einer Summe von 50 Ohm führen. Folglich ist der 50-Ohm-Generator korrekt angepasst, vorausgesetzt am Ausgang des Anpassglieds herrscht ebenfalls Anpassung!

Die Spannungen verhalten sich wie die Widerstände, in der Mitte

von Bild 4 sind die Teilspannungen aufgezeichnet. Am 75 Ohm Lastwiderstand liegen 141.76 mV an, wenn der 50-Ohm-Generator 223.6 mV abgibt, was einer Leistung von 1 mW (0 dBm) entspricht.

Die Spannung von 141.76 mV bewirkt am 75-Ohm-Systemwiderstand eine Leistung von 0.268 mW. Dieser Wert kommt uns bekannt vor, in dBm ausgedrückt sind das wiederum -5.72 dBm, das Dämpfungsglied weist in der umgekehrten Richtung die gleiche Dämpfung von -5.72 dB auf. Der Rechenweg ist in Bild 4 ebenfalls mit grüner Einrahmung bzw. Unterlegung gekennzeichnet. Aus Sicht der Spannung ergibt sich allerdings ein anderes Bild. Auf der Seite der 50-Ohm-Quelle stehen 223.6 mV für 1 mW an, was einem

Spannungspegel von 107 dB μ V entspricht. Auf der Seite der 75-Ohm-Last liegen davon noch 141.76 mV an, das entspricht an dieser Stelle einem Pegel von 103 dB μ V. Der Korrekturwert für den Spannungspegel beträgt also für diese Konstellation 4 dB!

Das ist zunächst eventuell verwirrend, kann jedoch leicht nachvollzogen werden: Bei gleicher Leistung bzw. gleichem Leistungsverlust an unterschiedlichen Widerstandskonstellationen müssen auch die zugehörigen Spannungen unterschiedlich sein. Auch für diese Konstellation zusammenfassend eine Grafik (Bild 5), die anhand von unterschiedlichen Skalen für die jeweilige Systemimpedanz den Zusammenhang der Werte veranschaulicht. ◀

Teil 2 folgt in Heft 4

Telemeter Electronic

- Temperaturmanagement
- Industriekomponenten
- Messtechnik
- HF-/Mikrowellentechnik
- Luftfahrtelektronik
- Entwicklung und Service

Link zu:
Telemeter Electronic GmbH
HF-/Mikrowellentechnik

Wir liefern Lösungen ...

www.telemeter.info

Signal- und Spektrumanalysator mit 500 MHz Analysebandbreite

Rohde & Schwarz erweitert erneut die Analysebandbreite seines High-End-Signal- und Spektrumanalysators R&S FSW: waren bislang die maximalen 320 MHz bereits außergewöhnlich, hat Rohde & Schwarz nun erstmals 500 MHz realisiert.

Die neue Hardware-Option R&S FSW-B500 steht auf allen Geräten der R&S FSW-Familie und folglich in einem Frequenzbereich bis 67 GHz zur Verfügung. Damit eröffnen sich für den Signal- und Spektrumanalysator völlig neue Einsatzmöglichkeiten in Forschung und Entwicklung. Er ist speziell für anspruchsvolle Messaufgaben rund um Radar- oder Satellitenanwendungen sowie schnelle drahtlose Verbindungen wie WLAN oder Beyond 4G (5G) geeignet.



Die große Analysebandbreite erlaubt es Anwendern, Pulsanstiegs- und Pulsfallzeiten ab etwa 3 ns Länge bzw. sehr kurze Pulse ab 8 ns Pulsbreite zu vermessen. Somit lässt sich der Analysator beispielsweise in der Entwicklung von Radarsystemen im Automotive-Bereich einsetzen.

Anwender können Radar-Chirps bis 500 MHz Bandbreite komplett aufnehmen und vermessen. Hopping-Sequenzen in fre-

quenzagilen Kommunikationssystemen wie taktischen Radios lassen sich ebenfalls leicht analysieren. Forscher im Satellitenbereich sind bereits in der Lage, die Komponenten der zukünftigen Transponder-Generation mit bis zu 500 MHz Bandbreite zu charakterisieren. Auch Komponenten für Richtfunkstrecken lassen sich bis zu 500 MHz Bandbreite vermessen.

Anwender in der Entwicklung von HF-Verstärkern für Mobilfunk oder WLAN erhalten mit dem R&S FSW nun die Möglichkeit, die digitale Vorverzerrung von Verstärkern bis 160 MHz Bandbreite, wie für WLAN 802.11ac-Signale erforderlich, zu vermessen. Bisher werden für die Aufzeichnung derart breitbandiger Signale oft komplizierte Setups aus einem digitalen Oszilloskop und einem Downconverter benutzt.

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

© 2013 AWR Corporation. All rights reserved.



A National Instruments Company™

AWR®, der Innovationsführer bei Hochfrequenz-EDA-Software, liefert Software, welche die Entwicklung von High-Tech-Produkten beschleunigt.

Mit AWR als Ihre Hochfrequenz-Design-Plattform können Sie neuartige, preiswerte Produkte schneller und zuverlässiger entwickeln.

Finden Sie heraus, was AWR für Sie tun kann:

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

Laden Sie eine KOSTENLOSE 30-Tage-Testversion herunter und überzeugen Sie sich selbst. www.awrcorp.com

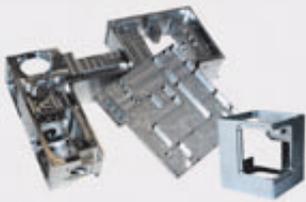
AWR
Germany

Olivier Pelhatre
olivier@awrcorp.com
+49 170 916 4110

Oszilloskope für höchste Ansprüche



Mobilfunk



Mechanik
Präzisionsfrästeile & Gehäuse



Schalten & Verteilen
von HF-Signalen



HF- Komponenten



Distribution von IMS
Connector Systems

Leistungsanalyse mit dem R&S RTM und dem R&S RTO

Mit der Leistungsanalyse-Option R&S RTM-K31 bzw. R&S RTO-K31 können Anwender mit spezialisierten Messfunktionen die Qualität aktueller Schaltnetzteile automatisch überprüfen. Dazu zählen beispielsweise die Netzspannungsqualität des Eingangsbereichs oder der sichere Betriebsbereich (SOA) des Schalttransistors. Ein Assistent führt den Anwender durch sämtliche Messschritte und erklärt mit Diagrammen anschaulich, wo Stromzangen und Tastköpfe am Messobjekt angeschlossen werden müssen. Bei der Leistungsanalyse profitieren Anwender von der hohen Empfindlichkeit und Messdynamik der Oszilloskope R&S RTO und R&S RTM. Dank dieser Eigenschaften lassen sich beispielsweise die Ausgangswelligkeit von Stromversorgungen genau charakterisieren und kleine Spannungen oder Ströme in Schaltwandlern präzise messen.

Embedded Designs analysieren

Mit Zeitbereichs-, Logik-, Protokoll- und Frequenzanalyse in einem Gerät sind die neuen Modelle der R&S RTM-Serie optimal auf die Anforderungen bei Entwicklung und Test von elektronischen Schaltungen abgestimmt. Durch die Logikanalyse-Option R&S RTM-B1 ist das R&S RTM um 16 Logikkanäle erweiterbar. Mit 5 Gsa/s Abtastrate und einer Speichertiefe von 20 Msa bietet das R&S RTM bei digitalen und analogen Kanälen den besten Leistungsumfang in seiner Geräteklasse. So ermöglicht es ein genaues Vermessen von langen Signalsequenzen.

Jitteranalyse an Clock- und Datensignalen

Jittermessungen sind ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung von Schaltungen mit seriellen High-Speed-Datenschnitt-

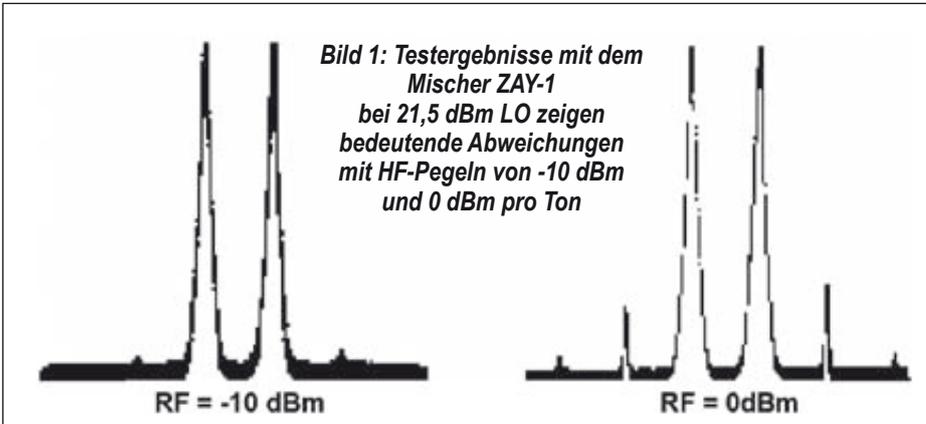
stellen wie USB 2.0 oder HDMI. Die Jitter-Analyse-Option R&S RTO-K12 bietet neben automatischen Jittermessungen eine Vielzahl durchdachter Funktionen. So führt beispielsweise ein Assistent den Anwender bei den wichtigsten Messungen zu schnellen Ergebnissen. Eine besondere Herausforderung bei der Jitteranalyse stellt die als Zeitreferenz genutzte Embedded Clock des Signals dar. Dafür wurde in der R&S RTO-K12 eine konfigurierbare Software-CDR (Clock Data Recovery) implementiert. Mit der R&S RTO-K13 steht Anwendern aber auch eine konfigurierbare Hardware-CDR zur Verfügung. Sie schafft erstmals die Möglichkeit, eine auf die Embedded Clock bezogene Triggerung und Signalanalyse in Echtzeit durchzuführen. Histogramme und Maskentests liefern innerhalb kürzester Zeit zuverlässige Ergebnisse.

Compliance Tests für USB 2.0- und Ethernet-Schnittstellen

Eine Welt ohne Datenaustausch über Ethernet oder USB ist kaum noch vorstellbar. Rohde & Schwarz adressiert mit seinen Software-Optionen für das leistungsstarke R&S RTO-Oszilloskop den Testbedarf der Entwickler entsprechender Schnittstellen. Mit der neuen R&S RTO-K22 Ethernet Compliance Test Software erhalten Anwender automatisierte Tests von 10/100/1000BASE-T Ethernet-Schnittstellen nach IEEE- und ANSI-Testspezifikationen. Die R&S RTO-K21 USB 2.0 Compliance Test Software bietet Testscenarien für USB 2.0-Prüflinge in ihrer Funktion als Device, Host oder Hub. Beide Optionen laufen auf einem Steuer-PC, die das Oszilloskop und das Messobjekt kontrollieren. Grafische Darstellungen helfen Schritt für Schritt bei der Durchführung der Messungen, Testergebnisse werden automatisch im Messprotokoll dokumentiert.

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

Messen Sie Intermodulationsverzerrungen wirklich korrekt?



Dieser Artikel macht Vorschläge zur möglichen Verbesserung eines Zweitton-IP3-Testaufbaus. Dazu erläutert er zunächst die Wichtigkeit der Testsignalpegel vor und geht dann auf Details der Messung ein.

Der Interceptpunkt dritter Ordnung gibt bekanntlich die Nichtlinearität eines Vierpols mit definierbarem Dynamikbereich wie z.B. eines Verstärkers oder Mixers. Dieser Messparameter hängt aber auch von den Pegeln der Testsignale ab, wobei oft zwei gleichgroße Signale benutzt werden (Zweitontest). Doch nicht nur das: Auch die Frequenz(differenz) und die Impedanz der Quelle haben signifikanten Einfluss auf das Ergebnis. Es ist also zwingend erforderlich, stets die Rahmenbedingungen mit anzugeben. Die höchste Aussagekraft erhält man natürlich mit einer Reihe von Messungen, wobei Pegel und/oder Signalfrequenzen sich unterscheiden können. Die beiden häufigsten Irrtümer beim Messprozess sind die

- unzureichende Entkopplung zwischen den beiden Signalquellen, verbunden mit mangelhafter Impedanzdefinition und die
- nicht ausreichende Filterung der beiden Testsignale

Denn ohne eine angemessene Isolation und Anpassung beeinflussen sich die beiden Testgeneratoren zu sehr gegenseitig, was beim Messergebnis zu signifikanten Fehlern führen kann – bis zu 20 dB! Und ohne die passende Filterung werden die Harmonischen der Generatoren auf dem Display des Analyzers beachtliche Spektralanteile beitragen, die von dem Testobjekt überhaupt

nicht verursacht werden. Auch hier kann sich der Fehler auf bis zu 20 dB belaufen.

Weiter sollte man sich bewusst machen, dass die Messung von Intermodulationsverzerrungen nur dann sinnvoll ist, wenn man exakt definierte Testsignal-Eingangspiegel verwendet. Ohne Nennung dieser Werte ist ein Messergebnis unbrauchbar. Angenommen, man benötigt eine Baugruppe mit einem Zweitton/IP3-Pegel von 60 dBc, dann könnte man die Pegel empirisch solange variieren, bis das Ergebnis erreicht ist. Seriös wäre das natürlich nicht.

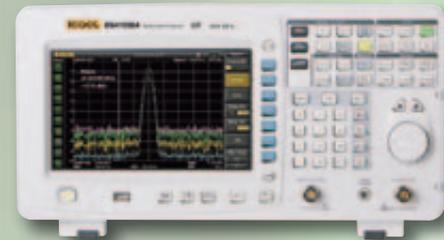
Ein praktisches Beispiel

soll nun illustrieren, dass das Testergebnis nur dann bedeutsam ist, wenn die aktuelle praktische Applikation genau die Eingangspegel verlangt, welche vom Zweitton-generator dann im Test geliefert werden. Dazu zeigt Bild 1 reale Messergebnisse, abgenommen vom Spektrumanalysator-Display, bei der Zweittonmessung eines Doppelbalancemischer vom Typ ZAY-1. Die Intermodulationsprodukte dritter Ordnung tauschen dabei direkt neben den beiden Hauptsignalen auf und sind links kaum zu erkennen, während sie rechts eine beachtliche Größe erlangt haben. Die Variation der Testpegel um 10 dB führt also zu einem enormen Unterschied beim Messergebnis. Das unterstreicht, wie wichtig es ist, den Testsignalpegel beim Messergebnis mit anzugeben. Doch das allein sollte noch nicht genügen. Weiter ist es sinnvoll, wenn nicht notwendig, den Pegel der Intermodulationsprodukte dritter Ordnung relativ zu einem Referenzpegel zu betrachten. Diese Referenz kann entweder der Wert der HF-Eingangsspannung oder der verlangte ZF-Pegel sein. Dabei ist letzterer im Allgemeinen die sinnvollere Wahl. ►

RIGOL
Beyond Measure

RIGOL Preis-Offensive
Attraktive Paketpreise:

Spektrum-Analysator
Modelle DSA1030-xx
inkl. EMI & Quasi Peak



DSA1030
• Bis 3 GHz
• DANL -130 dBm (mit -PA 138 dBm)
• Inkl. EMI-Filter & Quasi Peak Paket

Best-Preis:
€ 2.998,-
plus MwSt.

DSA1030A
• Bis 3 GHz (PreAmp)
• DANL -148 dBm
• Inkl. EMI-Filter & Quasi Peak Paket

Best-Preis:
€ 4.085,-
plus MwSt.

OPTIONAL DSA-TG
Plus Tracking Generator
im Paket gegen Aufpreis
für beide Modelle verfügbar

Aufpreis:
€ 700,-
plus MwSt.



DSA815
• 9 kHz bis 1,5 GHz Frequenzbereich
• Typisch -135 dBm Displayed Average Noise Level (DANL)
• -80 dBc/Hu @10 kHz Offset Phase Noise
• Standard mit Pre-Amp und AM/FM Demodulation

Best-Preis:
ab € 1.058,-
plus MwSt.

Inkl. EMI-Paket:
ab € 1.547,-
plus MwSt.

embeddedworld2014
Exhibition & Conference
Halle 4 | Stand 520

RIGOL Technologies EU GmbH
Telefon +49 89 8941895-0
info-europe@rigol.com
www.rigol.eu

Ein geeigneter Messaufbau

wird beispielhaft in Bild 2 vorgestellt. Er eignet sich für Mischer bis 1 GHz. Die beiden HF-Generatoren werden neben dem Power Splitter voneinander durch zwei Breitbandverstärker 10...2.000 MHz vom Typ ZFL-2000 und zwei 6-dB-Dämpfungsglieder isoliert. Dadurch entsteht eine Entkopplung von 70 dB zwischen den beiden Quellen. Aber auch Fehlanpassungen wird dadurch entgegen gewirkt.

Die beiden Tiefpassfilter leisten eine Harmonischen-Unterdrückung bis 60 dB. Das ist auch notwendig, damit der Fehler durch Oberwellen vernachlässigbar bleibt. Ohne konsequente Filterung wäre der Störmechanismus folgender: Angenommen, eine der beiden Quellen würde einen Anteil an der zweiten Harmonischen zum Eingang des Testobjekts (Mischers) bringen. Daneben produziert der Mischer auch seinen eigenen Oberwellenanteil. Nehmen wir an, die Oberwelle des HF-Generators wäre 180° zur Oberwelle des Mischers versetzt (maximal außer Phase). Dann käme es zur teilweisen oder vollständigen Auslöschung am Mischerausgang. Es würde ein völlig entstelltes, viel zu gutes Ergebnis vorgetäuscht werden. Genau umgekehrt länge der Ansicht allerdings, wenn sich die beiden Oberwellenanteile ganz oder nahezu in Phase befinden würden. Das angezeigte Ergebnis wäre zu schlecht, und zwar um bis zu 3 dB. Daher gilt: Ohne sorgfältige Filterung sind unkorrekte und somit unbrauchbare Messergebnisse höchstwahrscheinlich zu erwarten!

Zur besseren Impedanzanpassung ist der getestete Mischer noch an allen Ports mit Dämpfungsgliedern versehen. Die einzelnen Dämpfungen unterscheiden sich je nach Möglichkeiten und wurden jeweils für beste Resultate (Anpassung) maximiert. Dabei kann der HF-Pfad aufgetrennt werden, um zu überprüfen, ob der Analyzer

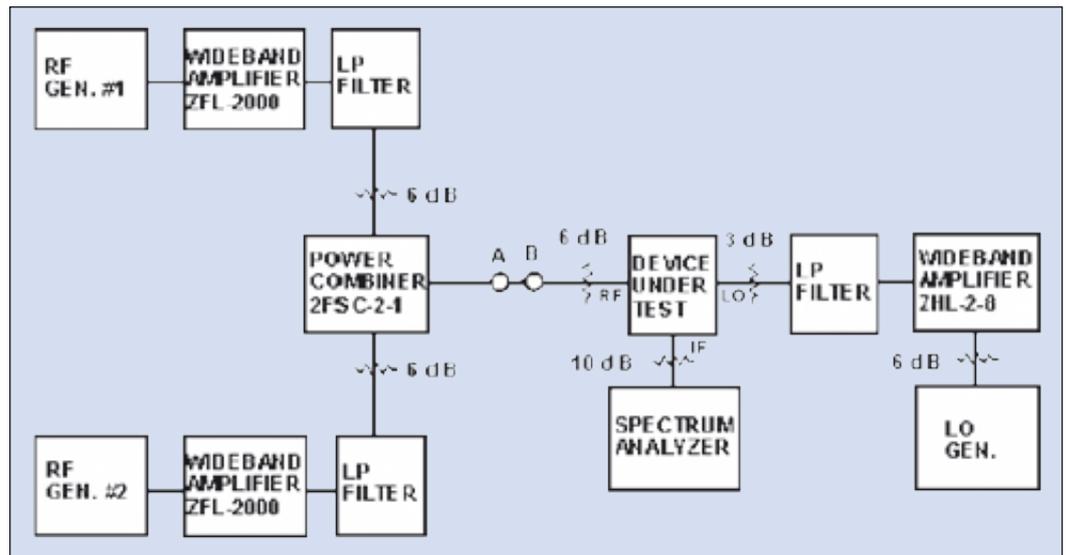


Bild 2: Ein empfehlenswerter, gutabgestimmter Messaufbau in konsequenter 50-Ohm-Technik

nicht etwa durch eigene Fehlsignale gestört wird.

Mini-Circuits offeriert eine breite Palette an festen Dämpfungsgliedern, sodass man mit diesem Angebot immer eine optimale Anpassung herbeiführen kann.

Für High-Level-Mischer wurde ein Breitbandverstärker am LO vorgesehen, der den LO-Pegel auf 17 dB haben kann, obwohl ein 6-dB-Dämpfungsglied zur besseren Isolation des Lots zwischengefügt wurde. Auch hier sorgt ein Tiefpass zum Device Under Test hin zur spektralen Reinheit des Signals.

Der Ablauf der Messung

birgt wie der Messaufbau selbst ebenfalls einige Punkte, die für ein möglichst korrektes Ergebnis zu beachten sind. Wenn die Ausgangspegel der Generatoren nicht präzise einstellbar sind, sollte man sie einzeln justieren. Dazu ersetzt man den anderen Generator durch einen Abschlusswiderstand von 50 Ohm. Nun kann man an der Verbindung A/B den Eingangspegel des DUT messen. Als nächstes sollte an den Ausgängen der Filter die spektrale Reinheit der Signale mit dem Analyzer kontrolliert werden. Keine Oberwellen sollte nachweisbar sein. Ist das nicht der Fall, kann man

durch andere Dämpfungsglieder und Verstärker eine Optimierung versuchen. Als nächstes misst man mit dem Analyzer direkt an den Breitbandverstärkern. Wiederum sollten keine Verzerrungsprodukte zweiter oder dritter Ordnung nachweisbar sein. Pegelanpassungen sollten zunächst durch Ändern der Dämpfungen (Austausch der Dämpfungsglieder) erfolgen. Ein eventueller Austausch der Breitbandverstärker kommt erst danach in Betracht. Stets muss man für vernünftige Pegel an allen drei Ports der Device Under Test sorgen.

Wichtig ist es auch, zu überprüfen, ob der Spektralanalysator nicht selbst zur Fehlanzeige von Verzerrungsprodukten beiträgt. Dazu kann man einen Eingangspegel des DUT um 3 dB ändern. Dann muss sich eine 9-dB-Änderung in der Anzeige der Verzerrungsprodukte ergeben. Der Ausgangspegel eines Doppelbalancemischers ist ja quadratisch abhängig vom Eingangspegel. Wenn man beide Eingangspegel im Gleichlauf ändert, ist die Abhängigkeit kubisch.

Wenn diese Abhängigkeiten nicht wie gewünscht auftreten, dann stimmt etwas mit dem Test Setup oder der Linearität des Analyzers nicht. Dann kann man zur näheren Lokalisierung der Ursache am einfachsten ein

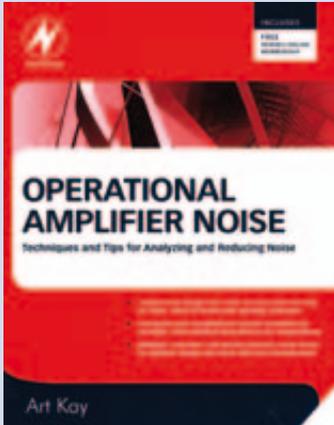
10-dB-Dämpfungsglied zwischen ZF-Ausgang des Mischers und Analyzer schalten und die Änderungsprozedur wiederholen. Wenn die Änderung bei den Intermodulationsprodukten dann 9 dB beträgt, so liegt die Ursache beim Analyzer. Wenn deutlich weniger als 9 dB zustande kommen, dann ist die Größe der HF-Spannung verantwortlich. Vermutlich kommt es dann zu einer störenden Interaktion zwischen den Generatoren. Dies ist beispielsweise auch durch Störabstrahlung oder über das 230-V-Netz möglich.

Es kann auch sein, dass das Messsignal für den Analyzer zu klein ist. Dann muss man einen besseren Typ einsetzen mit größerem Dynamikbereich. Ist dies nicht möglich, ist man gezwungen, die Eingangspegel zu erhöhen. Man kann dann mit meist guter Genauigkeit das Ergebnis auf kleinere Pegel interpolieren. Dabei muss immer die 3:1-Abhängigkeit gegeben bzw. sichergestellt sein. Für Ultra-Low-Distortion-Mischer ist dies meist die einzige Möglichkeit, zu brauchbaren Resultaten zu gelangen.

Quelle: Mini-Circuits Application Note 00-008: Improve Two-Tone, Third-Order Intermodulation Testing
frei übersetzt, FS

Operational Amplifier Noise

Techniques and Tips for Analyzing and Reducing Noise



Art Kay, 248 Seiten,
Format 235 x 191 mm
Newnes/Elsevier, Waltham,
USA 2012
ISBN 978-0-7506-8525-2
Preis: 45,95 Euro

Diese neue Publikation von Arthur Kay richtet sich an alle Anwender von Operationsverstärkern, vor allem an Entwicklungsingenieure. Es ist ein umfassender Ratgeber, der zeigt, wie man Verstärkerschaltungen mit geringstem Rauschen entwirft, verrät Tricks und gibt Orientierung anhand von Faustformeln. Unnötige Theorie bleibt ebenso außen vor wie zu oberflächliche Praxis. Stattdessen werden direkte Wege zur rauscharmen Schaltung gezeigt, die man sicher gehen kann, ohne in mögliche Fallen zu tappen. Das konkrete Anwendungsbeispiel steht oft im Vordergrund.

Wenn ein Entwickler in möglichst kurzer Zeit und nur mit dem wirklich nötigen Wissen zur optimalen Applikation gelangen will, dann ist dieses Buch

für ihn der richtige Helfer. Es schafft Transparenz durch viele konkrete Schaltungen und Diagramme und bemüht Mathematik nur dort, wo es wirklich sinnvoll ist.

Über Grundinformationen gelangt der Leser schnell zu dem Punkt, der ihm den Schaltungsentwurf mit den gewünschten Parametern ermöglicht. Liest man das ganze Buch mit seinen 238 Seiten, ist man schließlich Fachmann in punkto Operationsverstärkerrauschen. Dazu tragen auch die integrierten Fragen und Antworten bei.

Arthur Kay ist Manager für lineare Applikationen bei Texas Instruments. Er hat sich spezialisiert auf empfindliche Sensoren und Schaltungen, welche die schwachen Signale von Sensoren verarbeiten.

Inhaltsübersicht:

- Einführung und Interpretation von Statistiken
- Einführung ins Thema Rauschen von Operationsverstärkern
- Beispielberechnungen von Operationsverstärkerrauschen
- Einführung in die Rauschanalyse mit Spice
- Einführung in das Messen von Operationsverstärkerrauschen
- Das Rauschen des Operationsverstärkers selbst
- Popcorn-Rauschen
- 1/f-Rauschen und Zero-Drift-Verstärker
- Rauschen von Instrumentationsverstärkern
- Rauschen von Fotodiodenverstärkern
- Design- und Rechenbeispiel mit einem Fotodiodenverstärker



FRANKONIA

Die Frankonia GmbH ist ein weltweit tätiges Unternehmen und technologisch führend als Hersteller auf dem Gebiet von Hochfrequenz-Abschirmungen und Hochfrequenz-Absorbern.

Für unseren Produktbereich Antennenmesskammern
suchen wir zum frühestmöglichen Termin eine/n

Dipl.-Ing. (m/w), Fachrichtung HF-Technik / Nachrichtentechnik

mit mehrjähriger Erfahrung in der
Planung und Projektierung von Antennenmesskammern

Wir bieten Ihnen die Möglichkeit diesen Produktbereich weitestgehend eigenverantwortlich auszubauen und zu führen. Zu Ihrer Unterstützung steht ein hoch qualifiziertes Team an Konstrukteuren und Meßtechnikern zur Verfügung.

Wenn Sie diese herausfordernde und abwechslungsreiche Aufgabe reizt, senden Sie bitte Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen unter Angabe Ihrer Gehaltsvorstellungen und des frühestmöglichen Eintrittszeitpunktes zu Händen Herrn Raimund Baier an die unten stehende Adresse.

Gerne können Sie sich auch per e-mail bewerben info@frankoniagroup.com.

Frankonia GmbH | Industriestraße 16 | 91180 Heideck | Tel.: 09177 / 98 500
info@frankoniagroup.com | www.frankoniagroup.com

Line Stretcher erleichtert VCO-Load-Pull-Test

Elektronische Line Stretcher ermöglichen kontrollierte Phasenverschiebungen über weite Bereiche, um die früher so zeitraubenden Messungen an VCOs zu vereinfachen.

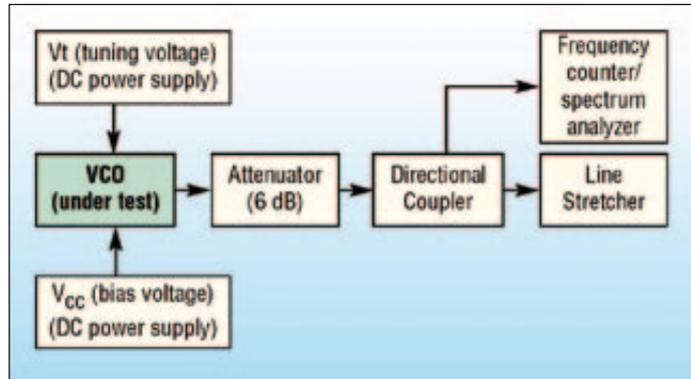


Bild 1: Messkonfiguration für den manuellen Load-Pull-Test an RF- und Mikrowellen-VCOs.

Spannungsgesteuerte Oszillatoren (VCOs) werden normalerweise für den Betrieb in einer idealen 50-Ohm-Umgebung entworfen. Die tatsächliche Last jedoch, die diese Oszillatoren treiben müssen, sieht beträchtlich anders aus. Es ist eine Stan-

dardindustriepraxis, Frequenzänderungen zu messen, wenn am VCO-Ausgang eine Last mit 12 dB Rückflussdämpfung (für alle möglichen Phasenwinkel) angeschlossen ist. Dies wird normalerweise als manuelle Messung ausgeführt und ist sehr zeitraubend. Glücklicherweise können diese früher ermüdenden Tests mit der Entwicklung eines neuartigen elektronischen Line-Stretchers von Mini-circuits jetzt schnell und automatisch ausgeführt werden.

Traditionelle Methode

Um die Bedeutung des elektronischen Line Stretchers zu verstehen, kann es hilfreich sein, sich an die traditionelle Methode zur Durchführung von Load-Pull-Tests an einem VCO zu erinnern. Bild 1 zeigt eine Messkonfiguration für den manuellen Load-Pull-Test an RF- und Mikrowellen-VCOs. Das Ausgangssignal des VCOs wird über ein 6-dB-Dämpfungsglied und einen Richtkoppler einem verlustarmen, mechanischen Line-Stretcher zugeführt. Der Richtkoppler liefert ein Low-level-Signal (entsprechend dem Koppelfaktor des Richtkopplers) zur Frequenzüberwachung mit einem Zähler oder einem Spektrumanalyser. Der Line-Stretcher muss zumindest dazu in der Lage sein, volle 360° Phasenverschiebung über den Frequenzabstimmbereich des VCO's zu erzeugen.

Während des Tests wird der VCO mit der Stromversorgungsquelle für V_{cc} verbunden. Die Abstimmspannung des VCOs, V_t , liegt an einer festen Spannung, um seine Frequenz zu fixieren. Nun wird der mechanische Line Stretcher manuell eingestellt, um die vollen 360° Phasenverschiebung bei der eingestellten Frequenz abzudecken. Die maximale und die minimale Frequenz, die sich aus den Phasenverschiebungen ergeben werden dann gemessen und aufgezeichnet. Die Differenz zwischen den beiden Frequenzen liefert die Frequenzverschiebung des VCOs aufgrund von Load-Pulling.

Messungen bei niedrigeren Frequenzen

Mechanische Line-Stretcher, die eine volle 360°-Phasenverschiebung über 1000 MHz durchführen können, sind zwar erhältlich. Für niedrigere Frequenzen ist es jedoch schwierig, kontinuierlich variable Line-Stretcher mit adäquaten Load-Pull-Testmöglichkeiten zu finden. Aufgrund dieses Mangels werden Messungen bei niedrigeren Frequenzen durchgeführt, indem man hochfrequente Line-Stretcher über feste Stücke von Übertragungsleitungen anschließt, um den Phasenverschiebungswinkel bei niedrigeren Frequenzen zu erhöhen. Zusätzlich kann die Verwendung von Präzisions-Open-end- und Short-Calibration-Standards als Abschluss für den Line-Stretcher weitere 180° Phasenverschiebung liefern.

Beispielsweise kann ein spezieller mechanischer Line-Stretcher eine vollständige 360°-Phasenverschiebung bei 1000 MHz durchführen. Der gleiche Line-Stretcher erreicht bei 500 MHz jedoch nur noch die halbe Phasenverschiebung von 180°. Um Load-Pull-Messungen an einem VCO mit einer Trägerfrequenz von 500 MHz durchzuführen, wird zuerst eine Suche nach den Frequenzen für Minimum und Maximum mit dem 180°-Line-

Wainwright Instruments GmbH

HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Diplexer • Multiplexer

Seit nun 34 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.
Auf unserer Webseite finden Sie tausende Standarddesigns mit ausführlichen Spezifikationen und Preisen. Selbstverständlich erstellen wir Ihnen auch Angebote über Filter, die Ihren Bedürfnissen genau angepasst sind. Wir liefern direkt an unsere Kunden und haben keinen Mindestauftragswert.

Digital (über LAN) einstellbarer UHF-/ Mikrowellen Bandsperfilter (Cavity Design)
mit sehr steiler Flanke und 20 MHz Sperrband

Sperrdämpfung: 40 dB min.
Durchlassdämpfung: 1,0 dB max.
Rückflussdämpfung: 14 dB min.
Steckverbinder: SMA oder N female
Abmessungen: 305 mm x 60 mm x 180 mm plus Anschlüsse

Fc einstellbar in 1 MHz Schritten

Betriebstemperatur: 10° C bis 45° C
Stromversorgung: 23...32 Volt DC / 1A;
LAN Anschluss über RJ45 Normstecker
Einstellzeit: 3 sec typ, 20 sec max (Bandanfang bis Bandende)
HF-Belastbarkeit: 50 W CW max. im Sperrband,
200 W CW max. im Durchlassband

Weitere Angaben und ein Angebot hierzu senden wir Ihnen gerne zu. Selbstverständlich erstellen wir Ihnen auch Angebote über andere Filter, die Ihren Bedürfnissen genau angepasst sind.

RoHS
Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinien

TÜV
AUSTRIA
ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001

PIM-Testing

www.wainwright-filters.com

Graf-Rasso-Str. 1
82346 Andechs
Germany

Tel.: +49 (0) 8152-9182-30
Fax: +49 (0) 8152-9182-55
E-Mail: info@wainwright-filters.com

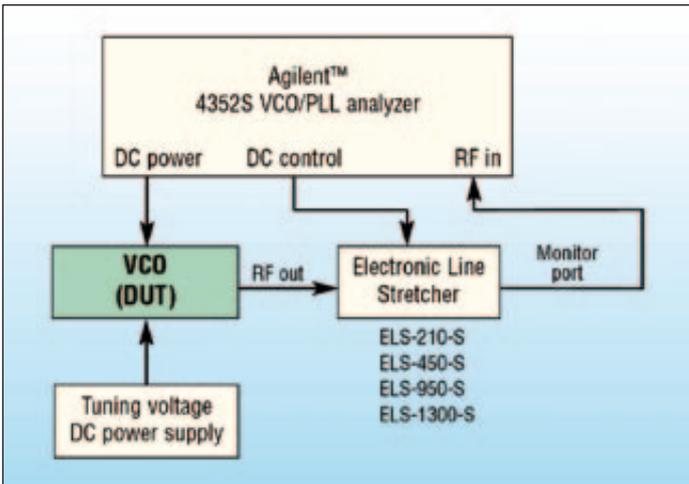


Bild 2: Beispiel für einen Line-Stretcher in einer automatischen VCO-Load-Pull-Testanordnung.

Stretcher bei 500 MHz und mit einem am Ausgang des Line-Stretchers platzierten Open-Standards ausgeführt. Der Open-Standard wird dann durch einen Short-Standard ersetzt und die Suche nach den Frequenzen für die beiden Extremwerte Minimum und Maximum fortgesetzt. Die minimalen und maximalen Frequenzen aus beiden Messungen werden dann zur Berechnung der Load-Pull-Ergebnisse verwendet.

VCO-Load-Pull-Messungen

VCO-Load-Pull-Messungen, die diesen Lösungsweg gehen, können bei niedrigen Frequenz sehr zeitraubend sein. Für Messungen an einem VCO mit einer Frequenz von 250 MHz und einem 1000-MHz-Line-Stretcher, muss jeder Messvorgang in vier Schritten erfolgen. Bei jedem Schritt müssen die Open-short-Techniken ausgeführt und ein zusätzliches Viertelwellen-Leitungsstück (bei 250 MHz!) hinzugefügt werden, um einen Phasensprung von 90° zu erreichen. Bei Durchführung der Messungen müssen auch die zusätzlichen Einfügungsverluste des Line-Stretchers, des Richtkopplers, der Verlust der zusätzlichen Übertragungsleistungen und das Dämpfungsglied berücksichtigt werden.

Konventionelle elektronische Phasenschieber können für

VCO-Load-Pull-Tests verwendet werden, aber diese liefern volle 360° Phasenverschiebung im Allgemeinen nur in schmalen Ausschnitten aus dem Frequenzband eines VCOs. Darüber hinaus ist die Einfügungsdämpfung eines elektronischen Phasenschiebers nicht konstant über den gesamten Phasenverschiebungsbereich, sondern tendiert dazu, mit größer werdendem Phasenwinkel zu wachsen. Phasenschieber können als Folge von Sättigung auch Verzerrungen erzeugen.

Besserer Weg zur Durchführung

Aufgrund der Nachteile konventioneller elektronischer Phasenschieber und mechanischer Line-Stretcher, suchte man bei Mini Circuits einen besseren Weg zur Durchführung von VCO-Load-Pull-Messungen. Dies führte zur Entwicklung einer Serie von

elektronischen Line-Stretchern mit vollständiger 360°-Verschiebung über weite Frequenzbereiche (siehe Tabelle). Die ersten drei Modelle schließen Ausführungen mit Frequenzbereichen von einer Oktave und mehr über den gesamten Bereich von 110 bis 1300 MHz ein. Diese Drei-Port-Komponenten haben eine nominelle Rücklaufdämpfung von 10 bis 12 dB, mit elektronisch einstellbaren Phasenbereichen von besser als 360° für den vollen spezifizierten Frequenzbereich. Ein Monitor-Port liefert eine kleine Probe des jeweils getesteten VCO-Ausgangssignals für Überwachungs- und Testzwecke.

Die neuen elektronischen Line-Stretcher sind ideal für die Verwendung in automatischen VCO-Load-Pull-Testanordnungen (Bild 2) geeignet.

Da die DC-Steuerspannung über den Bereich von +0,5 bis +25 V gesweept wird, ändert sich der Phasenwinkel der am VCO-Ausgang liegenden Last um mehr als 360°. Der VCO/PLL-Analyzer ist so eingestellt, dass er die Frequenz in Abhängigkeit von der Steuerspannung darstellt. Die Peak-to-Peak-Differenz in den dargestellten Frequenzkurven, liefert die durch Belastungsveränderung hervorgerufene Frequenzverschiebung. (Bild 3). Jeder elektronische Line-Stretcher ist in einem Metallgehäuse mit SMA-Buchsen an allen Ports untergebracht und hat Abmessungen von 3,18 x 3,18 x 1,91 cm.

■ *Mini-Circuits*
www.minicircuits.com

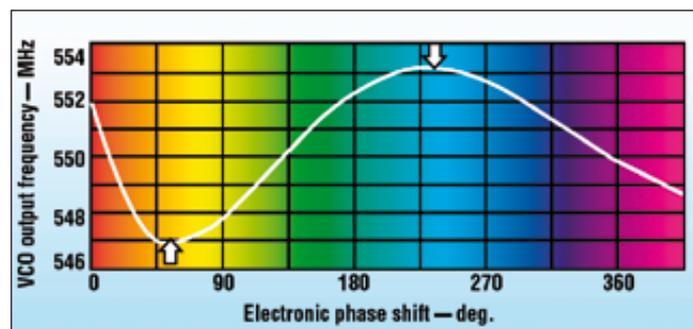


Bild 3: Die Peak-to-Peak-Differenz liefert die durch Belastungsveränderung hervorgerufene Frequenzverschiebung.



- » **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

Surface-Mount- Quadratur- Leistungsteiler in LTCC-Technologie



Eine beliebige Phasendrehung lässt sich mit einer HF-Leitung erzeugen. Für 90° beispielsweise ist eine Viertel Wellenlänge lang. Neben den mechanischen Dimensionen ist die Schmalbandigkeit von Nachteil. Eine attraktive Alternative stellen

neuerdings LTCC-SMT-Splitter dar. Surface-Mount-Quadratur-Leistungsteiler in LTCC-Technologie bieten gegenüber konventionellen Splitters herausragende Vorteile. In erster Linie ist das große Verhältnis von verarbeitbarer HF-Leistung zur Größe des Bauelements zu nennen. Hervorragend ist auch die Temperaturstabilität der elektrischen Eigenschaften. Grundsätzlich arbeiten diese Splitter in einem größeren Frequenzbereich korrekt, wo sie einen stabilen Phasenversatz gewährleisten. Schließlich sind sie auch preislich äußerst attraktiv.

Was ist LTCC?

LTCC steht für Low-Temperature Co-fired Ceramic. Diese Technologie nutzt dünne keramische Schichten, auf welche Leiter aus Edelmetall aufgedruckt sind. Die Verbindung der verschiedenen Layers schafft ein Erhitzungsprozess auf 850 °C. Dieses Verfahren besitzt zwei bemerkenswerte Vorzüge: Die Einfügedämpfung ist geringer als mit herkömmlicher Hochtemperatur-Keramiktechnologie, da die Edelmetalle besser leiten. Und es entsteht eine hermetisch abgeschlossene (versiegelte) Einheit. Daher bewähren sich solche Bauelemente auch unter extremen Bedingungen. Andererseits sind sie aufgrund der geringen Kosten auch für andere Bereiche geeignet. Die Verwendung von Keramik sichert eine hohe Temperaturbeständigkeit und ermöglicht eine gute Wärmeabfuhr.

Info-Box

Leistungsteiler (Splitters) nennt man auch Hybridkoppler. Sie sind unentbehrlich in der HF-Messtechnik, beispielsweise für Intermodulationsmessungen. Sie werden auch in der Antennentechnik eingesetzt, um eine zirkulare Polarisation zu erzeugen, oder bei der Quadraturmodulation. Das Eingangssignal wird dann z.B. einmal ohne Phasenverschiebung ausgekoppelt und einmal mit einer Phasenverschiebung von 90°. Übliche Hybridkoppler setzen sich aus mindestens einem Breitband-Übertrager und meist einem ohmschen Widerstand („Ballastwiderstand“) zusammen. Dabei liegt eine kombinierte Brückenschaltung vor. Somit bewirken diese Koppler grundsätzlich (betriebsmäßig) eine Dämpfung. Sie beträgt in der Regel beachtliche 3 dB. Wie Transformatoren und Baluns wirken Hybridkoppler

bidirektional, können eine Leistung also aufteilen (in der Regel in zwei gleiche Teile, daher die Namen Power Splitter oder Power Divider) oder zwei Leistungen vereinen (Leistungssummierer, Combiner). Auch hier ist es möglich, dass die Signale in Phase liegen oder ein Phasenversatz von z.B. 180° bewirkt wird. Geringe Eigenleistungsaufnahme und hohe Entkopplung der Ports untereinander sind die wichtigsten Forderungen. Daneben fordert man hohe Einsatzbandbreiten und exakte Anschlussimpedanzen.

Von der Firma Mini-Circuits stehen, neben den hier vorgestellten neuen Typen, Hybridkoppler für kleine Leistungen für den Frequenzbereich 5...2.500 MHz zur Verfügung (TCP-2-10 und TCP-2-25 für 50 Ohm, TCP-10-75 für 75 Ohm).

Die sieben in der Tabelle aufgelisteten Power Splitter von Mini-Circuits haben ein robustes Gehäuse mit zehn verzinnten Anschlüssen. Sie benötigen nur 0,25x0,3 inch Fläche und sind mit 0,05 inch äußerst flach.

LTCC Power Splitters

Beispielsweise arbeitet der Splitter QRA-07 mit Frequenzen zwischen 340 und 680 MHz. Typisch für ihn sind eine Einfügedämpfung von 0,8 dB und eine Amplitudenabweichung von 0,7 dB sowie eine Phasendifferenz von 3°. Die Isolation wird mit typisch 22 dB angegeben. Die hohe Temperaturresistenz zeigt sich in Abweichungen von nur 0,1 dB für die Einfügedämpfung, 0,5° für die Phasendifferenz und 1 dB für die Isolation im Bereich -40 bis +85 °C. All diese Leistungsteiler verarbeiten trotz ihrer Kleinheit Leistungen im zweistelligen Wattbereich. Dabei setzt die Schmelztemperatur des Lots die Grenze! Die Splitter selbst könnten noch höhere Leistungen verarbeiten.

Quelle: Lu. Chen, J. Daxiong: Surface Mount LTCC Quadratur Splitters, Mini-Circuits Application Note AN-10-005

Quelle: Lu. Chen, J. Daxiong: Surface Mount LTCC Quadratur Splitters, Mini-Circuits Application Note AN-10-005

Modell	Frequenzbereich	Isolation	Phasenfehler	Amplitudenfehler	Leistung (max. 25 °C)
QBA-07	340...530/680 MHz	min. 16/18 dB	max. 7/4°	max. 2 dB	21/27 W
QBA-12N	800...900 MHz	min. 20 dB	max. 3°	max. 1 dB	50 W
QBA-12	0,8...1,2 GHz	min. 24 dB	max. 6°	max. 1,2 dB	50 W
QBA-20	1,8...2 GHz	min. 18 dB	max. 4°	max. 0,7 dB	25 W
QBA-20W	1,5...2,2 GHz	min. 16 dB	max. 5°	max. 1,2 dB	25 W
QBA-24	1,9...2,4 GHz	min. 17 dB	max. 6°	max. 0,8 dB	20 W
QBA-24W	1,7...2,4 GHz	min. 15 dB	max. 6°	max. 1,2 dB	20 W

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



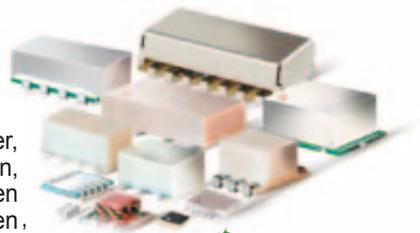
90° SPLITTERS

5 MHz to 8 GHz

\$199
from ea. qty. 1000

* Stückpreis bei Abnahme von 1000 Stück
ohne EG-Einfuhrabgabe und Mehrwertsteuer

Mit über 70 Modellen für Zweiweg-90°-Leisterteiler (Hybride) ermöglicht Mini-Circuits die Lösung aller Applikationsaufgaben einschließlich symmetrische Verstärker, IQ-Modulation/Demodulation, SSB-Modulation, Mischer mit Spiegelfrequenz-Unterdrückung, spannungsgesteuerte Dämpfungsglieder, Phasenschieber und mehr! Wenn Sie ein Signal Processing Design entwickeln, welches 90° Phasenversatz oder eine Entkopplung von reaktiven Komponenten erfordert, dann sind diese Bausteine die erste Wahl. Denn sie warten mit den, im Industriebereich breitesten Frequenzbändern, einer besonders geringen Amplituden- und Phasen-Unbalance sowie lediglich 0,08x0,05 inch Footprint auf. Damit sind sie optimal für eine Vielzahl von RF-Designlösungen.



RoHS compliant

Die kleinen, robusten und kostengünstigen Hybride sind auch in kleinen Lossgrößen von 20, 50, 100, 200, 500 oder 2.000 ohne Extrakosten erhältlich.

Ausführliche technische Daten und Angaben zur Verfügbarkeit finden Sie auf unserer Website www.minicircuits.com. Ordern Sie noch heute und halten Sie die Produkte in wenigen Tagen in der Hand!

Mini-Circuits®

www.minicircuits.com

P.O. Box 35166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

463 rev J

DISTRIBUTORS:
INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

D-65760 Eschborn, Germany
Tel. 0049-6196-927900 Fax 0049-6196-927929
www.industrialelectronics.de
info@industrialelectronics.de

DISTRIBUTORS:

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

TECHNICAL SALES REP./ DISTRIBUTORS:

municom®

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

Breit angelegte EMV-Filter-Serie, ein- und dreiphasig

Ein- oder zweistufig für Standard oder für besonders hohe Stördämpfung (150 kHz bis 30 MHz)

Mit der neuen R-Serie von TDK-Lambda bringt die TDK Corporation ein umfangreiches Spektrum leistungsfähiger und flacher EMV-Filter auf den Markt.



Die einphasigen (RS-Serie) und dreiphasigen (RT-Serie) Filter sind abgestimmt auf den Einsatz im Umfeld von Schaltnetzteilen, um in Anlagen mit erhöhten Störeinflüssen die Anforderungen an Funkentstörung einzuhalten. Im Fokus stehen dabei Anlagen in den Bereichen Medizin, Industrie, Test- und Messwesen sowie in der Kommunikationstechnik.

Verschiedene Anlagen benötigen unter Umständen zusätzliche LeitungsfILTER, um den EMV-Anforderungen gerecht zu werden, auch wenn die eingesetzte Stromversorgung als Einzelkomponente betrachtet diese Anforderungen erfüllt. Beispielsweise geht von man-

chen Anwendungen – etwa von Motor- oder Antriebswandlern – eine eigene Störaussendung in einem Frequenzbereich aus, den die Filter im Netzteil nicht abdecken. Oder es kommen mehrere Netzteile in einem System zum Einsatz, wobei durch Überlagerungen mehrerer Störspektren insgesamt die EMV-Grenzwerte für das Endgerät nicht mehr eingehalten werden. Zudem können auch lange Leitungen im System wie Antennen wirken und damit das Funkstörpektrum negativ beeinflussen.

Die R-Serie umfasst ein- und zweistufige Filter und liefert damit sowohl Standard- als auch sehr hohe Dämpfungswerte im Bereich zwischen 150 kHz und 30 MHz. Einige Modelle bieten zusätzlich eine hohe Impulsdämpfung, um etwa Spannungsspitzen auf Leitungen durch Schaltvorgänge zu dämpfen.

Die Nennströme der einphasigen Filter der RS-Reihe liegen zwischen 0,5 A und 300 A bei Leitungsspannungen bis zu 250 V AC oder 250 V DC und einem Ableitstrom von max. 1 mA; auch Modelle mit niedrigem Ableitstromstrom von 10 μ A bei 250 V AC und 60 Hz insbesondere für Anwendungen im Medizinbereich sind verfügbar. Bei der dreiphasigen RT-Serie rangieren die Nennströme zwischen 6 A und 1000 A bei Leitungsspannungen bis zu 500 V AC oder 500 V DC; hier beträgt der max. Erdableitstrom 2,5 mA bei 250 V AC, 60 Hz, und 5 mA bei 500 V AC und 60 Hz.

Zum Anschluss stehen verschiedene Varianten zur Verfügung. Viele Modelle gibt es wahlweise mit losen Leitungsenden, Schraubklemmleisten oder Gewindebolzen. Zudem besteht bei vielen Filtern bis 30 A Nennstrom (mit Schraubklemmen) optional die Möglichkeit zur DIN-Schienen Montage.

Die einphasigen RS-Filter haben Sicherheitszulassungen gemäß UL1283, CDA C22.2 No. 8 und EN 60939 (bis zu 30 A). Die dreiphasigen RT-Filter haben Sicherheitszulassungen gemäß UL1283 (bis zu 150 A) und EN 60939 (bis zu 300 A). Der zulässige Betriebstemperaturbereich liegt bei -25 °C bis +85 °C. Alle Modelle entsprechen der RoHS-Richtlinie und haben ein Jahr Garantie von TDK-Lambda.

■ *TDK-Lambda Germany GmbH*
www.de.tdk-lambda.com
 (Deutschland)
www.emea.tdk-lambda.com
 (Ausland)

Weitere Informationen

Weitere Informationen zu TDK-Lambda und der R-Serie einschließlich Datenblättern finden Sie im Internet unter www.de.tdk-lambda.com oder per Direktlink unter www.de.tdk-lambda.com/r.

Folgen Sie uns auf www.uk.tdk-lambda.com/twitter, entdecken Sie unsere Videos unter www.uk.tdk-lambda.com/youtube, kontaktieren Sie uns über www.uk.tdk-lambda.com/facebook, und lassen Sie sich von unseren Blog inspirieren: www.uk.tdk-lambda.com/blog.



CERAMIC FILTERS

LOW PASS BANDPASS HIGH-PASS

45 MHz to 15 GHz from **99¢** *
ea. qty. 3000 * Stückpreis bei Abnahme von 3000 Stück ohne EG-Einfuhrabgabe und Mehrwertsteuer

185

Über 185 Modelle ... mit Abmessungen von nur 0,12 x 0,06". Diese kleinen, hermetisch versiegelten Filter verwenden unsere fortschrittliche Low Temperature Co-fired Ceramic-Technologie (LTCC), die für hervorragende thermische Stabilität, hohe Zuverlässigkeit und sehr niedrige Kosten sorgt und dadurch zu einem Muss für Ihre Systemanforderungen wird. Besuchen Sie unsere Website, um ein Modell auszuwählen. Sehen Sie sich die kompletten Leistungskurven, Datenblätter, Platinen-Layouts und alles weitere an, um Ihre Wahl treffen zu können. Sie können auch direkt von unserem Web-Store aus bestellen, um Ihre Filter noch schneller zu bekommen.

Wild Card KWC-LHP LTCC Filter Kits nur \$98



Wählen Sie acht beliebige LFCN- oder HFCN-Modelle, Sie bekommen dann von jedem fünf Baumuster, insgesamt also 40 Filter.

 **RoHS compliant** U.S. Patents 7,760,485 and 6,943,646

Jetzt erhältlich auf Kleinmengen-Reels, ohne Zusatzkosten,
in Standardmengen von 20, 50, 100, 200, 500, 1000 oder 2000 Stück. Sparen Sie damit Zeit, Geld und Lagerplatz!

 **Mini-Circuits®**

www.minicircuits.com P.O. Box 35166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

DISTRIBUTORS

504 Rev C

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

D-65760 Eschborn, Germany
Tel. 0049-6196-927900 Fax 0049-6196-927929
www.industrialelectronics.de
info@industrialelectronics.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

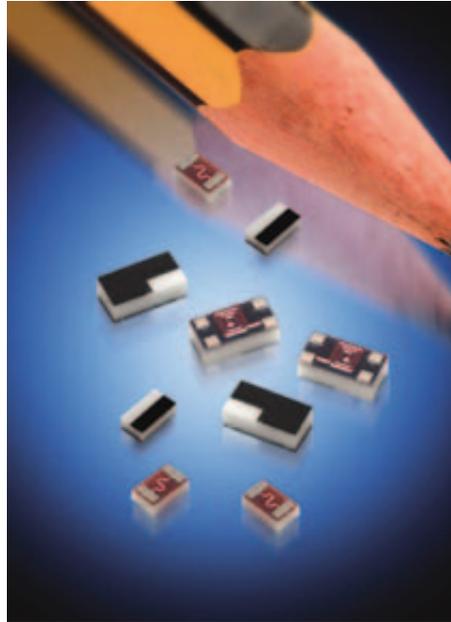
municom®

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

Integrierte Dünnschicht-Koppler mit hohem Richtfaktor für WiFi-Frequenzbereiche

Die robust ausgelegten Koppler in LGA-Technik sind in den Größen 0302, 0402 und 0603 erhältlich und weisen ein ausgezeichnetes Hochfrequenzverhalten über alle WiFi-Bänder hinweg auf

Die AVX Corporation hat eine Baureihe mit stark gerichteten, integrierten Dünnschichtkopplern für WiFi-Frequenzbereiche herausgebracht. Die in der Aufbau- und Verbindungstechnik Land Grid Array (LGA) ausgeführten Koppler im robusten und flachen Miniaturformat sind für die zuverlässige Automatenbestückung konzipiert und überzeugen über das gesamte WiFi-Frequenzspektrum von 2.400 bis 5.950 MHz hinweg durch exzellente Hochfrequenz-



enschaften. Die in den elektrisch identischen Gehäusen 0302, 0402 und 0603 erhältlichen 3-W-Koppler weisen neben einem Richtfaktor von 20 dB und niedrigen Parasitärwerten auch exzellente Lötbarkeit, bessere Wärmeableitung und eine Selbstausrichtung während des Reflow-Verfahrens auf.

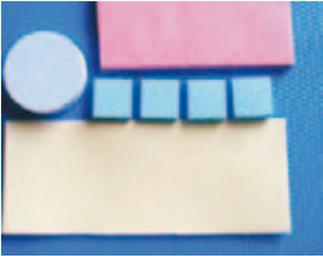
Die stark gerichteten Koppler von AVX sind für Temperaturen von -40 °C bis +85 °C zugelassen und mit vollständig RoHS-konformen Zinnanschlüssen ausgestattet, die neben den automatisierten Lötverfahren wie Reflow-, Schwall- und Kondensationslötverfahren auch manuelle Verfahren vertragen. Die Fertigteile sind zu 100 % auf elektrische Werte und Erscheinungsbild geprüft.

■ AVX Corporation
www.avx.com



ELECTRONIC SERVICE GmbH

THERM-A-GAP™ HCS10
von
Parker Chomerics



- sehr geringe Verdrückungskräfte
- Härte: 4 (Shore 00)
- verfügbare Dicken: 0,25 mm bis 5,0 mm
- Wärmeleitfähigkeit: 1 W/m-K
- Temperaturbereich: -55 °C bis +200 °C
- Trägermaterial: Glasfaser oder Aluminiumfolie
- selbstklebende Version verfügbar
- UL 94 V-0-getestet
- RoHS-/REACH-kompatibel

Hohe Straße 3, 61231 Bad Nauheim
Fon: 06032 9636-0, Fax: 06032 9636-49
E-Mail: info@electronic-service.de
<http://www.electronic-service.de>

Hochlineare Variable Gain Amplifier für den Richtfunk

Hittite kündigt zwei neue GaAs-Verstärker mit variabler Verstärkung (VGAs) auf MMIC-Basis und mit SMT-Gehäuse an. Bei dem HMC996LP4E und dem HMC997LC4 handelt es sich um analoge GaAs PHEMT-Verstärker mit variabler Verstärkung auf MMIC-Basis, die in einem Frequenzbereich von 5 bis 12 GHz bzw. von 17 bis 27 GHz arbeiten. Bei minimaler Dämpfung liefern diese vielseitigen Verstärker eine Verstärkung von bis zu 20,5 dB, +24 dBm am Ausgang P1dB und ein IP3 von +34 dBm am Ausgang. Jeder Verstärker wird über eine analoge Steuerspannung zwischen 0 und -4,5V geregelt und weist einen Dynamikbereich von bis zu 22 dB auf. Dank ihrer hohen Linearität können der HMC996LP4E und der HMC997LC4 als Trennverstärker oder als Pre-driver zur Leistungsverstärkung im Richtfunk eingesetzt

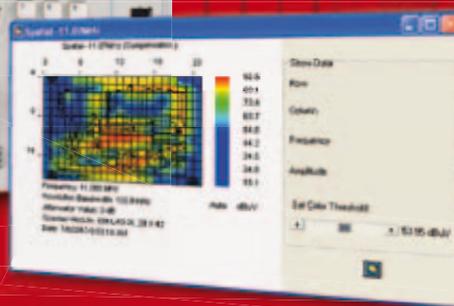


werden. Der HMC996LP4E verbraucht 120 mA bei einer Versorgungsspannung von +5V und ist in einem RoHS kompatiblen, bleifreien 4 x 4 mm QFN-Gehäuse untergebracht. Der HMC997LC4 verbraucht nur 170 mA bei einer Versorgungsspannung von +5V und ist in einem RoHS kompatiblen, bleifreien 4 x 4 mm QFN-Keramik-Gehäuse untergebracht. Sie sind kompatibel mit Oberflächenmontage-Fertigungsverfahren für Großserien; beide haben eine hervorragende Gain Flatness und eignen sich dadurch gut für EW-, ECM- und Radaranwendungen im militärischen Bereich.

■ Hittite Microwave Corporation
www.hittite.com

SCHNELLER AM MARKT.

SPAREN SIE ZEIT UND GELD IM ENTWICKLUNGSPROZESS.



Die PreCompliance-Lösungen von dataTec.

Auf der Rückseite erfahren Sie mehr zu den Spektrum- / Signalanalytoren und passenden Applikationen für die EMV-Vorprüfung sowie Compliance-Tests.



Ihr Spezialist für
Mess- und Prüfgeräte

MESSBAR MEHR.
dataTec

www.datatec.de/spektrum



Agilent Technologies

Autorisierter Technologie Partner

VOM EINSTEIGER- BIS ZUM PERFORMANCE-MODELL.

SPEKTRUM- / SIGNALANALYSATOREN MIT FREQUENZBEREICHEN AB 3 Hz ... 50 GHz.

	3 Hz	10 Hz	20 Hz	5 kHz	9 kHz	1 MHz	50 MHz	6 GHz	20 GHz	26,5 GHz	44 GHz	50 GHz
PXA (N9030A)*	Real-Time-Spektrumanalyse											
MXA (N9020A)	Real-Time-Spektrumanalyse											
EXA (N9010A)*												
CXA (N9000A)												
BSA (N9320B / N9322C)												
MXE (N9038A EMI-Receiver)												

* Bis zu 1,1 THz mit externen Mischern

Die Agilent-Spektrumanalysatoren lassen sich für hochgenaue Messungen, höhere Frequenzbereiche und zur Analyse von digital modulierten Signalen einsetzen. Damit bilden sie eine Plattform, die neben Geräten auch Messmethoden und Applikationen umfasst und flexibel erweiterbar ist.

Hauptmerkmale der X-Serie:

- bis 50 GHz Frequenzbereich
- Real-Time-Analyse (optional)
- Windows 7 Betriebssystem
- breitetes Applikationsangebot im Markt



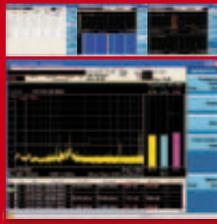
APPLIKATION FÜR DIE EMV-VORPRÜFUNG.

REDUZIEREN SIE DIE BESUCHSHÄUFIGKEIT BEIM EMV-DIENSTLEISTER.

EMV-Software für X-Serie

Die EMV-Software W6141A/N6461A von Agilent entspricht der EMV CISPR 16 Norm und zeichnet sich durch ihre einfache Bedienung aus.

- Frequency scan
- Scan table
- Spectrogram (Option EDP)
- Zone span
- Strip chart



Nahfeldsonden

Langer Nahfeldsonden optimiert für Ihre Designanforderungen. Besonders geeignet zur Erfassung des inhomogenen Magnetfeldes an Metallkanten.

- spezifisch zusammengestellte Sets
- bis 6 GHz Frequenzbereich
- Typ MFA, XF, RF, LF oder SX



EMV-Messsystem im Ultra-Nahfeld

Nahfeld-Tablet von EMSCAN für präzise Echtzeit PreCompliance-Analysen mit direkter Übertragung auf Fernfeldanalysen: Die EMV-Kammer auf dem Labortisch!



- 9 Messmöglichkeiten wie spektraler oder räumlicher Scan
- bis 8 GHz Frequenzbereich
- 31,6 x 21,8 cm aktive Scanfläche

www.datatec.de/spektrum



Ihr Spezialist für
Mess- und Prüfgeräte



Termin zur Live-Demo vereinbaren: Tel. 07121 / 51 50 50

Stromsparende 14-Bit-A/D-Wandler für leistungsfähige Mehrkanal-Datenerfassung



Analog Devices stellte zwei neue 14bit-A/D-Wandler vor, die sich in ihrer Klasse durch die geringste Leistungsaufnahme und die kleinsten Gehäuse auszeichnen. In Ultraschall- und Messsystemen für die Indus-

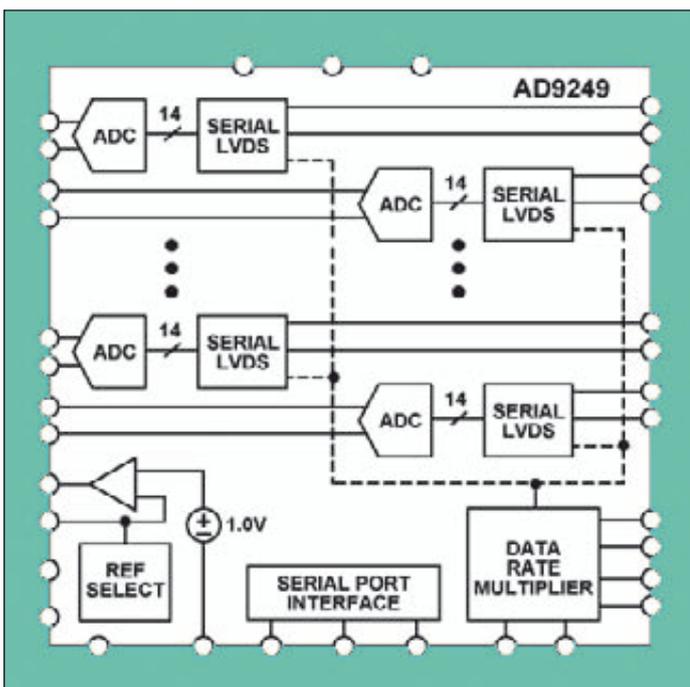
trie, bildgebenden Systemen für die Medizin, sowie militärischen Abwehr- und Kommunikations-Anwendungen erfüllen der 16-kanalige AD9249 mit 65 MSPS und der 8-kanalige AD9681 mit 125 MSPS die

Anforderungen der Designer nach leistungsfähiger, mehrkanaliger Datenerfassung mit geringer Leistungsaufnahme, wann immer ein kompaktes Gehäuse von entscheidender Bedeutung für das gesamte Design ist.

Der AD9249 fasst 16 A/D-Wandler-Kanäle in einem einzigen Gehäuse zusammen und nimmt bei 65 MSPS nur 58 mW pro Kanal auf, was die thermische Auslegung von Systemen mit vielen Kanälen einfacher macht. Der 8-kanalige AD9681 arbeitet bei 125 MSPS mit einer Leistungsaufnahme von 110 mW je Kanal. Beide ADCs werden mit einem kompakten, 10 x 10 mm Gehäuse angeboten. Sie verfügen über chipintegrierte Sample-and-Hold-Schaltungen und erzielen einen störungsfreien Dynamikbereich von über 90 dBc

sowie einen Signal-Rauschabstand von 74 dBFS oder besser. Abgesehen von ihrer geringen Leistungsaufnahme und ihren kleinen Gehäusen, überzeugen die neuen A/D-Wandler AD9249 und AD9681 durch ihre einfache Anwendung mit Datentaktausgängen ($DCO\pm 1$, $DCO\pm 2$), die mit Frequenzen bis zu 500 MHz bzw. 455 MHz arbeiten und einen Betrieb mit doppelter Datenrate unterstützen. Die Wandler kommen mit einer einzigen Versorgungsspannung von 1,8 V aus und benötigen für den Betrieb mit voller Performance einen LVPECL-/CMOS-/LVDS-kompatiblen Abtasttakt. In vielen Anwendungen werden weder eine externe Referenz noch zusätzliche Treiberbauteile benötigt.

■ Analog Devices GmbH
www.analog.com



Blockdiagramm des AD9249



TDK Flexield®

Die neuen flexiblen **Abschirmungs-Folien** von TDK aus magnetischem Puder und Polymerharzen sind ideal abgestimmt zur Anwendung im RFID Bereich. Wie z.B. in mobilen **RFID-Lesegeräten**. Die Folien lassen sich in beliebige Formen schneiden und sind auf Wunsch selbstklebend. Eine **hohe magnetische Permeabilität μ'** sorgt für die starke Bündelung des Magnetfeldes im Arbeitsbereich von 13,56MHz.



Die Folien sind als Muster verfügbar und für den Einsatz zur „High Performance Noise suppression“ ebenfalls erhältlich.

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

www.smae.de
info@smae.de

Symmetrischer Mischer für 0,6 bis 2,7 GHz



Der HJK-272H+ von Mini-Circuits ist ein passiver Mischer mit vier Feldeffekttransistoren (Rafuse-Mischer). Er hat ein Gehäuse mit den äußeren Abmessungen (einschließlich Platine) von 12,7x9,6x5,8 mm³. Der nominelle LO-Pegel ist 17 dBm. Der Kompressionspunkt liegt 3 dB über dem LO-Pegel. Die LO-Frequenz kann, wie die RF, im Bereich 0,6 bis 2,7 GHz liegen. Die IF kann maximal 10 GHz und minimal 10 MHz (wegen der internen Transformatoren) betragen.

Der Mischer hat eine gute LO/RF-Isolation von nominell 35 dB. Der Mischverlust wird mit 7,7 dB angegeben.

Es eröffnen sich Applikationsmöglichkeiten bei Basisstationen, im Satellitenbereich, bei mobilen Funkanwendungen, bei PCS/DCS oder für Peil- und Messaufgaben.

Weitere technische Daten:

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Mischerdämpfung max. 8,9 dB
- Isolation LO to RF bei 1 (1,5, 2) GHz 48 (45, 41) dB
- Isolation LO to IF bei 1 (1,5, 2) GHz 29,1 (29,4, 35,7) dB
- IP3 bei 1 (1,5, 2) GHz 25,3 (27,6, 24,9) dBm
- SWR RF bei 1 (1,5, 2) GHz 1,7 (1,5, 1,1)
- SWR LO bei 1 (1,5, 2) GHz 3,5 (3,1, 3,5)

Monolithischer Verstärker

Der neue monolithische Verstärker CMA-252LN1+ von Mini-Circuits basiert auf einem MMIC in E-PHEMT-Technik in Verbindung mit einem LTCC-Substrat und ist im Bereich 1,5 bis 2,5 GHz vielseitig einsetzbar. Da er ein geringes Rauschen mit einem hohen IP3 kombiniert, eignet er sich besonders gut für empfindliche Emp-

fänger. Das Rauschmaß beträgt typisch 0,8 dB bei 1,8 GHz. Der OIP3 wird bei dieser Frequenz mit 29 dBm angegeben. Der 1-dB-Kompressionspunkt (Output) beträgt dann typisch 17 dBm. Der Verstärker hat ein hermetisch geschlossenes, mit Nitrogen gefülltes und abwaschbares Keramikgehäuse und ist RoHS-konform. Es misst 3x3x1,4 mm³. Der Verstärker genügt damit militärischen Anforderungen.



Ein- und Ausgang sind intern auf 50 Ohm angepasst. Die nominelle Betriebsspannung ist 3...4 V. Der Betriebsstrom ist zwischen 25 und 80 mA einstellbar mit Auswirkung auf die Performance. Typisch sind 57 mA. Die Verstärkung ist ebenfalls einstellbar ($\pm 1,5$ dB).

Da der Verstärker zudem intern vorgespannt ist, werden keine externen Komponenten benötigt (einschließlich Abblock- und Trennkondensatoren). Die Verstärkung erreicht typisch 18,3 dB bei 1,8 GHz. Die maximale Eingangsleistung ist 27 dBm.

Es ergeben sich vielseitige Anwendungsmöglichkeiten in den Bereichen Zellularkommunikation, UHF/VHF, GPS, Kommunikationssysteme und Empfängertechnik.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -55 bis +105 °C
- Lagertemperaturbereich -65 bis +125 °C
- Verlustleistung bei Zimmertemperatur max. 550 mW
- Versorgungsspannung max. 5,5 V
- Return Loss Input bei 1,5 (2, 2,5) GHz typ. 19 (13,8, 12,5) dB
- Return Loss Output bei 1,5 (2, 2,5) GHz typ. 10 (16,5, 7,6) dB
- Wärmewiderstand 53 K/W

Fester Attenuator für DC bis 20 GHz

Die Dämpfungsglieder aus der Reihe RCAT von Mini-Circuits haben 50 Ohm Impedanz und sind mit verschiedenen Dämpfungsmaßen erhältlich. Sie verarbeiten bis zu 2 W Eingangsleistung. Dennoch ist das keramische LTCC-Gehäuse mit 2,25x2,25x1,1

mm³ sehr klein, was den Einsatz bis 20 GHz unterstützt. Die Anschlüsse sind aus Kupfer.



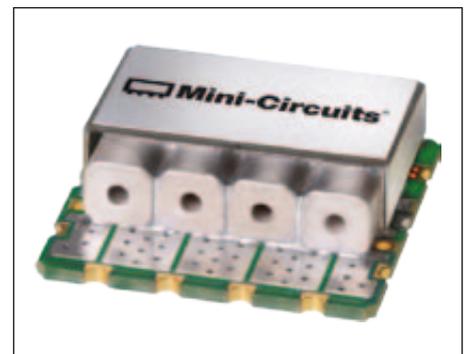
Das Dämpfungsmaß wird absolut und über die Frequenz genau eingehalten. Eine hohe Präzision und eine kleine, robuste Ausführung zeichnen diese Dämpfungsglieder aus. Als Beispiel sei der RCAT-07+ genannt, mit 7 dB Dämpfung.

Anwendungsmöglichkeiten finden sich in den Bereichen Anpassung, Preselection, Anzeige, Testaufbauten, PCS, Militär und Leistungsmessung.

Weitere technische Daten:

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +125 °C
- Lagertemperaturbereich -65 bis +150 °C
- typische Dämpfung bei 1 (10, 20) GHz 7,04 (7,6, 8,64) dB
- minimale Dämpfung bei 1 (10, 20) GHz 6,5 (7,1, 7,8) dB
- maximale Dämpfung bei 1 (10, 20) GHz 7,5 (8,1, 9,4) dB
- Return Loss bei 1 (10, 20) GHz 30 (19, 15) dB

SMT-Bandpass für 1,215 bis 1,285 GHz



Das Bandpassfilter CBP-1250C+ von Mini-Circuits ist ein 50-Ohm-Bauelement für die Oberflächenmontage in einem schirmenden kleinen Gehäuse. Die äußeren Abmessungen des Bauelements betragen 19,05x19,05x5,33 mm³. Dieser schmalbandige koaxiale Bandpass wurde mit verlustarmen Kondensatoren und Luftspulen realisiert. Die Durchlasskurve verläuft nur leicht asym-

metrisch, wobei die Weitabselektion zu tiefen Frequenzen hin wie üblich größer ist als zu hohen hin. Einsatzbereiche sind u.a. Mobilfunk, Feststationen, Flugnavigation, Radioastronomie oder Messgeräte.

Wichtige technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Center-Frequenz typ. 1,25 GHz
- Durchlassdämpfung typ. 0,8 dB, max. 2 dB
- SWR auf Mittenfrequenz typ. 1,2
- Eingangsleistung max. 1 W
- Dämpfung unteres und oberes Stopband min. 20 dB, typ. 30 dB
- SWR unteres und oberes Stopband typ. 20

Koaxialkabel für interne Verbindungen

Die 50-Ohm-Koaxialkabel der Serie 141 SMRSM von Mini-Circuits sind bis 18 GHz spezifiziert und in erster Linie für interne Baugruppenverbindungen vorgesehen. Dazu verfügen sie eine handformbare Konstruktion mit geringem Biegeradius. Diese Konstruktion zeichnet sich auch durch ein Dielektrikum aus Low-Loss- PTFE, einen in Kupfer gekleideten und versilberten Innenleiter aus Stahl sowie ein Abschirmgeflecht aus Kupfer aus. Die SMA-Anschlüsse sind aus rostfreiem Stahl und haben vergoldete Kontakte. Ein Anschluss ist um 90 abgewinkelt. Der Return Loss wird zwischen 6

und 18 GHz mit typisch 26 dB angegeben. Bei 500 MHz können 546 W durchgeleitet werden, bei 18 GHz noch beachtliche 90 W.



Die Kabel kombinieren Flexibilität für einfache Anwendung mit Stabilität der Daten, insbesondere Einfügedämpfung und Impedanz. Sie finden Anwendung auch in Laborkontoren, bei Feldtests oder bei Testaufbauten für zellulare Funkanwendungen.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -55 bis +105 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +105 °C
- Durchgangsleistung bei 2 (6, 10) GHz 273 (156, 121) W
- Einfügedämpfung bei 2...6 (6...10, 10...18) GHz 0,4 (0,54, 0,8) dB
- Länge typ. 12 inches (etwa 30 cm)

■ *Mini Circuits*
www.minicircuits.com

Tantalchipkondensatoren mit niedrigem ESR in die QPL der ESA aufgenommen

Die AVX Corporation hat bekannt gegeben, dass ihre hochzuverlässige Tantalchipkondensator-Baureihe TES mit niedrigem ESR in Übereinstimmung mit der Spezifikation ESCC3012/004 der European Space Components Coordination (ESCC) die umfassende Bauteilzulassung der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) für die Aufnahme in die QPL erhalten hat.

Mit Nennwerten von 1 µF bis 470 µF und 6,3 V bis 50 V bieten die SMT-fähigen Tantalchipkondensatoren der Baureihe TES höhere Kapazitätswerte und niedrigere Ersatzserienwiderstände als alle zurzeit für die Luft- und Raumfahrt konzipierten Tantal-Bauelemente mit ESCC-Zulassung. Die in fünf Miniaturgrößen von 3216-18 bis 7343-43 und als Ein- und Mehranodenausführung erhältliche Baureihe bietet Entwicklungsingenieuren ebenfalls mehrere Downsizing-Optionen,

wodurch sich erhebliche Reduzierungen bei Nutzlast- und Platzverbrauch realisieren lassen. Die einanodigen Ta-Kondensatoren der TES-Baureihe sind in den Größen 3216-18 (A), 3528-21 (B) und 6032-28 (C) erhältlich. Multianoden-Kondensatoren mit senkrechter Anodenausrichtung sind im Gehäuse 7343-31 (D) und die mit gespiegelter Anodenanordnung im Gehäuse 7343-43 (E) erhältlich, wobei die gespiegelte Ausführung die ESR-Werte tatsächlich halbiert. Die Baureihe ist in zwei Toleranzklassen ±10% und ±20% und in drei Prüfschärfen erhältlich: B (Röntgen), C und ohne die für Raumfahrt- und Flugzeugteile erforderliche Konformitätsinspektion (non-ER). Die Bauelemente können in den drei ESCC-Stichprobenqualitätsprüfungsstufen LAT1 bis LAT3 bestellt werden.

■ *AVX Corporation*
www.avx.com



TESEQ, IFI & MILMEGA – DIE EXPERTEN FÜR RF-, MIKROWELLEN- UND TWT- VERSTÄRKER VON 10 KHZ – 40 GHZ BIS ZU 10 KW

Unser Portfolio:

- Verstärker für EMV, ISM, Telecom- und Militäranwendungen
- Halbleiterverstärker für Class A und AB-Betrieb
- Tetroden-Röhrenverstärker

Was macht uns einzigartig:

- Robuste, zuverlässige Designs für EMV-Testanforderungen unter allen Lastbedingungen
- Höhere Leistungen im unteren Frequenzbereich zum Ausgleich der Antennencharakteristiken
- Kompaktes Design in modularer Architektur
- Bis zu 5 Jahre Garantie
- Lokaler Service durch eigene Teseq-Gesellschaften

Teseq GmbH Berlin Germany
T +49 30 5659 8835 www.teseq.de

TESEQ

Advanced Test Solutions for EMC



RF/Microwave Amplifiers



RF/Microwave Amplifiers

Drahtlose Sensornetzwerke: Herausforderungen und Lösungen

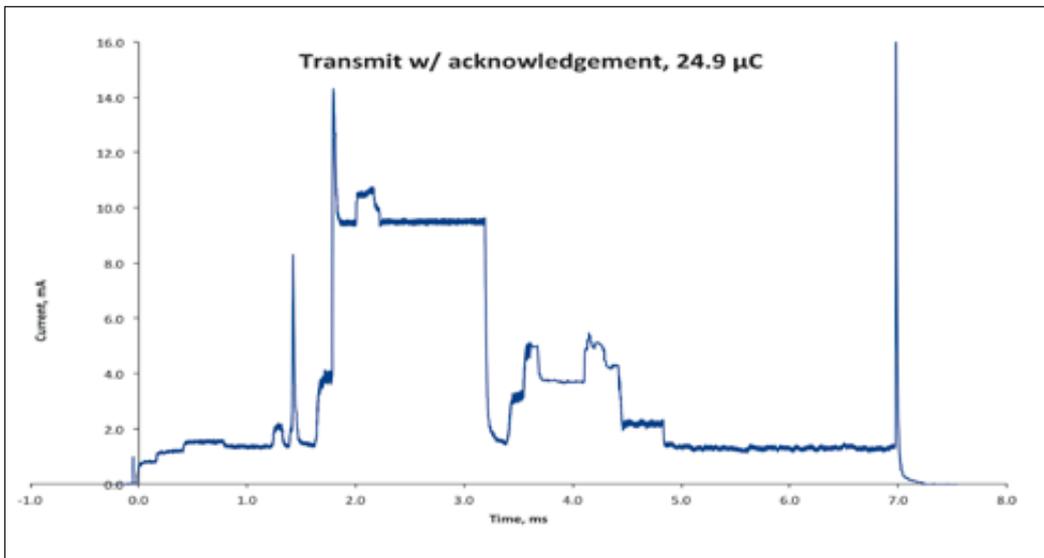


Bild 1: Benötigte Energie, um ein kurzes 802.15.4-Datenpaket zu übertragen und eine Empfangsbestätigung zu erhalten

Hintergrund

Wir leben in einer Welt voller Sensoren. Die Gebäude in denen wir arbeiten haben Sensoren, die Temperatur, Belegung, Rauch und Feuer sowie die Sicherheit überwachen. Unsere Autos enthalten dutzende wenn nicht hunderte von Sensoren, die die Motorleistung, Bremsen und die Sicherheitsausrüstung für die Fahrgäste überwachen, um nur einige zu nennen. Produktionsumgebungen benötigen Sensoren, weil man nicht regeln kann, was man nicht messen kann. Das Herstellen von Produkten bei gleichzeitiger Erfüllung der Sicherheits-, Qualitäts- und Effizienzziele erfordert jede Menge Sensoren.

Sensoren sind in den letzten Jahrzehnten wesentlich kleiner, preisgünstiger und verlustleistungssärmer geworden, getrieben zum Teil von Moore's Gesetz und der MEMS-Revolution. Unglücklicherweise haben die Kosten für die Installation von Sensoren damit nicht Schritt gehalten. Die Kosten für Leitungen, die den Versorgungsstrom und Daten liefern, lassen die Kosten für den Sensor selbst gering erscheinen. Nimmt man z.B. den am nächsten gelegenen Lichtschalter: die Verdra-

htung für einen 1-\$-Schalter kann 50 \$ kosten und selbst in Neubauten sehr arbeitsintensiv zu installieren sein. Wenn man diesen Schalter in die benachbarte Mauer umbauen möchte, sind die Kosten für diesen Umbau noch deutlich höher. In der industriellen Automatisierung ist ein anerkannter Daumenwert für die Installation eines Sensors \$10.000 – selbst bei einem einfachen Schalter. Bei diesen Kostenstrukturen senden viele Sensoren ihre Daten an einen lokalen Controller – dabei gibt es jedoch nur einen kleinen Überblick, aber kein „großes Bild“, wenn hunderte oder gar tausende von Sensoren installiert sind. Was also benötigt wird, ist ein preisgünstiger, zuverlässiger Weg die Sensoren zu vernetzen.

Schon seit Marconis Zeiten hat man mit unterschiedlichen Ergebnissen drahtlose Verbindungen benutzt, um Daten von Sensoren zu kommunizieren. Traditionell wurden diese Punkt-zu-Punkt-Verbindungen vom Stromnetz versorgt und waren wegen der Umwelteinflüsse in der Zuverlässigkeit häufig zeitlich schwankend. Dies ist zwar für einige Applikationen geeignet, aber für die meisten zu einschränkend.

Die Märkte

Märkte für drahtlose Sensornetzwerke (wireless sensor network = WSN) sind die Gebäudeautomation, Home-Automation, Smart-Grid und automatisierte Verbrauchsmessungs-Infrastruktur (AMI), Prozessautomatisierung, Umweltüberwachung, die Park- und Transit-Infrastruktur, Energieverbrauchsüberwachung und Bestandssteuerung.

In den meisten Fällen sind dies asymmetrische bidirektionale Datensammelapplikationen – Eine große Anzahl von Sensorknoten liefert Daten für einen zentralen Host und reagiert mit einem Prozess-Einstellpunkt oder weiteren Konfigurationsänderungen.

Technologische Auswahl

Die Anwender wünschen sich idealerweise eine Technik, die kostengünstig ist, keine Einschränkungen bei der Platzierung der Sensoren hat, zuverlässig periodisch Daten mit geringer Latenz empfängt und während der gesamten Lebensdauer ohne Batteriewechsel auskommt. Jüngste technologische Fortschritte haben es uns ermöglicht, diese Features für viele unterschiedliche Märkte zu liefern.

Es gibt mehrere konkurrierende Technologien, um diese Rolle zu übernehmen, wie Satellitenkommunikation, Mobiltelefon, Wi-Fi und eine Vielzahl an Lösungen, die auf dem IEEE-802.15.4-Funk basieren. Alle diese Techniken erlauben es dem Anwender, WSNs zum Sammeln von Daten aufzubauen.

Die Satelliten- und Mobiltelefonkommunikation arbeiten gut in vielen Applikationen, haben jedoch die höchsten Kosten pro Datenpaket. Die Gebühren der Netzbetreiber können ebenfalls unerschwinglich sein, obwohl sich dies ändert, da die Netzbe-

Lance Doherty, Systems Engineer
Jonathan Simon, Systems Engineering Director
Thomas Watteyne, Systems Engineer
Dust Networks Product Group
Linear Technology Corporation
www.linear.com

treiber jetzt Abrechnungsmo-
delles entwickeln, die sich für
relativ spärliche Datenflüsse eigen-
nen. Die Netzabdeckung kann
ebenfalls ein Problem darstellen.
Es ist klar, dass es für ein Signal
eines Satelliten oder Mobiltele-
fons schwierig ist, den Weg aus
einer stark blockiert (verbauten)
Struktur zu finden, wobei
der Sensor nicht die Möglich-
keit hat, sich von einer Seite auf
die andere zu bewegen und zu
fragen: „Kannst Du mich nun
hören?“ Für eine Anwendung,
die mit einer sehr kleinen Daten-
rate sendet (d.h. ein Datenpaket
pro Tag) und bei guter Verbin-
dung, kann die Satelliten- oder
Mobilfunkkommunikation
jedoch sehr sinnvoll sein.

Wi-Fi-Sensoren (IEEE 802.11g)
sind heute sehr verbreitet. Die
Energiekosten für ein Wi-Fi-
Datenpaket sind wesentlich
niedriger als bei Mobilfunk, und
es gibt auch keine immer wie-
derkehrenden Gebühren für die
Daten. Die Verbindung und die
Netzabdeckung bleiben wichtige
Angelegenheiten, da die Dichte
der Zugriffspunkte, die für eine
zuverlässige Kommunikation
mit einem fest installierten Sen-
sor nötig ist, üblicherweise höher
ist, als die bei mobilen Mitarbei-
tern mit technischer Ausrüstung.

Mit Referenz zum OSI-Layer-
Modell, definiert der Standard
802.15.4 eine physikalische
Lage (PHY) und eine Lage für
Medium-Access-Control (MAC)
für den Betrieb mit geringer
Leistung über kurze Entfernun-
gen, der sich sehr gut für draht-
lose Sensornetze eignet.
Die Funkstrecke hat eine relativ
geringe Datenrate (bis zu 250
KBit/s); die Datenpakete sind
kurz (< 128 Byte) und haben
eine geringe Energie. Das Sen-
den einiger Byte an Daten, incl.
Routing, Verschlüsselung und
weiteren Headern benötigt unter
1 ms: Dieser Vorgang verbraucht,
einschließlich des Empfangens
eines Sicherheits-Link-Layer-
Acknowledgements, weniger
als 30 μ C Ladung (Bild 1). Sen-
soren können Funkdatenpakete
von benachbarten „Kollegen“
weiterleiten, was den Bereich
des Netzwerks weit über den

Bereich einer einzelnen Funk-
strecke erweitert und das Netz-
werk mit der nötigen Immunität
für jeden Verbindungsfehler in
einem einzelnen Link versorgt.

Leistungsmessung

Die Evaluierung von unter-
schiedlichen WSN-Lösungen
basiert auf zwei Fragen: „Kann
ich alle meine Daten schnell
genug erhalten?“ und „Wie viel
kostet es mich?“ WSNs müssen
so entwickelt sein, dass sie in
Umgebungen mit nur mehr rund
50 Prozent Link-Layer-PDR
(packet delivery ratio) zuver-
lässig arbeiten.

Wenn man ein drahtloses Daten-
sammelsystem entwickelt, gibt
es mehrere Leistungsziele, die
man erreichen muss. Als erstes
muss das System eine minimale
Zuverlässigkeit aufweisen. Für
industrielle Anwendungen ist
das Ziel, typisch mindestens
99,9 Prozent der generierten
Daten zu empfangen, da feh-
lende Daten teure Alarmer auslö-
sen können. Zweitens muss das
System einen bestimmten Daten-
durchsatz unterstützen, d.h. eine
bestimmte Anzahl an Datenpake-
ten vom Sensor in der Sekunde.
Drittens sind diese Datenpakete
nur dann nutzbar, wenn sie inner-
halb einer maximalen Latenzpe-
riode empfangen werden. Viele
Prozesse hängen von ständigen
Datenaktualisierungen ab – zur
Regelung haben veraltete Daten
keinerlei Nutzen. Viertens, müs-
sen viele Systeme in herausfor-
dernden Umgebungen mit gro-
ßen Temperaturbereichen und
immanenten Sicherheitsbedin-
gungen arbeiten. Nur Systeme,
die alle diese vier Anforderun-
gen erfüllen, sind für eine wei-
tere Evaluierung geeignet.

Wenn man unterschiedliche
Lösungen untersucht, die diese
Anforderungen erfüllen, wer-
den die Schlüsselentscheidungs-
kriterien für die Auswahl die
Betriebskosten insgesamt und
die Flexibilität. Die gesamten
Betriebskosten umfassen meh-
rere Bereiche: Produktentwick-
lung, Installation, Hardware
und Energieversorgung über
die gesamte Installationsdauer.

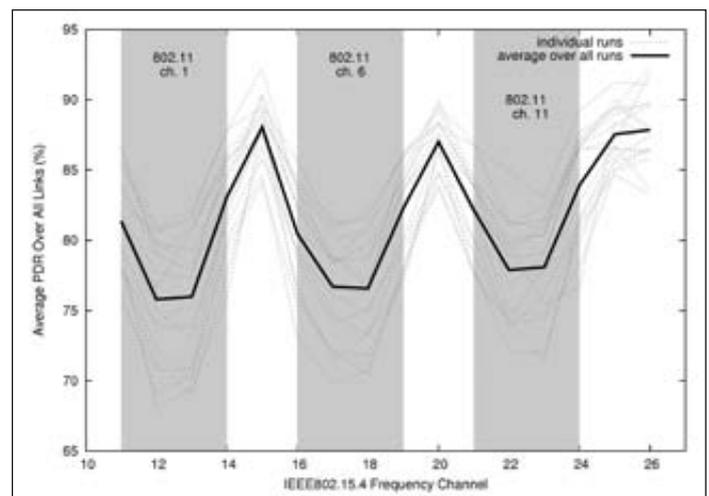


Bild 2: Interferenz zwischen Wi-Fi und 802.15.4 im Frequenzband von 2,4 bis 2,485 GHz

Drahtlose Techniken haben die
Installationskosten im Vergleich
zu verdrahteten Lösungen deut-
lich gesenkt, wobei batteriebe-
triebene drahtlose Geräte über
die gesamte Betriebsdauer des
Netzwerks einen Austausch
der Batterie erfordern können.
Es gibt auch noch einen Kom-
promiss zwischen dem Aufbau
eines Netzwerks mit nur weni-
gen High-Power-Geräten, um
die Hardwarekosten zu redu-
zieren, und dem mit einer grö-
ßeren Anzahl an Low-Power-
Geräten. Für Geräte, die von
Energie erntenden Zellen (d.h.
Solarzellen, Thermoelektrik)
versorgt werden, kann die Kon-
densatorgröße einen wesentli-
chen Teil der Kosten bestim-
men. Lösungen mit determinis-
tischer Ablaufplanung, wie der
Time-Division Multiple Access
(TDMA), können helfen Hoch-
strom-Ereignisse so weit wie
möglich zu separieren, um die
Anforderungen an die Konden-
satorgröße zu reduzieren.

Weil die Bedingungen des End-
einsatzes unvorhersehbar sind,
müssen die Netzwerke flexibel
ausgelegt werden. Die Netz-
werke müssen sich von weni-
gen bis sehr vielen Sensoren
und von geringer bis hoher Dichte
skalieren lassen. Um in diver-
sen drahtlosen Umgebungen
robust zu sein, sollte die Res-
ourcenbeschaffung sicherstel-
len, dass die Geräte mit mode-
raten Interferenzen zuverlässig

kommunizieren, und dass das
Netzwerk bei Ausfall einzel-
ner Geräte „überlebt“. Zusätz-
liche Ressourcen wie weitere
drahtlose Verbindungen, mehr
Nachbarn für jedes Gerät, oder
eine höhere Signalverstärkung
verbessern die Zuverlässigkeit
und Latenz. Alle diese Erweiterun-
gen verursachen Mehrkosten,
die mit dynamischer Allokation
minimiert werden können.

Lösungen, die auf Standards
basieren, bieten Immunität ge-
genüber den Problemen in der
Versorgungskette eines einzel-
nen Komponentenlieferanten
und die Sicherheit, dass die
Gemeinschaft den Grundsätzen
des gemeinsamen Zusammenar-
beitens zugestimmt hat, z.B. der
Sicherheitsarchitektur.

Herausforderungen

Ein drahtloser Kanal ist von
Natur aus unzuverlässig, und
eine ganze Reihe von Phäno-
menen kann verhindern, dass
ein gesendetes Datenpaket sei-
nen Empfänger erreicht. Eines
davon ist Interferenz. Wenn zwei
unabhängige Sender auf demsel-
ben Kanal senden, so dass sich
ihre Signale überlappen, können
sich ihre Signale gegenseitig auf
der Funkstrecke des Empfängers
stören. Dies erfordert, dass der
Sender erneut Daten überträgt,
aber auf Kosten zusätzlicher Zeit
und Energie.

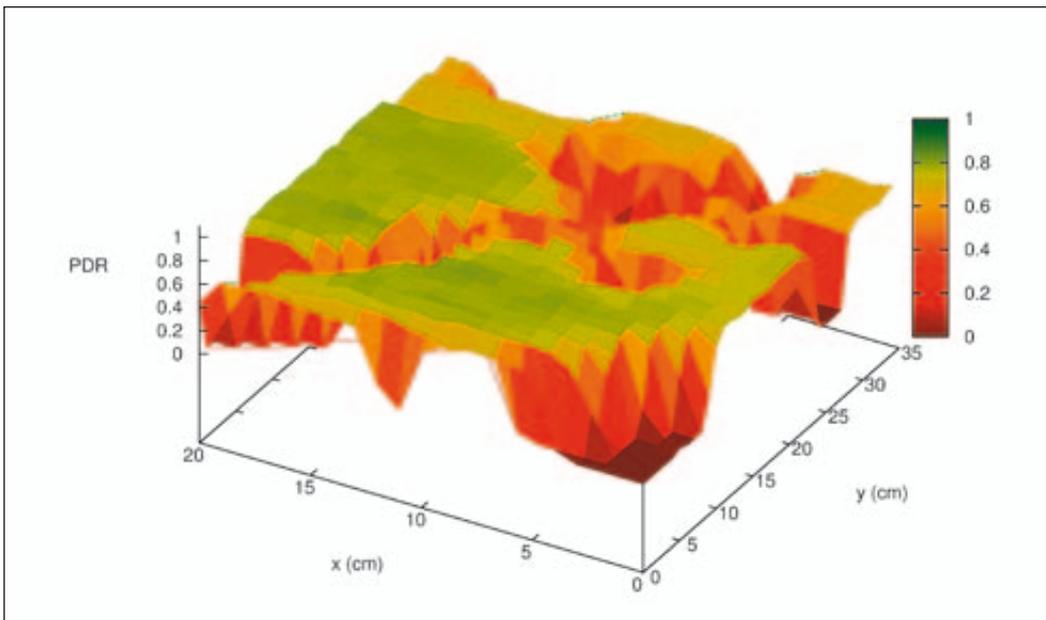


Bild 3: Multipath-Fading führt zu starken Schwankungen der Qualität einer Verbindung, selbst dann, wenn man den Empfänger nur wenige Zentimeter versetzt

Interferenz kann aus demselben Netzwerk kommen, wenn ihre grundlegende Medium-Access-Technologie keine konfliktfreie Kommunikation festlegt. Dies ist besonders problematisch, wenn die beiden Sender zwar den Empfänger „hören“ können, aber nicht sich gegenseitig – dies ist als „verstecktes Anschlussproblem“ bekannt und erfordert Backoff- und Acknowledgement-Mechanismen, um Datenkollisionen zu beheben.

Interferenz kann auch von anderen Netzwerken kommen, die im selben Funkraum arbeiten oder mit einer anderen Funktechnik, die dasselbe Frequenzband benutzt. Letzteres, als „externe“ Interferenz bekannt, tritt besonders in lizenzfreien Bändern wie dem ISM-Band (instrumentation, scientific and medical) zwischen 2,400 bis 2,485 GHz, das mit Wi-Fi, Bluetooth und 802.15.4 überfüllt ist.

Bild 2 wurde bei Einsatz von 45 802.15.4-Knoten in einer Büroumgebung erstellt, die gleichmäßig verteilt über 16 802.15.4-Kanäle 12 Millionen Datenpakete austauschten. Es zeigt das durchschnittliche Paketübertragungsverhältnis (PDR) dieser Pakete als Funktion des Kanals über den sie gesen-

det wurden; auf Kanälen die mit Wi-Fi-Kanälen überlappen, ist dieses Übertragungsverhältnis geringer.

Ein zweites Phänomen, Multipath-Fading (siehe Bild 3) gezeigt, kann ebenfalls verhindern, dass ein gesendetes Datenpaket den Empfänger erreicht und ist sowohl zerstörender als auch schwieriger zu quantifizieren. Häufig als „Selbst-Interferenz“ beschrieben, tritt es auf, wenn der Empfänger sowohl die Signale über die Sichtlinie vom Sender empfängt, aber auch „Echos“ desselben Signals, das von Objekten in der Umgebung zurück geworfen wird (Boden, Decken, Türen, Menschen etc.). Da diese Kopien unterschiedliche Entfernungen zurücklegen, erreichen sie den Empfänger zu unterschiedlichen Zeitpunkten und stören sich destruktiv. Fades von 20 bis 30 dB sind dabei nicht ungewöhnlich.

Bild 3 wurde bei einem Sender aufgezeichnet, der 1000 Datenpakete an einen 5 m entfernten Empfänger übertrug, was wiederholt wurde wobei der Empfänger an jedem Punkt in einem 35 cm x 20 cm Raster positioniert wurde. Die Z-Achse repräsentiert das Paketübertragungsverhältnis über diese Verbin-

dung. Während diese Verbindung bei den meisten Positionen gut ist, werden wegen Multipath-Fading an einigen Positionen keine Datenpakete erfolgreich empfangen.

Multipath-Fading hängt von der Position und der Art der Objekte in der Umgebung ab und ist damit für jede praktikable Einstellung unvorhersehbar. Eine gute Eigenschaft ist, dass sich die in Bild 3 dargestellte „Topografie“ mit der Frequenz ändert. Das heißt, dass wenn ein Datenpaket wegen Multipath-Fading nicht empfangen wurde, das erneute Senden auf einer anderen Frequenz eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit hat.

Weil einige Objekte in der Umgebung nicht statisch sind, d.h. Autos, die vorbeifahren, Türen die geöffnet und geschlossen werden, ändert sich auch der Effekt des Multipath-Fading mit der Zeit. Bild 4 zeigt das Paketübertragungsverhältnis auf einem einzigen drahtlosen Pfad zwischen zwei industriellen Sensoren über einen Zeitraum von 26 Tagen, für jeden der 16 Kanäle, die im System verwendet werden. Es gibt hier wöchentliche Zyklen, in denen Arbeitstage und Wochenenden deutlich sichtbar sind. Zu

jeder beliebigen Zeit sind einige Kanäle gut, andere schlecht und wieder andere variieren stark. Kanal 17, obwohl allgemein gut, weist mindestens eine Periode auf, in der keine Datenübertragung stattfindet. Jeder Pfad im Netzwerk zeigt qualitativ ähnliches Verhalten, jedoch mit unterschiedlicher Kanalleistung und es gibt keinen Kanal irgendwo im Netzwerk der immer gut ist (1).

Auf Grund von Interferenzen und Multipath-Fading, ist als Schlüssel zum Aufbau eines zuverlässigen drahtlosen Systems die Kanal-und-Pfad-Vielfalt anzuwenden.

Lösungen

Wie bereits erwähnt, ist IEEE 802.15.4 eine gut geeignete Technik zur Lösung des WSN-Problems. Solche 802.15.4-Funkstrecken haben geringe Leistung, PHYs mit geringer Datenrate und mehrere unlizenziertere Frequenzbänder, einschließlich dem in Nordamerika verfügbaren 915-MHz-Band, und dem 2,4-GHz-ISM-Band, das weltweit verfügbar ist. Die Spreizspektrum-PHYs für das 2,4-GHz-Band bieten Immunität für Rauschen – eine ziemlich wichtige Eigenschaft für ein Gerät mit geringer Energie, das dazu entwickelt ist, in einem potenziell überfülltesten, lizenzfreien Band zu arbeiten. Der Standard definiert auch einen zuverlässigen, quitierte-Pakete (oder Frame) basierten MAC-Layer mit optionaler Verschlüsselung oder Authentifizierung. Diese flexible Lösung bildet die Basis für mehrere proprietäre und Standard-basierte Protokolle einschließlich dem ZigBee-Protokoll, das verwendet wird, um unsynchronisierte Einkanal-Netzwerke aufzubauen und das Wireless-HART-Protokoll (2), das genutzt wird, um zeitsynchronisierte Mehrkanal-Netzwerke aufzubauen.

Das WirelessHART-Protokoll, das vom Dust-Networks-Geschäftsbereich von Linear Technology entwickelt wurde, hat eine 802.15.4-2,4-GHz-PHY

und einen 802.15.4 basierenden Link-Layer, der Synchronisation, Kanal-Hopping, Prioritäts- und Zeit basierte Authentifizierung zum Standard-802.15.4-MAC hinzufügt. Es besitzt einen Netzwerk-Layer, der das Routing liefert, End-to-End-Security und einen dünnen unzuverlässigen/zuverlässigen Mesh-Transport-Layer. Der WirelessHART-Standard spezifiziert das Time-slot-Timing, wie die Geräte die Synchronisation beibehalten, und wie die Geräte die Zeit-/Kanalkommunikationsmöglichkeiten planen, indem sie die Zeit in „geschlitzte“ Kommunikationsmöglichkeiten (Zeitschlitze) auf wiederholten „Superframes“ einteilen. Das Protokoll wurde entwickelt, um die nahtlose Integration von drahtlosen Geräten in bestehende HART-Installationen zu erlauben, die in industriellen Prozessüberwachungs- und -regelapplikationen weit verbreitet sind. WirelessHART erweitert den Befehlssatz des HART-Applikations-Layer, indem Befehle für das managen der drahtlosen Ressourcen und überwachen der „Gesundheit“ des Netzwerks hinzukommen. WirelessHART-Netzwerke sind sehr zuverlässige Meshes – selbst mit Geräten, die nicht im Sichtbereich liegen und die zehn oder hunderte Meter entfernt sind, hat jedes Gerät mehrere Nachbarn, an die es Daten senden kann – und bietet damit die Pfadvielfalt, die nötig ist, um die Zuverlässigkeit zu sichern. WirelessHART-Netzwerke werden zentral gemanagt wobei die meiste Netzwerk-„Intelligenz“ in einem Manager sitzt. Feldgeräte (drahtlose Sensoren) senden Zustandsinformationen, die der Manager nutzt, um das Netzwerk zu pflegen und zu optimieren sowie Sensordaten an einen Applikations-Proxy, genannt Gateway, weiter zu geben.

Vor kurzem wurde ein neuer 802.15.4-Nachtrag veröffentlicht, der, unter anderem, zeitgeschlitzte Kanal-Hopping-Eigenschaften formalisierte, wie die, die in WirelessHART im 802.15.4-MAC-Layer gefunden werden. Der Standard definiert

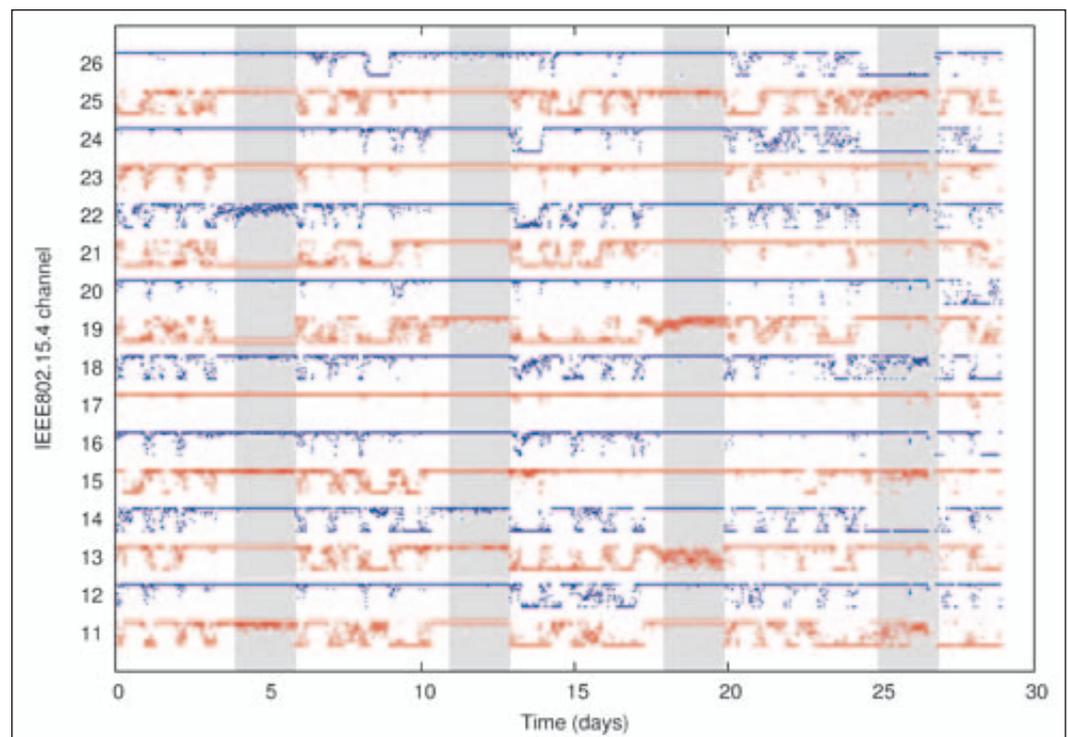


Bild 4: Das Paketübertragungsverhältnis einer drahtlosen Verbindung steigt mit der Zeit

die Mechanismen zum ankündigen der Synchronisationsinformation, um es den Geräten zu erlauben, sich auf ein Netzwerk zu synchronisieren, bietet zeitbasierte Sicherheitsfunktionen und definiert „geschlitzte“ Kommunikations- und Hüpf-Sequenzen. Er macht extensiven Gebrauch von Datenkapselung in „Informationselementen“ – dies erlaubt kundenspezifische Erweiterungen für den MAC, ohne dass man auf eine Aktualisierung des Standards warten muss. Der Nachtrag ist dazu gedacht, die Entwicklung eines Multilayer-Protokolls zu vereinfachen und wurde speziell dazu entworfen, sich an einen 6LoWPAN-komprimierten IPv6-Netzwerk-Layer anzukoppeln, wie er in IETF-RFCs 4944 und 6282 (3) definiert ist.

Anwendungen

Die Produktlinie SmartMESH von Dust Networks enthält sowohl WirelessHART- und 6LoWPAN-kompatible IPv6-Produkte die 802.15.4 nutzen, um die zuverlässigste WSN-Lösung mit geringstem Leistungsverbrauch auf dem Markt zu liefern. Dust Eterna „Stäub-

chen“ (LTC5800-Familie) sind Einchip-Bausteine, die einen Cortex-M3-Mikroprozessor, Speicher und Peripheriefunktionen an die 802.15.4-Funkstrecke mit der geringsten Leistungsaufnahme koppeln, die heute am Markt verfügbar ist (Bild 5). Entwickler betten ein solches elektronisches „Stäubchen“ in ihr Sensorgehäuse ein und können sich auf das Netzwerk verlassen, dass es Sensordaten erfasst, optimiert und an ihre Applikation übertragen. Die Manager von Dust erlauben durch das Angebot an Daten- und Konfigurationsschnittstellen für das Netzwerk das elegante Skalieren von zehn auf tausend Geräte. Beide Produktfamilien bauen extrem zuverlässige, Multi-Hop-Mesh-Netzwerke auf, die für jeden einzelnen Sensorknoten konfigurierbare Datenraten haben können. Sie sind geeignet, eine Vielzahl von WSN-Problemen zu lösen. Einige Beispiele für Anwendungen, die Dust-„Stäubchen“ und Manager enthalten, sind folgende:

Parksysteme – Streetline (4) ist ein Anbieter von smarten Parksystemen, die in Echtzeit die Verfügbarkeit von Parkplätzen

in Städten überwachen und anzeigen. Fahrzeugdetektoren sind unterhalb der Parkplätze im Untergrund installiert und werden vom Straßenverkehr überrollt. Dies bringt Herausforderungen, da die Antenne für den Sensor im Untergrund angesiedelt ist und dann noch von einem metallischen Fahrzeug abgedeckt wird, wenn der Parkplatz belegt ist. Die drahtlose Pfadvielfalt ist unumgänglich, da unterschiedliche Fahrzeugpositionen die Pfadqualität zwischen Sensorpaaren ändern. Streetline installiert deshalb erhabene Repeater an nahe gelegenen Straßenlampen, um eine Sichtlinie zu den blockierten Sensoren aufrecht zu erhalten. Diese Repeater formen ein Multi-Hop-Mesh, um alle diese Besetzt-Informationen zu lokalen Netzwerk-Managern zu übermitteln, wo sie in einer stadtweiten Datenbasis gesammelt werden, die für die Anwender und Vollzugsbehörden verfügbar ist. Die drahtlose Technik ist für diese Anwendung wichtig, weil es unmöglich ist, Sensoren an jedem Parkplatz zu verdrahten und die verlustleistungsarme

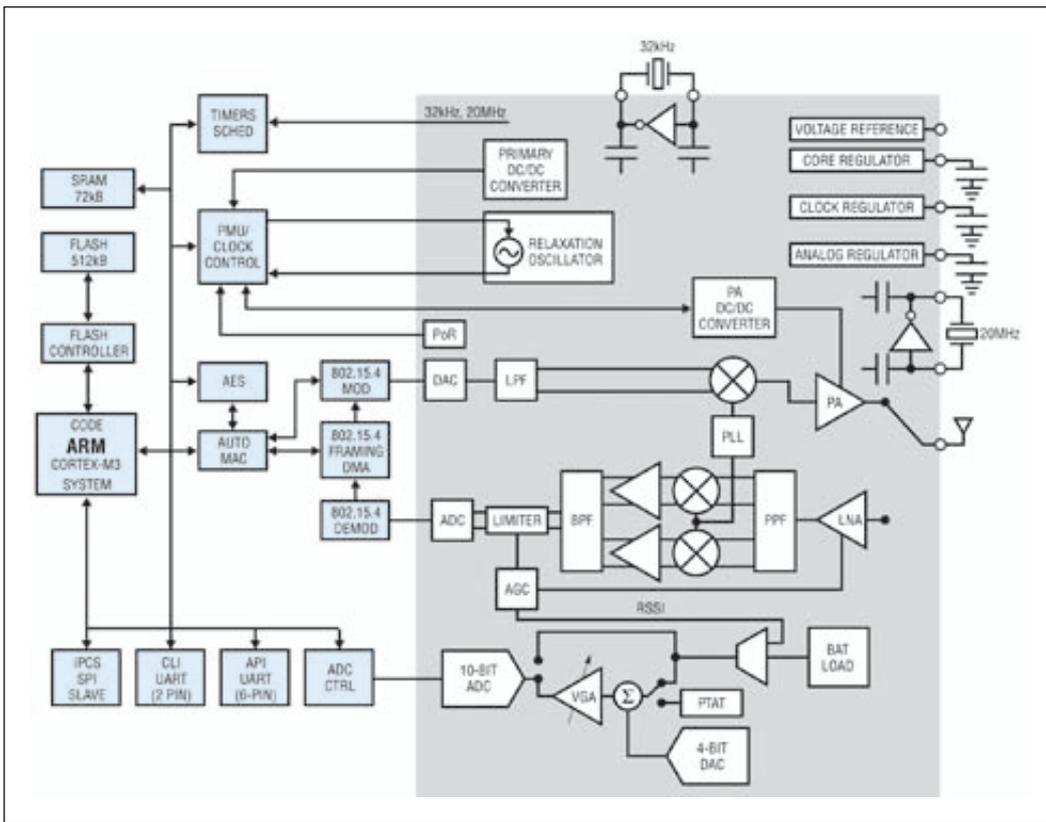


Bild 5: Blockschaltung der LTC5800-Dust-Eterna-„Stäubchen“

drahtlose Technik die Häufigkeit des Batterieaustauschs reduziert.

Prozessregelung in Raffinerien – Chevron nutzt drahtlose Netzwerke, um die Fabriken zur Ölgewinnung und Raffination zu überwachen. Diese Netzwerke sind oft in rauen Umgebungen eingesetzt (wegen gefährlich hohen Temperaturen, Chemika-

lien, oder dem Risiko von Explosionen) in denen es unmöglich ist, Installationen mit verdrahteten Sensoren zu betreiben.

Darüber hinaus ermöglicht die drahtlose Technik die Überwachung von rotierenden Strukturen und mobilen Bedienpersonen. Für einen Einsatz (Bild 6) sind drahtlose Netzwerke an

unterschiedlichen Orten in einer großen Raffinerie installiert.

Um die Daten für ein zentrales Kontrollzentrum zu sammeln, wurde ein IEEE 802.15.4-drahtloses Mesh von Cisco als Backhaul-Verbindung für jeden IEEE 802.15.4-Netzwerk-Manager verwendet. Dies erlaubte es den Low-Power-Sensoren an ihren

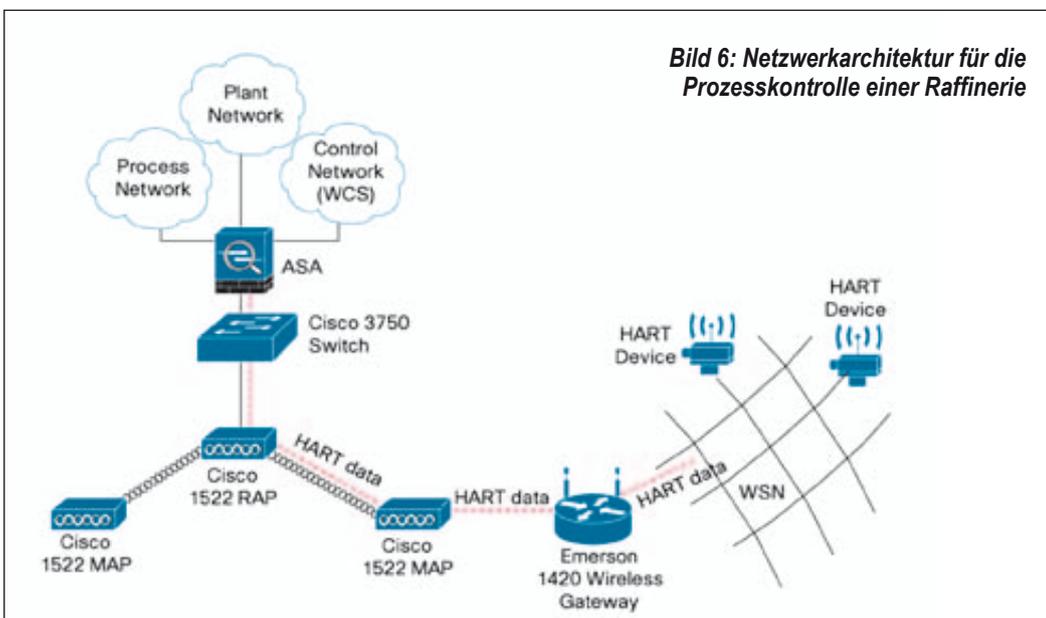


Bild 6: Netzwerkarchitektur für die Prozesskontrolle einer Raffinerie

lokalen Manager zu berichten, wo die Daten gesammelt werden und zuverlässig weiter gegeben wurden. Dieser Einsatz repräsentiert eine leistungsstarke Fusion der beiden Standards.

Überwachung des Energieverbrauchs – Vigilent (5) nutzt intelligente Energiemanagementsysteme für Innenräume wie Datenzentren, in denen die Regelung der Klimatisierung wichtig ist. Wenn die Temperatur an einem beliebigen Ort im Datenzentrum ansteigt, kann das zu Ausfällen des Equipments führen, deshalb läuft die Klimaanlage häufig ununterbrochen mit voller Leistung, wodurch Energie verschwendet wird. Da die Betriebsleiter abgeneigt sind, ihre internen Netzwerke nutzen und evtl. zu gefährden, setzt Vigilent drahtlose Geräte ein, die den regulären Betrieb nicht stören. Die Betriebsstätten sind auch sicherheitsrelevant, so dass das drahtlose Protokoll eine End-to-End-Verschlüsselung von allen Datenpaketen haben und zusätzliche Sicherheit durch den Netzwerk-Manager bieten muss. Die Messpunkte in Datenzentren sind üblicherweise sehr dicht angeordnet und Vigilent hatte Erfolg mit dem Einsatz mehrerer überlappender Netzwerke, um die benötigte Anzahl an Sensoren realisieren zu können.

Zusammenfassung

Zeitsynchronisierte Mehrkanal-Mesh-Netzwerke, basierend auf 802.15.4-Funkstrecken, adressieren viele der Herausforderungen, die mit dem Aufbau von zuverlässigen flexiblen Sensornetzwerken mit geringster Leistungsaufnahme zusammenhängen.

Referenzen

- (1) L. Doherty, W. Lindsay, J. Simon, K. Pister, "Channel-Specific Wireless Sensor Network Path Analysis," Proc. ICCCN '07, Honolulu, HI, 2007.
- (2) http://www.hartcomm.org/hcf/documents/documents_spec_list.html
- (3) <https://datatracker.ietf.org/doc/>
- (4) <http://www.streetline.com/>
- (5) <http://www.vigilent.com/>

RF- und Mikrowellen-Transformatoren, Teil 1

Dieser Anwendungsbericht soll die Grundlagen von RF- und Mikrowellentransformatoren erläutern und Richtlinien zur Auswahl eines Transformators für bestimmte Anwendungen geben. Der Bericht beschränkt sich auf Kern- und Draht- sowie LTCC-Transformatoren.

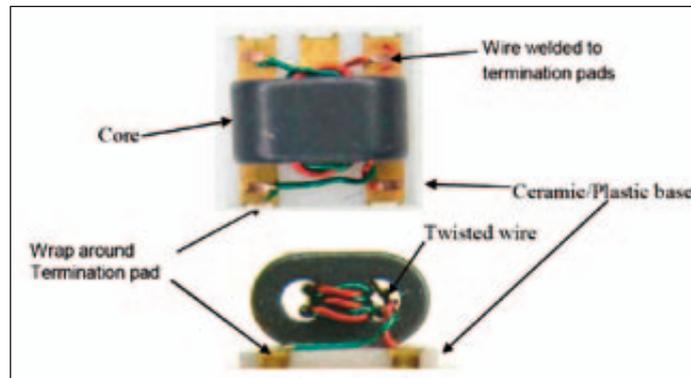


Bild 1: Transformator auf binokularem Kern mit offenem Gehäuse

Was ist ein Transformator?

Ein Transformator ist ein passives Bauelement, das eine gegebene Impedanz, Spannung, oder einen Strom in einen anderen Sollwert umwandelt. Zusätzlich kann der Transformator auch Gleichstromisolierung, Gleichtaktunterdrückung und Umwandlung von symmetrischen Impedanzen in unsymmetrische bewirken oder umgekehrt. Transformatoren gibt es in einer Vielfalt von Ausführungen; unser Schwerpunkt liegt hier auf Transformatoren für RF- und Mikrowellenanwendungen.

Im Grunde genommen besteht ein RF-Transformator aus zwei oder mehr Windungen die durch ein magnetisches Feld miteinander verbunden sind. Wenn nur eine Wicklung vorhanden ist, an der eine Wechselspannung liegt, wird ein sich ändernder magnetischer Fluss erzeugt. Die Amplitude des magnetischen Flusses hängt vom fließenden Strom und der Anzahl der Windungen ab. Der gemeinsame Fluss, der mit der Sekundärwicklung verbunden ist, induziert in ihr eine Spannung, deren Amplitude abhängig ist von der Anzahl der Windungen in der Sekundärwicklung. Je nach Windungszahl kann eine gewünschte Erhöhung oder Absenkung von Spannungen, Strömen oder Impedanzen realisiert werden.

Wozu sind Transformatoren erforderlich?

Transformatoren werden in folgenden Anwendungen benötigt:

- Impedanzanpassung; sie sollen den maximalen Leistungstransfer zwischen zwei Bauelementen ermöglichen.
- Aufwärts- oder Abwärtstransformation von Spannung oder Strom
- Gleichstromisolierung zwischen Schaltungsstufen bei gleichzeitiger wirkungsvoller Wechselstromübertragung.
- Interface zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Schaltungen; beispielsweise bei Gegentaktverstärkern, oder ICs mit symmetrischen Eingängen, so wie es bei A/D-Wandlern der Fall ist.
- Gleichtaktunterdrückung in symmetrischen Architekturen

Wie sind Transformatoren aufgebaut?

Ein RF-Transformator enthält normalerweise zwei oder mehr zusammengedrehte, isolierte Kupferlackdrähte, die um einen Kern oder durch Löcher im Kern, sei er magnetisch oder unmagnetisch gewickelt werden. Je nach Entwurfs- und Leistungsanforderungen kann der Kern binokular sein, wie in Bild 1, eine Ringkernspule wie in Bild 2 usw. Die

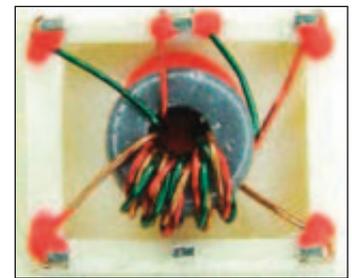


Bild 2: Ringkern

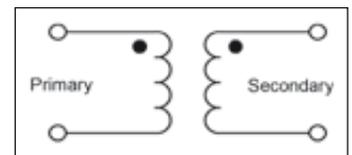


Bild 3: Transformator-Ersatzschaltbild

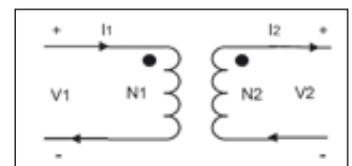


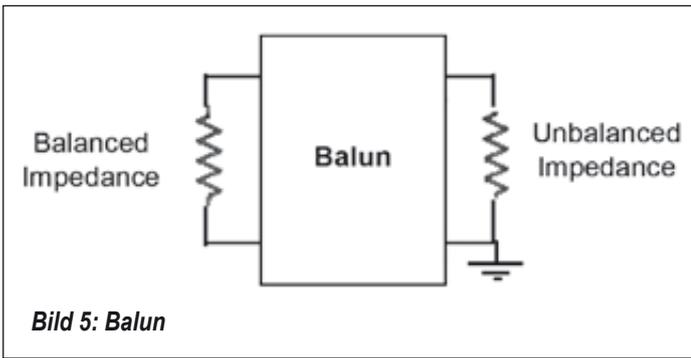
Bild 4: Transformator, der die Punktconvention in Bezug auf Spannung und Stromrichtung anzeigt

Enddrähte der Wicklungen werden an entsprechende isolierte Anschlusspunkte geschweißt oder gelötet. Die Kern- und Drahtanordnung wird in einem Plastik-, Keramik- oder Metallgehäuse untergebracht.

Der ideale Transformator

Bei niedrigen Frequenzen erzeugt ein Wechselstrom, der an einer Primärwicklung liegt, einen zeitvariablen magnetischen Fluss. Er induziert eine Spannung in einer anderen Wicklung (sekundär). Bei hohen Frequenzen bilden die Kapazitäten zwischen den Windungen und die Induktivität des Drahts eine Übertragungsleitung, die dafür sorgt, dass sich eine elektromagnetische Welle von der Primär- zur Sekundärwicklung ausbreitet. Die Kombination aus magnetischer Kopplung und

Unter Verwendung der Applikationsschrift AN 20-002 Mini-Circuits www.minicircuits.com



Übertragungsleitungs-Ausbreitung sorgt dafür, dass der Transformator außerordentlich große Betriebsbandbreiten erreicht (1:100000 oder mehr). Bild 3 zeigt die ideale Schaltung eines vereinfachten Transformators mit zwei Windungen.

Punkt-konvention des idealen Transformators

Wenn am gepunkteten Ende der Primärwicklung die Spannung positiv in Bezug auf das nicht gepunktete Ende ist, dann ist die Spannung am gepunkteten Ende der Sekundärwicklung auch positiv in Bezug auf das nicht gepunktete Ende, wie Bild 4 zeigt.

Wenn der Primärstrom in das gepunktete Ende der Primärwicklung fließt, fließt Strom aus dem gepunkteten Ende der Sekundärwicklung heraus. Wenn man bei niedrigen Frequenzen die kleine Einfügungsphase vernachlässigt, dann sind die Ströme I_1 und I_2 in Phase. In Bild 4 sind N_1 und N_2 die Anzahl der Windungen und V_1 und V_2 die Spannungen an der Primär- und der Sekundärseite.

Transformatorgleichungen

Für einen idealen Transformator gelten folgende Gleichungen:

$$n = N_2/N_1$$

$$V_2 = n \times V_1$$

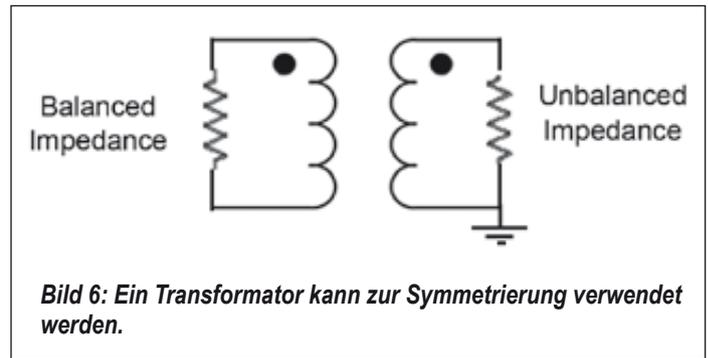
$$I_2 = I_1/n$$

$$Z_2 = n_2 \times Z_1$$

Faradays Gesetz der Induktion besagt, dass die einer Spule induzierte Spannung V der Änderung des magnetischen Flusses $N\Phi$ gleich ist in bezug auf den zeitlichen Verlauf. Auf dieser Grundlage wurden die Transformatorgleichungen abgeleitet.

Sie geben an, dass sich die Amplitude der Ausgangsspannung aus der Multiplikation des Windungszahlverhältnisses mit der Eingangsspannung V_1 ergibt. Es besagt auch, dass der Ausgangsstrom I_2 sich aus dem Eingangsstrom ergibt, wenn man ihn durch das Windungszahlverhältnis dividiert und man die Ausgangsimpedanz Z_2 erhält, wenn man die Eingangsimpedanz Z_1 mit dem Quadrat des Windungszahlverhältnisses multipliziert.

Zum Beispiel:



Es sei $n = 2$ und $Z_1 = 50$ Ohm. Dann ergibt sich:

$$V_2 = 2 V_1$$

$$I_2 = I_1/2$$

$$Z_2 = 4 Z_1 = 200$$
 Ohm.

Was ist ein Balun?

Bevor wir definieren, was ein Balun ist, müssen wir unsymmetrische und symmetrische Impedanzen definieren. Bei einer symmetrischen Zweipolimpedanz ist keines seiner Terminals geerdet, während eine unsymmetrische Impedanz eine Verbindung mit Masse hat (Bild 5). Per Definition ist ein Balun, auch Symmetriertransformator genannt, eine Vorrichtung, die symmetrische Impedanzen in unsymmetrische und umgekehrt umwandelt. Zusätzlich können Baluns Impedanztransformationen ausführen, daher auch der Name Balun-Transformator. Die meisten Transformatoren können als Symmetriertransformatoren benutzt werden, wie das Beispiel in Bild 6 zeigt.

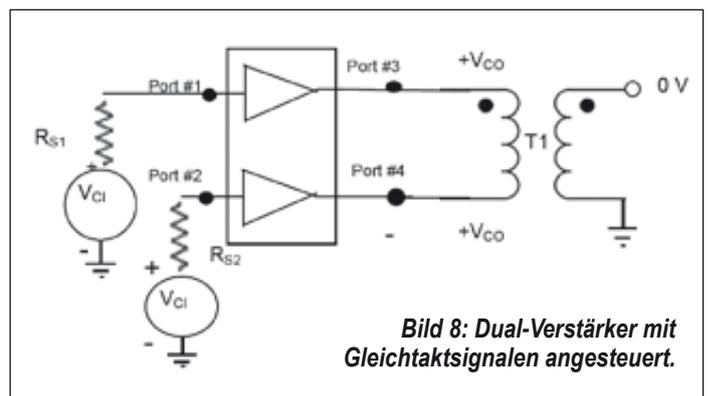
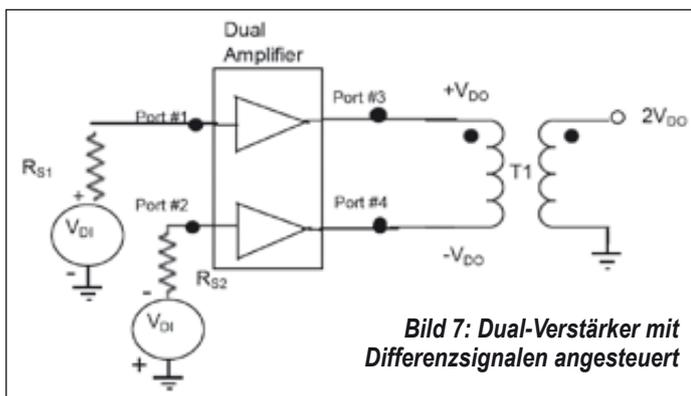
Gleichtaktunterdrückung

Eine der gebräuchlichsten Anwendungen von Baluns

besteht darin, sie zur Gleichtaktunterdrückung einzusetzen. Um die Gleichtaktunterdrückungseigenschaften eines Baluns zu demonstrieren, wollen wir als Beispiel einen zweistufigen Verstärker in Kaskade mit einem 1:1-Balun verwenden. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass die S-Parameter der beiden Verstärker identisch sind und der Balun ideales Verhalten zeigt.

Wenn zwei Signale VDI von gleicher Amplitude aber unterschiedlicher Polarität (Differenzsignale) an die beiden Verstärkereingänge gelegt werden, dann werden sie verstärkt und erscheinen wieder als zwei Signale gleicher Größe (VDO) aber unterschiedlicher Polarität am Ausgang, wie Bild 7 zeigt. Sie werden in T1 (Balun 1:1) kombiniert und ergeben ein Signal der Amplitude 2 VDO.

Wenn zwei Signale gleicher Amplitude und gleicher Polarität (Gleichtaktsignale) an die Eingänge eines Dual-Verstärkers gelegt werden, werden sie verstärkt und erscheinen am Ausgang als zwei Signale gleicher Amplitude (VCO) und gleicher Polarität (siehe Bild 8). Diese



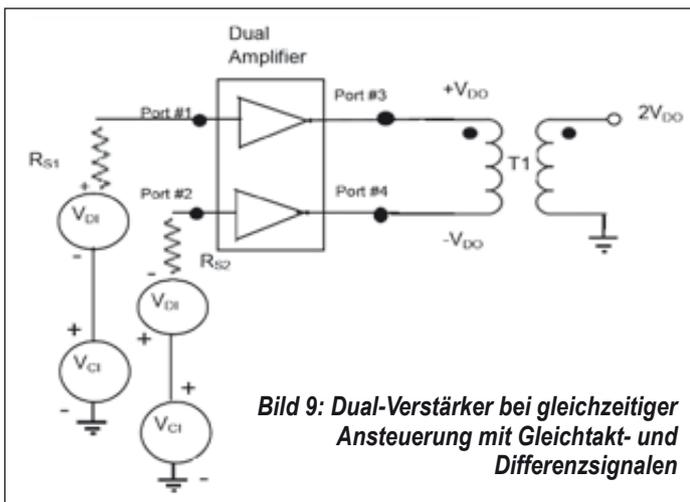


Bild 9: Dual-Verstärker bei gleichzeitiger Ansteuerung mit Gleichtakt- und Differenzsignalen

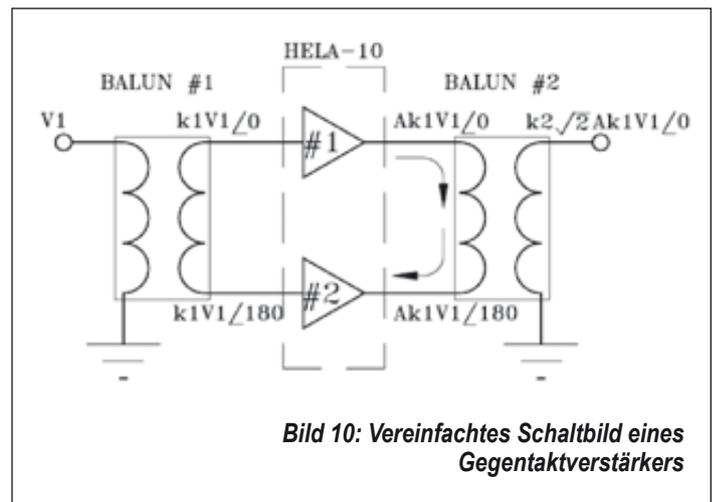


Bild 10: Vereinfachtes Schaltbild eines Gegentaktverstärkers

Signale werden in Balun T1 kombiniert, wo sie sich auslöschten und sich ein Ausgangssignal der Größe 0 V am Ausgang von T1 ergibt.

Gleichtaktsignal zu unterdrücken und die Differenzsignale zu kombinieren.

Im wirklichen Leben werden sowohl unerwünschte Gleichtaktsignale als auch gewollte Differenzsignale am Eingang des Dual-Verstärkers anliegen, wie Bild 9 zeigt. Der Symmetriertransformator bewältigt hier hervorragend die Aufgabe, das

Um die Vorteile der Gleichtaktunterdrückung in einem Symmetriertransformator zu erläutern, sehen wir uns ein PC-Board mit unsymmetrischen Baugruppen (z.B. Verstärker, Mischer usw.) an, die mit ungeschirmten Übertragungsleitungen wie Microstrip verbunden sind, sowie ein PC-Board, bei dem

symmetrische Bauelemente mit ungeschirmter Übertragungsleitung verbunden sind.

Im ersten Fall wird jedes im Band interferierende Signal, wie z.B. Störstrahlungen von einer benachbarten Schaltung, zum gewünschten Signal hinzugefügt, wobei es keine Möglichkeit gibt, das gewünschte vom unerwünschten Signal zu trennen. Dies führt zu einer Verschlechterung der Systemeigenschaften

wie z.B. des Signal/Rauschabstands. Im zweiten Fall liegt das Störsignal auf beiden Leitungen gleichzeitig, die zu den Eingängen des symmetrischen Verstärkers führen, wobei die Signale wegen der räumlichen Nähe, die gleiche Amplitude haben.

Wird das Ausgangssignal einer solchen symmetrischen Einheit durch einen Symmetriertransformator in ein unsymmetrisches Signal umgewandelt, wird das

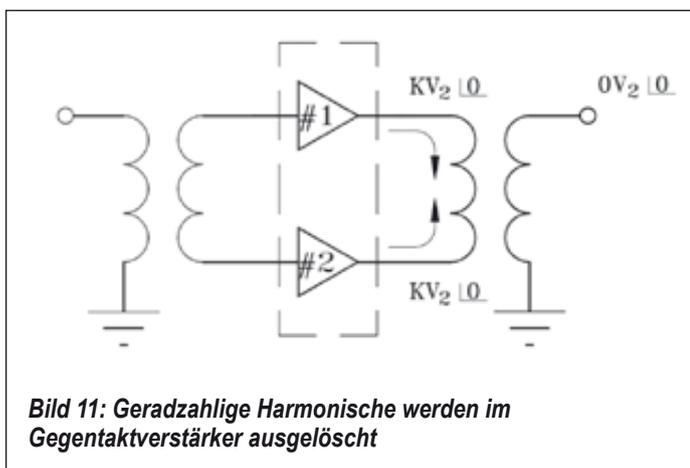


Bild 11: Geradzahlige Harmonische werden im Gegentaktverstärker ausgelöscht

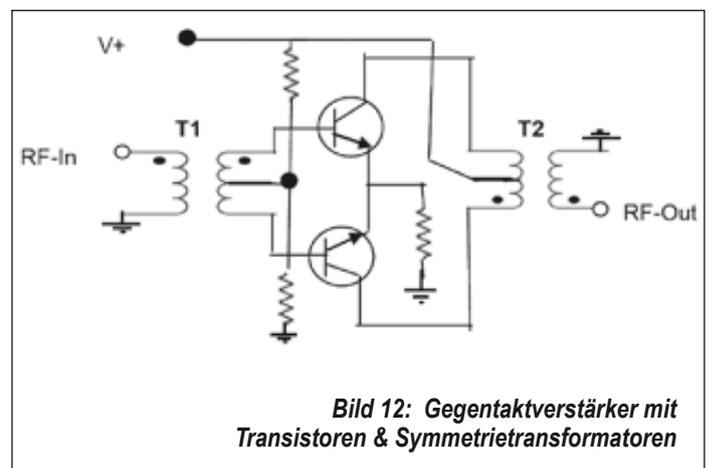


Bild 12: Gegentaktverstärker mit Transistoren & Symmetriertransformatoren

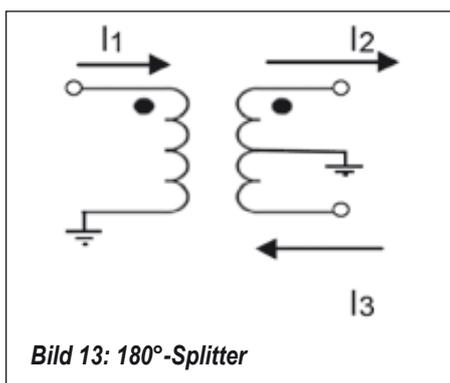


Bild 13: 180°-Splitter

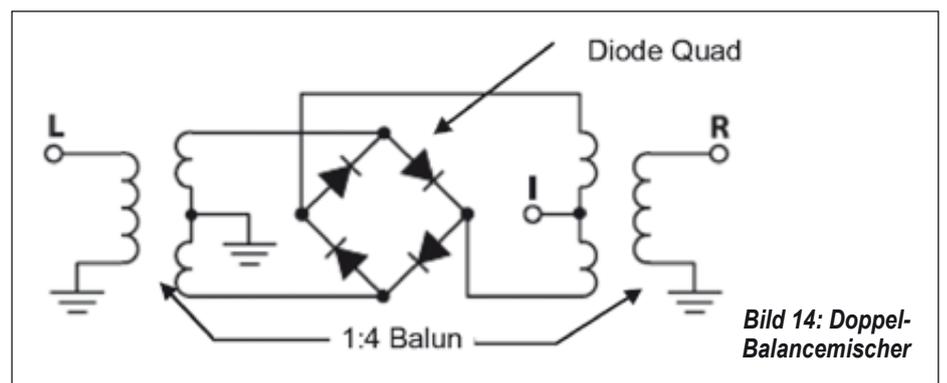


Bild 14: Doppel-Balancemischer

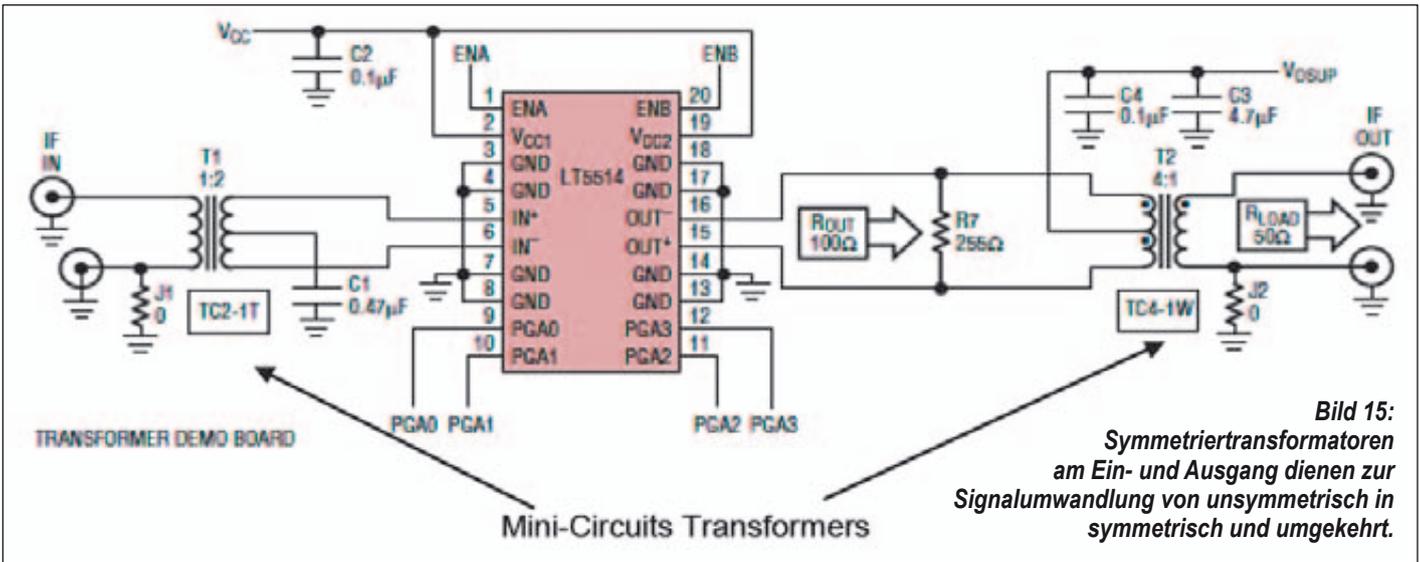


Bild 15:
Symmetriertransformatoren am Ein- und Ausgang dienen zur Signalumwandlung von unsymmetrisch in symmetrisch und umgekehrt.

interferierende Signal, das von Natur aus ein Gleichtakt-Stör-signal ist, unterdrückt. In einem idealen Balun haben die Signale, die am Ausgang von symmetrischen Anschlüssen erscheinen, die gleiche Amplitude, unterscheiden sich in der Phase aber um 180°. In Wirklichkeit gibt es sogar in gut aufgebauten Symmetriertransformatoren eine kleine Amplituden- und Phasensymmetrie. Amplitudensymmetrie ist der Unterschied zwischen den Amplituden (in dB), und die Phasensymmetrie ist die Abweichung von 180° in Graden. Ein gut aufgebauter Transformator kann Werte von 0,1 dB Amplitudenabweichung und 1°-Phasensymmetrie in Bandmitte aufweisen. Unsymmetrie führt dazu, dass die Gleichtaktunterdrückung nur endliche Werte erreicht, statt fast unendlich groß ist.

Gegentaktverstärker

Vorteile:

- Unterdrückung geradzahlgiger Harmonischer
- ~ 3 dB höhere Ausgangsleistung, IP3 ebenfalls 3 dB größer als bei einem Einzelgerät

Breitband-Kommunikationssysteme verwenden Signale, die einen Bereich von mehreren Oktaven belegen können. CATV-Signale beispielsweise belegen den Bereich von 50 bis 1000 MHz, das sind mehr als vier Oktaven. Werden solche Signale in konventionellen Verstärkern

verarbeitet, können sie aufgrund der im Verstärker erzeugten Produkte zweiter Ordnung verzerrt werden. Zum Beispiel ist zweite Harmonische eines 50-MHz-Signals 100 MHz, so auch die zweite Harmonische von 400 MHz, die 800 MHz beträgt, wobei beide innerhalb des Bands liegen.

Ein idealer Gegentaktverstärker kann die intern generierten Produkte auslöschen und die Signalqualität erhalten. Bild 10 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild eines derartigen Verstärkers. Er besteht aus zwei Symmetriertransformatoren und zwei identischen Verstärkern. Wenn ein Signal auf den Eingang des ersten Baluns (Balun #1) gelegt wird, besteht das Ausgangssignal des Symmetriertransformators aus zwei Signalen gleicher Amplitude aber außer Phase. Diese Signale werden verstärkt und im Ausgangs-Balun (2) kombiniert.

Der Gewinn eines Gegentaktverstärkers ist der gleiche wie der eines einzelnen Verstärkers, während die Ausgangsleistung jedoch doppelt so groß ist. Gegentaktverbindungen werden häufig zur Kombination der Leistung mehrerer Verstärker verwendet. Ein zusätzlicher Nutzen besteht darin, dass Gegentaktverstärker Produkte geradzahlgiger Ordnung auslöschen, da geradzahlgige Harmonische in Phase sind. Bild 11 zeigt ein Beispiel für die zweite Harmonische. Das gleiche gilt auch für

andere geradzahlgige Produkte, die in die Betriebsbandbreite des Transformators fallen. Der HELA 10+ von Mini Circuits besteht aus einem Verstärkerpaar. Da sie sich auf demselben Chip befinden, sind ihr Gewinn und ihre Phase sehr gut gepasst. Wenn daher ein ausbalanciertes Signal an den Eingabe des HELA 10 +s gelegt wird, dann ist das Ausgangssignal ebenfalls ausbalanciert. Durch Verwendung von zwei Symmetriertransformatoren am Eingang und am Ausgang wird ein unsymmetrisches Eingangssignal zuerst in T1 in ein symmetrisches Signal umgewandelt, dann in HELA 10 verstärkt und im Transformator T2 kombiniert, um ein unsymmetrisches Signal nach Masse zu erhalten. Der IP2 eines derartigen Verstärkers liegt über 87 dBm.

Bild 12 zeigt einen Gegentaktverstärker mit Transistoren. Die Basis erhält ihre Vorspannung über die Mittenanzapfung von T1, die Speisung der Kollektoren erfolgt über T2. Die Trafo-Konfigurationen A, B und F können für diese Aufgabe verwendet werden. Sieht man Trennkondensatoren am Eingang vor, kann auch die Konfiguration H genutzt werden..

Selektionskriterien für die Symmetriertransformatoren:

Betriebsfrequenz: F1 bis F2

Balun-Betriebsfrequenz: 0,5 F1 bis 1,2 F2

Konfigurationen: A, B, F und H

Leistungsteiler 180°

Die Ausgangssignale eines idealen Transformators sind von gleicher Größe und von entgegengesetzter Phase, wie Bild 13. Er kann daher als 180°-Teiler verwendet werden.

Doppel-Balancemischer

In seiner einfachsten Form besteht er aus einem Paar 1:4-Baluns und einem Diodenquartett. Die Mittelanzapfung des LO-Transformators ist geerdet, und die Mittelanzapfung des RF-Baluns (rechts) wird zur Entnahme der ZF verwendet (siehe Bild 14).

Konvertieren von unsymmetrisch in balanciert

Viele am Markt verfügbare ICs haben symmetrische Ein-/Ausgangsanschlüsse. Wenn derartige ICs an unsymmetrische Schaltungen gekoppelt werden müssen, sind Baluns erforderlich. Ein Beispiel dafür zeigt Bild 15.

Der zweite Teil dieses Artikels befasst sich mit den Konfigurationen und den Eigenschaften von Transformatoren und der Testcharakterisierung ◀

Test & Measurement

Agilent Technologies Introduces Microwave Analog Signal Generators with Industry-Leading Phase Noise, Power and Speed



Agilent expanded its range of signal generators with two new models that provide unmatched performance in phase noise, output power and frequency-switching speed. Complementing Agilent's flagship E8267D vector PSG and E8257D analog PSG, the new N5183B MXG and N5173B EXG microwave analog signal generators provide important alternatives in size, speed and cost. The pure and precise

N5183B MXG analog is an alternative to the high-performance PSG. The MXG offers accuracy, efficiency and near-PSG performance in just two rack units. Its best-in-class phase noise of less than -124 dBc/Hz (at 10 GHz, 10 kHz offset) and -75 dBc spurious enables module- and system-level testing up to 40 GHz. It also accelerates the calibration of complex systems with best-

in-class switching speed of less than 600 μ s.

The N5173B EXG analog is a cost-effective choice when system creators need to balance budget and performance. Offering the best combination of output power (+20 dBm at 20 GHz) and low harmonics (<-55 dBc), the EXG is well-suited to the characterization of broadband microwave components such as filters and amplifiers. With low-cost coverage to 40 GHz, it also supports continuous-wave (CW) blocking for receiver testing or basic local-oscillator upconversion for point-to-point microwave backhaul links.

To reduce cost of ownership, the MXG and EXG signal generators are designed for reliability and fast, easy calibration, service and repair. The recommended three-year calibration cycle and self-maintenance strategy help reduce support costs and increase instrument uptime.

The PSG continues to set the standard for performance and is the industry's most trusted microwave signal generator, with thousands of units deployed in hundreds of programs around the world. It can produce pure CW tones up to 70 GHz; signals with 1 W (+30 dBm) of power; complex, vector-modulated signals with 2 GHz bandwidth up to 44 GHz; and more. With extremely low phase noise of less than -126 dBc/Hz (10 GHz, 10 kHz offset), the PSG can serve as a reference source in metrology labs.

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

■ *Agilent Technologies*
www.agilent.co.uk

News

Richardson RFPD Announces SiC Tech Hub

Richardson RFPD, Inc. today announced the launch of its SiC Tech Hub, a micro-website featuring the latest news and new product releases related to Silicon Carbide (SiC) technology.

SiC offers significant advantages in high power, high voltage applications where power density, higher performance and reliability are of the utmost importance. Industrial applications like solar inverters, welding, plasma cutters, fast vehicle chargers and oil exploration are a few examples that benefit from the higher breakdown field strength and improved thermal conductivity that SiC offers over silicon (Si) material.

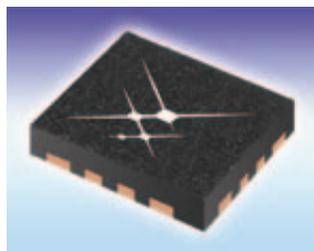
Richardson RFPD has an extensive SiC offering, including a selection of Schottky diodes, MOSFETs and IGBTs from industry-leading manufacturers Cree, Microsemi, Vincotech and Powerex. The SiC Tech Hub brings together these products with exclusive design resources focused on this emerging technology.

The wide range of design resources offered on the SiC Tech Hub includes application notes, brochures, datasheets, presentations, selector guides, supplier documentation, technical articles and videos.

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

Wireless

Highly integrated 5 GHz WLAN front-end module for reference designs



Skyworks Solutions, Inc. introduces a highly integrated 5 GHz WLAN front-end module for reference designs targeting smartphones and tablets in a 2.5 x 2.5 mm, QFN package. The SKY85702-11

incorporates a power amplifier and a SPDT transmit and receive switch for mobile/portable 802.11ac applications and systems. The high-performance FEM operates from a single supply voltage of 3.6V, with an enable/disable function that allows power savings during off mode. An integrated power detector with 20 dB of dynamic range provides closed-loop power control within the system.

Test & Measurement

Stand-Alone Generator for Slow Damped Oscillatory Wave Testing



Teseq, a leading developer and provider of instrumentation and systems for EMC emission and immunity testing, has introduced an easy-to-use, stand-alone generator for slow damped oscillatory wave testing in single phase equipment up to 270 V and 16 A. The new NSG 3040-SOW is in compliance with current testing standards IEC/EN 61000-4-18 and ANSI C37.90.1.

Ideal for use by power stations, substations, electric meter manufacturers, relays and switch manufacturers as well as EMC testing labs that already use Teseq equipment, the NSG 3040-SOW enables users to perform over-testing at test levels up to 4.4 kV. The NSG 3040-SOW features unique capabilities including selectable reduced source impedance as well as

higher pulse rates which enable users to test under conditions that are closer to reality, ensuring their product will perform as intended in the real world.

Designed to complement Teseq's line of NSG 3040 and NSG 3060 series of EMC test generators, the NSG 3040-SOW features the same user-friendly 7" high contrast, color touch-screen interface featuring superb graphics to enable quick and user-friendly set-up of test procedures. The generator can obtain quick, reliable results of standardized tests with a few clicks using the integrated Test Assistance (TA) function. The NSG 3040-SOW offers inputs supported by an integrated keyboard or thumbwheel with additional keys for sensitivity adjustment. The new generator features Windows-based control software that simplifies test programming and compilation of complex test sequences composed of multiple waveform types.

Technical Specifications of NSG3040-SOW

- Test voltage range from 0.2 kV to 4.4 kV
- Oscillation frequency of 100 kHz and 1 MHz
- Selectable source impedance of 200 Ohm and 150 Ohm
- Pulse repetition rates exceed standards requirement
1 MHz pulse: From 1/s to 600/s, default is 400/s
100 kHz pulse: From 1/s to 120/s, default is 40/s
- Ethernet port for external PC control
- Approximate weight: 25 kg (55 lbs)
- Dimensions: 449 mm (17.7") wide x 226 mm (8.9") high x 565 mm (22.2") deep

■ Teseq Ltd.
www.teseq.com

New Attenuator Models Offer Up to 120 dB of Programmable Attenuation



Vaunix has announced the addition of two new models to their family of LDA Series Digital Attenuators. This product family now offers attenuators with up to 120 dB of programmable attenuation through 6,000 MHz. The LDA-102E and LDA-602E all have input power of up to 2 W. The LDA-102E offers frequency coverage of .1 - 1,000 MHz while the LDA-602E model ranges from 400 - 6,000 MHz. Both units are

powered and controlled by connection to a PC or self-powered USB hub, and are programmable for fixed attenuation or swept attenuation ramps directly from the included graphical user interface (GUI) software. Easily programmable for ATE applications, the LDA Digital Attenuators can also be used in WiMAX, 3G, 4G, LTE, DVB Fading Simulators, and engineering and production test labs. The LDA-102E and LDA-602E models retail at \$850.00. They can be purchased directly from the Vaunix website at <http://vaunix.com/products/digital-attenuator/overview.cfm>.

■ Vaunix Technology Corp
www.vaunix.com

Software

New Calculator Plots Phase and Amplitude Errors to Easily Manipulate Image Rejection

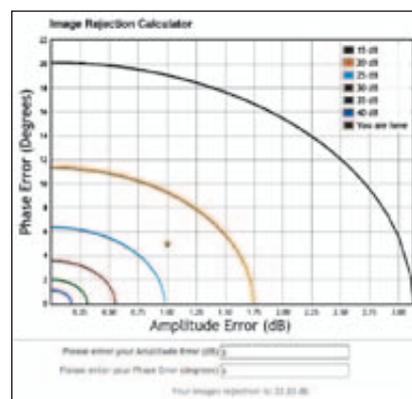


image rejection as a function of phase and amplitude error. After the user inputs a specific error condition, the program computes the image rejection and displays the result on the graph along with the contours. This visual representation allows the user to see which error is most significant,

thereby offering a path to improved performance.

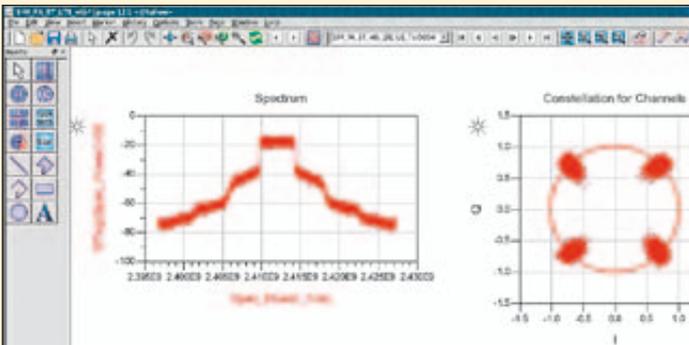
Custom MMIC is pleased to introduce a new, easy-to-use Image Rejection Calculator to their suite of free online tools. This innovative new tool displays the contours of constant

thereby offering a path to improved performance.

■ Custom MMIC
www.CustomMMIC.com

Software

GoldenGate Software Release Brings Wireless Standard-Compliant Design into RFIC Designers' Hands



Agilent Technologies Inc. announced the latest release of GoldenGate, its RFIC simulation, verification and analysis software. Agilent EEsof EDA's GoldenGate 2013.10 provides RFIC designers with easy-to-use EVM-, BER- and ACPR-type measurements and enables them to quickly analyze and diagnose problem areas in large-signal analysis. Additionally, it offers a number of new capabilities to reduce simulation time and increase design efficiency.

Wireless Standard-Compliant Design

Advanced wireless standards such as LTE Advanced (4G) and 802.11ac (WLAN) put high demands on linearity, bandwidth and noise performance, which is changing the nature of transceiver IC design. GoldenGate 2013 introduces new verification test benches that allow RFIC designers to easily validate and optimize their designs using standard-compliant waveforms and measurements such as EVM/ACLR in transmitters, or sensitivity/desensitization in receivers.

Ability to Identify and Optimize Critical Components

While GoldenGate is known for its best-in-class RF circuit simulation performance and robustness, it also provides a host of technologies to explore, analyze and optimize RF circuits early in the design cycle. With this latest

release, a new sensitivity analysis has been added that can be applied when analyzing RF circuits, even when running large-signal analyses.

Additional Capabilities

GoldenGate 2013 introduces several enhancements that cover a broad range of applications, including: The fast circuit envelope (FCE) model export from GoldenGate to SystemVue, which now includes noise support that is critical for any receiver test (e.g., sensitivity/desensitization). FCE creates a model that is used in SystemVue to represent the degradation

due to the RFIC in system-level simulations without facing much of a performance impact.

Fast yield contributor support in envelope transient and S-parameter analyses, which provides a dramatic speed-up of Monte Carlo simulations for process and mismatch variations. It also provides a contributor table to identify root cause devices and/or blocks.

Core solver improvements, such as a new oscillator algorithm, that specifically target high-Q oscillators and high-level transient accuracy control.

New automatic steady-state detection and auto-harmonic estimation within initial transient, which reduces simulation time and increases design efficiency.

A broad range of usability enhancements within the graphical user interface, results display and post-processing functionality. Examples include new band spectrum functions for envelope transient measurements or mean value, and standard deviation

for each noise source within the noise contribution table.

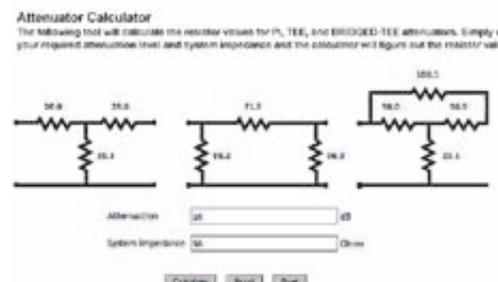
Model support for UTSOI v1.14 and v2.0, and Angelov GaN, as well as model release updates for HICUM level0 1.31 and NXP's SiMKit version 4.0 and 4.01.

GoldenGate is the most trusted simulation, verification and analysis solution available for integrated RF circuit design within the Cadence Virtuoso design flow. Its unique simulation algorithms are optimized for the demands of today's complex RF circuit designs, enabling full characterization of complete transceivers prior to tape-out. GoldenGate is part of Agilent EEsof's RFIC simulation, analysis and verification solution, which also includes Momentum for 3-D planar electromagnetic simulation, SystemVue and Ptolemy wireless test benches for system-level verification, and the Advanced Design System data display for advanced data analysis.

■ *Agilent Technologies*
www.agilent.co.uk

Software

New Calculator Determines Resistor Values for PI, TEE, and BRIDGED-TEE Attenuators



Custom MMIC, a developer of performance-driven monolithic microwave integrated circuits (MMICs), announces the release of a new, easy-to-use Attenuator Calculator to their suite of free online tools. The company also

offers Cascade Analysis, Thermal Analysis, and Image Rejection calculators. The new calculator determines the resistor values for PI, TEE, and BRIDGED-TEE fixed attenuators. Users simply enter their required attenuation level and system impedance, and the calculator displays the required resistor values.

Like all of Custom MMIC's calculators, the purpose of the new Attenuator Calculator is to help engineers and technologists get their job done more quickly and efficiently. The company has plans to add more online calculator tools in the future.

■ *Custom MMIC*
www.CustomMMIC.com

Wireless

Antenna Control Solutions With New Impedance Tuners for Smartphones and Mobile Devices

RFMD unveiled its first impedance tuner, the RF1105, further expanding the Company's industry-leading portfolio of antenna control solutions. RFMD's programmable RF1105 functions as a tuner sub-system across all LTE frequency bands up to 2.7 GHz, providing antenna feed matching over a wide frequency range. This simplifies antenna design and enables smartphone and mobile device OEMs to optimize antenna power and sensitivity while also maximizing battery life.

As frequency bands proliferate, cellular antennas are required to operate over wider bandwidths, greatly increasing the need for RFMD's impedance tuners. According to industry analyst firm Strategy Analytics, the proliferation of multi-band LTE

devices is expected to drive phenomenal growth in shipments of antenna tuning components, reaching 1.8 billion units per year by 2018.

Due to its unique topology, the RF1105 offers broad symmetric tuner gain and linear performance for optimal power transfer to the antenna, improving total system efficiency, even under the most adverse operating conditions in multi-band LTE and HSPA+ applications.

Like RFMD's antenna tuners, its impedance tuners improve RF system efficiency between the transceiver and the antenna element. While RFMD's antenna tuners optimize radiated efficiency by adjusting or tuning an antenna's resonant frequency, its impedance tuners optimize power transfer to the antenna.

Both are part of RFMD's portfolio of antenna control solutions, which also includes high-performance routing switches that optimize antenna selection and control and enhance cellular data throughput rates.

RFMD's impedance tuners provide a dynamic matching environment and can be programmed to offer optimal performance across multiple conditions and

usage cases. With the RF1105, smartphone OEMs can design antennas for optimal radiated efficiency while also reducing the potential tradeoffs associated with fixed matching components. It is sampling now with lead customers, and volume production is expected to begin in the first quarter of 2014.

■ *RF Micro Devices*
www.rfmd.com

Products

New Xinger III Femto-Sized 3 dB Hybrid Coupler from Anaren

Richardson RFPD, Inc. announces a new 3 dB hybrid coupler from Anaren. The low profile, high performance X3C25F1-03S has been miniaturized to a 3 x 5 mm footprint without sacrificing electrical performance. It is designed for Small Cell, LTE and WIMAX applications, specifically balanced power and low noise amplifiers, plus signal distribution and other applications where low insertion loss and tight amplitude and phase balance is required. It can be used in high power applications up to 25 watts.

Key features:

- Frequency range: 2.3 GHz to 2.7 GHz
- Power: 25W
- Isolation: 26 dB
- Insertion loss: 0.15 dB
- VSWR: 1.12:1
- Phase: 90 °
- Amplitude balance: ± 0.3 dB
- Footprint: 3.18 mm x 5.06 mm (0.200" x 0.125")

The new device has been subjected to rigorous qualification testing and is manufactured using materials with coeffi-



cients of thermal expansion (CTE) compatible with common substrates such as FR4, G-10, RF-35, RO4003 and polyimide

Richardson RFPD's design advisors provide extensive technical expertise and design-in assistance for Anaren products, including this new hybrid coupler. To find more information, or to order the device today on the Richardson RFPD website, please visit the Anaren Xinger III Femto Coupler Family webpage.

The device is also available by calling 1-800-737-6937 (within North America); or please find your local sales engineer (worldwide) at Local Sales Support. To learn about additional products from Anaren, please visit the Anaren storefront webpage.

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

Farsens Presents the Magneto, a Battery Free RFID Magnetometer Tag



The Magneto from Farsens S.L., San Sebastián, Spain, is a battery free RFID sensor tag capable of transmitting a unique identifier and the associated magnetic field measurement data to a commercial EPC C1G2 reader without the need of a battery on the sensor tag.

The device features a LIS-3MDL magnetometer from ST Microelectronics with a measurement range from ± 4 gauss

to ± 16 gauss. The tag comes in a variety of antenna designs and sizes to adapt the performance to the required application in the 860-960 MHz band. The reading distance for the battery free magnetometer tag is around 1.5 meters (5 feet) and it can be embedded in a wide variety of materials such as plastics or concrete. Evaluation kits are available.

■ *Farsens S.L.*
www.farsens.com

Products

RFMW offers 285 W GaN Transistors from TriQuint



RFMW Ltd. announces design and sales support for TriQuint's T1G2028536, a 285 W GaN transistor available in a low thermal resistance, solder mount package as the T1G2028536-FS or flange mount package as the T1G2028536-FL. Both the -FS and -FL house the transistor in a ceramic NI-780 enclosure. Operating from DC to 2 GHz, the T1G2028536-FS and T1G2028536-FL provide 18dB of linear gain at 1.2 GHz and operate from a 36 V source drawing 576 mA. Applicable to commercial and military radar, both T1G2028536-FS and T1G2028536-FL are input prematched for L-band operation. Additional applications include professional and military communications, wideband amplifiers and avionics. Both devices boast efficiency ratings up to 65% in optimized circuits.

■ *RFMW, Ltd.*, info@rfmw.com
www.rfmw.com

New 30 dB Attenuator from Wavelex



Richardson RFPD, Inc. announces immediate availability and full design support capabilities for a new 30 dB, SMA-connectorized attenuator from Wavelex.

The WAT06E precision attenuator operates from DC to 6 GHz, with 50 Ohm impedance, with up to 30 dB attenuation, and features 20 W continuous wave (CW) RF power handling and 1.2:1 VSWR. It is ideally suited for wideband power attenuation, high power measurement, high power IP measurement, and RF bench test applications.

The new attenuator is packaged with precision machine housings in Wavelex's IP-11 package. Wavelex products are 100% pro-

duction-tested on all minimum and maximum electrical specifications.

Richardson RFPD's design advisors provide extensive technical expertise and design-in assistance for all Wavelex products, including the WAT06E. To find more information, or to order this device today on the Richardson RFPD website, please visit the WAT06E webpage. The device is also available by calling 1-800-737-6937 (within North America); or please find your local sales engineer (worldwide) at Local Sales Support. To learn about additional products from Wavelex, please visit the Wavelex storefront webpage.

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

New 75-Ohm, 5-2200 MHz, RF SPDT Switch from Peregrine



Richardson RFPD, Inc. announced immediate availability and full design support capabilities for a new absorptive 75-Ohm RF single-pole, double-throw (SPDT) switch from Peregrine Semiconductor Corporation (Peregrine).

The PE42721 is manufactured on Peregrine's UltraCMOS process, a patented variation of silicon-on-insulator (SOI) technology on a sapphire substrate, offering the performance of GaAs with the economy and integration of conventional CMOS. Peregrine's HaRP technology enhancements provide for new RF architectures and unmatched linearity in RF front end solutions.

The PE42721 operates from 5 to 2200 MHz and is highly linear, delivering high isolation and low insertion loss performance. It supports +1.8 V control logic and offers high ESD protection. Additionally, no blocking capacitors are required if DC voltage is not present on the RF ports. It is pin-compatible to Peregrine's PE42750 and is designed to support higher data rates in CATV applications, including CATV signal switching and distribution, DTV, multi-tuner digital video recorders (DVRs) and set-top boxes.

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

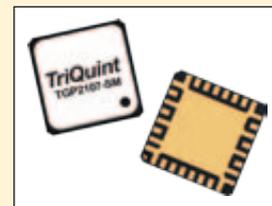
2110-2170 MHz single junction surface mount package



Skyworks Solutions, Inc. introduces a 2110-2170 MHz single junction, robust lead isolator in an industry leading, small footprint, 11 x 11 mm surface mount package. The SKYFR-000727 is ideally suited for various wireless/cellular infrastructure applications including small-cell designs where space constraints exist. Designed for automated SMT placement, the isolator's insertion loss is less than 0.30 dB over an operating temperature range of -40 °C to +100 °C. In addition, it is beryllium oxide free.

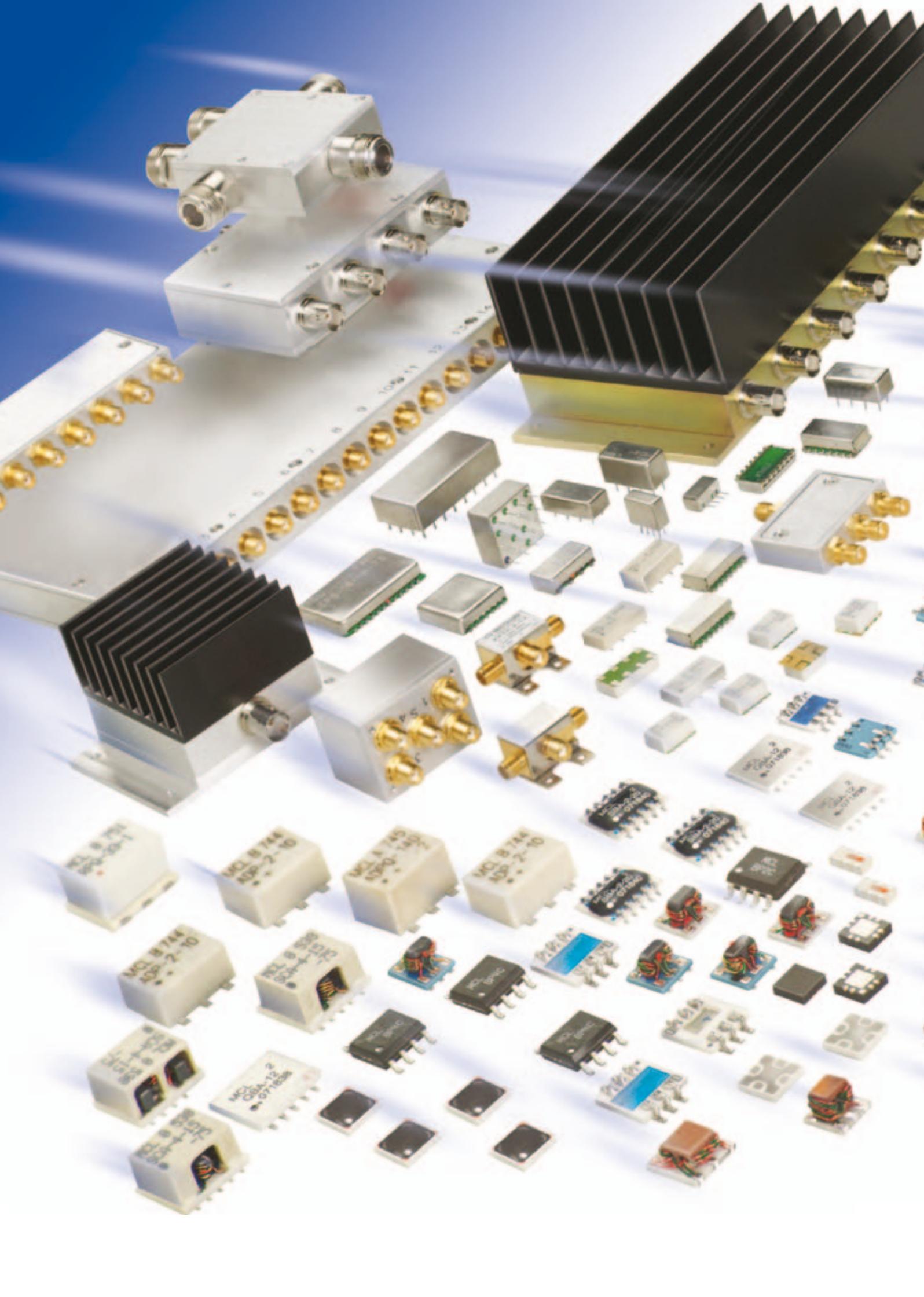
■ *Skyworks Solutions, Inc.*
www.skyworksinc.com

TriQuint 6-bit, SMT Phase Shifters for EW and Radar from RFMW



RFMW, Ltd. announces design and sales support for two new 6-bit phase shifters from TriQuint. Both the TGP2105-SM and TGP2107-SM offer 360 degree coverage with 5.625 degree LSB. Supporting X and Ku bands, the TGP2105-SM and TGP2107-SM span 6-18 GHz and offer <10 dB insertion loss. Input IP3 is >41 dBm and both phase shifters P1dB compression points >25 dBm. The TGP2105-SM requires no negative rail while the TGP2107-SM does not need a reference voltage. Together, the TGP2105-SM and TGP2107-SM offer many options for wideband application in Radar, EW or Satellite Communications. Unpackaged DIE are available for chip and wire requirements as the TGP2105 and TGP2107.

■ *RFMW, Ltd.*, info@rfmw.com
www.rfmw.com





POWER SPLITTERS/ COMBINERS

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

Dieses größte industrielle Angebot enthält Tausende von Typen für bis zu 300 W Signalleistung in koaxialer Ausführung, mit Flat-Pack-, SMT- oder Rack-Mount-Gehäusen für 50- oder 75-Ohm-Systeme. Es spannt sich von Zweiweg- bis zu 48-Weg-Designs mit 0, 90 oder 180 Grad Phasendrehung. Ob Einfügedämpfung, Isolation oder Anpassung – hervorragende Werte sind garantiert.

Mini-Circuits jahrzehntelange Erfahrung mit vielen Technologien machte dies möglich, von Kern und Draht, über Microstrip und Stripline bis zu Halbleitern und LTCC-Keramik. Leicht finden Sie auf www.minicircuits.com alle Daten, die Sie benötigen, wie Kennlinien, S-Parameter, Gehäusemaße, Layout-Vorschläge. Dafür sorgt unsere patentierte Suchmaschine Yoni2, der Sie nur Ihre Anforderungen mitteilen müssen.

Alle Katalogtypen liegen auf Lager und sind mit unserer Einjahresgarantie ausgestattet. Hohe Vorräte und eine schnelle Lieferung sichern Ihnen bei fairen Preisen die baldmöglichste optimale Realisierung Ihrer Applikation. Schauen Sie noch heute bei uns vorbei!

 **RoHS Compliant**
Product availability is listed on our website.

Mini-Circuits... wir definieren WERTE neu!

 **Mini-Circuits®**
ISO 9001 ISO 14001 AS9100

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661

 **The Design Engineers Search Engine** finds the model you need, Instantly • For detailed performance specs & shopping online see minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

448 rev K

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

D-65760 Eschborn, Germany
Tel. 0049-6196-927900 Fax 0049-6196-927929
www.industrialelectronics.de
info@industrialelectronics.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

Extrem rauscharme HF-LDOs für reduziertes Phasenrauschen in breitbandigen Kommunikationssystemen

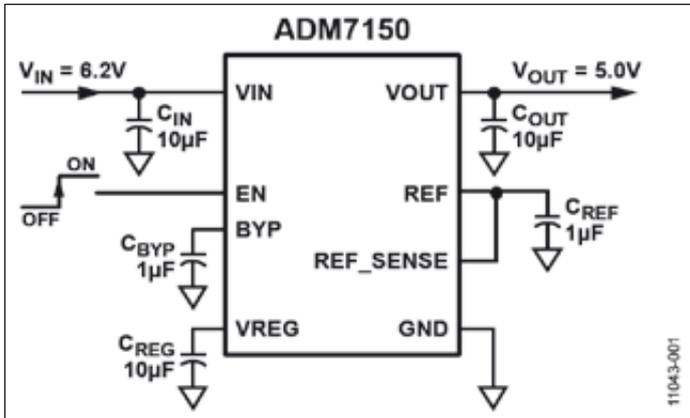


Bild 1: Typische Applikationsschaltung

Die rauscharmen HF-LDOs reduzieren die spektrale Rauschdichte um den Faktor zwei und bieten beste Voraussetzungen für die Versorgung von VCOs mit geringem Phasenrauschen sowie für die Speisung von Taktbausteinen mit niedrigen Jitter in Mikrowellensystemen. Analog Devices, Inc. stellte extrem rauscharme Low-Drop-out-Spannungsregler (LDOs) für Hochfrequenz-Signalver-

arbeitungs-Bausteine vor. Die Regler ADM7150/1 können mit Spannungen zwischen 4,5 V und 16 V betrieben werden, liefern einen Ausgangsstrom bis 800 mA und unterstützen Ausgangsspannungen von 1,5 bis 5,0 V. Die LDOs weisen am Ausgang eine spektrale Rauschdichte von $1,4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (von 10 kHz bis 1 MHz) auf. Dies bewirkt eine deutliche Verringerung des Phasenrauschens von VCOs in

Mikrowellen-Richtfunkenwendungen, Satellitenkommunikations-Systemen, Rüstungselektronik und anderen Breitband-Anwendungen. Für den Einsatz in präzisen analogen Front-End-Messsystemen kann ein vom Anwender wählbarer Kondensator CBYP darüber hinaus das niederfrequente $1/f$ -Rauschen deutlich absenken ($8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ bei 100 Hz).

Abgesehen von ihrem geringen Rauschen überzeugen die Bausteine ADM7150/1 durch ihre Netz- und Lastausregelung von $0,01\%/V$ bzw. $0,4\%/A$ mit einem Keramik-Ausgangskondensator von $10 \mu\text{F}$. Ein weiteres Merkmal der neuen LDOs ist der hohe PSRR-Wert (Power-Supply Rejection Ratio), der von 1 kHz bis 100 kHz mehr als 90 dB beträgt und bei 1 MHz immer noch über 60 dB liegt. Dies sorgt für die effektive Ausfilterung der Restwelligkeit von Gleichspannungswandlern und spart überdies Platz, weil die normalerweise erforderlichen diskreten Filterbausteine mit minimalen Abmessungen gewählt werden können.

Die LDOs sind in folgenden Ausführungen lieferbar:

- ADM7150: feste Ausgangsspannung; Gehäuse: $3 \times 3 \text{ mm}$ großes LFCSP-8 und SOIC
- ADM7151: Ausgangsspannung einstellbar; Gehäuse 8-poliges, $3 \times 3 \text{ mm}$ großes LFCSP-8 und SOIC

Die Adressen zum Bestellen von Mustern sowie zum Herunterladen von Referenzdesigns und technischen Dokumenten lauten:

- <http://www.analog.com/ADM7150>
- <http://www.analog.com/ADM7151>

■ Analog Devices
www.analog.com

Technische Daten des ADM7150

Niedriges Rauschen:

- $1 \mu\text{V rms}$ totales integriertes Rauschen von 100 Hz bis 100 kHz
- $1,6 \mu\text{V rms}$ totales integriertes Rauschen von 10 Hz bis 100 kHz
- Spektrale Rauschdichte: $1,7 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ typisch von 10 kHz bis 1 MHz

Versorgungsspannungs-Unterdrückung (PSRR) bei 400 mA Last
 $>90 \text{ dB}$ von 1 kHz bis 100 kHz, $V_{\text{out}} = 5 \text{ V}$
 $>60 \text{ dB}$ bei 1 MHz, $V_{\text{out}} = 5 \text{ V}$

Dropout-Spannung: $0,6 \text{ V}$ bei $V_{\text{out}} = 5 \text{ V}$ und 800 mA Last
 Ruhestrom: $4,3 \text{ mA}$ ohne Last
 Shutdownstrom: $0,1 \mu\text{A}$

Stabiler Betrieb mit $10\text{-}\mu\text{F}$ -Keramik Kondensator am Ausgang
 Feste Ausgangsspannungen: $1,8 \text{ V}$, $2,8 \text{ V}$, $3,0 \text{ V}$, $3,3 \text{ V}$, $4,5 \text{ V}$, $4,8 \text{ V}$ und 5 V ; insgesamt stehen 16 Ausgangsspannungen zwischen $1,5 \text{ V}$ und 5 V auf Anforderung zur Verfügung

Spannungsgenauigkeit am Ausgang: $\pm 1\%$

Spannungsgenauigkeit über Netz-, Last- und Temperaturschwankungen: $\pm 2\%$

Anwendungsbereiche: Rauschempfindliche Applikationen, die mit geregelten Spannungen versorgt werden: Mischer, PLLs, VCOs und PLLs mit integriertem VCO

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

• **Erscheinungsweise:**
 monatlich

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

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

• **Auslieferung:**
 VU Verlagsunion KG
 Wiesbaden

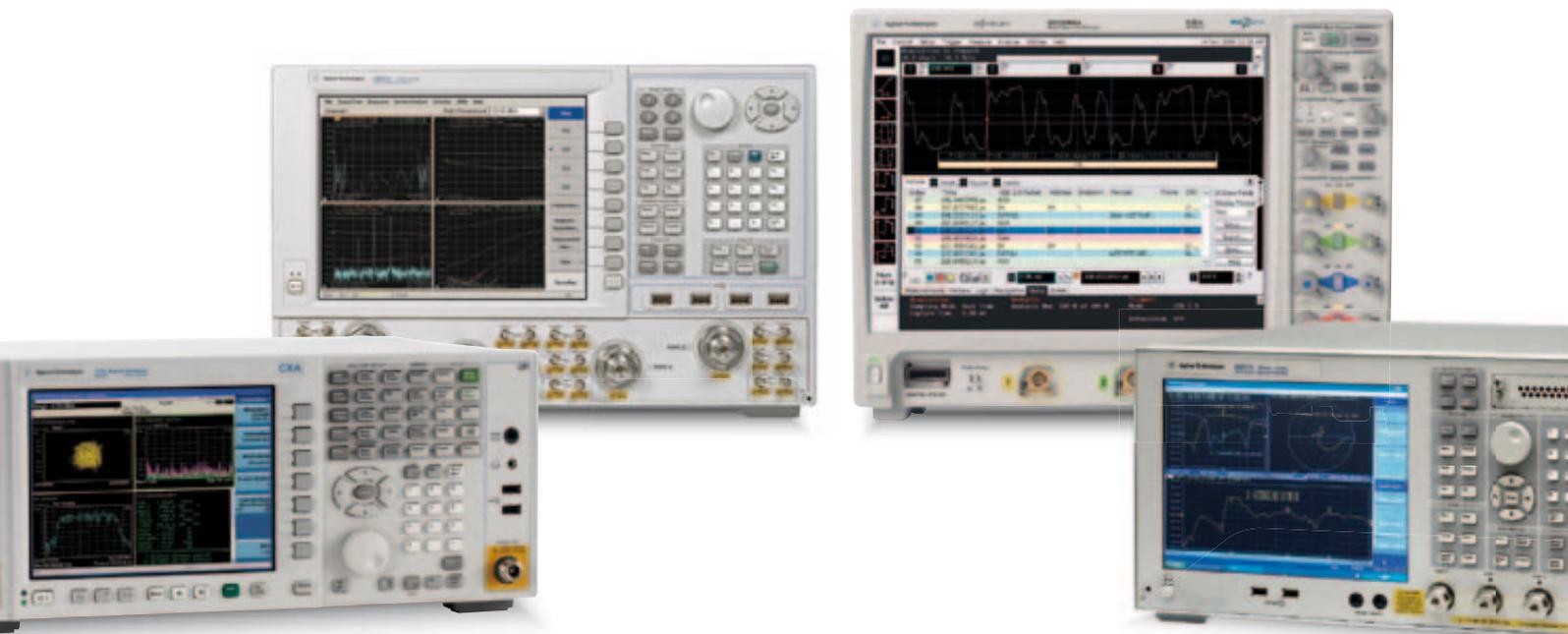
Der beam-Verlag übernimmt trotz sorgsamer Prüfung der Texte durch die Redaktion keine Haftung für deren inhaltliche Richtigkeit.

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.

Agilent meets... YOU!

Workshops: Industry & Automotive | Academic Research | Communication



Ein **Highlight** dieser Workshop-Reihe sind die **interaktiven Working Sessions**, in denen typische Messaufbauten in kleinen Gruppen gezeigt und erklärt werden. Jeder Teilnehmer erhält am Ende eine Teilnahmebestätigung.

Kostenlose Workshop-Reihe

Weitere Informationen, Details sowie Agenda und Anmeldung finden Sie unter:

www.agilent.de/find/meets | Tel 07031 46 46 33



Agilent Technologies

www.datatec.de/seminare | Tel 07121 51 50 50



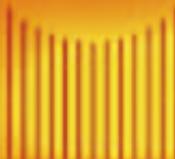
Agilent Technologies

Autorisierter Technologie Partner

**Abschlußwiderstände, Adapter, Blind Mate Stecker, Coax-Kabel
Dämpfungsglieder, Duplexer, Equalizer, Fine Grain Equalizer
Flexible Hochfrequenz - Kabel, Gain Amplitude Equalizer
Hohlleiter-Coax-Adapter, Isolatoren, Phasenschieber
Phasenabstimmbare Steckverbinder & Adapter
Push - On - Stecker, - Buchsen & - Adapter
Quick Connections, Semi-Rigid-Kabel
Steckverbinder, Verzögerungslsgn
Werkzeuge, Zirkulatoren, etc.**

Frequenz: DC-71 GHz

**Flexible Kabel & Semi - Rigid Kabel
zugeschnitten auf Ihren Anwendungsfall**

 **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