

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

Frequenzstabilität von OCXOs – noch immer unerreicht

KVG, Seite 8





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

\$11⁹⁵
 from (qty. 20)
 3x3mm MMIC

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

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

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



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

553 revOrig

DISTRIBUTORS

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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



Der Schwingquarz – das unterschätzte Bauteil?

Vor fast 100 Jahren führte Alexander M. Nicholson Erste erste systematische und wissenschaftlich dokumentierte Versuche mit Resonanzschwingungen an Seignettesalzkristallen durch. Wenig später ersetzte Walter Guyton Cady diese durch den heute noch gebräuchlichen Quarzkristall. Besonders die Bell Telephone Laboratories trieben dann die Entwicklung von praxistauglichen Schwingquarzen hauptsächlich zur Frequenzstabilisierung in der Funktechnik voran. Obwohl es sich um ein vom Prinzip her einfaches Bauteil handelte, erfuhr es bis heute Verbesserungen und Verfeinerungen:

- ab 1934 weniger temperaturabhängige Quarze mithilfe sogenannter Schnitte
- während des Zweiten Weltkriegs Entwicklung von Verfahren zur Herstellung synthetischer Kristalle
- ab 1948 Quarzsynthese in industriellem Maßstab
- Anfang der Fünfziger weniger feuchteempfindlich durch geschlossene Metall- oder Glasgehäuse
- ab den fünfziger Jahren Einbeziehung von Oberschwingungen
- Miniaturisierung der hergestellten Kristalle, z.B. 1968 durch J. Staudte
- ab etwa 2000 Anhebung der möglichen Grundwelle

Bei den letzten beiden Punkten gingen Miniaturisierung und mögliche Schwing-Grundfrequenz Hand in Hand. Hier scheinen heute Grenzen erreicht.

Aktuell konzentriert sich die Entwicklung auf eine Reduzierung von Störeinflüssen, d.h. auf die Erhöhung der Güte.

Doch fast 100 Jahre Quarzentwicklung bis zum heutigen hohen Niveau bedeuten für den Anwender leider keine Problemlösung! Denn Quarze sind und bleiben tückisch, weil sie durch ihren grundsätzlich einfachen Aufbau den Applikationsingenieur zur Oberflächlichkeit verleiten können. Die Auswahl des optimalen Quarzes erfordert nun mal ein beträchtliches Wissen, denn viele Parameter sind zu beachten: Schnitt, Abmessungen, Alterung, Temperaturabhängigkeit, Groß- und Kleinleistungsverhalten, Anschwingverhalten und die Wirkung der Schaltungsumgebung auf das Schwingverhalten muss ebenso betrachtet werden.

Hinzu kommt: Der Markt für Schwingquarze und Quarzoszillatoren ist nicht leicht zu überblicken. Da gibt es Einzelbauelemente, die von Anwendern separat in die Schaltungen eingebaut werden, dann Quarzoszillatoren in vielen Formen und schließlich die sogenannten Clock-Generatoren, das sind die Stimmgabelquarze für Uhren. Hersteller haben sich in verschiedene Richtungen spezialisiert, sodass sich hier weiterer Rechercheaufwand andeutet. Lieferanten können in dieser Frage hilfreich sein. Unterschätzen Sie also den Quarz(oszillator) nicht!

Ing. Frank Sichla
hf-praxis



Leader in design and manufacturing of

Precision Oscillators

for Communication, Industrial, Military and Space Applications

- OCXO Oven Stabilized Crystal Oscillators
- EMXO Evacuated Miniature Crystal Oscillators
- TCXO Temperature Compensated Crystal Oscillators
- VCXO/VCSO Voltage Controlled Crystal Oscillators and SAW Oscillators
- XO Crystal Oscillators



Wir suchen zur Verstärkung unseres Teams einen
Vertriebsmitarbeiter im **Außendienst** (m/w)
Schwerpunkt Nachrichtentechnik

Mitarbeiter im **Technischen Innendienst** (m/w)
Schwerpunkt Optoelektronik / Faseroptik
www.municom.de/de/ueber-uns/jobs



municom®
Technische Beratung und Distribution

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

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification
N° 1300-GLA 02-001
EN ISO 9001:2008



Die ganze Bandbreite
der HF- und MW-Technik



Seit über 30 Jahren Ihr Partner für

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

**über 1 000 Modelle
ab Lager lieferbar**

www.tactron.de/tactron/lagerliste.html

TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG

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

Inhalt

Zum Titelbild:



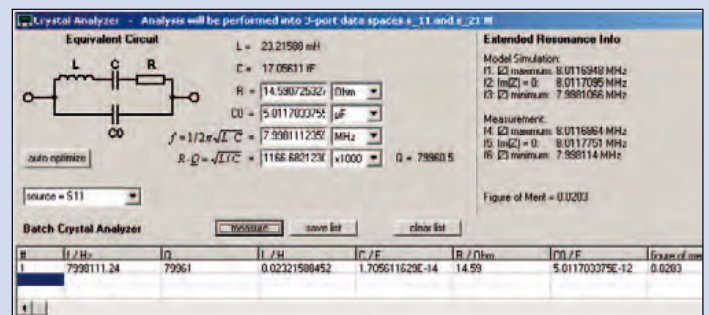
Frequenzstabilität von OCXOs – noch immer unerreicht

OCXOs sind im Vergleich zu TCXOs oder TCMOs groß und schwer und benötigen ein Vielfaches an elektrischer Leistung. Zudem sind sie in der Regel auch noch wesentlich teurer. Kein Entwickler setzt daher gerne OCXOs ein, wenn es nicht sein muss. Welche Gründe dafür sprechen zeigt unser Bericht. 8

Schwerpunkt: Quarze und Oszillatoren

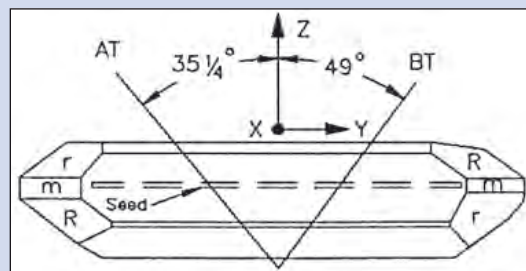
Fachartikel:

Auswahl von HF-Schwing- und Takterzeugungsquarzen



Obwohl Quarze auch in den letzten Jahren beständig weiterentwickelt wurden, sodass heute beispielsweise Grundwellentypen mit sehr hoher Frequenz oder Ausführungen in kleinsten Bauformen verfügbar sind, gelten bei der Quarzauswahl immer noch bewährte Richtlinien. 20

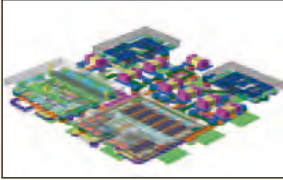
Quarzoszillatoren – der Quarz bestimmt



Das Herzstück vieler elektronischer Systeme ist heute ein Quarzoszillator. Der Einsatz von Quarzoszillatoren beruht im Wesentlichen darauf, dass die mechanische Resonanz eines piezoelektrischen Materials – zumeist eines Quarzkristalls – in der Oszillatorschaltung dazu genutzt wird, ein elektrisches Signal mit einer genauen und stabilen Frequenz zu erzeugen. 28

RF & Wireless International

Multi-Chip module design, verification, and yield optimization

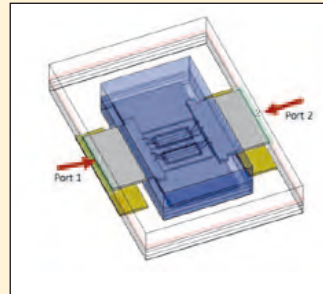


As wireless communications systems evolve, smaller devices with better performance are required that incorporate multi-technology-based module designs with different integrated circuit and printed

circuit board process technologies. Front-end module manufacturers are now integrating gallium arsenide (GaAs), silicon germanium (SiGe), or radio-frequency complementary metal-oxide semiconductor (RF CMOS) power amplifiers, CMOS or silicon-on-insulator (SOI) switches, and acoustic filters - all mounted on a single laminate package. **64**

Five tips for successful 3D electromagnetic simulation

This application example documents the steps taken



to help a customer resolve a complex EM Simulation problem in Analyst 3D finite element method simulator within NI AWR Design Environment. **67**

Design:

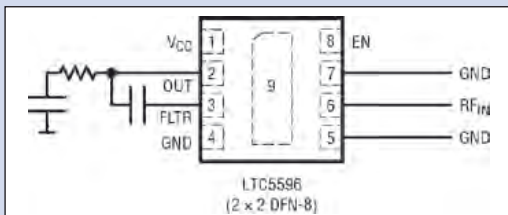
Design eines 10-GHz-Low-Noise-Amplifiers, (Teil 1)



Low-Noise Amplifiers (LNAs) spielen eine kritische Rolle im Funkempfänger-Frontend, denn sie müssen sehr leistungsschwache Signale von der Antenne aufnehmen. Der zweiteilige Beitrag beschreibt die Entwicklung eines LNAs für das X-Band unter Nutzung der Software NI AWR Design Environment. **37**

Messtechnik:

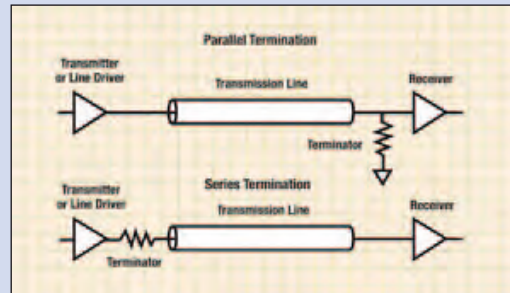
40-GHz-RMS-Detektor vereinfacht präzise Hochfrequenz-Leistungsmessung



Ein neuer, sehr breitbandiger Mikrowellen-RMS-Leistungs-Detektor löst bei der Realisierung akkurater Leistungsmessungen komplex modularer Mikrowellensysteme viele der Probleme, mit denen sich Designer von Mikrowellensystemen konfrontiert sehen. **46**

HF-Technik:

Schnelle Signale auf HF-Leitungen



HF-technische Grundlagen werden in der modernen Informationstechnik immer wichtiger. Hier erreichen die Bit-Raten, und mehr noch die Taktfrequenzen, etwa aus Quarzgeneratoren, immer höhere Werte. Der Beitrag zeigt dies beispielhaft anhand der Ausbreitungsverzögerung einer elektromagnetischen Welle auf einer belasteten HF-Leitung und deren Terminierung. **58**

Rubriken:

Editorial	3
Inhalt	4
Aus Forschung und Technik	6
Titelstory	8
Schwerpunkt Quarze und Oszillatoren	14
Bauelemente	32
Design	37
Funkmodule	40
Elektromechanik	45
Produktportrait	46
Messtechnik	48
HF-Technik	58
RF & Wireless	62
Aktuelles/Impressum	82



» 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

World's first multispectral time-delay-integration image sensor based on CCD-in-CMOS technology

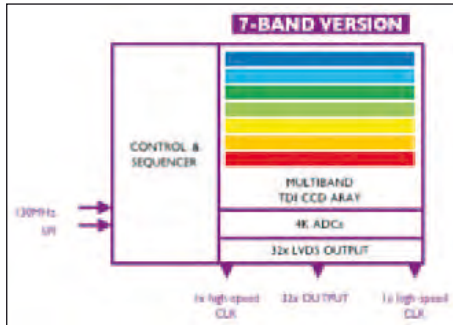


Figure 1: Schematic representation of a multispectral TDI image sensor with 7 bands

At this year's SPIE Photonics West, San Francisco, imec showcased a prototype of a high-performance multispectral time-delay-integration (TDI) imager that is based on charge-coupled device (CCD)-in-CMOS technology. Due to its high sensitivity and record high speed (up to 300 kHz), this next-generation TDI imager targets high-end applications, such as remote sensing, life sciences and machine vision. The specialty imagers are offered through various business models, including full-custom design, prototype TDI sensors and evaluation cameras.

TDI imaging technology relies on the collection of charges that are generated from multiple exposures of an object moving linearly with respect to the imager. Traditionally, this is done through CCD technology where the charge transfer in the CCD pixels results in a noiseless integration and transfer synchronized with the moving scene. By implementing the CCD TDI pixels together with a CMOS readout, imec combines the best of both worlds on one single chip: low-noise TDI performance, and low-power, on-chip integration of fast and complex circuitry readout.

Imec produced the sensors in one CMOS-compatible flow, resulting in a simple and cost-effective solution. Using backside-illumination technology, the area which is exposed to light is maximized, increasing the sensor's light sensitivity. To enhance the TDI imaging performance, the TDI CCD-in-CMOS technology was combined with multispectral or RGB color filters that can be processed at wafer level or alternatively, filters on glass may be used.

Imec offers its CCD-in-CMOS TDI technology through various business models, ranging from full-custom design to offering

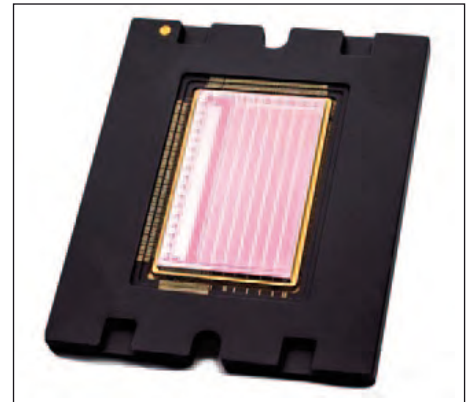


Figure 2: Packaged prototype of a multispectral TDI image sensor with 7 Bands

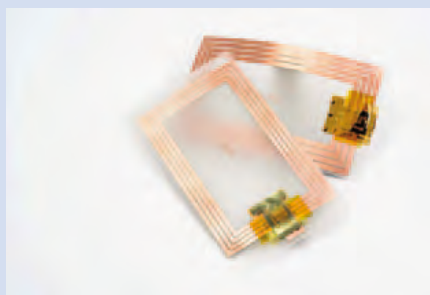
of imec's prototype TDI sensors and evaluation cameras. The prototype TDI sensors use a format with 4,096 columns and 256 stages per CCD array (or band). A version with one CCD array is available, as well as a 7-band version, allowing to add 7 spectral filters. The prototypes integrate CMOS drivers and readout circuitry.

■ Imec
www.imec-int.com

Imec, Holst Centre and Cartamundi introduce plastic Near Field Communication Tag communicating with Smartphones

At the 2017 International Solid-State Circuits Conference in San Francisco, imec and Cartamundi demonstrated a world first thin-film-tag on plastic, compatible with the near field communication (NFC) Barcode protocol, a subset of ISO14443-A, which is available as standard in many commercial smartphones. The innovative NFC tag is manufactured in a thin-film transistor technology using indium gallium zinc oxide thin-film transistors (IGZO TFT) on a plastic substrate.

Plastic electronics offers an appealing vision of low-cost smart electronic devices in applications where silicon chips were never imagined before. Item-level identification, smart food packaging, brand protection and electronic paper are just a few examples. Such new applications will require a continuous supply of countless disposable devices. Imec's IGZO TFT technology uses large-area manufacturing processes that allow for inexpensive pro-



duction in large quantities - an ideal technology for ubiquitous electronic devices in the Internet-of-Everything.

"Making a plastic electronics device compatible to the ISO standard originally designed for silicon CMOS was a very challenging research and development expedition" stated Kris Myny, senior researcher at imec. "Our collaboration with Cartamundi enabled us to develop a truly industry-relevant solution".

The researchers developed a self-aligned TFT architecture with scaled devices optimized for low parasitic capacitance and high cut-off frequency. This allowed design of a clock division circuit to convert incoming 13,56 MHz carrier frequency into system clock of the plastic chip. Optimizations at logic gate and system level reduced power consumption down to 7.5 mW, enabling readout by commercial smartphones.

The results were presented in paper 15.2: "A Flexible ISO14443-A Compliant 7.5 mW 128b Metal-Oxide NFC Barcode Tag with Direct Clock Division Circuit from 3.56MHz Carrier"

K. Myny, Y.-C. Lai, N. Papadopoulos, F. De Roose, M. Ameys, M. Willegems, S. Smout, S. Steudel, W. Dehaene, J. Genoe, Feb. 7, 2017

■ Imec
www.imec-int.com

SmartScan EMI

EMI scan with loaded user friendly advanced features

Shielding effectiveness evaluation, Power to field conversion.

SmartScan ESM

Emission Source Microscopy (ESM) - Far Field source localization

Server racks, heat sinks

SmartScan ESD

First Automated Immunity Scanner

Gun test failure debugging, component and module ESD qualification.

SmartScan CS

Current Spreading (CS) - Visualization of Current Flow

Identification of unexpected current path, clamping device performance evaluation.

SmartProbes

In-house designed, built and individually characterized

Broadband, narrowband, high frequency, low frequency, measurement of all six components (Hx, Hy, Hz, Ex, Ey and Ez)

SmartZap

Robotic ESD gun tester

Repeatable and accurate zaps, automatic contact and air discharge tip change.

api

active process intelligence

API Technologies

ESD Immunity Scanning

EMC Immunity Scanning

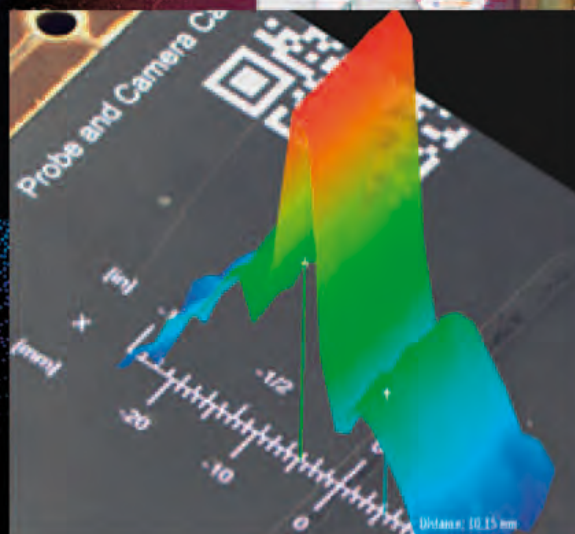
EMI Emissions Scanning

RF Immunity Scanning

Resonance Scanning

Current Spreading Scanning

API Software



ar deutschland

AR Deutschland GmbH | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com

In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000



Frequenzstabilität von OCXOs – noch immer unerreich

OCXOs sind im Vergleich zu TCXOs oder TCMOs groß und schwer und benötigen ein Vielfaches an elektrischer Leistung. Zudem sind sie in der Regel auch noch wesentlich teurer. Kein Entwickler setzt daher gerne OCXOs ein, wenn es nicht sein muss.

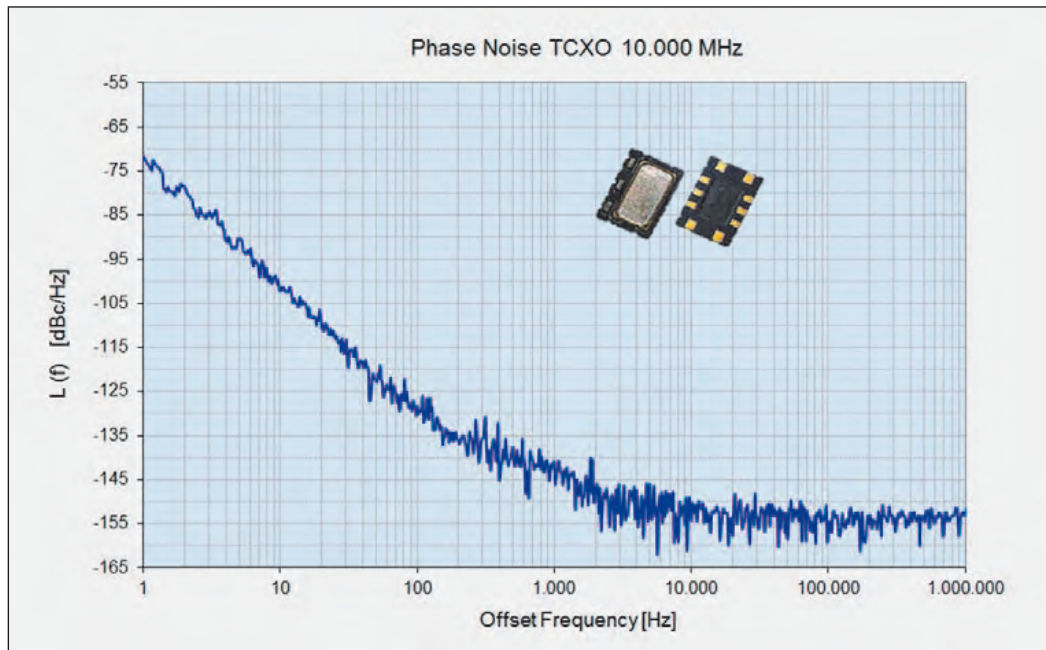


Bild 1: Typisches Phasenrauschen eines guten 10-MHz-TCXOs

Kleine TCXOs in den Größen 7 x 5 mm oder gar 5 x 3,2 mm und TCMOS im SOIC-8 (6,0 x 4,9) sind heute mit einer Frequenzstabilität bis zu $\pm 0,1$ ppm (parts per million) bzw. ± 100 ppb (parts per billion) im Temperaturbereich von -40 °C bis $+85$ °C zu bekommen. Diese Frequenzstabilität war vor wenigen Jahren

noch ganz klar die Domäne von OCXOs. Daher hat es durchaus eine gewisse Berechtigung, wenn speziell die Hersteller von MEMS-Oszillatoren behaupten, OCXOs ersetzen zu können. Nichtsdestotrotz gibt es immer noch eine Vielzahl an Applikationen, für welche diese Performance der TCXOs und TCMOs

bei weitem nicht ausreicht. Dazu gehören sowohl Basisstationen für Mobilfunknetze, als auch die Referenzen für die höheren Hierarchie-Ebenen der Glasfaser-basierenden SDH und SONET-Netze. Die Mobilfunknetze und das Internet würden ohne OCXOs nicht funktionieren – jedenfalls nicht mit den

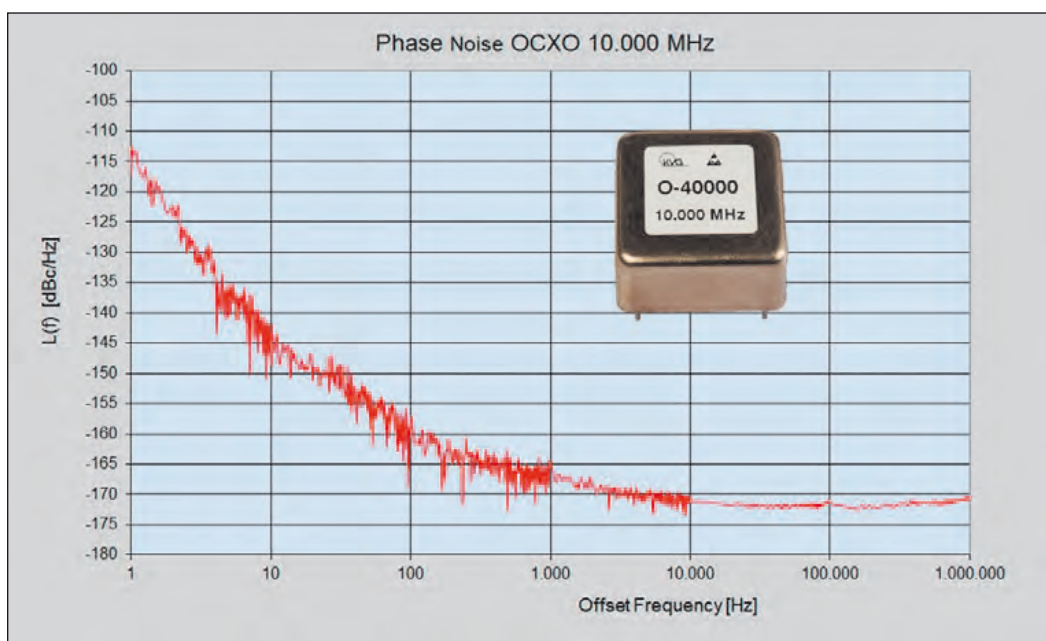


Bild 2: Phasenrauschen eines sehr guten 10-MHz-OCXOs

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

QUARZE, OSZILLATOREN & MEHR

WELCOME TO THE WORLD OF CLOCKING

PRODUKTSPEKTRUM:

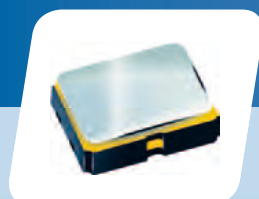
- + SMD/THT Quarze
- + Quarzoszillatoren
- + Silizium (MEMS) Oszillatoren
- + 32.768 kHz Ultra LP Oszillatoren
- + MHz Ultra Low Power Oszillatoren
- + 32.768 kHz Quarze
- + Low Power Oszillatoren
- + Differential Oszillatoren
- + Spread Spectrum Oszillatoren
- + VCXO, VCTCXO
- + High Temperature Oszillatoren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

APPLIKATIONEN:

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

PRODUKTVORTEIL & SERVICE:

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



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

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

WWW.PETERMANN-TECHNIK.DE



Typische Frequenzstabilität über der Temperatur $\Delta F/F(T)$				Typ. Nennfrequenz-toleranz	Typ. Alterung pro Jahr	Typ. Alterung in 10 Jahren
Typ	Temperaturbereich / °C			±ppm	±ppm	±ppm
	0 bis +50	-20 bis +70	-40 bis +85			
XO / VCXO	5 – 20ppm	10 – 30ppm	15 – 40ppm	5 – 20ppm	1 – 3ppm	5 – 20ppm
Standard TCXO	0,5 – 1ppm	1 – 2ppm	1 – 3ppm	1 – 2ppm	0,5 – 1ppm	5 – 10ppm
Precision TCXO	0,05 – 0,2ppm	0,1 – 0,3ppm	0,2 – 0,5ppm	0,2 – 0,5ppm	0,2 – 0,5ppm	2 – 5ppm
OCXO	1 – 50 ppb	2 – 100ppb	5 – 200ppb	0,05 – 0,2ppm	0,05 – 0,2ppm	0,2 – 2ppm
DOCXO	0,1 – 1 ppb	0,2 – 2ppb	0,5 – 5ppb	0,05 – 0,1ppm	0,02 – 0,1ppm	0,1 – 0,5ppm

Tabelle 1: Vergleich der Frequenzgenauigkeit verschiedener (Quarz-) Oszillatortypen

Geschwindigkeiten, wie wir sie heute gewohnt sind. Auch Satellitenkommunikation wäre ohne OCXOs nicht denkbar.

Weitere wichtige Anwendungsbereiche sind die traditionelle Nachrichten-Messtechnik mit Oszilloskopen und Spektrumbzw. Netzwerkanalysatoren, aber auch Signal- und Protokoll-Analysatoren. Im Bereich der Medizintechnik sind die Kernspin- und Computertomographen zu nennen, deren Bildauflösung direkt mit der Qualität des verwendeten OCXOs zusammenhängt. Das Gleiche gilt für die Auflösung von Radar Imaging Verfahren wie SAR (Synthetic Aperture Radar) oder ISAR (Inverse Synthetic Aperture Radar).

Der Unterschied von OCXOs zu TCXOs oder TCMOs besteht aber nicht nur in der Frequenzstabilität über der Temperatur, welche für hochwertige OCXOs im Bereich von wenigen parts per billion (ppb) liegt und damit ca. 20-mal besser ist als die besten TCXOs, sondern auch in der Langzeitstabilität, auch Alterung genannt, d.h. der Frequenzdrift über längere Zeit. Sehr gute OCXOs bei 10 MHz kommen auf Alterungswerte von 100ppb in 10 Jahren. Sehr gute 10 MHz TCXOs kommen auf ca. 1-2ppm in 10 Jahren; Spezifikationen für Standard-TCXOs nennen eher 1ppm/Jahr.

Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung der Frequenzstabilität verschiedener (Quarz-) Oszillatortypen. Dabei ist zu beachten, dass es speziell bei den

OCXOs eine große Bandbreite der möglichen Frequenzstabilität gibt, die zum einen von der Oszillatorfrequenz und auch von der Baugröße abhängt. Einfach gesagt: je höher die Schwingfrequenz, desto schlechter die Frequenzstabilität.

Die letzte Zeile in der Tabelle beschreibt die typische Frequenzstabilität von sogenannten Doppelöfen (DOCXOs), welche zwei ineinander geschaltete Temperatur-Regelkreise beinhalten – ähnlich wie man es von einer modernen Heizung mit Außentemperaturfühler und Zimmerthermostat kennt. Desweiteren verwendet man für diese DOCXOs besonders hochwertige Quarze mit sehr geringer Frequenzalterungsdrift, was natürlich auch seinen Preis hat.

Weiterhin gibt es deutliche Unterschiede beim sogenannten Phasenrauschen (Betrachtung im Frequenzbereich) bzw. Phasenjitter (Betrachtung im Zeitbereich). TCXOs sind trägernah deutlich besser als TCMOs, aber dennoch weitaus schlechter als OCXOs der gleichen Frequenz. Wie Bild 1 zeigt, kommen gute 10 MHz TCXOs bei einem Trägerabstand von 10 Hz gerade mal auf -100 dBc/Hz und erreichen einen „noise floor“ von -155 dBc/Hz bei 100 kHz Trägerabstand.

Gute 10-MHz-OCXOs sind heute mit einem Phasenrauschen von -115 dBc/Hz bereits bei 1 Hz und -145 dBc/Hz bei 10 Hz Trägerabstand verfügbar und sind gekennzeichnet durch einen „Rauschboden“ (Noise floor) von besser als -170 dBc/Hz

(Bild 2). Bei speziellen ULPN OCXOs mit einem 100-MHz-Ausgangssignal und einem Pegel über +10 dBm liegt der noise floor bei -185 dBc/Hz.

Der integrierte RMS-Phasenjitter von 12 kHz bis 20 MHz liegt - für einen guten 100-MHz-TCXO - bei kleiner als 0,1 ps bzw. 100 fs (femto seconds) – TCMOs kommen gerade mal auf 0,35 ps (350 fs). Die besten OCXOs erreichen Werte von besser als 10 fs für ein 100 MHz-Signal. Die Betrachtung des Jitters im trägernahen Bereich von 1 Hz bis 10 kHz fällt noch stärker zu Gunsten der OCXOs aus. Die Hersteller von TCMOs vermeiden es tunlichst, Phasenrauschwerte oder Jitterwerte im trägernahen Bereich zu nennen.

Auch die Kurzzeitstabilität – meist in Form der sog. „Allan Variance“ oder „Allan Deviation“ (ADEV) ausgedrückt - ist für gute OCXOs weitaus besser als für TCXOs oder TCMOs. Gute 10-MHz-TCXOs und -TCMOs liegen bei einem tau von 1 sec im Bereich 2×10^{-10} bis 2×10^{-11} . Gute OCXOs mit der gleichen Frequenz liegen bei 2×10^{-12} bis 2×10^{-13} , sind also ca. 2 Dekaden besser. Beim Vergleich der Kurzzeitstabilität verschiedener Oszillatortypen ist es wichtig, darauf zu achten, welches Zeitfenster für die eigene Anwen-

dung wichtig ist und für welches Zeitfenster tau die Angaben des Herstellers gelten.

Wie bereits erwähnt, ist die Baugröße von OCXOs ein deutlicher Nachteil im Vergleich zu TCXOs oder TCMOs. Aber die Miniaturisierung hat auch vor den OCXOs nicht Halt gemacht. Vor 20 Jahren war ein OCXO mit den Abmessungen von 36 x 27 x 20 mm klein im Verhältnis zu den typischen Boliden mit 50 x 50 x 30 mm oder gar 60 x 50 x 40 mm. Sehr gute OCXOs haben auch heute noch Abmessungen von mindestens 25 x 25 x 15 mm; spezielle Typen auch nach wie vor die 36 x 27 x 15 mm. Aber wenn man etwas Abstriche bei der Performance macht, bekommt man heute kleine SMD-OCXOs in den auch von VCXOs bekannten Gehäusegrößen 14 x 9 x 6,5 mm oder gar 9 x 7 x 4 mm, die in ihrer Frequenzstabilität deutlich besser sind als TCXOs oder TCMOs.

Auch die Stromaufnahme moderner OCXOs ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Kleine „Low Power“ OCXOs kommen mit weniger als 500 mW steady state power aus, was natürlich immer noch deutlich mehr ist, als dass, was TCXOs oder TCMOs an Leistung benötigen. Der OCXO heißt ja auch „ovenized“, weil er

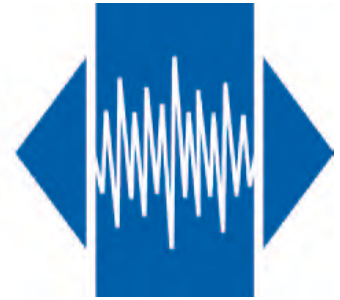
Hinweis

Definition, Messung und Berechnung der Kurzzeitstabilität in Form der Allan Deviation (ADEV) siehe:

<http://www.allanstime.com/AllanVariance/>



QuartzCom
the communications company



Crystals • Oscillators • Filters

TCXO's & VC-TCXO's

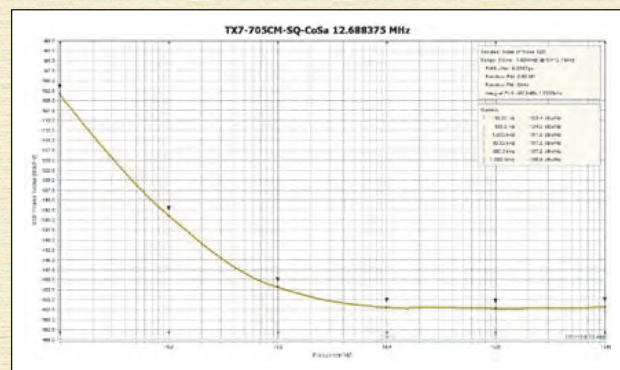
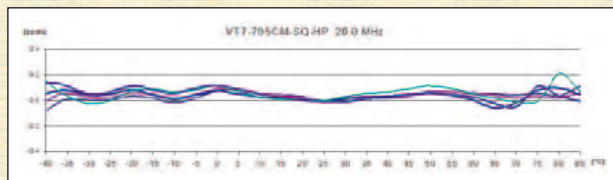
Focus on high precision products

Synchronisation: STRATUM III, IEEE 1588v2, SyncE, PTP

Locating & Navigation: COSPAS-SARSAT, GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou

Other: Test and Measurement, SONET / SDH, Mobile Backhaul, Audio & Video Broadcasting, Base Stations for UMTS, W-CDMA, TD-SCDMA, LTE, WiMAX, TETRA, Picocells, Femtocells, PMR, Satellite Communications...

- development and production in Switzerland
- quality, reliability, flexibility, customer - specific
- small package sizes (5x3.2 mm, 7x5 mm, 14x9 mm)
- high frequency stability (± 0.1 ppm from -40 to $+85$ °C)
- short term frequency stability ADEV ($\leq 1 \times 10^{-10}$, $\tau = 1$ s)
- extended frequency range (from 5 to 52 MHz)
- wide temperature range (-55 to $+95$ °C)
- high shock and vibration resistivity
- low g-sensitivity ($\leq 1.5 \times 10^{-10}/g$)
- reduced power consumption
- low phase noise and jitter
- low hysteresis



**sales partner
in D, A, CH**

coftech GmbH

Tel.: +49 (0) 201 872250
Fax: +49 (0) 201 8722555
info@coftech.de
www.coftech.de

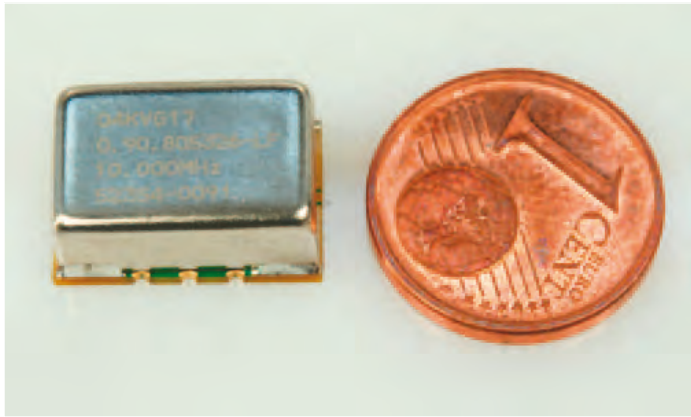


Bild 3: Mini-SMD-OCXO (14.3 x 9.3 x 6.5 mm)



Bild 4: Micro-SMD-OCXO (9 x 7 x 4 mm)

einen Ofen beinhaltet. Gemeint ist, dass der Quarz auf einer relativ hohen Temperatur oberhalb der oberen Betriebstemperaturgrenze bei 70 bis 95 °C thermostatisiert wird, d.h. über einen Regelkreis thermisch stabil gehalten wird. Die thermische Leistung benötigt natürlich eine entsprechende elektrische Leistung. Dieses Funktionsprinzip in Verbindung mit der Verwendung von Oberton-Quarzen mit speziellen Schnitten (IT, SC, MSC) macht jedoch die gute Frequenzstabilität von OCXOs aus. Die auf dem Titelbild gezeigten OCXOs und ihre Messergebnisse sind technologisch gesehen die

derzeitigen TOP-Produkte der Fa. KVG. Da ist zum einen ein 100-MHz-OCXO (ULPN) mit einem Phasenrauschen von besser als -135 dBc/Hz bei 100 Hz Träger-Offset und einem Noise Floor von besser als -185 dBc/Hz, was die Grenze des derzeit physikalisch machbaren ist.

Der zweite Typ ist ein 100 MHz Ultra Low G Sensitivity (ULGS) OCXO mit einer besonders geringen Empfindlichkeit gegenüber Vibrationen oder auch Luftschall. Da Quarz ein piezoelektrisches Kristall ist, sind grundsätzlich alle Quarzoszillatoren mehr oder weniger empfindlich gegenüber Schock und Vibration

oder andere Beschleunigungseffekte. Dies wirkt sich in Form einer Frequenzmodulation des Oszillatorsignals aus, was im Frequenzspektrum des Ausgangssignals als Störlinie oder Störband zu sehen ist. Gerade bei OCXOs mit besonders gutem Phasenrauschen macht sich dieser Effekt störend bemerkbar – ganz besonders, wenn der OCXO in einer gestörten Umgebung eingesetzt wird. Deshalb hat KVG einen speziellen ULGS OCXO entwickelt, der mit einer sogenannten G-Sensitivity von nur 0,1 ppb/g ca. 10-mal unempfindlicher ist als vergleichbare andere OCXOs am Markt. ◀

Fazit

OCXOs werden heute mehr gebraucht denn je und werden vermutlich noch lange gebraucht werden, auch wenn die Hersteller von MEMS-Oszillatoren bereits vor mehreren Jahren das Ende der Quarzoszillatoren proklamiert haben. OCXOs sind die Königsklasse der Quarzoszillatoren und speziell in unserer heutigen, breitbandig vernetzten Welt nicht mehr wegzudenken und durch nichts anderes zu ersetzen. ◀



AUSSERGEWÖHNLICH. ENGAGIERT!

WERDEN SIE »GLOBAL 200 PROTECTOR« UND BEWAHREN SIE DIE ARTENVIELFALT UNSERER ERDE.

Von den Regenwäldern Afrikas über die Arktis bis zu unserem Wattenmeer – die „Global 200 Regionen“ bergen die biologisch wertvollsten Lebensräume der Erde. Helfen Sie dabei, sie zu erhalten!

WWF Deutschland | Niloufar Ashour | Reinhardtstraße 18 | 10117 Berlin
Telefon: 030 311 777-732 | E-Mail: info@wwf.de



**JETZT SCHÜTZEN:
WWW.DE/PROTECTOR**

Quarze und Quarzoszillatoren von CTS

- Umfangreiches Sortiment von low-cost bis high-performance, z.B.:
- Quarzkristalle für Automobilanwendungen (AECQ-200) 1,6mm x 1,0mm
- VCXOs mit weniger als 50fs Jitter, 100MHz bis 250MHz
- VCTCXOs 10MHz bis 165MHz, niedriges Phasenrauschen, Jitter, Wander
- 8MHz bis 100MHz OCXOs mit besser als 0,4ppb Frequenzstabilität (p-p) und mit Phasenrauschen $< -167\text{dBc/Hz}$ @ 1kHz Offset, 10MHz
- Jitter-Abschwächer mit integriertem VCXO, 10MHz bis 650MHz
- Miniatur-Taktoszillator 3,2mm x 2,5mm x 1mm, 10MHz bis 220MHz
- Stratum 3 Miniatur-OCXOs 20mm x 13mm, empfohlen von IDT und Microsemi
-



Keramische Filter und Duplexer von CTS

- CTS ist der Erfinder der keramischen Monoblock-Filter
- Bandpassfilter von 400MHz bis 8GHz, Duplexer von 698MHz bis 3,6GHz
- Gekennzeichnet durch (Werte für 2,6GHz LTE-Duplexer)
 - Niedrige Einfügedämpfung ($< 1,6\text{dB}$)
 - Hohe Sperrdämpfung (50dB)
 - Hohe Leistungsverträglichkeit (3W)
- GPS-L1-Filter mit 1,25dB Dämpfung, 0,1dB Welligkeit, 50dB Sperrdämpfung
- LTE-Tiefpassfilter zur Unterdrückung der GSM- und ISM-Frequenzbänder



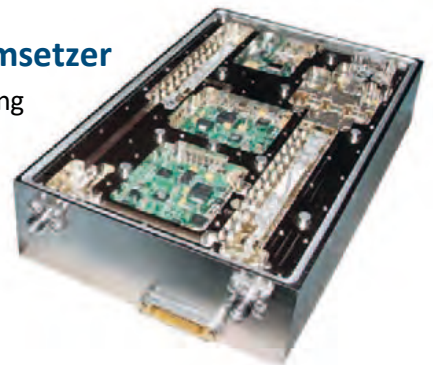
Clearplex® Hohlleiter-Duplexer von CTS

- Keramik gefüllte Hohlleiter-Duplexer, z.B. für 2,6GHz LTE:
 - Passive Intermodulationsverzerrungen $< -110\text{dBm}$ (2x5W)
 - Höchste HF-Leistung: 200W Spitze, 20W Mittelwert.
 - Extrem klein: 100mm 40mm x 14,5mm
 - Extrem leicht: $< 150\text{g}$
 - Einfügedämpfung: 1,5dB typ.
 - Sperrdämpfung: $> 80\text{dB}$
- Für 3G, 4G, 5G



Kundenspezifische rauscharme Oszillatoren und Frequenzumsetzer

- Phasenrauscharme Synthesizer bis 50GHz mit hoher Frequenzauflösung
- Referenzoszillatoren, z.B. GPS-diszipliniert
- Quarz-, DRO- und YIG-basierte Oszillatoren
- Frequenzstandards für 1MHz bis 60GHz
- Integrierte Leistungsverstärker auf GaAs oder GaN Basis
- Als Subsystem nach MIL-Standard, unempfindlich für Mikrofonie



Strom sparende MEMS-Oszillatoren mit branchenweit kleinstem Gehäuse



Die MEMS-Oszillatoren der Serie DSC6000 von Microchip sind (lt. Herst.) derzeit die kleinsten MEMS-MHz-Oszillatoren mit dem geringsten Stromverbrauch über den Frequenzbereich von 2 kHz bis 100 MHz. Sie eignen sich als Taktreferenzen in kleinen, batteriebetriebenen Geräten, wie Wearables

und IoT-Anwendungen, in denen es auf eine kleine Baugröße, geringen Stromverbrauch und langfristige Zuverlässigkeit ankommt. Sie erfüllen auch die Anforderungen nach AEC-Q100 (Automotive Electronics Council) und eignen sich daher für Anwendungen im Motorraum von Fahrzeugen.

Die Oszillatoren werden im vierpoligen DFN-Standardgehäuse mit Abmessungen von 1,6 x 1,2 mm bis 7 x 5 mm geliefert und verbrauchen 1,3 mA (typ.), was weniger als 50% des Verbrauchs stromsparender quarzbasierter Oszillatoren entspricht. Über den gesamten Betriebs-temperaturbereich von -40 bis +85 °C beträgt die maximale Drift 25ppm. Gegenüber Quarzoszillatoren widerstehen sie der 500fachen Stoß- und der 5fachen Vibrationsbelastung.

ClockWorks

Microchips Online-Konfigurations-Tool ClockWorks ermöglicht Entwicklern die schnelle Auswahl des richtigen Oszillators hinsichtlich Frequenz, Gehäusegröße, ppm- und Temperaturbereich. Anschließend können kostenlose Muster dieses Oszillators über das gleiche Tool bestellt werden. Das sepa-

rat erhältliche Programmierkit TimeFlash sorgt für eine sofortige Taktbereitstellung, indem der OTP-Speicher eines unbeschriebenen DSC6000 beschrieben bzw. programmiert wird. Um die Evaluierung und Entwicklung zu vereinfachen, steht Microchips ClockWorks Configurator unter clockworks.microchip.com/Timing zur Verfügung. Das Programmierkit TimeFlash unterstützt die Serie DSC6000 und steht unter www.microchip.com/timeflash zur Verfügung. Nach Kundenwunsch programmierte Evaluierungsboards auf Anfrage. Die Oszillatoren DSC60xx und DSC61xx sind mit folgenden Gehäusen erhältlich: 1,6 x 1,2 mm, 2 x 1,6 mm, 2,5 x 2 mm je vierpoliges VPGA und 3,2 x 2,5 mm mit vierpoligem VDFN.

■ Microchip,
www.microchip.com

Ultraminiatur-TCXO

Der neueste TCXO von IQD ist in zwei Variationen erhältlich:

- Die Modelle der IQXT-350 Serie sind Standard-TCXOs
- Die IQXT-351-Serie bietet die vollständigen Funktionen eines VCTCXOs (Voltage Controlled Temperature Compensated Crystal Oscillator)

Beide Serien verwenden hermetisch versiegelte Keramikgehäuse mit Abmessungen von nur 1,6 x 1,2 x 0,45 mm Größe. Zunächst stehen vier Standardfrequenzen zur Verfügung; 19,2, 26, 38,4 und 52 MHz, jeweils mit einer Frequenztoleranz von $\pm 1,5$ ppm und einer -stabilität



von $\pm 0,5$ ppm. Beide Varianten arbeiten mit 1,8 V bei einer Stromaufnahme von nur 1,7 mA und sind am Sinusausgang ist mit 10 kOhm/10 pF belastbar.

Der IQXT-351 ist im Bereich 26 bis 52 MHz für Temperaturen von -40 bis +85 °C

spezifiziert, während die Frequenzen 19,2 und 38,4 MHz auch für -30 bis +85 °C verfügbar sind. Die Startup-Zeit beträgt nur 2 ms, während der IQXT-351 (VCTCXO) ein Pulling zwischen ± 8 und ± 13 ppm ermöglicht. Sein typisches Phasenrauschen liegt bei -135 dBc/Hz bei 1 kHz mit einer maximalen Alterung von ± 1 ppm pro Jahr. Der geringe Energieaufwand und das extrem kleine Gehäuse machen diese beiden Konstruktionen optimal für GPS, IoT, Wearables, Wimax und Wireless Communication.

■ IQD Frequency Products Ltd.,
www.iqdfrequencyproducts.de

Neue Oszillatoren mit niedrigem Jitter und ultraniedrigem Phasenrauschen



Die neue Oszillatorserie CXOXLPN von IQD bietet ein sehr niedriges Phasenrauschen von -162 dBc/Hz @1 MHz und -149 dBc/Hz @1 kHz.

Durch die Kombination mit einem geringen Jitter von 151 fs rms maximal (12 kHz bis 20 MHz) bei 25 MHz eignet sich dieser Miniatur-Taktoszillator in erster Linie für die Luftfahrt, industrielle-, medizinische- und militärische Anwendungen, Navigation,

GPS, drahtlose Telemetrie, Kommunikation, Transponder und Test- und Diagnosegeräte. Untergebracht in einem hermetisch verschlossenen 3,2x2,5x0,95 mm Keramik-Miniaturgehäuse ist die neue Serie, mit einer Frequenztoleranz von ± 50 ppm und Frequenzstabilitäten bis zu ± 50 ppm, über den gesamten militärischen Temperaturbereich von -55 bis 125 °C verfügbar.

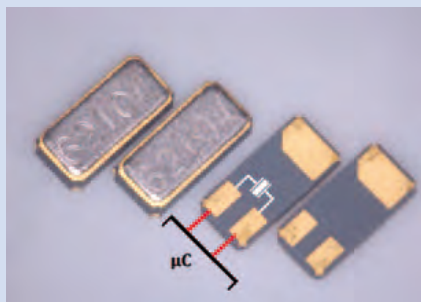
Eine engere Stabilität von ± 30 ppm kann für den industriellen Temperaturbereich von -40 bis 85 °C spezifiziert werden. Der Oszillator hat einen Frequenzbereich von 20 bis 50 MHz, einen 15-pF-CMOS-Ausgang, arbeitet mit 3,3, 3, 2,5 oder 1,8 V und ist kompatibel mit der neusten Generation von Lowpower-Chipsätzen. Der CXOXLPN überlebt Schockwellen von bis zu 50.000 G und Vibrationswellen von 20 G bei 10 bis 2000 Hz und hat eine Beschleunigungsempfindlichkeit von nur 0,5 ppb/g. Varianten, die integrieren/deaktivieren und eine Tristate-Steuerung ermöglichen, sind ebenfalls erhältlich.

■ IQD Frequency Products Ltd.,
www.iqdfrequencyproducts.de

Kleinste Uhrenquarze

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

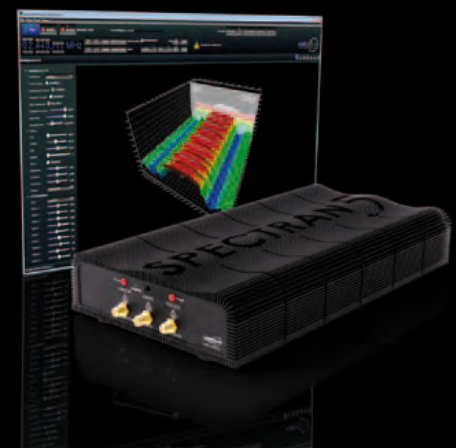
Citizen wird in Kürze zudem eine Low-ESR-Version unter der Bezeichnung CM315EL auflegen. Dieser Typus eignet sich insbesondere für Lowpower-Applikationen, die auf Batterieversorgung angewiesen sind. Durch den geringeren Serienwiderstand (ESR) wird signifikant Leistung im Oszillatorkreis eingespart.



Die Uhrenquarze mit gerade mal 3,2 x 1,5 mm Baugröße finden ihren Einsatz in Anwendungen wie z.B. Haushaltsgeräten und Metering, insbesondere aber auch in Mobiltelefonen, die Datum und Uhrzeit anzeigen sollen. Dabei wird die Zeitreferenz durch einen Uhrenquarz, auch Stimmgabelquarz genannt, erzeugt. Aus dessen Frequenz von 32,768 kHz lässt sich durch Teilung der Frequenz der Sekundentakt generieren.

■ Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH
www.endrich.com

ECHTZEIT USB SPECTRUM ANALYZER 1Hz - 20GHz



ab 3498,- €

Frequenz: 1Hz bis 20GHz

Bis 175MHz Echtzeitbandbreite

POI <1µs

Inkl. Software (Win/Mac/Linux)

OCXO Zeitbasis

40GHz Powermeter



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

MADE IN GERMANY

Quarze Oszillatoren Filter

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



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

Marktübersicht Quarze und Oszillatoren

Hochpräzise MEMS-Oszillatoren für Telekommunikation und Netzwerke



CompoTEK präsentierte mit seinem Partner SiTime die innovative Elite-Plattform für hochpräzise und zuverlässige Super-TCXOs und Oszillatoren, die speziell für Telekommunikations- und Netzwerkanwendungen optimiert wurden.

Durch die wachsende Netzwerk-Verdichtung werden Bauteile unter immer rauerer Umweltbedingungen wie hohe Temperaturunterschiede, Temperaturschocks oder starken Luftströmen eingesetzt. Deswegen hat SiTime es sich zum Ziel gesetzt, die passenden Oszillatoren auf einen Blick auf ihrer neuen Elite-Plattform vorzustellen. Darin finden Sie MEMS-basierte Super-TCXOs und Oszillatoren, die den Anforderungen des Netzwerkmarktes gewachsen sind.

Die Elite-Timing-Lösungen basieren auf einer Dual-MEMS-Architektur mit einem sehr genauen Temperatursensor und rauscharmen Frequenzsynthesizer. Dadurch sind die Oszillatoren besonders unempfindlich gegenüber Vibrationen (0,1ppb/g), reagieren sehr schnell auf Temperaturänderungen und bieten eine hohe Temperaturauflösung von 30 μ K. Die Elite-Plattform umfasst vier neue Produktfamilien mit einer großen Auswahl an Frequenzen und unterschiedlichen Features.

■ **CompoTEK GmbH**
www.compotek.de

Frequenzsynthesizer für 250 MHz bis 16 GHz



Micro Lambda Wireless kündigte einen neuen, kleineren und kostengünstigeren Frequenzsynthesizers an, der in ein Single-Slot-PXI-Chassis passt. Die verfügbaren

Standardmodelle decken die Frequenzbereiche 250 MHz bis 6 GHz, 2 bis 8 GHz, 6 bis 13 GHz und 8 bis 16 GHz ab. Kundendefinierte Frequenzbereiche innerhalb des gesamten Frequenzbereichs sind per Sonderbestellung erhältlich, desgleichen sind Versionen für den erweiterten Temperaturbereich von -40 bis +85 °C (Standard: 0 bis 65 °C) lieferbar. Die Gehäuse haben Abmessungen von nur 2,5 x 2,5 x 0,65 Zoll und sind mit einem 9-poligen Molex-Steckverbinder für alle Eingangsspannungen und Signale sowie einem Standard-USB-Mini-B-Stecker ausgestattet.

Typische Anwendungsbereiche sind Breitbandempfänger, automatisierte Prüfsysteme, Telekommunikations- und Satellitenkommunikationsanlagen, unbemannte Luftfahrzeuge (UAV) und Drohnen sowie vielfältige militärische und kommerzielle Testanwendungen.

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

Kleinster 32,768-kHz-Oszillator auf dem Markt



IQD präsentierte einen 32,768-kHz-SMD-Quarzoszillator in einem Ultraminiaturgehäuse mit den Abmessungen 1,6 x 1,2 x 0,7 mm. Aufgrund des Stromverbrauchs von nur 30 μ A (Standby 3 μ A) eignet sich das Bauteil optimal für Handheld- und Batterieanwendungen, wie Batteriemanagementsysteme, Kommunikationsmodule und -systeme, LCD-Beleuchtungssysteme und Smart-Meter-Applikationen (AMR). Weil bei diesem Bauteil ein AT-Quarz verwendet wird, erreicht dieser Oszillator eine optimale Temperaturcharakteristik mit Frequenzstabilitäten von ± 30 ppm über -20 bis +70 °C bzw. ± 50 ppm über -40 bis +85 °C. Die Startup-Zeit beträgt 7 ms bei 3,3 V Versorgungsspannung, die Rise&Fall-Time liegt bei 200 ms. Der Oszillator ist für die Versorgungsspannungen 1,8 V (IQXO-986), 2,5 V (IQXO-985) und 3,3V (IQXO-984) lieferbar.

■ **WDI AG**
www.wdi.ag

Ultraminiatur-VCXOs mit geringem Phasenrauschen



IQDs neue spannungsgesteuerte Quarzoszillatoren (VCXOs) der Reihe IQXV-93 zeichnen sich durch ein ultrageringes Phasenrauschen von 131 dBc/Hz bei 100 kHz und einen RMS-Phasenjitter von nur 0,9 ps (12 kHz bis 20 MHz) aus. Sie sind mit einem hermetisch dichten 6-Pad-Keramikgehäuse von 2,5 x 2 x 1 mm Größe nach dem Industriestandard untergebracht.

Das neue Modell, erhältlich in einem sehr weiten Frequenzbereich von 8 MHz bis 1,5 GHz, ist optimal für Anwendungen wie 10G & 40G Ethernet, Glasfasernetzwerke, SDH/SONET, WiMax und WLAN geeignet. Zwei Versorgungsspannungen sind möglich, 2,5 und 3,3 V, und zwar über einen Betriebs-temperaturbereich von -40 bis +85 °C.

Die Frequenz ist extern durch das Anlegen einer Steuerspannung (1,65 V nominal) einstellbar, welche die Ausgangsfrequenz um eine Mindest-APR von ± 35 ppm ziehen kann. Das ermöglicht eine präzise Frequenzeinstellung sowie eine Korrektur der Quarzalterung. An Pin 2 besteht eine Einschalt/Ausschalt-Funktion.

■ IQD Frequency Products Ltd.
www.iqdfrequencyproducts.com

Hochstabiler TCXO über den vollen Bereich getestet



IQDs neuer analoger, ASIC-basierter TCXO IQXT-274 wurde durch Einsatz einer Frequenzablesung alle zwei Grad Celsius über den vollen Betriebstemperaturbereich getestet. Dies ergibt, in Kombination mit einer Kompensationsschaltung hoher Ordnung, eine Frequenzstabilität von $\pm 0,5$ ppm über -40 bis +85 °C! Untergebracht in einem her-

metisch abgedichteten Miniatur-Keramikgehäuse von 3,2 x 2,5 x 1,1 mm, liefert der neue TCXO eine Phasenrausch-Performance von -145 dBc/Hz. Die neue Reihe ist in den Optionen TCXO und VCTCXO lieferbar, jeweils für 10 bis 40 MHz. Der IQXT-274 hat einen Clipped-Sinewave-Ausgang und kann mit Spannungen von 2,4 bis 3,7 V arbeiten. Für den VCTCXO wird eine Ziehbarkeit zwischen ± 6 ppm und ± 50 ppm angegeben. Typische Anwendungsbereiche sind Bluetooth, GPS/GNSS, tragbare Navigationsgeräte, WiFi, WiMax und WLAN.

■ IQD Frequency Products Ltd.
www.iqdfrequencyproducts.com

Programmierbare Oszillatoren



Die Serie „LPOP“ umfasst programmierbare SMD-Oszillatoren im Frequenzspektrum von 1 – 137 MHz. Die Low-Power-Oszillatoren arbeiten mit Spannungen im Bereich von 1,8 – 3,63 V_{DC} und sind in Gehäusen mit Abmessungen von 2,0x1,6, 2,5x2,0, 3,2x2,5, 5,0x3,2 und 7,0x5,0 mm sowie der Standard-Frequenzstabilität von ± 20 ppm@-40/+85 °C lieferbar. Mit einer VDD von 1,8 V_{DC} beträgt der Stromverbrauch bei 125 MHz nur 5,6 bzw. 6,4 mA mit 2,5 V_{DC} oder 7,5 mA mit 2,8 – 3,3 V_{DC} Performance der LPOP-Oszillatoren.

Die Version mit dem VDD-Bereich von 2,25 bis 3,63 V_{DC} kann mit jeder beliebigen Spannung in diesem Bereich betrieben werden. Das spart Zeit und Testkosten, da ein Oszillator jetzt z.B. mit Spannungen von $+2,5 \pm 10\%$, $2,6 V_{DC} \pm 10\%$, $2,8 V_{DC} \pm 10\%$, $3,0 V_{DC} \pm 10\%$ oder $3,3 V_{DC} \pm 10\%$ betrieben werden kann. Das spart Zeit und Kosten im gesamten Design-in-, Test- und Supply-Bereich.

Durch ein einstellbares Ausgangssignal kann das EMV-Verhalten des Oszillators deutlich verbessert werden. Die Performance, Variabilität und Langlebigkeit der LPOPs ist - dank einer MTBF von 500 Mio. Stunden - ebenfalls herausragend.

■ Petermann-Technik,
www.petermann-technik.de

Die größte Auswahl an
HF-Verstärkern
ab Lager lieferbar



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



Breitbandverstärker



Ultra breitbandige Verstärker



Gain Blocks



Leistungsverstärker



High Power Verstärker



Begrenzerverstärker



Rauscharme Verstärker



High Rel Verstärker



Laborverstärker



USB gesteuerte Verstärker

Aktive HF-Produkte von Pasternack

- LNAs und Leistungsverstärker
- variable PIN-Dioden-Abschwächer
- USB-kontrollierte Abschwächer
- Frequenzteiler, -Vervielfacher
- PIN-Dioden-Limiter
- HF-Leistungs-Detektoren
- koaxiale Mikrowellenmischer
- kalibrierte Rauschquellen
- koaxiale 1- bis 12-fach Schalter
- abstimmbare SMD-Oszillatoren
- USB-kontrollierte Synthesizer

MRC GIGACOMP GmbH & Co. KG
info@mrc-gigacom.de
www.mrc-gigacom.de
Tel. +49 89 4161599-40, Fax -45



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



Mobilfunk-
& EMV-
Messtechnik



Schalten & Verteilen
von HF-Signalen



Mechanik
Präzisionsfrästeile
& Gehäuse



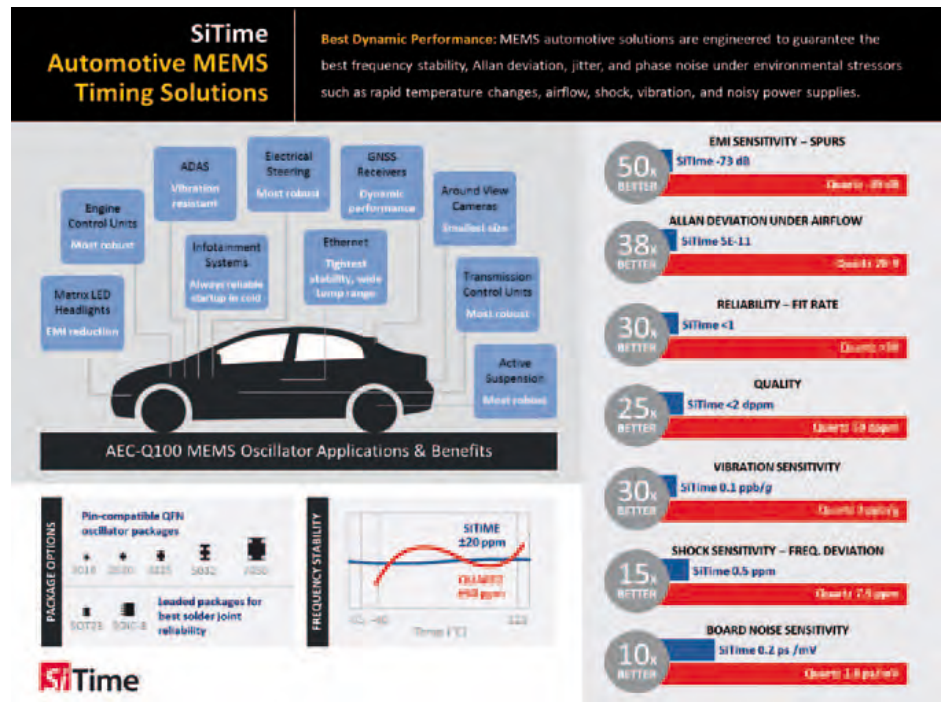
HF-Komponenten &
Distribution von IMS
Connector Systems

MTS Systemtechnik GmbH
D-86690 Mering
www.mts-systemtechnik.de



Marktübersicht Quarze und Oszillatoren

Ultrarobuste, AEC-Q100-qualifizierte-MEMS-Oszillatoren für Automobilanwendungen



SiTime stellt zwei neue, ultra-robuste Familien von AEC-Q10-qualifizierten MEMS-Oszillatoren vor. Sie ermöglichen eine bis zu 30mal bessere Stabilität als bisherige Lösungen. Die SiT2024/25- und SiT8924/25-Oszillatoren sind mit ihrer hohen Performance und Robustheit die ideale Lösung für ASIL- (Automotive Safety Integrity Level) konforme Automobilanwendungen, wie z.B. erweiterte Fahrzeugassistenten (ADAS), fahrzeuginternes Ethernet, Powertrains und generell alle elektronischen Steuergeräte (ECUs).

Die Oszillatoren bieten sehr hohe Stabilität im Temperaturbereich von -55 bis 125 °C

und innovative Features zur EMI-Reduzierung. Sie haben einen sehr weiten Frequenzbereich von 1 bis 137 MHz, bei einer Frequenzstabilität von ± 20 ppm über einer Milliarde Stunden MTBF. Sie sind daher für kritische Anwendungen im Motorraum, wie Motorsteuerung, Übertragungssteuerung, aktive Fahrwerksregelung, elektronische Lenkung und andere ECUs optimiert. Die MEMS-Oszillatoren SiT8924/25 sind in SOT23-5 Gehäusen mit fünf Optionen im Standard-QFN-Footprint von 2,0 x 1,6 mm bis 7,0 x 5,0 mm erhältlich.

■ CompoTEK GmbH
www.comptek.de

Robuste, AEC-Q100 kompatible MEMS- Oszillatoren

Endrich hat zwei neue Produktfamilien ultra-robuster, AEC-qualifizierter MEMS-Oszillatoren von SiTime im Sortiment. Die Modelle SiT2014/25 und SiT8924/25 erreichen eine bis zu 30fache Leistungssteigerung in Vergleich zu bisher verfügbaren Lösungen. Sie wurden speziell für ASIL-kompatible Automotive-Anwendungen entwickelt.

Die beiden Familien eignen sich speziell für Applikationen wie erweiterte Fahrerassistenzsysteme (ADAS), fahrzeuginternes Ethernet, aber auch für Powertrain oder elektronische Steuereinheiten (ECUs). Sie bieten eine ausgezeichnete Schock- und Vib-



rationsresistenz, weiten Frequenzbereich, höchste Stabilität von bis zu ± 20 ppm über -55 bis +125 °C sowie beste Zuverlässigkeit.

■ Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH
www.endrich.com

Ultra Low Power 32.768-kHz-Oszillatoren für Metering-Applikationen



Die Zeitanforderungen in Metering-Applikationen haben sich in den letzten Jahren stark verschärft: Oft wird eine Stunde Zeitversatz nach 7 Jahren gefordert. Dieser Wert sollte auch über den Arbeitstemperaturbereich der Applikation eingehalten werden können. Er entspricht einer Frequenztoleranz von $\pm 16\text{ppm}$ absolut bei 32.768 kHz. Diese Vorgaben können nicht mehr mit normalen 32.768 kHz-Schwingquarzen eingehalten werden, denn eigentlich wurde der Schnittwinkel für den 32.768-kHz-Quarz für optimale Genauigkeit in einer Armbanduhr entwickelt und nicht für die meisten der Anwendungen, in denen er heute verwendet wird.

Um den höchstgenauen Zeitvorgaben entsprechen zu können, steht jetzt der Ultra Low Power 32.768-kHz-Oszillator der Serie ULPPO zur Verfügung. Dieser Oszillator kann mit jeder Spannung im VDD-Bereich von 1,5 – 3,63 V_{DC} bei einem Stromverbrauch von nur 0,99 μA betrieben werden. Die Temperaturstabilität des ULPPOs beträgt $\pm 5\text{ppm}$ über den Temperaturbereich von $-40/+85^\circ\text{C}$. Die Frequenzstabilität (Anliefergenauigkeit plus Temperaturstabilität) erreicht $\pm 10\text{ppm}$, die Alterung nach 20 Jahren $\pm 2\text{ppm}$. Damit ergibt sich für die maximale

Gesamtstabilität des ULPPO ein Wert von $\pm 12\text{ppm}$, inklusive der Alterung nach 10 Jahren.

Zur Beschaltung des ultrakleinen Gehäuses (Grundfläche 1,2 mm²) werden keine externen Kapazitäten benötigt. Die Eingangsstufe des im ULPPO verbauten ICs filtert die Versorgungsspannung selbst. Im Vergleich zu einem Quarz ermöglicht die Verwendung des ULPPOs eine höhere Packungsdichte und die Entwicklung kleinerer Platinen. Durch die Amplitudenanpassung kann der Stromverbrauch des ULPPOs zusätzlich reduziert werden.

Zu beachten ist, dass sehr kleine, normale 32.768-kHz-Quarze meist sehr hohe Widerstände aufweisen, die von den zu taktenden Oszillatorstufen oft nicht mehr sicher getrieben werden können. Es kann daher zu plötzlichen Anschwingproblemen im Feld kommen, die mit dem ULPPO aber umgangen werden, da er unter allen Umständen sicheren Betrieb ermöglicht, und sogar mehrere ICs gleichzeitig taktet.

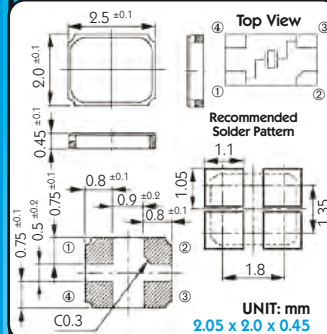
Anwendung findet der ULPPO z.B. in Smartphones, Tablets, GPS, Fitnessuhren, drahtlosen Tastaturen, Wearables oder IoT.

■ **Petermann-Technik**
www.petermann-technk.de

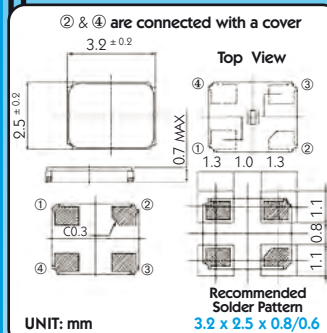
Quarze und Oszillatoren

...klein,
kleiner,
am kleinsten

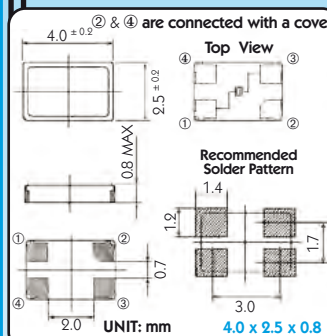
CPX-22



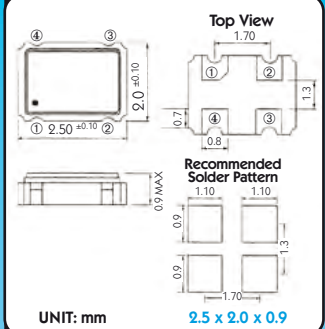
CPX-32



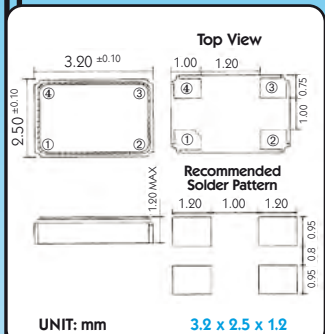
CPX-42



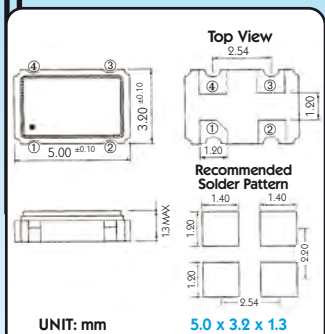
SCO-22



SCO-32



SCO-53

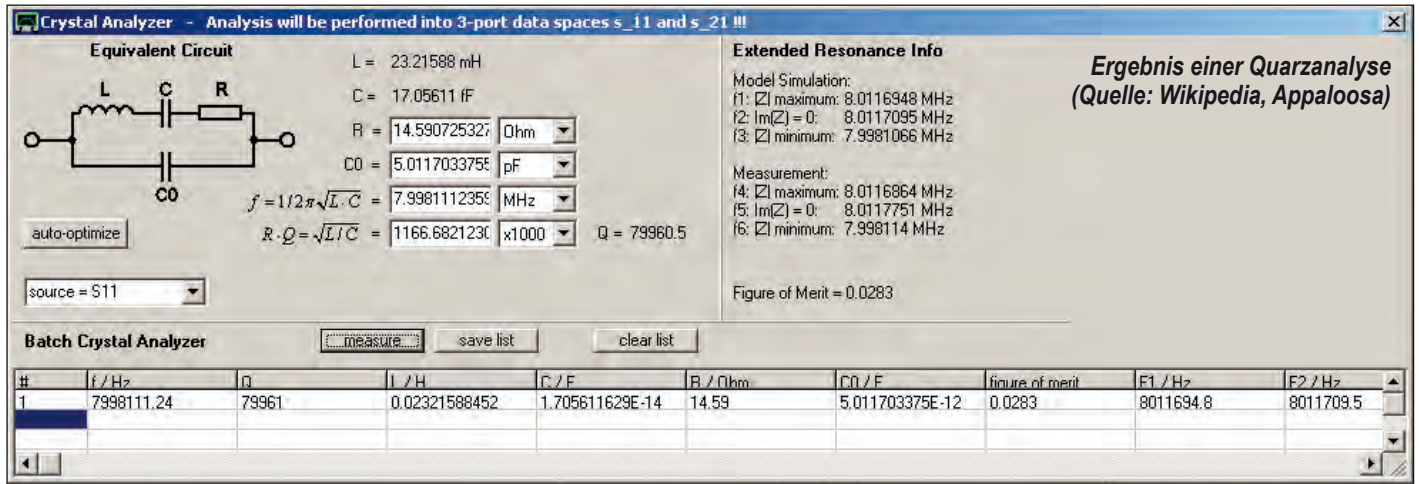


- Sonderfrequenzen verfügbar!
- Muster für Entwicklung & 2nd Source Freigabe kostenfrei!
- Cross-Referenzen verfügbar zu EPSON, CITIZEN, NDK, Jauch, u.a. Hersteller!



digital elektronik steinbecker lehrer gmbh
Rudolf-Wenzl-Straße 3 + 5
D-89340 Leipheim / Germany
www.digitallehrer.de
Tel. +49 (0) 89 21 / 70 80
Fax +49 (0) 89 21 / 70 880

Auswahl von HF-Schwing- und Takterzeugungsquarzen



Ergebnis einer Quarzanalyse
(Quelle: Wikipedia, Appaloosa)

Obwohl Quarze auch in den letzten Jahren beständig weiterentwickelt wurden, sodass heute beispielsweise Grundwellentypen mit sehr hoher Frequenz oder Ausführungen in sehr kleiner Bauformen verfügbar sind, gelten bei der Quarzauswahl immer noch bewährte Richtlinien.

Während man bei der Auswahl von Quarzen für die Takterzeugung, etwa bei Mikrocontrollern, nicht allzu penibel sein muss, sollte man bei reinen HF-Schwingerschaltungen sorgsamer vorgehen. Der HF-Techniker sieht sich oft mit beiden Aufgaben konfrontiert, da Datenübertragungen vermehrt per Funk stattfinden. Daher haben einige Mikroprozessoren gleich einen Senderteil on board.

Quarze anfertigen lassen

Im Gegensatz zu Taktgeneratoren erfordern Funkanwendungen häufig Quarze, die keine Standardfrequenzen aufweisen. Diese muss man dann anfertigen („schleifen“) lassen. Der Quarzhersteller benötigt für ein zielgerichtetes Vorgehen Antworten auf mehrere Fragen:

- Soll der Quarz auf Grund- oder Oberwelle schwingen (Grundwelle: Aufdruck in kHz, Oberwelle: Aufdruck in MHz)?
- Soll der Quarz in Serien- oder Parallelresonanz betrieben werden?
- Welche Frequenztoleranz ist zulässig?
- Welche Temperaturstabilität wird gewünscht?
- Welcher Einsatztemperaturbereich ist gefordert?

- Welche Halterung soll es sein?
- Welche Lastkapazität liegt vor?
- Soll die Frequenz „ziehbar“ sein (Pullability).
- Welche Güte ist erforderlich?
- Welche Spannungsbelastung soll zulässig sein?

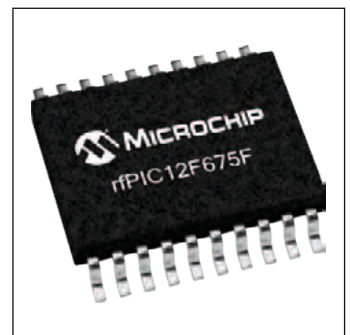
Man kann diese Fragen beantworten, wenn man das Ersatzschaltbild eines Quarzes kennt und weiß, wie die Oszillatorschaltung arbeitet. Weitere Hinweise geben Normen, wie DIN EN 60122-1, -2 und -3 (Grundlagen) oder DIN EN (IEC) 60679ff (Oszillatoren).

Der Quarz für die Takterzeugung

Da die Übertragungsraten noch immer sukzessive ansteigen, trifft man auch auf immer höhere Taktfrequenzen. Mit dieser Tatsache verbunden sind strengere Anforderungen bei der Quarzauswahl. Ziel ist ein unter allen Umgebungsbedingungen stabil arbeitender Quarzoszillator. Man konsultiere daher sorgfältig das Datenblatt des Takterzeugungs-ICs. Auch hier kommen einige der oben genannten Fragen ins Spiel.

Gängige Taktfrequenzen sind:

- 1,8432 MHz für UARTs



Der rPIC12F675 Mikrocontroller hat auch einen 434 MHz ASK/FSK RF Transmitter integriert



Die neuen Typen FemtoClock NG sind Quarzoszillatoren, welche die Pegel LVPECL, LVDS und LVCMOS mit Frequenzen von 15,48 bis 1300 MHz ausgeben

Quellen:

[1] Microcontroller.net,
www.mikrocontroller.net

[2] Elektronik-Praxis
www.elektronikpraxis.vogel.de



CERAMIC FILTERS

The Industry's Widest Selection!

Über 200 Modelle in über sieben Millionen Stück auf Lager!

from **99¢** qty. 3000

Vom DC bis 15 GHz - Mini-Circuits' LTCC-Filter bedeuten für Sie die im Industriebereich größte Palette an Hochpass-, Bandpass, Tiefpass- und Diplexer-Modellen für einen unbegrenzten Anwendungsbereich. Diese kleinen Keramikfilter nutzen die Low-Temperature/Co-fired-Ceramic-Technologie (LTCC), um hohe Kennwertestabilität und große Zuverlässigkeit unter verschiedensten Einsatzbedingungen sicherzustellen, und das bei Gehäusegrößen von nur 0,06 x 0,03 Zoll! Sie sind auch in Stückzahlen von nur 20 gegurtert lieferbar, und Designer Kits helfen Ihnen, das passende Modell für Ihr System zu geringsten Kosten zu finden.

Besuchen Sie noch heute www.minicircuits.com und erhalten Sie umfassende Testdaten, weitentwickelte Simulationsmodelle, PCB-Layouts und alles, was Sie für Ihre zielgerichtete Wahl benötigen! Bestellen sie online und erhalten Sie Ihre Lieferung in kürzester Zeit!

Free, High-Accuracy Simulation
Models for ADS



www.modelithics.com/mvp/Mini-Circuits.asp



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

555 rev org

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

Abkürzung	Bezeichnung	Frequenzbereich	Beschreibung	Anmerkung
LP	Low-Power Crystal/Resonator	min. 200 kHz	Quarz, Resonator oder externer Takt	minimaler Stromverbrauch
XT	Crystal/Resonator	100 kHz ... 4 MHz	Quarz, Resonator oder externer Takt	-
HS	High-Speed Crystal/Resonator	min. 4 MHz	Quarz, Resonator oder externer Takt	höchste Geschwindigkeit
RC	Widerstand-Kondensator	30 kHz ... 4 MHz	externer Widerstand und Kondensator	-
ER	externer Widerstand	10 kHz ... 8 MHz	nur ein externer Widerstand	garantiert bis 4 MHz
INTRC	internes RC-Glied	4 MHz	ohne externe Bauelemente	ca. 8% Toleranz
INTOSC	interner Oszillator	4 MHz	ohne externe Bauelemente	max. 2% Toleranz
EC	External Clock	nicht definiert	externer Takt, kein Taktausgang	-

Mögliche Betriebsarten bei der Takterzeugung nach [1]

- 3,686400 MHz für Mikrocontroller und UARTs
- 11,0592 MHz dto.

Diese Frequenzen erlauben ganzzahlige Divisionen zu üblichen Bitraten, wie 9600 bps.

- 12,0000 MHz bei USB-Geräten
- 25,000 MHz bei Fast Ethernet und Media Independent Interface (MII)
- 33,33 MHz sind üblich bei Hauptprozessoren vor der PLL

Grundsätzlich kann ein Arbeits-takt (etwa für einen PIC) von einer externen Quelle stammen, mit einem eigenen Oszillator und einigen externen Bausteinen oder lediglich einem externen Widerstand selbst erzeugt werden. Auf welche Art und Weise der PIC zu seinem Takt kommt, wird im Rahmen der Möglichkeiten bei seinem Brennen festgelegt. Die Konfiguration lässt sich aber schon im ASM-File definieren. Man unterscheidet die Betriebsarten lt. Tabelle.

Mit der Verbreitung mobiler Geräte sind Oszillatoren gefragt, die stabil in einem großen Temperaturbereich arbeiten und dabei möglichst wenig Leistung verbrauchen. Ein Quarz selber verbraucht praktisch keine Leistung, also kommt es auf die Schaltung an! Durch deren richtige Wahl lässt sich sehr viel Strom in einer batteriebetriebenen Applikation sparen. Die Firma Petermann-Technik beispielsweise hat mit ihren Ultra-Low-Power-Micro-Oszillatoren der Serie ULPO gezeigt, was hier möglich ist. Die Oszillatoren sind mit den

Maßen 1,5 x 0,8 mm 85% kleiner als übliche Oszillatoren mit 3,2 x 2,5 mm und verbrauchen bei 2,048 MHz nur 50 µA an 1,8 V. Das sind etwa 3,3% gegenüber einem 1,8-V-TCXO mit Clipped-Sinewave-Ausgang oder sogar 0,5% gegenüber einem normalen Clock-Oszillator (CMOS/TTL-kompatibel). Frequenzen zwischen 1 und 26 MHz sind möglich.

In den modernen und somit komplexen Anwendungen findet man mehrere Taktsignale für verschiedene externe Schnittstellen (Ethernet, PCI, RapidIO, USB etc.) sowie weitere Takte für interne Funktionen (System-CPU, spezielle Subsysteme). Die Verwendung mehrerer Quarzoszillatoren bedeutet hier zu viel Aufwand, Platzbedarf, Kosten und Strom. Eine ebenso elegante wie einfache Lösung besteht aus einem einzigen Quarz und einem Taktgenerator mit mehreren Ausgängen. Solche Produkte sind von verschiedenen Herstellern lieferbar. Man unterscheidet hier zwischen Typen mit festen und programmierbaren Frequenzen.

„Doch selbst bei einem programmierbaren Multi-Output-Taktgenerator stellt der externe Quarz immer noch ein Problem dar. Er nimmt wertvollen Platz auf der Leiterplatte ein – selbst wenn ein Gehäuse mit kleinem Formfaktor verwendet wird. Da heutige Takt-ICs in den GHz-Bereich reichen, weist die kurze PCB-Verbindung zwischen Quarz und Taktgenerator-IC hohes Störpotenzial und EMI/EMV-Anfälligkeit auf, was den Taktausgang



Die ULPO-Typen sind im Temperaturbereich von -40 bis 85 °C lieferbar und verfügen über einen Standby-Pin

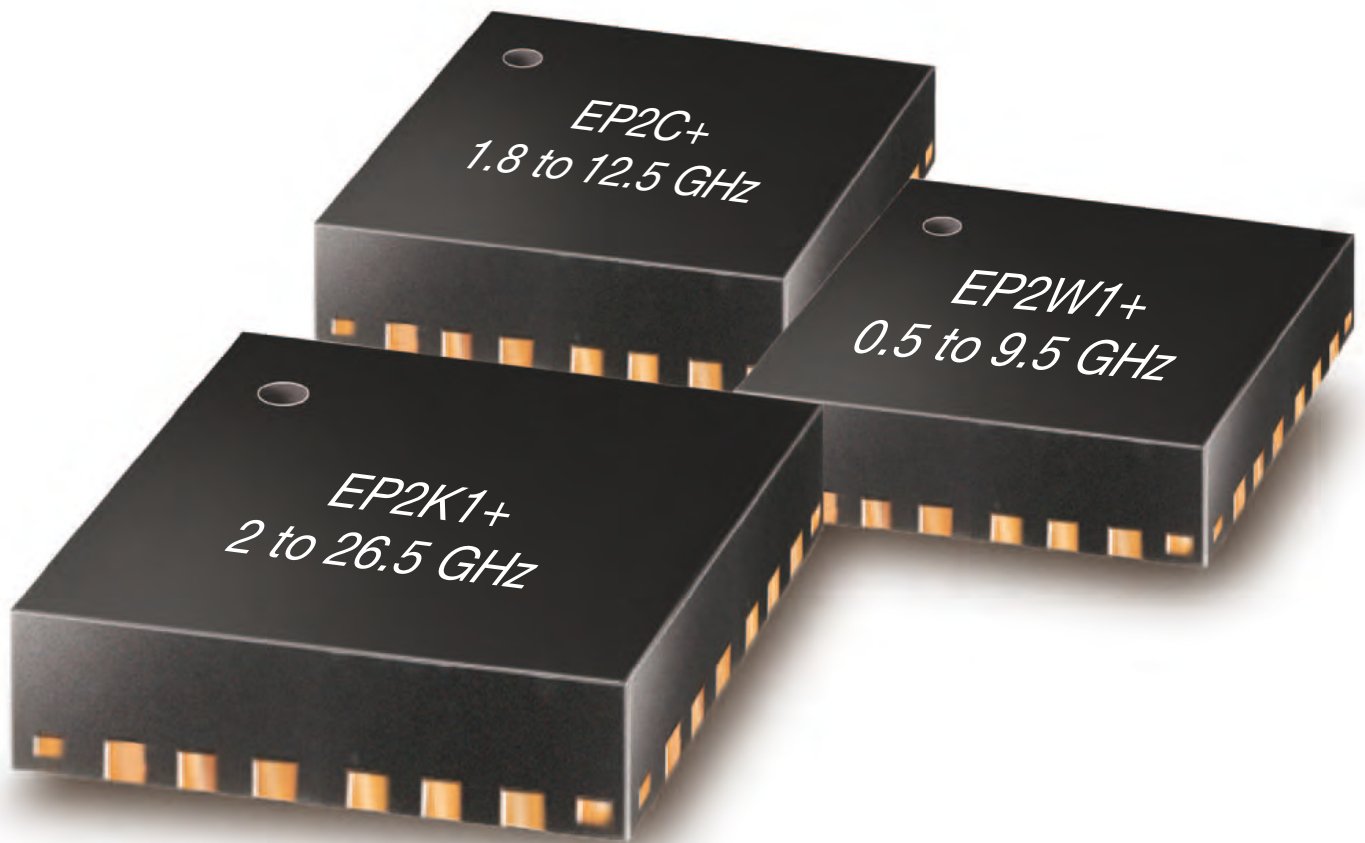
mit zusätzlichem Jitter, Bitversatz und Verzerrungen belegen kann.“ [1] Letztendlich hängt die Leistungsfähigkeit einer solchen Taktlösung vom PCB-Layout und von der Last ab. Die Lösung sind programmierbare

Takt-ICs mit integriertem Quarz, wie etwa die programmierbare FemtoClock NG Crystal Oscillator Family von IDT. Hier sind integrierte Quarze mit 20, 50 oder 100ppm möglich. **FS**

Wichtige Hinweise für die Praxis

- Wählen Sie einen Quarz mit einem geringen R (üblicherweise als Effective Series Resistance, ESR bezeichnet), um Anlaufprobleme zu vermeiden. Ein geringer ESR bedeutet hohe Schleifenverstärkung.
- Reduzieren Sie möglichst Streukapazitäten im Platinen-Layout durch kürzestmögliche Leitungen. Auch dadurch vermindern sich Anlaufprobleme, und die Frequenz ist genauer und stabiler.
- Testen Sie die Schaltung immer im gesamten möglichen Temperatur- und Betriebsspannungsbereich, um abzusichern, dass der Oszillator unter allen eventuell vorkommenden Betriebsbedingungen sicher anschwingt und stabil oszilliert. Ändern Sie erforderlichenfalls Bauteilwerte.
- Für beste Ergebnisse sollte ein Quarzoszillator-Design den Invertereingang mit einer Spitzenspannung des erzeugten Signals von bis zu etwa 40% der Betriebsspannung beaufschlagen. Es empfiehlt sich, modernere bis modernste Quarze zu verwenden.

Ultra-Wideband MMIC SPLITTER/COMBINERS



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

Models from **\$5⁵⁶**
ea. (qty. 1000)

DIE GRÖSSTE BANDBREITE IM INDUSTRIEBEREICH MIT EINEM EINZIGEN MODELL!

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

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

EP2K-Serie, 4x4x1 mm

EP2W-Serie, 5x5x1 mm



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

549 Rev B

DISTRIBUTORS

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

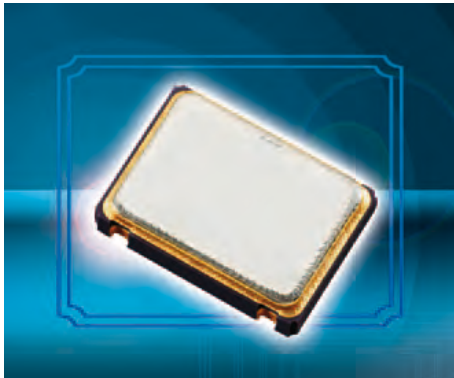
Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

SMD-Quarz für Ultraschall geeignet



Quarze darf man normalerweise nicht mit Ultraschall bearbeiten – weder bei der Lötung noch bei der Reinigung, da sie dadurch beschädigt werden. Petermann-Technik präsentierte jetzt mit dem „SMD03025/4US“ einen für Ultraschall geeigneten SMD-Quarz in dem am meisten nachgefragten, miniaturisierten SMD-Keramikgehäuse 3,2x2,5 mm/4pad. Er kann per Ultraschall gelötet und gereinigt werden. Dabei ist dieser Quarz, dessen Resonator im Gehäuse über eine spezielle ultraschallfeste Befristung verfügt, für Ultraschallfrequenzen von 15 kHz, 20 kHz, 35 kHz und 40 kHz ausgelegt. Einige Daten:

- Frequenzbereich: 12 – 40 MHz
- Frequenztoleranz bei +25 °C: ± 10 ppm
- Temperaturstabilitäten ab ± 10 ppm über den Bereich von -20/+70 °C
- Engste Temperaturstabilität im industriellen Temperaturbereich von -40/+85 °C: ± 15 ppm.

Aufgrund des sehr günstigen Preises, ist der in Reinräumen gefertigte, ultraschall-resistente Allrounder in allen Applikationen verwendbar, die einen sehr günstigen SMD-Quarz mit exzellenten Parametern

und einer ausgezeichneten Langlebigkeit erfordern, wie zum Beispiel im Automotive, Medical, Embedded, Industrial, Commercial, IoT, WIFI, Funk (WLAN, ISM, KNX, ZigBee, Z-Wave, etc.), Consumer, Telecom, etc., Bereich.

Bei Bedarf des Anwenders sind auch sehr umfangreiche Schaltungsanalysen bzw. Schaltungssimulationen durch das In-House-Engineering möglich. Dabei werden die Analysen anhand der Normen für Schwingquarze DIN/IEC60444 durchgeführt und beinhalten u.a. Anschwingssicherheitstests (Ermittlung der exakten Anschwingreserve), Ermittlung des Quarzstromes, und viele Tests mehr.

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

Extrem jitterarme Oszillatoren



MtronPTI bietet mit den Serien M2058/59 (5 x 7 mm SMD) und M2060/61 (5 x 3,2 mm SMD) zwei extrem jitterarme Quarzoszillatoren an. Mit weniger als 100 fs sind sie ideal geeignet für Anwendungen im Bereich Ethernet-switch-Design mit 10 G/40 G/100 G Ethernet PHY/Gearbox und Switch-Produkten. Erhältlich sind sie mit den gängigen Ausgangsfrequenzen 100, 125, 156,25 MHz mit LVDS- sowie LVPECL-Ausgang und Frequenzstabilitäten von wahlweise ± 20 , ± 25 oder ± 50 ppm über den industriellen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +85 °C. Beide Produktserien sind für 2,5 oder 3,3 V Versorgungsspannung erhältlich.

Der Low-Jitter VCXO XO7013 ist ein VCXO mit extrem geringem Phasenrauschen für den Einsatz in der Telekommunikation, Instrumentierung, Luftfahrtelektronik und drahtlosen Anwendungen. Er bietet eine herausragende Phasenrauschqualität mit LVCMOS-Ausgang und einen absoluten Ziehbereich von $\geq \pm 20$ ppm über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +85 °C.

Weitere Spezifikationen:

- 9 x 14 mm SMD-Gehäuse
- Frequenzbereich: 50 bis 262 MHz
- Versorgungsspannung: 3,3 V

- LVCMOS-Ausgang

■ **WDI AG**,
www.wdi.ag

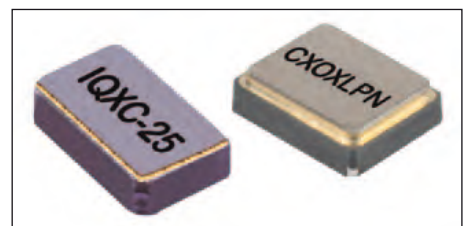
Quarzprodukte aus Japan



FRG Frischer Electronic verkauft seit 1985 Quarzprodukte der Firma NDK (Nihon Dempa Kogyo) aus Japan. Der ultrakompakte Stimmgabelquarz NX1610SA misst nur 1,6 x 1 x 0,45 mm und zeigt eine exzellente elektrische Performance, optimiert für die mobile Kommunikation, Office Automation oder Audiovisual-Applikationen. Bei diesem Surface-mount-Quarzoszillator ist das Reflow-Löten möglich. Das Produkt ist RoHS konform. Der NX1210AB für Office Automation oder Short-range Wireless ist hingegen ein kompletter Oszillator und misst nur 1,2 x 1 x 0,25 oder 0,3 mm. Der Surface-mount-Typ eignet sich sehr gut für ultrakompakte Wireless-LAN- und Bluetooth-Anwendungen. Reflow-Löten ist ebenfalls möglich.

■ **RG Frischer Electronic GmbH**
www.frischer.de

Quarze und Quarzoszillatoren zum Steuern und für Funkanwendungen



Quarze und Quarzoszillatoren als Taktgeber zur Anwendungen in Controller- und Wireless-Schaltungen bietet u.a. IQD Frequency Products an. Quarze werden in einer Vielzahl von elektronischen Anwendungen eingesetzt. Der hohe Q-Faktor eines Quarzes bedeutet, dass eine hohe Stabilität erreicht werden kann, welche der Schlüssel für die korrekte Funktion der Mikroprozessor-Taktgeberschaltung ist. IQD bietet eine umfangreiche Palette von Quarzen, die sowohl in „Surface Mount“ als auch verbleit für die meisten Anwendungsbereiche eingesetzt werden können und sich hervorragend für

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

www.celsi.com www.spirig.com

kundenspezifische Designs eignen. Dazu gehört der abgebildete IQXC-25.

Spannungsgesteuerte Quarzoszillatoren (VCXOs) werden vor allem in der Telekommunikations-, Test- und Broadcast-Industrie eingesetzt. Sie ermöglichen Kunden die Frequenzeinstellung bis zu ± 150 ppm, während die Schaltung aktiv ist, und gleichzeitig ein eingehendes Signal entspricht. IQD's VCXOs stehen mit einer breiten Palette an Pullibilitäten und Ausgängen zur Verfügung. Sie werden in der Regel in Verbindung mit einer PLL (Phase-Locked Loop) verwendet. Zu diesen Produkten gehört der CXOXLPN.

■ *IQD Frequency Products, Ltd.*
www.iqdfrequencyproducts.com

Quarze für Drahtlos-Anwendungen

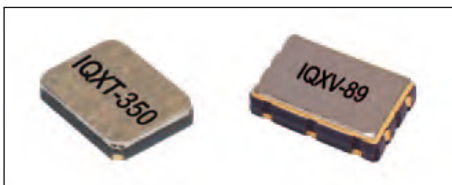


Besonders für Wireless-Anwendungen geeignet ist die JXSxx-WA-Quarzserie von Jauch. Die JXSxx-WA-Quarze zeichnen sich aufgrund ihrer hohen Frequenzstabilität und ihres sehr niedrigen Resonanzwiderstands insbesondere für IoT-Anwendungen aus und werden in 14 für Wireless-Anwendungen üblichen Frequenzen angeboten. Typische Frequenzen, wie zum Beispiel 24/26/32/37,40/38,4/40 MHz werden häufig von RF ASICs für Wireless-Anwendungen, wie Bluetooth Low Energy (BLE), Bluetooth Smart, Zigbee, ISM, LoRa, LPWAN usw. verwendet.

Diese JXSxx-WA-Quarze sind in den Standardgehäusen 2016, 2520 und 3225 erhältlich.

■ *Jauch Quartz GmbH*
www.jauch.de

OCXOs, TCXOs & VCTCXOs



OCXOs liefern die ultimative Leistung mit piezoelektrischen Stabilitäten von weniger als ± 1 ppb. IQDs OCXO-Sortiment umfasst Produkte für Frequenzen von bis zu 100 MHz, mit einer großen Auswahl an Gehäusegrößen, Versorgungsspan-

nungen und Ausgängen. Das Subminiatur-Frequenznormal ist in einem 51 x 51 mm großen 5-Pin-Gehäuse untergebracht und dadurch mit vielen existierenden OCXO-Bauformen kompatibel, bietet aber gleichzeitig eine deutlich bessere Performance. Die Ausgangsfrequenz beträgt 10 MHz bei einer Versorgungsspannung von 12 bis 18 V. Die maximale Leistungsaufnahme von 6 W und die typische Aufwärmzeit von 5 min machen diese Rubidium-Frequenznormal vergleichbar mit vielen ofenstabilisierten Quarzoszillatoren.

TCXOs und temperaturkompensierte VCTCXOs bieten hohe Stabilitäten bis „parts per billion“ (ppb). Sie werden dort eingesetzt, wo die Stabilität eines Standard-Quarzoscillators unzureichend ist. Ein TCVCXO bietet die Funktion der Spannungsregelung, welche eine präzise Abstimmung der Ausgangsfrequenz nach Leiterplattenbestückung und später ermöglicht, um eventuelle Auswirkungen der Alterung auszugleichen. Das Standardsortiment von IQD deckt nahezu alle Anwendungen in der Elektronikindustrie mit Gehäusegrößen von bis zu 2,5 x 2 mm ab.

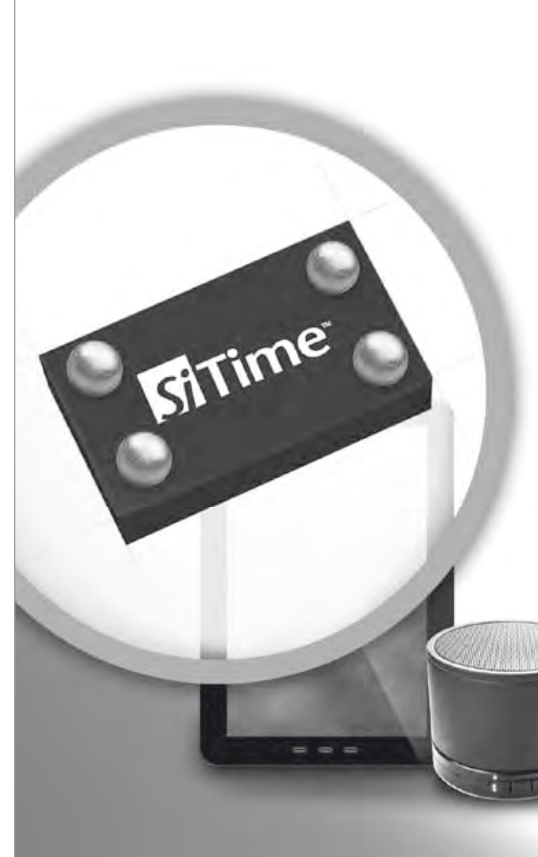
■ *IQD Frequency Products, Ltd.*
www.iqdfrequencyproducts.com

MEMS-Oszillatoren sind robust



MEMS-Oszillatoren von Jauch bieten eine extrem hohe Stoß- und Vibrationsfestigkeit und sind somit für anspruchsvolle Einsatzgebiete besonders geeignet. Sie werden nach Kundenspezifikation konfiguriert und bieten dem Entwickler aufgrund der schnellen Verfügbarkeit eine sehr hohe Flexibilität. Änderungen an den Schaltungen und am Design sind so bis zur letzten Minute möglich. Die MEMS-Oszillatoren sind konfigurierbar mit Ausgangsfrequenzen von 1 bis 137 MHz. Erhältlich sind sie mit einer Frequenzstabilität bis hin zu ± 20 ppm. Zudem ist eine Konfigurationsoption für höhere kapazitative Lasten oder für weniger steile Signalfanken zur Reduktion elektromagnetischer Abstrahlung verfügbar. Die MEMS-Taktgeber lassen sich in einem sehr breiten Arbeitstemperaturbereich von -55 bis +125 °C einsetzen.

■ *Jauch Quartz GmbH*
www.jauch.de



SiTime

MEMS OSZILLATOREN FÜR ALLE BEREICHE

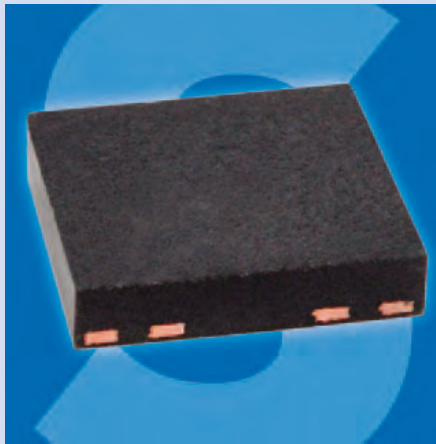
- Kundenspezifische Frequenzen: 1 Hz bis 700 MHz
- Spannungsversorgung: 1.8, 2.5, 2.8 oder 3.3 V, 2.5 - 3.3 V
- Frequenzstabilität: ± 0.1 , ± 0.2 , ± 0.25 , ± 0.5 , ± 1 , ± 1.5 , ± 2.5 , ± 5 , ± 10 , ± 25 , ± 50 ppm
- Spread Spectrum Option
- Programmierbare Ausgangstreiberstufe
- Gehäuseoptionen:
 - Industriestandard 2012 bis 7050
 - Ultra kleines 1508 CSP
 - SOT23
- Temperaturbereich: -55°C +125°C
- Programmier Kit



www.endrich.com

MEMS-Oszillatoren mit niedrigem Stromverbrauch

Neu ins Produktprogramm aufgenommen hat Schukat die siliziumbasierten MEMS-Oszillatoren der Serie SiT8008BI von SiTime. Die Oszillatoren punkten mit einem niedrigen Stromverbrauch und sind für spezifische Anforderungen unterschiedlicher Anwendungen vorprogrammiert. Dazu wurden Blanks mit einer Betriebsspannung von 2,5 bis 3,2 V und ± 25 ppm Frequenzstabilität gewählt. Insbesondere dort, wo eine Kombination aus kleiner Bauform und Low-Power-Taktgebern erforderlich ist, bieten die Oszillatoren eine gute Performance und hohe Zuverlässigkeit. Aufgrund ihrer Maße von 2,5 x 2 x 0,75 mm sowie 3,2 x 2,5 x 0,75 mm



eignen sie sich vor allem für den Einsatz als Taktgeber für Prozessoren und FPGAs, Netzwerk-Switches und Gateways, CCTV und Überwachungsausrüstungen. Die SiTime-MEMS-Oszillatoren arbeiten im Frequenzbereich von 1 bis 110 MHz auf die sechste Dezimalstelle genau. Dabei reicht ihr Temperatureinsatzbereich von -40 bis +85 °C. Die Serie SiT8008BI von SiTime ist ab sofort in den gängigsten Frequenzen ab Lager Schukat erhältlich, kundenspezifische Programmierungen sind innerhalb weniger Tage lieferbar.

■ Schukat electronic Vertriebs GmbH
www.schukat.com

32,768-kHz-Oszillator mit kleinem Stromverbrauch

Micro Crystal hat das populäre 32-kHz-Oszillatormodul wei-

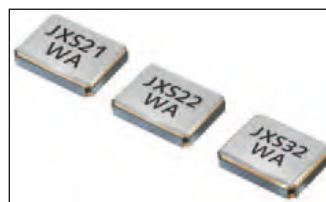
terentwickelt und bietet es nun in einem ultrakleinen Gehäuse von nur 1,2 x 2 x 0,7 mm an. Im hermetisch dichten Package ist außer dem IC auch der Quarz untergebracht. Mit einer CMOS-Last liegt der gesamte Stromverbrauch bei nur 1,4 μ A. Im Standby-Mode läuft der Oszillator weiter (0,45 μ A), somit muss keiner Anlaufzeit wie bei AT-Oszillatoren Rechnung getragen werden. Durch die Kalibration während der Modulfabrikation ist die Genauigkeit der Frequenz höher als bei Lösungen mit externem Quarz.

Der Speisespannungsbereich reicht von 1,6 bis zu 5,5 V und ist unabhängig von der Umgebungstemperatur (-40 bis +85 °C). Der geringe Stromverbrauch und das kleinste Package bieten beste Voraussetzung für:

- Wearables und Fitnessarmbänder
- IoT, Smart Pens
- industrielle Einplatinen-Computer und Mikrocontroller
- medizinische Geräte
- Taktreferenzen (z.B. für den Bluetooth LE sleep mode)
- Automotive-grade-Ausführungen wie Notrufeinheiten, drahtlose Start- und Schließsysteme

■ Micro Crystal AG
www.microcrystal.com

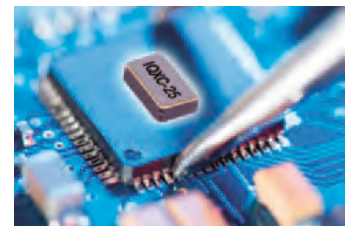
Quarz-Serie für vielfältige Wireless-Anwendungen



Jauch führt eine neue Quarz-Serie im Programm, die besonders für Wireless-Anwendungen geeignet ist. Sie bietet verschiedene Baugrößen. Die JXS-WA-Quarze eignen sich aufgrund ihrer hohen Frequenzstabilität und ihres sehr niedrigen Resonanzwiderstands besonders für IoT-Anwendungen. Sie werden in 14 für Wireless-Anwendungen üblichen Frequenzen angeboten. Typische Frequenzen, wie zum Beispiel 24, 26, 32, 37,4, 38,4 oder 40 MHz werden häufig von RF-ASICs für Wireless-Anwendungen, wie Bluetooth Low Energy (BLE), Bluetooth Smart, Zigbee, ISM, LoRa, LPWAN usw. verwendet. Des Weiteren eignet sich diese besondere Quarz-Serie auch für Anwendungen in der Telekommunikation oder in Wearables, in tragbaren kleinen Computersystemen. Die JXS-WA-Quarze sind in den Standardgehäusen 2016, 2520 und 3225 erhältlich.

■ Jauch Quartz GmbH
www.jauch.de

Ultraminiatur-Uhrenquarz für IoT-Anwendungen



Mit Abmessungen von nur 2 x 1,2 mm sowie einer Höhe von lediglich 0,6 mm eignet sich IQDs 32,768-kHz-Uhrenquarz IQXC-25 bestens für Anwendungen, in denen der Platzbedarf auf der Leiterplatte nur sehr gering ist. Der Quarz ist in einem 2-Pad-Keramikgehäuse untergebracht und hat einen Betriebstemperaturbereich von -40 bis +85 °C sowie einen Standard-Frequenzstabilitätskoeffizienten von -0,03 $\pm$ 0,01 ppm/K. Die standardmäßige Frequenztoleranz beträgt ± 20 ppm, auf Anforderung sind auch ± 10 ppm möglich. Die Lastkapazitäten können mit 12,5, 9, 7 oder 6 pF spezifiziert werden. Besonders gut eignet sich der IQXC-25 für diverse Anwendungen, die jedoch speziell mit dem Internet der Dinge (IoT) zusammenhängen und bei denen eine genaue Zeiteinhaltung sowie nichtflüchtige Datenspeicherung über einen Echtzeit-Taktgeber (RTC) erforderlich ist. Dazu zählen das Batteriemanagement,

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

Temperaturkompensierter TCXO



Mit einem temperaturkompensierten TCXO bei 32.768kHz, bietet Telcon eine präzise Zeitbasis mit einer max. Abweichung von ± 2.6 min p.a. über einen Temperaturbereich von -40 bis $+85$ °C an, die für Real time clock Anwendungen auch aufgrund der kleinen

Stromaufnahme von 0,8 bis 2,0 uA bestens geeignet sind. Die Spannungsversorgung ist mit 1,8 und 3,3 V auf batteriebetriebene Geräte ausgelegt. Alternativ ist auch 5,0 V lieferbar. Der Oszillator ist in einem Keramik SMD Gehäuse von 3,28 x 2,50 mm unterge-

bracht, die maximale Bauhöhe beträgt 1,4 mm.

Am Ausgang liegt ein CMOS Signal an. Die Anstiegszeit wie auch die Abfallzeit werden mit 10 nS angegeben. Dies bei einer Last von 15 pF. Die Anwendungen sind durch die kleinen Abmessungen und die hohe Stabilität sehr vielseitig. Dazu gehören GPS Empfänger, Smart Meters, Datenlogger, Netzwerk Synchronisation und tragbare Geräte.

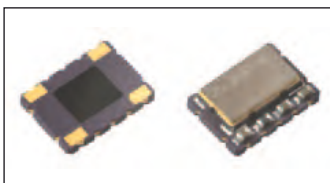
Das Produkt ist RoHS konform und wird auf Tape and Reel geliefert. Weiter sind auch Typen mit noch höherer Stabilität wie ± 1.0 ppm, deren Stromaufnahme allerdings im mA Bereich liegt, sowie unkompensierte Typen mit sehr niedriger Stromaufnahme im nA Bereich erhältlich.

■ Telcon GmbH
www.telcon.com

Bluetooth, Kassen-(POS-)Terminals, Smart Meters, Wearables und WiFi/WLAN. Die Standard-Teilebezeichnungen sind: LFX TAL050789 (12,5 pF), LFX TAL051643 (9 pF), LFX TAL059461 (7 pF) und LFX TAL065455 (6 pF), und diese stehen als Rollenware (REEL) oder per Gurtabschnitt (CUTT) zur Verfügung. Alle Varianten können direkt von IQD oder über ein weltweites Distributorennetz bezogen werden.

■ IQD Frequency Products
www.iqdfrequencyproducts.de

TCXOs für Anwendungen in Satellitennavigationssystemen



Der Typ TX7-705CM-TQN-GAL aus der neuen Hochpräzisions-TCXO-Serie TX7-705-TQN von QuartzCom erfüllt die hohen Anforderungen an Referenztakte, wie sie typischerweise in professionellen Anwendungen für das europäische Satellitennavigationssystem GALILEO benötigt werden. Die 4 Pin SMD – Oszillatoren von QuartzCom's Hochpräzisions - TCXO Serie TX7-705-TQN haben ein Baumaß von 7 x 5 mm und 1.75 mm als Bauhöhe. Sie werden für eine Versorgungsspannung von 3.3 V angeboten, und zwar entweder mit clipped sine wave oder mit CMOS Ausgang. Sie decken einen Frequenzbereich von 5.0 bis 52.0 MHz ab.

Diese analog kompensierten TCXOs kommen überall dort zum Einsatz, wo neben einer sehr hohen Frequenzstabilität übergebenfalls auch erweiterte Arbeitstemperaturbereiche niedriges Phasenrauschen, erhöhte Vibrations- und Schockfestig-

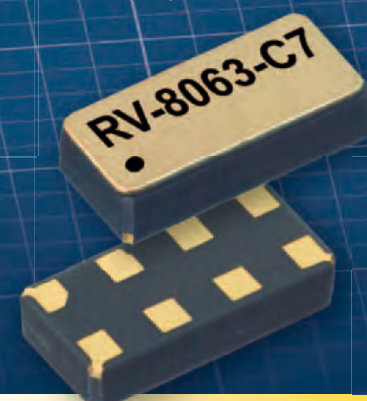
keit, geringe G-Sensitivity oder kleine Hysterese eine wichtige Rolle für die notwendige Taktstabilität spielen.

Die Oszillatoren erreichen standardmäßig über einen Arbeitstemperaturbereich von -20 bis $+70$ °C eine Frequenzstabilität von ± 0.1 ppm und über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis $+85$ °C eine Frequenzstabilität von ± 0.28 bis ± 0.5 ppm. Auf Anfrage sind im Arbeitstemperaturbereich von -40 bis $+85$ °C auch Frequenzstabilitäten von ± 0.1 ppm oder ± 0.20 bis ± 0.25 ppm möglich. Hervorragende Alterungseigenschaften ($\leq \pm 0.6$ ppm im 1. Jahr und $\leq \pm 2.5$ ppm innerhalb von 10 Jahren) zeugen von der hohen Qualität des bei den Schwingquarzen verwendeten Quarzmaterials und deren hervorragender Verarbeitung.

■ coftech GmbH
www.coftech.de

RV-8063-C7 Real-Time Clock Module with SPI Bus

Automotive qualified, according to AEC-Q200 Rev. C, Size: 3.2 x 1.5 x 0.80 mm, Temperature range: -40 °C to $+85$ °C, 100% leadfree, RoHS-compliant
www.microcrystal.com



Quarzoszillatoren – der Quarz bestimmt

Das Herzstück vieler elektronischer Systeme ist heute ein Quarzoszillator. Der Einsatz von Quarzoszillatoren beruht im Wesentlichen darauf, dass die mechanische Resonanz eines piezoelektrischen Materials – zumeist eines Quarzkristalls – in der Oszillatorschaltung dazu genutzt wird, ein elektrisches Signal mit einer genauen und stabilen Frequenz zu erzeugen.



Das so erzeugte Signal wird üblicherweise als Taktsignal bezeichnet. Seine Funktion ist es, den Betrieb der anderen elektronischen Bauteile in dem jeweiligen System zu synchronisieren. Grundkenntnisse über Quarze – welche als Basiskomponente die Funktion und Performanz eines Quarzoszillators ausschlaggebend definieren – sind daher ausgesprochen hilfreich. Dieser Beitrag konzentriert sich vor allem auf den Schwingquarz und dessen Produktion, der überhaupt erst den Aufbau einer modernen Oszillatorschaltung ermöglicht.

Das Phänomen des piezoelektrischen Effekts, also der Fähigkeit eines Materials, infolge eines angewendeten Drucks eine Spannung zu erzeugen, wurde im Jahr 1880 von den Brüdern Jacques und Pierre Curie entdeckt. Quarz zeigt wie einige andere Kristalle (u.a. Seignette-Salz, Turmalin) diesen piezoelektrischen Effekt. Hierunter versteht man die Erscheinung, dass unter mechanischem Druck oder Zug an den Oberflächen des Kristalls elektrische Ladungen entstehen (typische Anwendung ist z.B. der Zündmechanismus bei Gasfeuerzeugen). Dieser Effekt ist umkehrbar, d.h. dass sich ein Quarzkristall, beim Anlegen einer Spannung zwischen den beiden Seiten, mechanisch

verformt (reziproker piezoelektrischer Effekt) und eine sehr schwach gedämpfte periodische Schwingung erzeugt. Das Kristallplättchen führt dann als ein in sich elastisches Gebilde mechanische Schwingungen mit seiner Eigenfrequenz aus. Bedingt durch diesen Piezoeffekt ist eine oszillierende Spannung an den Elektroden messbar.

Etwa 30 Jahre später wurde in den Bell Laboratories der erste Oszillator aufgebaut, der sich diesen Effekt zunutze machte. Zu dieser Zeit wurden dafür natürlich vorkommende Kristalle verwendet. Dabei besaßen jedoch nur geringe Mengen die für den Einsatz in der Quarzindustrie erforderliche Qualität. Die immer populärer werdende Nutzung von Radiogerä-

ten und die wachsende Anzahl von Rundfunksendern ließen in den 1920er- und 1930er-Jahren des letzten Jahrhunderts eine wirtschaftliche Nachfrage nach quarzbasierten Oszillatoren entstehen. Mit dem Beginn des digitalen Zeitalters in den 1950er-Jahren stieg die Nachfrage dann gewaltig an. Dank eines ebenfalls in den Bell Laboratories entwickelten kommerziellen Prozesses zur Herstellung synthetischer Quarzkristalle war es möglich, diesen Nachfrageboom zuverlässig zu decken.

Moderner synthetischer Quarz wird bis heute künstlich in einem Autoklav gezüchtet, einem Druckbehälter, in dem unter hohen Temperaturen die Quarzkristalle („Seeds“) zu Quarzen heranwachsen. Mit die-



Niels Hagen
WDI AG
www.wdi.ag

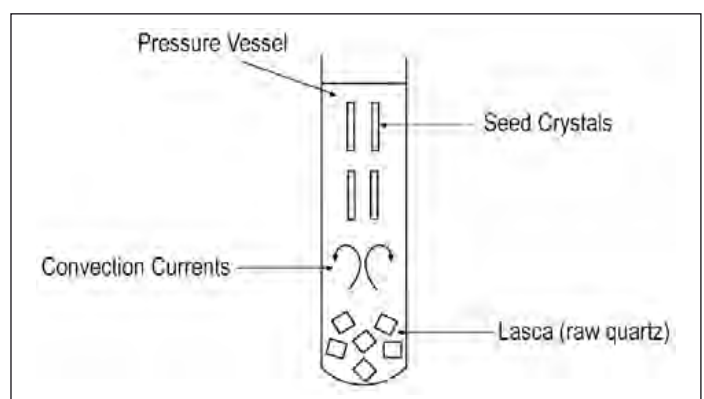


Bild 1: Autoklav



Bild 2: Rohquarzbarren

ser Methode kann die Reinheit des produzierten Quarzes kontrolliert werden, sodass der Einsatz in modernen Anwendungen möglich wird.

Der auf diese Weise entstandene Quarzbarren (Bild 2) wird anschließend in Wafer geschnitten. Da die Temperaturstabilität des Quarzes durch den Schnittwinkel beeinflusst wird, ist eine präzise Schnittführung sehr wichtig. Mit Hilfe eines Röntgengeräts wird sichergestellt, dass der Schnitt den kristallografischen Achsen entspricht. Neunzig Prozent aller Quarze werden mit dem so genannten AT-Schnitt gefertigt. Dabei wird der Quarz in einem Winkel von $35^\circ 15'$ zur Achse des ursprünglichen Barrens geschnitten.

Zum Schneiden der Rohquarzbarren werden spezielle Mehrblattsägen verwendet. Diese Sägen können mit einem Laser-Refraktometer - in Verbindung mit einer Befestigungs- und Klebevorrichtung - ausgestattet sein. Damit lassen sich Quarzbarren mit gegeneinander ausgerichteten kristallografischen Winkeln zusammenkleben. Die Barren werden dann in Endprodukte mit Abweichungen von etwa 10 Winkelsekunden (ein 360stel Grad) geschnitten.

Die Temperaturkurve von AT-Schnittquarzen entspricht in etwa $y = x^3$. Dabei wirken sich Abweichungen des Schnittwin-

gewinnen, die hohen Anforderungen in Bezug auf die Winkelgenauigkeit entsprechen, müssen größere Mengen produziert werden, die dann in Gruppen sortiert werden können. Die restlichen Quarze werden dann für andere Anwendungen mit z.B. breiter gefassten Spezifikationen genutzt. Daher haben Quarzfabriken häufig eine ganze „Bibliothek“ von Quarzscheiben (sog. Blanks) vorrätig.

Nach der Fertigung des Blanks (Bild 6) muss die Frequenz eingestellt werden, mit der der Quarz schwingen soll. Die Frequenz ist umgekehrt proportional zur Masse des Quarzes. Bei

Dicke bei etwa 0,168 mm liegt. Bei jedem Verarbeitungsschritt können Absplitterungen, Risse, Kratzer oder Parallelitätsverlust auftreten, die zu Fehlfunktionen des Endprodukts führen und Störsignale oder unter bestimmten Umständen plötzliche Frequenzänderungen verursachen können.

Im Zuge der Nachfrage nach immer höheren Frequenzen wird irgendwann der Punkt erreicht, an dem eine Verarbeitung der Blanks nicht mehr praktikabel ist, weil sie schlichtweg zu dünn sind. Typischerweise beträgt die höchste noch für die praktische Anwendung herstellbare Grundfrequenz etwa 40 MHz. Es gibt allerdings eine Reihe von Techniken, mit denen sich auch höhere Frequenzen erzeugen lassen.

Zunächst einmal kann der Quarz mit einem Oberton seiner Grundfrequenz betrieben werden. Wie bei allen Schwingssystemen gibt es harmonische Schwingungen mit ungeraden Vielfachen des Grundmodus. Wird die Oszillatorschaltung durch einen geeigneten Filter ergänzt welcher die Grundfrequenz unterdrücken kann, so lässt sich ein Betriebsmodus mit höherer Frequenz erzeugen. Jedoch wird mit jedem weiteren Oberton-Modus die Stabilität geringer und damit die Schaltung anfälliger. Um aus einem niederfrequenten Quarz eine Hochfrequenzschaltung herzustellen, kann auch eine Multi-

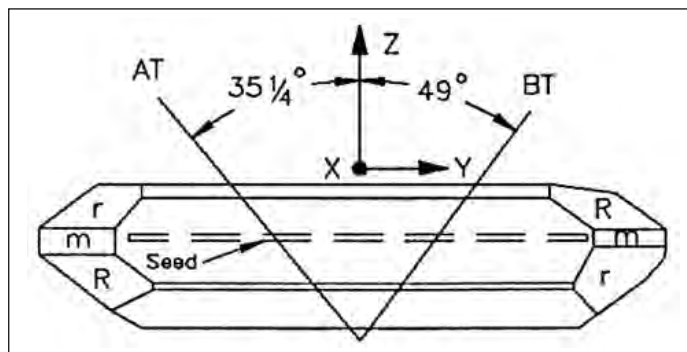


Bild 3: Quarzschnitte

kels auf den Verlauf der Kurve und die Frequenzstabilität des Endprodukts aus.

Wie bei jedem Produktionsprozess muss das Ergebnis der Quarzproduktion kontrolliert werden (Bild 5). Um Quarze zu

Blanks im AT-Schnitt beträgt die Schwingfrequenz der Teile etwa 1680 geteilt durch die Dicke in Millimeter.

Ein 10-MHz-Quarz muss beispielsweise geschliffen, geläppt, geätzt und poliert werden, bis die

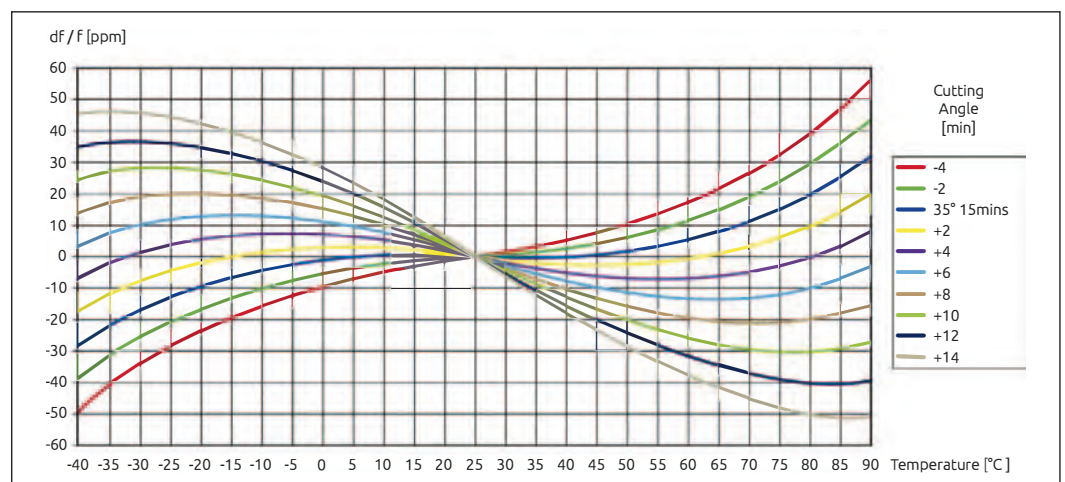


Bild 4: Temperaturkurve eines AT-Schnittquarzes



Bild 5: Klimaschrank für Quarz-Blanks

pikator-Schaltung genutzt werden. Das Problem dabei ist, dass solche Schaltungen einen höheren Stromverbrauch und eine deutlich längere Anschwingdauer haben und sich überdies ungünstig auf das Rauschverhalten auswirken.

Bei den meisten Standard-Quarzoszillatoren werden optimierte Schaltungen verwendet, die beide Methoden nutzen, um Frequenzen bis zu 800 MHz zu erzielen. Wenn jedoch für hohe Frequenzen das Rauschen ein kritischer Faktor ist, können so genannte Inverted-Mesa-Quarz-blanks verwendet werden. Dieses Design wird auch als HFF- (High Frequency Fundamental) Blank bezeichnet. Dabei wird ein Quarz-Blank verwendet, dessen Mitte weggeätzt wurde, um die für eine hochfrequente Oszillation notwendige Dicke des Blanks zu erreichen. Um den Quarz zu stabilisieren, bleibt der Außenrand dagegen dicker (Bild 7.)

Bei Inverted-MESA-Quarzen muss zwar nur ein kleiner Bereich der Oberfläche geätzt werden, der Prozess ist jedoch komplex und kann nur einzeln durchgeführt werden. Die Inverted-Mesa-Methode ist eine hervorragende Lösung zur Herstellung von Hochfrequenz-Qualitätsquarzen, solange die Kosten kein kritischer Faktor sind.

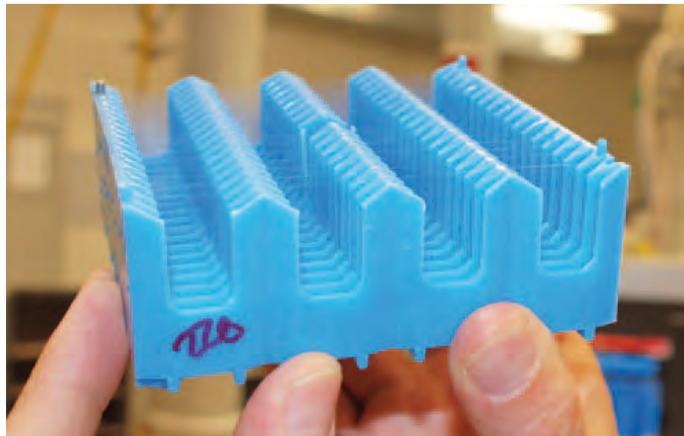


Bild 6: Quarz-Wafer

Nach der Fertigung des Quarz-Blanks werden beide Seiten des Quarzes metallisiert. So entstehen die Elektroden für den externen elektrischen Anschluss. Im nächsten Schritt wird der Quarz hinter einer Schablone montiert und in einer Vakuumkammer dann entweder Silber oder Gold auf die freiliegende Oberfläche aufgedampft. Die Wahl des verwendeten Metalls ist durch die Vorgaben hinsichtlich der Kosten und Alterung bestimmt. Bei einem Gold-Plating wird typischerweise eine Alterung im Bereich von $\pm 1\text{ppm}$ im ersten Jahr erreicht, bei Silber im Regelfall von $\pm 3\text{ppm}$.

Danach kann der Quarz in einem Gehäuse montiert und verklebt werden. Traditionell wurde bei diesem Prozess ein Silbepoxidkleber verwendet, der die mecha-

nische Fixierung und elektrische Leitfähigkeit sicherstellt. Mit Einführung von SMD-Gehäusen aus Keramik wurde dieser Prozess jedoch automatisiert und anstelle von Epoxid ein silikonbasierter Klebstoff verwendet.

Dies hat den Vorteil, dass die Klebeverbindung etwas weniger starr ist, was einen besseren Schutz vor Stoß- und Vibrationswirkungen bietet. Außerdem verringert sich das Risiko von mechanischen Spannungen innerhalb des Quarz-Blanks, was unerwünschte Frequenzänderungen und eine verstärkte Alterung zur Folge haben kann.

werden. Noch bis vor kurzem wurde dazu die Quarzelektrode erneut metallisiert und dabei die Resonanzfrequenz gemessen. Wie bei der ersten Plattierung wurde auch dieser Prozess in einer Vakuumkammer unter Verwendung einer Schablone durchgeführt. Die Nachfrage nach immer kleineren Komponenten hat diese Technik jetzt an ihre Grenzen stoßen lassen. Die Schablonen sind mittlerweile so klein, dass die Auftragung bei Gehäusen mit Abmessungen von $3 \times 2,5 \text{ mm}$ und kleiner nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit kontrolliert werden kann.

Bei der neuesten Technik kommt daher nun ein Ionenstrahl zum Einsatz, mit dem durch eine Schablone Material von der Elektrode abgetragen wird. Dadurch wird die Masse verringert und die Frequenz des Quarzes erhöht.

Die Einheit mit dem fertig bearbeiteten Quarz muss danach verschlossen werden (Bild 9). Bei keramischen SMD-Gehäusen werden hauptsächlich zwei Techniken angewendet, das sog. Seam-Seal- oder das ältere Glass-Seal-Verfahren. Beide Methoden ergeben einen hermetisch dichten Verschluss, der notwendig ist, um eine inerte Innenatmosphäre zu erzeugen und übermäßige Alterung zu vermeiden. Die Glasversiegelung ist

Der im Gehäuse montierte Quarz kann nun auf die endgültige Frequenz eingestellt („getrimmt“)

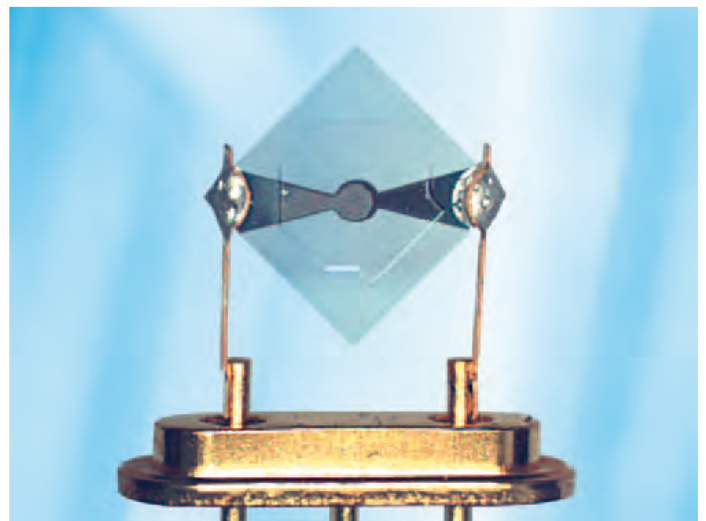


Bild 7: Inverted-MESA-Quarz

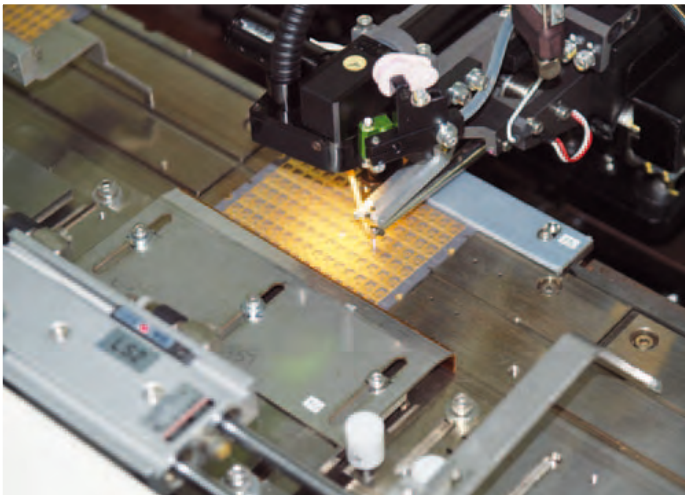


Bild 8: Quarz-Montage

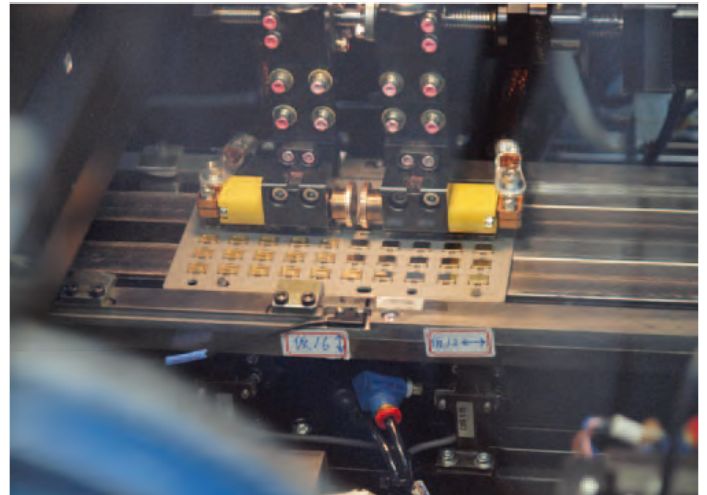


Bild 9: Gehäuse-Montage

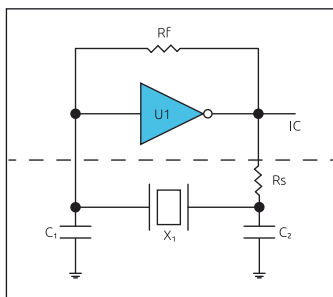


Bild 10: Oszillatorschaltung am Beispiel des Pierce-Gate-Oszillators

billiger, das Bauteil wird dabei jedoch in einem Reflow-Prozess Temperaturen von über 350 °C ausgesetzt, was sich im Einzelfall negativ auf die interne Struktur des Bauteils auswirken kann. Das Seam-Seal-Verfahren ist ein besser kontrollierbarer Prozess, der in einer abgedichteten Kammer unter reiner Stickstoff-

atmosphäre durchgeführt werden kann. Bei den neuen kleineren Bauteilen wurden die Verfahren so verändert, dass das fertige Teil unter Vakuum verschlossen wird.

Quarze werden zu Oszillatoren

Da ein Schwingquarz an sich weder Oszillator noch Taktgeber darstellt, sondern einzig zur Festlegung der verwendeten Frequenz dient, muss dieser entsprechend beschaltet werden, um eine quarzstabilisierte Oszillatorschaltung (vereinfacht Quarzoszillator genannt) darzustellen. In der Praxis wird dazu entweder eine der möglichen bekannten Oszillatorschaltungen aus diskreten Bauteilen aufgebaut oder man verwendet einen „externen Oszillator“, bei dem die elektronische Schaltung zusammen mit dem frequenz-

bestimmenden Schwingquarz bereits in ein i.d.R. genormtes Gehäuse eingesetzt ist.

In einer Quarzoszillatorschaltung wird die Schwingung aufrechterhalten, indem das vom sogenannten Quarzresonator aufgenommene Spannungssignal verstärkt und per Rückkopplung an den Resonator zurückgeführt wird. Ein Resonator besteht aus zwei elektrisch leitenden Platten, zwischen denen sich ein Quarz-Blank befindet (Bild 7). Um die Oszillation in Gang zu setzen, erzeugt ein Steuerschaltkreis ein Feld, das den Quarz in ein instabiles Gleichgewicht bringt. Durch die positive Rückkopplung im System wird jedes Signal verstärkt und die Oszillation erhöht. Der Resonator wirkt dabei wie ein Frequenzfilter, das nur für ein sehr schmales Frequenzband um die Eigenfre-

quenz des Quarzes durchlässig ist. Quarzoszillatoren zeichnen sich durch ein sehr geringes Phasenrauschen aus. Da der Quarz vorwiegend entlang einer Achse schwingt, ist nur eine Phase dominant. Auf diese Weise kann er ein sehr stabiles Signal erzeugen. Die Resonanzfrequenz eines Quarzes kann jedoch durch Umweltfaktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, Druck und Vibration beeinflusst werden.

Um die Wirkungen solcher Faktoren zu minimieren, haben die Hersteller in den vergangenen Jahrzehnten temperaturkompensierte und temperaturstabilisierte Quarzoszillatoren (so genannte TCXO bzw. OCXO) entwickelt, die eine hohe Signalstabilität gewährleisten, um den heutigen technologischen aber auch kommerziellen Anforderungen des Marktes zu genügen. ◀

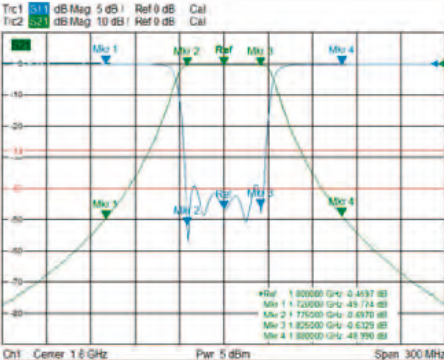


Seit über 36 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.

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

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

HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer



Bandpassfilter bei 1800 MHz (Fo)
Cavity Design mit steilen Flanken und 50 MHz Durchlassband

Durchlassband: 50 MHz
Durchlassdämpfung: 0.75 dB max. bei Fo, 1.0 dB max. an den Ecken
Flanken: 55 MHz
Sperrdämpfung: 40 dB min.
Rückflussdämpfung: 14 dB min.

Betriebstemperatur: 15°C bis 45°C
Steckverbinder: SMA- oder N-female oder -male

Abmessungen: max. 130 mm hoch x 30 mm x 65 mm, plus Anschlüsse
Ungefähres Gewicht: 0.55 kg
Montagevorrichtung: 10 mm Flansche an beiden Enden mit 3.3 mm Löcher

Gerne senden wir Ihnen weitere Informationen.



RoHS
Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinien

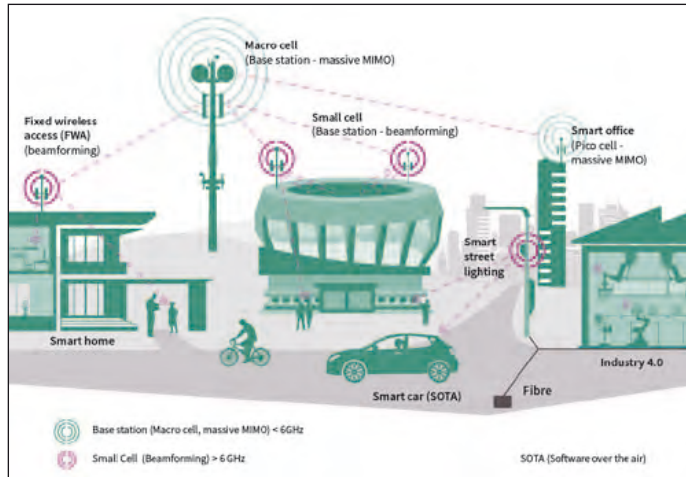
TÜV
AUSTRIA OHSAS 18001

ISO 9001
ISO 14001

PIM-Testing



Hochfrequenz-Chips für ein leistungsfähiges 5G-Netzwerk



Das 5G-Netzwerk wird die Art und Weise revolutionieren, wie große, aber auch kleine Unternehmen ihr Geschäft betreiben. Maßstab, Geschwindigkeit und Komplexität dieser Veränderung sind neu. Dabei entstehen neue Möglichkeiten für bereits bestehende und aufstrebende Märkte. Gleichzeitig werden Häuser, Städte, Autos und Industrien intelligent gemacht, automatisiert und miteinander vernetzt. Die Anforderungen an diese Umwälzung sind groß: extrem hohe Bandbreiten, Latenzzeiten von weniger als 1 ms und äußerst zuverlässige Verbindungen sind unabdingbar. Zusätzlich müssen HF-Architekturen skalierbar sein, effizient, zuverlässig und extrem kompakt

In einem halben Jahrhundert hat die Infineon Technologies AG Systemkompetenz aufgebaut,

die in die 4G-Technologie eingeflossen ist. Damit wird jetzt die Vision des 5G-Netzwerkes für Mobilfunkinfrastruktur und mobile Geräte ermöglicht. Für die hocheffiziente und integrierte Architektur der neuen Netzinfrastruktur liefert Infineon die führenden HF-Technologien und andere Bausteine. Als Anbieter des breitesten Portfolios für die große Frequenzbandbreite, die für 5G erforderlich ist, kombiniert Infineon:

- hocheffiziente HF-Power-Technologien wie GaN-auf-SiC und GaN-auf-Si für integrierte Architekturen über 6 GHz und LDMOS für wettbewerbsfähige und robuste Sub-6-GHz-Systeme. Gehäuseinnovationen ermöglichen breitbandige, integrierte Doherty-Verstärker

- flexible HF-Lösungen wie SiGe, BiCMOS, GaN mmW-Technologien für mobile und energiearme Infrastrukturen und RF-CMOS für optimale Leistungsanforderungen. Diese ermöglichen alternative Anwendungen – von kostenoptimierten Designs bis hin zu hohen Integrationslösungen
- skalierbare mmW-Lösungen für Frequenzen bis zu 100 GHz, die Kunden ein hohes Maß an Flexibilität in der Designphase erlauben und damit zur schnelleren Markteinführung führen.

Das Unternehmen ist Innovationsführer im Bereich Automobilradar. Es hat mehr als 20 Millionen mmW-Transceiver für Radaranwendungen ausgeliefert, die Strahlformungstechnik integrieren. So wurde der Weg für die Technologie der Phasenver-

schiebung für höchste räumliche Strahlgenauigkeit. Damit werden massive MIMO- und andere Systeme ermöglicht, die aus Mehrfach-Arrays bestehen. Gleichzeitig beliefert Infineon auch weiterhin die Netzwerklanschaft für Macro-Cell-Basisstationen, Small Cell, Backhaul und Mobilfunkgeräte.

Die Hochvolumenproduktion mit reibungsloser Versorgung wird ergänzt durch Qualität und Zuverlässigkeit – mit diesem ganzheitlichen Produktangebot von Infineon wird die Vision von 5G Realität.

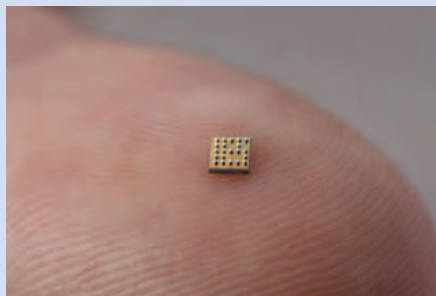
Infineon auf dem Mobile World Congress, Barcelona

Auf dem Mobile World Congress 2017 zeigte Infineon Halbleiterlösungen für die gesicherte und energieeffiziente Kommunikation in einer zunehmend vernetzten Welt. Im Fokus der Demonstrationen standen Smart-City- und Smart-Home-Anwendungen. Darunter eine intelligente Straßenlaterne, die ressourcenschonendes Verkehrsmanagement ermöglicht, Smart-Home-Gateways, die alle vernetzten Geräte im Haus vor unerlaubtem Zugriff schützen sowie neue Konzepte zur Steuerung von Geräten per Stimme und Gesten.

■ Infineon
www.infineon.com

Swatch Group präsentierte einen neuen Bluetooth-Chip

Die Swatch Group stellte einen neuen Bluetooth Chip vor, der über aussergewöhnliche Eigenschaften verfügt. Die neue integrierte Schaltung wurde zu 100% von EM Microelectronic, Swatch Group R&D und dem CSEM entworfen. Laut Hersteller handelt es sich um den kleinsten Bluetooth-Chip auf dem Markt. Er weist den niedrigsten Energieverbrauch auf und verbessert durch seine extrem kurze Startzeit die Batterie-Lebensdauer von elektronischen Beacons. Der Chip ist bereits



offiziell gemäss Bluetooth Version 5.0 Standard qualifiziert. Er ist für maximale

Einsatzflexibilität ausgelegt und kann alleine oder in Verbindung mit unterschiedlichen Sensoren verwendet werden; Systemintegratoren können die Vorteile des Microcontrollers mit sehr niedrigem Energieverbrauch nutzen oder mit dem Chip jedes tragbare elektronische Gerät mit einer Bluetooth-Kommunikationsfunktion ausrüsten.

■ EM Microelectronic –
Marin SA
www.emmicroelectronic.com

Mini-Circuits **PRODUCT SPOTLIGHT**

Ultrabreitbandiger, koaxialer Zweiweg-0°-Splitter/Combiner für 500 bis 8500 MHz

Mini-Circuits' ZX10-2-852+

ist ein sehr breitbandiger koaxialer Zweiweg-0°-Splitter/Combiner, dessen Einsatzfrequenzbereich acht Oktaven von 500 bis 8500 MHz abdeckt. Dieses Modell verträgt bis zu 2,5 W Eingangsleistung als Splitter und verursacht lediglich 1,1 bis 3 dB Einfügedämpfung über dem theoretischen Wert. Das SWR ist typisch 1,4, die Amplituden-Unbalance typ. 0,2 dB und die Phasen-Unbalance typ. 3°. Ein DC-Pass für 400 mA ist vorgesehen. Das Gehäuse misst lediglich 0,74 x 0,9 x 0,54 Zoll und ist robust, um hohe Zuverlässigkeit und exzellente Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse zu sichern. Alle Anschlüsse sind vom SMA-Typ.



75-Ohm-Diplexer für DOCSIS-konforme-Systeme und Ausrüstungen

Mini-Circuits' DPLB-8510A01+ 75

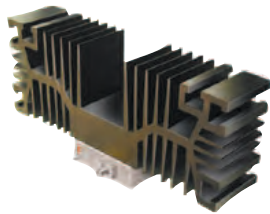
ist ein Diplexer für den Frequenzbereich von DC bis 1220 MHz, wobei das Low-Band von DC bis 85 MHz und das High-Band von 102 bis 1220 MHz reicht. Dieses neue Modell wurde speziell entwickelt, um den Anforderungen von DOCSIS 3.1 bei Systemen und Ausrüstungen zu entsprechen. Es zeichnet sich durch eine typische Einfügedämpfung von 1,4 dB in den Durchlassbereichen und nominell 50 dB Dämpfung in den Sperrbereichen aus. Der Reflexionsverlust beträgt 18 dB typ. Mini-Circuits bietet viele Diplexer in seinen DPLB-Serien, um Anwendungen für Kabel-TV-Systeme mit verschiedenen Kanalaufteilungen und Upstream- bzw. Downstream-Bandbreiten-Anforderungen zu entsprechen.



Ultrabreitbandiger, anschlusskonfigurierter 3-W-Verstärker für 5,9 bis 18 GHz

Mini-Circuits' ZVE-3W-183+

ist ein ultrabreitbandiger, anschlusskonfigurierter 3-W-Verstärker für 5,9...18 GHz für viele Applikationen, z.B. Radar, Test- und Messtechnik sowie Kommunikation. Dieses Modell liefert 3 W Sättigungs-Ausgangsleistung bei 35 dB Verstärkung und $\pm 1,4$ dB Flatness im Einsatzfrequenzbereich. Weiterhin bietet es einen hohen Dynamikbereich, entsprechend einem IP3 von 44 dBm, sowie ein gutes Anpassverhalten. Der Verstärker arbeitet an nominell 15 V_{DC} bei 1,3 A Strombedarf. Er hat intern einen Spannungsregler für 13...18 V Versorgungsspannung. Sein Aluminiumgehäuse ist robust und misst 1,96 x 2,43 x 3,6 Zoll. Es ist durch einen massiven Kühlkörper für effiziente Kühlung und SMA-Anschlüsse gekennzeichnet.



Ultrabreitbandiger 50-Ohm-Richtkoppler arbeitet zwischen 0,5 und 18 GHz

Mini-Circuits' ZUDC20-183+

ist ein äußerst breitbandiger 50-Ohm-Richtkoppler; er arbeitet zwischen 0,5 und 18 GHz. Damit ist er u. a. in Applikationen, wie zellulare Kommunikation, WiMax, ISM, GSM, Laboranwendungen und mehr anwendbar. Dieses Modell bietet 20 dB Koppelfaktor bei nur $\pm 0,6$ dB Flatness im gesamten Einsatzfrequenzbereich, verträgt 50 W Eingangsleistung und lässt bis zu 3 A DC zwischen Ein- und Ausgang zu. Die Einfügedämpfung beträgt typisch 1,3 dB, die Richtschärfe 22 dB bei 4 GHz und die Reflexionsdämpfung 21 dB bis 4 GHz (19 dB darüber bis 18 GHz). Das robuste Aluminiumgehäuse dieses Richtkopplers misst 6,47 x 0,73 x 0,51 Zoll und hat SMA-Anschlüsse für alle Ports.



Kleiner LTCC-Zweiweg-90°-Hybridkoppler für 800 bis 1250 MHz

Mini-Circuits' QCN-34D+ 2

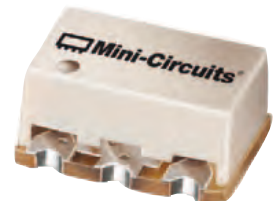
ist ein LTCC-Zweiweg-90°-Hybridkoppler für 800...1250 MHz und unterstützt Applikationen wie Zellularkommunikations-Bausteine, GSM-Lösungen und Testaufbauten. Dieses Modell weist 0,4 dB Einfügedämpfung über dem theoretischen Wert und 17 dB Isolation auf und verträgt eine HF-Eingangsleistung bis 15 W. Die Amplituden-Unbalance wird mit 0,4 dB, die Phasen-Unbalance mit 2,5° angegeben. Es wird ein Keramikgehäuse vom Typ 1206, verbunden mit einer LTCC-Multilayer-Konstruktion verwendet. Damit ist eine exzellente Lötbarkeit und hohe thermische Stabilität im Bereich -55 bis 100 °C gewährleistet. Dieser kleine Hybridkoppler ist ein idealer Baustein für Signalverarbeitungs-Designs, die 90° Phasenverschiebung und eine Isolation von Schaltungsteilen gegenüber reflektiven Einflüssen erfordern.



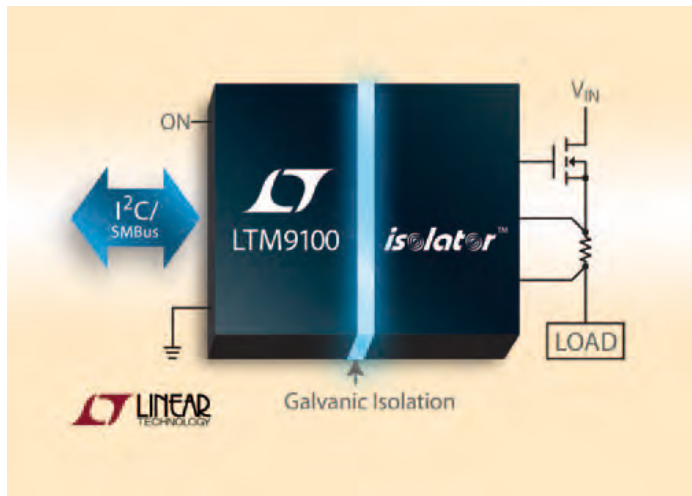
Verfünffacher liefert Ausgangsfrequenz zwischen 750 und 1100 MHz

Mini-Circuits' RMK-5-112+

ist ein Frequenz-Multiplizierer mit einem Multiplikationsfaktor von 5 für Eingangsfrequenzen von 150 bis 220 MHz. Damit unterstützt dieser Baustein Applikationen wie Synthesizer, lokale Oszillatoren, Satelliten-Up- und Downconverter usw. Der Multiplizierer weist eine typische Übertragungsdämpfung von 22 dB und eine hohe Unterdrückung von unerwünschten Harmonischen (-57 dBc bei f₄, -55 dBc bei f₆) auf. Der Baustein ist in einem Miniatur-Surface-Mount-Gehäuse mit den Maßen 0,38 x 0,5 x 0,15 Zoll untergebracht und ideal geeignet, wenn das Platinen-Layout eine hohe Bauteildichte erforderlich macht.



Galvanisch getrennter Anyside-Schaltercontroller



Linear Technology präsentierte mit dem µModule (Micromodule) LTM9100 einen vollständigen, galvanisch getrennten Anyside-Schaltercontroller, der Hochspannungs-DC-Stromversorgungen mit Aus-

gangsspannungen bis 1000 V schützt und überwacht. Hochspannungs-Stromversorgungen für industrielle Applikationen, Datenkommunikations-, Avionik- und medizinische Anwendungen müssen in definierter Weise hochgefahren werden und gegenüber der Eingangsspannung galvanisch getrennt sein – sowohl zum Schutz der Steuerschaltung und des Bedienpersonals als auch zur Unterbrechung von Erdschleifen. Der innovative LTM9100 vereint in einem kompakten BGA-Gehäuse alle benötigten Stromversorgungsfunktionen plus digitale Telemetriefunktionen und spart dadurch Entwicklungszeit, Zertifizierungsaufwand und Leiterplattenfläche.

Der LTM9100 enthält eine galvanische Isolationsbarriere mit einer Isolationsspannung von 5 kV effektiv, die die Digital-schnittstelle gegenüber dem Schaltercontroller abschottet und einen externen n-Kanal-MOSFET- oder IGBT-Schalter treibt. Die Isolationsbarriere wird sicherheitshalber in der Produktion mit einer Prüfspannung von 6 kV effektiv getestet, die Zulassung nach dem Bauteilsicherheitsstandard UL 1577 ist beantragt. Digitale Messwerte für Laststrom, Busspannung und Temperatur können zwecks Leistungs- und Energieüberwachung über die I²C/SMBus-Schnittstelle abgefragt werden.

Dank seiner isolierten Topologie lässt sich der LTM9100 problemlos für High- und Low-side- und erdfreie Anwendungen konfigurieren. Der Einschaltstrom wird durch sanftes Hochfahren der Last minimiert, und die Stromversorgung ist gegen Überlastung und Kurzschluss durch einen strombegrenzten Schutzschalter geschützt. Der LTM9100 ist in der Lage, den Einschaltstrom in höchst unterschiedlichen Anwendungen zu managen, darunter hot-swap-

fähige Steckkarten, AC-Transformatoren, Motorsteuerungen und induktive Lasten und einstellbare Grenzwerte für Unterspannungs- und Überspannungsabschaltung. Der LTM9100 ist für den Temperaturbereich von -40 bis +105 °C spezifiziert und hat ein 22 x 9 x 5,16 mm großes BGA-Gehäuse mit 14,6 mm Kriechstrecke zwischen der Logikseite und der isolierten Seite.

■ Linear Technology, Corp.
www.linear.com

Fortschrittliche NFC/RFID Tag ICs mit Fast-Transfer-Modus



Die neuesten Dynamic-Tag-ICs des Typs ST25DV bilden eine Ergänzung zur NFC/RFID-Produktfamilie ST25, die mit einer kontaktlosen HF-Schnittstelle mit vielen Features und mit einem I²C-Bus aufwartet. Die Dual-Interface-Technik ermöglicht kabellose Interaktionen zwischen einem NFC-fähigen Smartphone oder einem RFID-Lesegerät und dem Host-Mikrocontroller in Anlagen in der Nähe.

Die ST25DV-ICs zeichnen sich durch Unterstützung von Datenübertragungen über größere Distanzen aus, was die In-the-Box-Programmierung elektronischer Geräte bei der Produktion ermöglicht und die Nutzung des Fast-Transfer-Modus für Software-Updates im Feld mithilfe beliebiger NFC-fähiger Mobilgeräte gestattet. Die dynamischen Tags der Reihe ST25DV sind kompatibel zu beliebigen existierenden RFID-Infrastrukturen gemäß ISO 15693. Die Serie ST25DV unterstützt das neue NFC Typ 5 und die RFID-

Spezifikationen ISO 15693 und bietet die attraktivsten Features beider Standards. Geboten werden die native Unterstützung für das NFC Data Exchange Format (NDEF) und die Funkübertragung über große Distanzen gemäß ISO 15693, wobei der Fast Transfer Mode durch einen großen Pufferspeicher von 256 Byte ermöglicht wird. Hinzu kommt die größte EEPROM-Kapazität auf dem Markt von 64 KBit mit mehreren 64-Bit-Passwörtern.

Die Bauelemente sind maßgeschneidert für industrielle Anwendungen. Sie bieten eine hohe Schreibzyklus-Beständigkeit von einer Million Zyklen bei 25 °C und einen Datenerhalt von 40 Jahren. Sie eignen sich für einen großen I²C-Betriebsspannungsbereich von 1,8 bis 5,5 V und nehmen in allen Betriebsarten wenig Energie auf. Der Standby-Modus mit weniger als 1 µA erlaubt den Einsatz auch in besonders verbrauchsbewussten oder batteriebetriebenen Anwendungen. Die Bauelemente bieten zudem auch Energy-Harvesting-Fähigkeiten, mit denen sie zur optimalen Lösung für Zero-Power-Anwendungen werden.

■ STMicroelectronics
www.st.com

HF-MEMS SCHALTER

NEUHEIT



- Schalten unter HF-Last
- Frequenzbereich DC – 20 GHz
- SPST oder SPDT
- Deutsche Herstellung

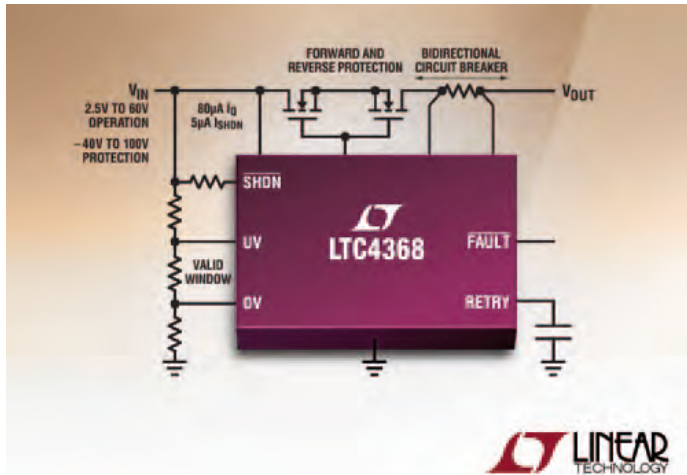
Wir liefern Lösungen ...



Telemeter Electronic

www.telemeter.info

Bidirektionaler elektronischer Schutzschalter bietet umfassenden Schutz



Linear Technology Corporation präsentiert den LTC4368, einen Controller für einen elektronischen Schutzschalter, der Geräte mit Betriebsspannungen von 2,5 bis 60 V zuverlässig vor fehlerhaften Spannungen und Strömen schützt. Typische Anwendung sind batteriebetriebene, portable Systeme im Automobil und in der Industrie. Er ersetzt Schmelzsicherungen, TVS-Dioden und diskrete Schaltungen. Der Controller steuert zwei antiseriell geschaltete n-Kanal-MOSFETs, die im Normalbetrieb einen niederohmigen Strompfad bilden und im Falle eines Überstroms (in Vorwärts- oder Rückwärts-

richtung) in den Sperrzustand schalten. Der Schutzschalter-Controller LTC4368-1 bietet die Möglichkeit, „symmetrische“ Grenzwerte für die Ströme in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung vorzugeben und dadurch Akkus beim Laden oder Entladen vor Überstrom zu schützen.

Auch bei Unterschreitung des einstellbaren Unterspannungsgrenzwerts schaltet der Controller ab und verhindert dadurch die Tiefentladung von Akkus. Weiterhin schützt er die Last vor vorpolter Eingangsspannung und macht dadurch eine Diode im Stromversorgungspfad überflüssig. Dadurch, dass

der Spannungsabfall über einer Verpolungsschutzdiode entfällt, und aufgrund der sehr geringen Mindesteingangsspannung von nur 2,5 V funktioniert der Controller in Automobil-Anwendungen auch unter Kaltstartbedingungen zuverlässig. Im Normalbetrieb verbraucht der Controller nur 80µA und im Shutdown-Modus nur 5µA. Der Controller begrenzt außerdem den Einschaltstrom beim Einstecken einer Stromversorgungskarte während des laufenden Betriebs (Hot-Plugging).

Der LTC4368 ist in zwei Varianten verfügbar: Beim LTC4368-1 erfolgt die Rückstromabschaltung, sobald die Spannung am Strommesswiderstand 50 mV

übersteigt; beim LTC4368-2 beträgt diese Ansprechschwelle 3 mV. Über einen Pin kann vorgegeben werden, ob die MOSFETs nach dem Ansprechen der Überstromabschaltung ausgeschaltet bleiben oder nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit einen erneuten Einschaltversuch unternehmen. Der LTC4368 ist für den kommerziellen Temperaturbereich von 0°C bis +70°C, den industriellen Temperaturbereich von -40 bis +85 °C und den Automotive-Temperaturbereich von -40 bis +125 °C spezifiziert und im 10-poligen MSOP-Gehäuse oder im 3 x 3 mm großen DFN-Gehäuse verfügbar.

■ Linear Technology, Corp.
www.linear.com

MBT übernimmt Metelics-Linie von MACOM

Mit Wirkung zum 28. Oktober 2016 hat Massachusetts Bay Technologies (MBT, <https://massbaytech.com>) die Point-Contact-Diodes-Line von Metelics Londonderry, die zuletzt im Besitz von MACOM war, übernommen. Ab Januar 2017 war dann diese Sparte vollständig einsatzfähig. MBT ergänzt damit das ohnehin schon umfangreiche Angebot an Siliziumdioden und Dünnschicht-Bauteilen aller Art: Varactor-Dioden, SRDs, PIN-Dioden, Schottky-Dioden, Limiter, Chip-Capacitors, Spiral-Induktivitäten, Dünnschicht-Widerstände und Pads. Massachusetts Bay Technologies, gegründet 1999, hat sich auf die Entwicklung und Fertigung von Siliziumdioden für HF- und Mikrowellen-Anwendungen spezialisiert.

■ Tactron Elektronik GmbH & Co. KG
www.tactron.de

MECA
e-MECA.com

MECA Electronics, Inc.
Microwave Equipment & Components of America

BESSERE KOMMUNIKATIONS LÖSUNGEN
Power Divider/Combiners
& Couplers/Hybrids

2.000 - 18.000 GHz
SMA Female
Up to 30 Watts

0.698 - 2.700 GHz
N Female
Up to 200 Watts

Vertriebs Partner
IE INDUSTRIAL ELECTRONICS
(+49) 612272660-0
www.ie4u.de
info@ie4u.de

Fachbücher für die Praxis



Praxiseinstieg in die Spektrumanalyse

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

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

Hintergrundwissen:

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



Hochfrequenz-Transistorpraxis

Schaltungstechnik, Einsatzprinzipien, Typen und Applikationen

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

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

Aus dem Inhalt:

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



Smith-Diagramm Einführung und Praxisleitfaden

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

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

Aus dem Inhalt:

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



Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

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

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

Aus dem Inhalt:

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

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

Design eines 10-GHz-Low-Noise-Amplifiers, (Teil 1)

Low-Noise Amplifiers (LNAs) spielen eine kritische Rolle im Funkempfänger-Frontend, denn sie müssen sehr leistungsschwache Signale von der Antenne aufnehmen, die oft gerade mal so über dem Rauschflur liegen, ohne das Signal/Rausch-Verhältnis nennenswert zu beeinträchtigen. Der zweiteilige Beitrag beschreibt die Entwicklung eines LNAs für das X-Band unter Nutzung der Software NI AWR Design Environment.



10-GHz-LNA mit NI-AWR-Software entwickelt

In den meisten Empfängern wird das Gesamtrauschmaß von den ersten Stufen im Frontend bestimmt. Hier gilt die Formel nach Friis (Formel 1). Sie erlaubt die Berechnung des Rauschens in einem mehrstufigen System.

Möglichkeiten der Rauschminimierung

LNA-Entwickler müssen das Rauschen durch verschiedene Maßnahmen minimieren. Hierzu gehören Impedanzanpassung, Auswahl der geeignetsten Verstärkertechnologie (etwa mit rauscharmen Transistoren) und Auswahl der rauschärmsten Biasing-Bedingungen. Kommerziell erhältliche Low-Noise FETs für den geplanten Einsatzfrequenzbereich, betrieben mit optimalem Bias und mit optimalen Quell- und Lastimpedanzen, erlauben ein Rauschmaß (Noise Figure, NF) bis 0,3 dB herab. Eine Anzahl von LNAs für den Amateurbereich weisen nur etwa 0,7 dB auf. Die 0,4 dB Unterschied entstehen z.B. durch Einfügeverluste, preiswerte elektronische Bauelemente, nicht optimales Eingangs-Matching oder Standard-Polarisationslösungen.

Design-Verbesserungen bei den genannten Punkten führen zu einer verbesserten Gesamt-Performance. Hierbei kann das

$$F_{total} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$$

Formel 1 nach Friis

- Auswahl von Substrat und Finishing
- Hohlleiter-Übertragungsgeometrie
- Bandfilter- und Ausgangs-Übertragungsverhalten
- zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung von Selbsterregung

Auswahl des FETs

Gewählt wurde der NE3515S02 von Renesas (vormals NEC) [1]. dieses Bauelement ist leicht erhältlich und bietet die gewünschte Performance einschließlich eines minimalen Rauschmaßes bei 10,4 GHz von 0,3 dB bei einer zugehörigen Verstärkung von 12 dB. Dieser FET bietet eine gute Rückflussdämpfung (Return Loss, RL), wenn er für ein minimales Rauschmaß angepasst wird. Gemäß Theorie stellt sich dieses bei einem optimalen Generatorwiderstand (G_{opt}) ein. Die gemessenen S-Parameter und NF-Daten kann man von [2] herunterladen. Die Kreise für NF und RL wurden berechnet und gezeichnet in Microwave Office

- Auswahl des FETs

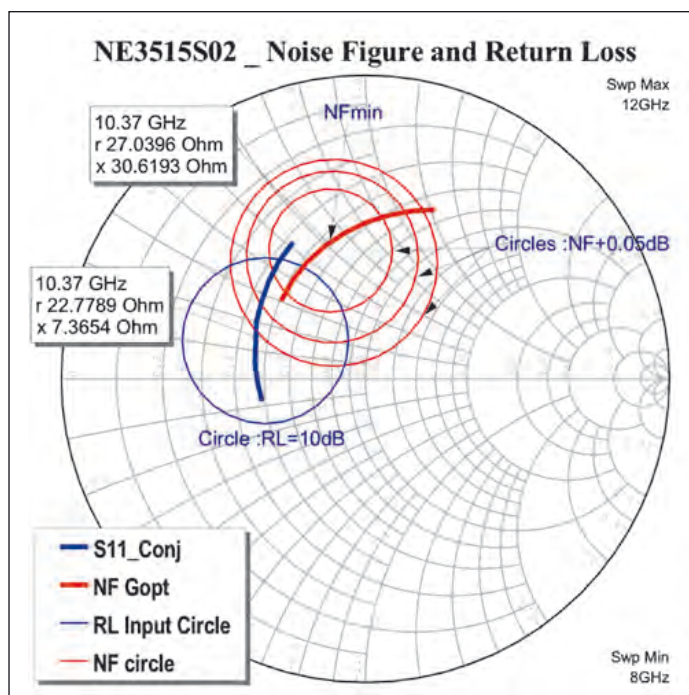


Bild 1: NF- und Eingangs-RL, berechnet mit Microwave Office

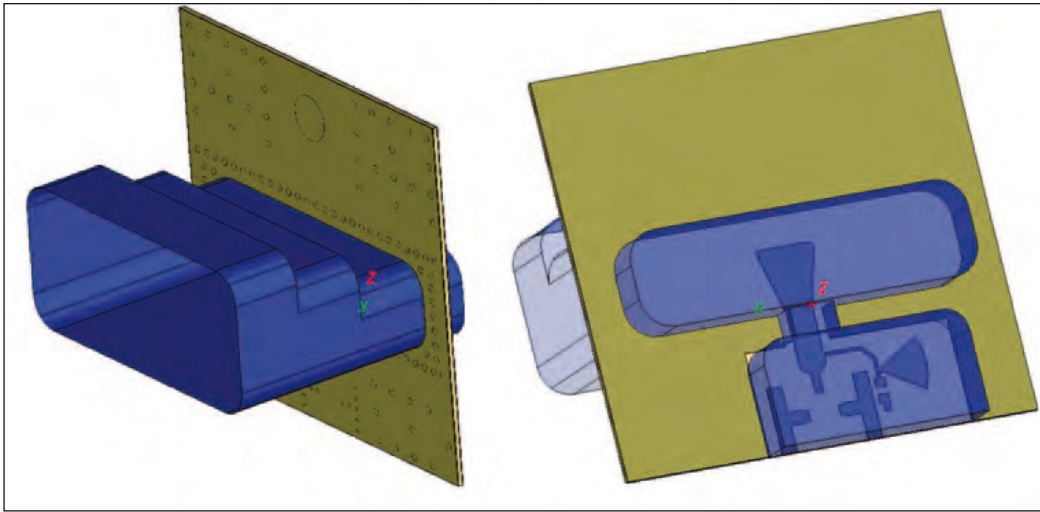


Bild 2: Optimierte Hohlleiter-Adapter-Geometrie

Software und basieren auf diesen wichtigen S-Parametern bei einem Bias von $V_{ds} = 2\text{ V}$ und $I_{ds} = 10\text{ mA}$ (Bild 1).

Wie man erkennen kann, wurde die Eingangsimpedanz für den NE3515S02 für Low-Noise-Applikationen im X-Band ausgelegt. Der Überschneidungsbereich zwischen RL (blau) und NF (rot) zeigt ein zu erwartendes Rauschmaß von $\sim 0,4\text{ dB}$ und eine Rückflussdämpfung von $\sim 10\text{ dB}$. Abgesehen von einer Anpassschaltung für die 50 Ohm Systemimpedanz und die vorgesehene Impedanz des LNAs sind bei diesem Design Faktoren zu beachten, welche zur Minimierung der Einfügedämpfung der Eingangs-Anpassschaltung beitragen.

Auswahl von Substrat und Finishing

Verluste in der Leiterplatte (PCB) können von einer Anzahl verschiedener Quellen her stammen, wie Dielektrizität des Materials oder Kupferwiderstand. Bei der Auswahl des PCB-Materials sind die kritischen Parameter, welche die HF-Performance bestimmen, in erster Linie Dielektrizitätskonstante (D_k), Streuverluste, Wärmeverluste und dielektrische Dicke. Änderungen in der D_k , etwa als Funktion der Frequenz, Temperatur oder anderer Einflussgrößen, können die Performance eines analogen Hochfrequenz-Schal-

tungsaufbaus erheblich beeinflussen. Abweichungen infolge der Änderung der D_k als einer Funktion der Frequenz können von einer Anzahl von verschiedenen Verhaltensweisen des Platinenmaterials abhängen; hierzu gehören die Polarität des dielektrischen Materials und der Verlust in diesem Material. Wegen der Rohheit der Oberfläche des Kupferleiters nimmt der PCB-Materialverlust bei höheren Frequenzen zu.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen den Verlusten im Leiter, den dielektrischen Verlusten und den Strahlungsverlusten, dies aus verschiedenen Gründen. Bei einer fest vorgegebenen dielektrischen Dicke bewirken breitere Leiterzüge bei den Übertragungsleitungen einen geringeren Wellenwiderstand und tendieren dann zu höheren dielektrischen Verlusten gegenüber dünneren Leitern. Andererseits haben dünnere Übertragungsleitungen mit ihrer höheren Impedanz höhere ohmsche Leitungsverluste, begünstigt auch durch den Skin-Effekt. Streu- oder Strahlungsverluste hängen von der Schaltungskonfiguration, dem Design, der Materialdicke, der D_k und der Frequenz ab. Impedanzschwankungen infolge nicht exakter Leiterbahnbreite sind ebenfalls eine signifikante Quelle dieser Verluste.

Wenn der Designer die wichtigen Informationen im Datenblatt des

FETs und die Möglichkeiten für Übertragungsleitungen mit ihren verschiedenen Wellenwiderständen auf dem PCB in Betracht zieht, dann wird er im vorliegenden Fall wahrscheinlich kupferbemahtes RO4003C-Material von der Rogers Corporation mit einer Dicke von $0,305\text{ mm}$ auswählen.

Dieses ökonomische und verlustarme keramische Laminat wird in großem Umfang von Herstellern empfohlen und erfüllt die Anforderungen an dieses Design.

Hohlleiter-Übertragungsgeometrie

Geringe Verluste und hohe Breitbandigkeit sollen bei der Hohlleiter-Übertragung unter einen Hut gebracht werden. Die Eingangsstufe des LNAs ist ein kritischer Abschnitt bei dem Bestreben, den insgesamt resultierenden NF bei vernünftiger Anpassung der Eingangsimpedanz des Systems (50 Ohm) und bei Herstellung des G_{opt} für den FETs so gering wie möglich zu halten. Insbesondere geht es darum, die Einfügedämpfung gering zu halten. In diesem LNA Design wurde dazu ein Waveguide-to-Microstrip-Adapter eingeführt, der verspricht, nicht nur die Verluste, sondern auch den erforderlichen Platzbedarf zu minimieren.

Beim üblichen Ansatz (DB6NT [3], HB9BBD [4]) ist der Adapter individuell auf die Standardimpedanz 50 Ohm abzustimmen. Diese Möglichkeit weist jedoch einige Nachteile auf. Hierzu gehören Schmalbandigkeit, Empfindlichkeit für Herstellungstoleranzen (mechanische und PCB-Eigenschaften) und Anpassverluste. Als interessante Alternative wurde die Aus-

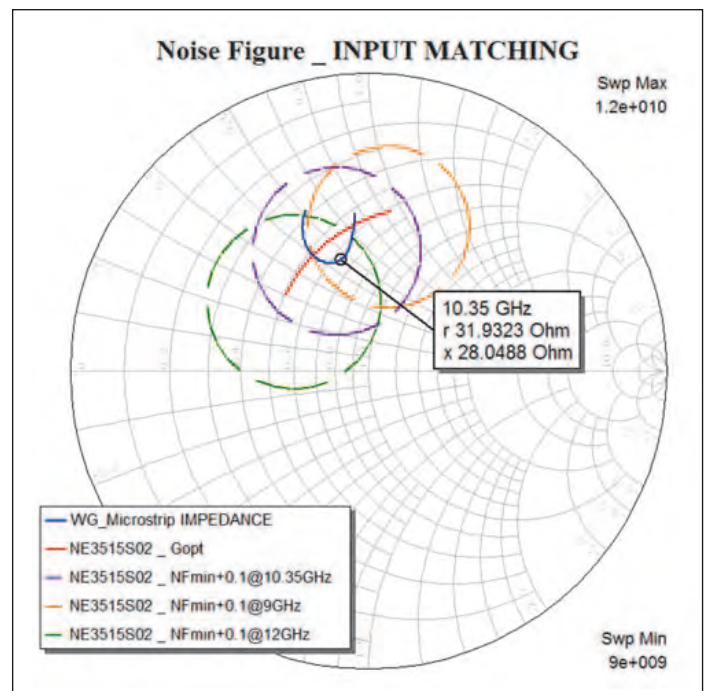


Bild 3: Mit „Analyst“ vorgenommene Simulationsergebnisse der Sektion Eingangs-Hohlleiter/Microstrip

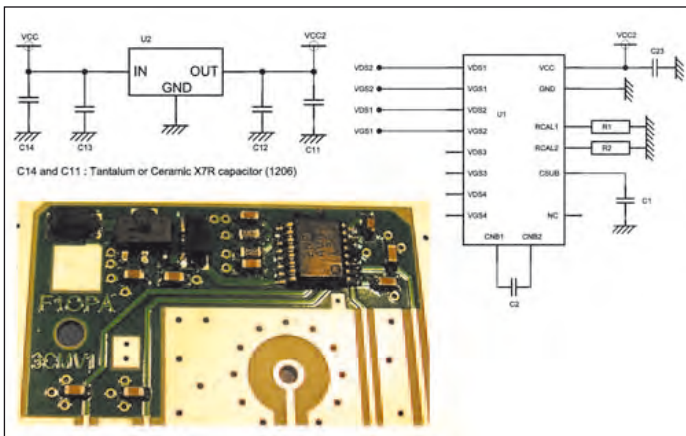


Bild 4: FET Bias Controller, fertiggestellt mit einem linearen Regler

gangs impedanz des Hohlleiter-Übertragungsabschnitts gleich der G_{opt} -Impedanz für den FET ausgelegt. Da diese Impedanz komplex ist (real + imaginär), war während der Simulation besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt nötig. Etwa galt es, eine Verdrehung der Referenzfläche zu vermeiden, die zu einer nicht optimalen Generatorimpedanz und einem höheren NF führen würde.

Bild 2 zeigt die optimierte Hohlleiter-zu-Microstrip-Adapter-Geometrie. Die Nutzung eines Impedanztransformators mit schrittweise möglicher Einstellung erlaubte die zielgerichtete Reduktion der Waveguide-Impedanz aus Sicht der Microstrip Probe. Dieser Mehrschritt-Impedanztransformator, kombiniert mit einer optimalen Ausprägung der Probe und richtiger Position führte zu einer größeren Bandbreite. Die Simulation des Eingangs erfolgte mit Unterstützung der Software Analyst 3D FEM EM. Der erste Port wurde am Hohlleiter-Eingang platziert und der zweite Port wurde auf der Referenzfläche des Bauteils angeordnet. Nach einigen Justierungen (Tuning/Optimierung) am Impedanztransformator, an der Probe und an der Geometrie wurde das in Bild 3 dargestellte Resultat erreicht. Es verkörpert eine viel versprechende Performance und zeigt das Potential dieses Typs von Design in Form der Anpassung an G_{opt} von 9 bis 12 GHz mit einer Variation von lediglich 0,1 dB beim minima-

len NF. Dieser LNA basiert auf einem zweistufigen Design. Die Transistor-Vorspannung (Biasing) für beide Stufen hat Einfluss auf den NF. Seitens der Stromversorgung sollte ein Bereich von 8 bis 14 V akzeptiert werden, in dem es möglich sein musste, den Strom für jeden Transistor einzustellen. Zudem musste die Bias-Schaltung so ausgelegt sein, dass sie die Gefahr der Selbsterregung nicht vergrößerte und gleichzeitig wenig Platz auf dem PCB beanspruchte. Die gefundene Lösung bestand im der Anordnung um einen integrierten FET Bias Controller ZNBG4000 herum mit einem linearen Regler, um den Eingangsspannungsbereich zu vergrößern (Bild 4). Durch Justage des Werts von R_1 und R_2 war es möglich, den Strom jedes Transistors zu steuern und auch darüber den NF zu optimieren.

Referenzen

- [1] www.cel.com/pdf/datasheets/ne3515S02.pdf
- [2] www.cel.com:8080/parts.do?command=load&idRoot-Part=2036#
- [3] D. Fässler, HB9BBD: The Challenge of LNAs for 10 GHz, DUBUS 2015
- [4] MKU LNA 102 S EME, www.kuhne-electronic.de
- [5] www.digikey.com/en/articles/techzone/2013/jan/rf-shielding-the-art-and-science-of-eliminating-interference ◀

EINE DESIGNPLATTFORM – KEINE HINDERNISSE

EINFACH INTELLIGENTER NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

Die Plattform NI AWR Design Environment™

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

Erfahren Sie mehr unter ni.com/awr



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

NATIONAL INSTRUMENTS™

©2017 National Instruments. Alle Rechte vorbehalten. Analog Office, AXIEM, AWR, Microwave Office, National Instruments, NI und ni.com sind Marken von National Instruments. Andere erwähnte Produkt- und Firmennamen sind Marken oder Handelsmarken der jeweiligen Unternehmen.

Bluetooth-Smart-Modul mit ultrakleinem Design

HY-Line Communication erweiterte sein Portfolio mit dem Bluetooth-SiP-Modul BGM121 Blue Gecko von Silicon Labs. Das SiP-Modul punktet mit hervorragender HF-Performance, bis zu 8 dBm Sendeleistung, ausgezeichneten Lowpower-Eigenschaften, ultrakleinem Design und einer sehr robusten integrierten Antenne.

Mit gerade mal 6,5 x 6,5 x 1,4 mm Baugröße ist es optimal für miniaturisierte Anwendungen. Das BGM121 benötigt minimalen Bauraum mit kleinen Abständen.

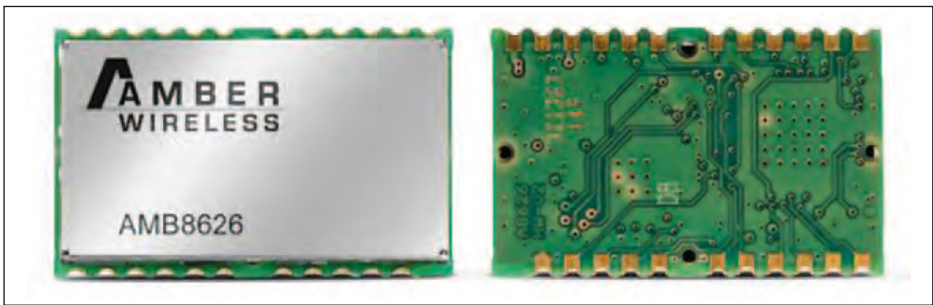


den zu Metall und Kunststoff. On Board befindet sich der 32-Bit-Prozessor ARM

Cortex M4 und der gesamte Bluetooth Low Energy 4.2 Bluetooth Stack. Das Modul kann daher als Stand-Alone-Controller mit eigener Applikation oder in Kombination mit einem Host Controller genutzt werden. Das nahezu baugleiche SiP-Modul BGM123 bietet bis zu 3 dBm Sendeleistung. Weitere Informationen: www.hylline.de/silabs/BGM121.

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

Neue, innovative Funkmodule



868-MHz-Mesh-Netzwerk-Funkmodul

Dieses Produkt von Amber Wireless ist ein leistungsstarkes Funkmodul für Stern- und Mesh-Netzwerke. Das OEM-Funkmodul arbeitet im 868-MHz-Band. Weiterhin zeichnet es sich aus durch:

- Anschluss für externe Antenne
- Reichweite (LOS) bis 2000 m (je nach verwendeter Antenne)
- Abmessungen: 27 x 17 x 4 mm
- Sendeleistung bis 14 dBm
- Software-Stack mit umfangreichen Funktionen
- Adressierung: max. 255 Knoten in 255 Netzen
- UART-Schnittstelle zur Kommunikation

Die Lieferung erfolgt in Tape&Reel für automatische Bestückung. Das Produkt ist auch

erhältlich als USB-Funk-Stick AMB8665
und jetzt auch mit Flooding-MESH-Kom-
munikation.

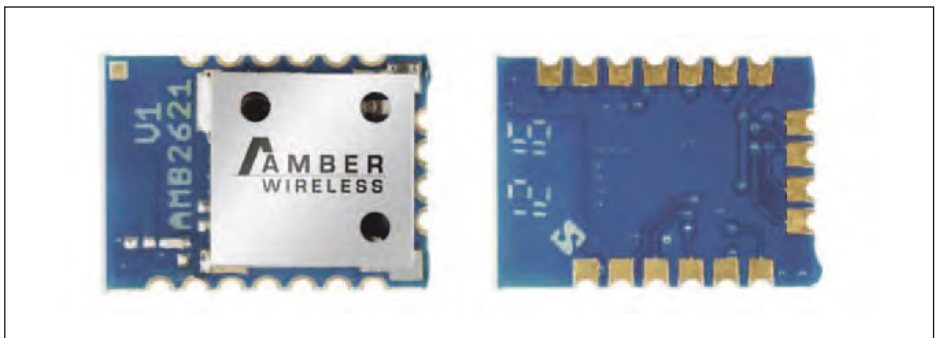
Bluetooth 4.2 Smart Module

Dieses Funkmodul entspricht dem Bluetooth-Smart-4.2-Standard und beruht auf

- dem Halbleiter Nordic nRF52832 sowie einer 32 Bit ARM Cortex-M4 CPU. 512 kB Flash-Speicher sind vorhanden. Der Strom beträgt 5,3 mA bei 0 dBm im Sendemodus. Bis 4 dBm Ausgangsleistung sind trotz der extrem kleinen Bauform von 11 x 8 x 1,8 mm möglich. Weitere Kennzeichen:

- serielle Datenübertragung (Smart Serial Profile)
- bis zu 8 GPIOs verfügbar
- Event driven API
- automatisches Power Management
- AES HW Encryption
- Real Timer Clock (RTC)
- integrierte Antenne
- NFC möglich

■ *Amber Wireless GmbH*
www.amber-wireless.de

SEMATRON **DEUTSCHLAND**

GmbH

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☒ ☒ ☒ ☐ ☒

[illegible]

**Ihr
Partner
für**

ENTWICKLUNG bis 240 GHz

SATELLITENKOMMUNIKATION

FERTIGUNG SYSTEME/GERÄTE

HF-KOMPONENTEN



Noisecom is a leader of RF and microwave noise sources and equipment for signal jamming and impairment, reference level comparison and calibration, receiver robustness testing, and jitter injection.



UFX7000A

The UFX7000A broadband noise generator has a powerful architecture used to create complex custom noise signals for advanced test systems. This versatile platform allows the user to meet their most challenging design requirements. Precision components provide high output power with superior flatness, and the flexible computer allows control of multiple attenuators, switches, and filter banks. The touch screen streamlines manual control, LAN, GPIB and RS-232 are available for remote control in ATE systems.



CNG-EbNo

The CNG-EbNo is a fully automated instrument that sets and maintains a highly accurate ratio between a user-supplied carrier and internally generated noise, over a wide range of signal power levels and frequencies. Since the CNG-EbNo automatically compensates for parameters like bit rates and bandwidth, taking measurements is as simple as pressing a button. Operating modes include carrier-to-noise, carrier-to-noise density, carrier-to-interference, bit energy-to-noise density and more. The touch screen streamlines manual control, LAN, GPIB and RS-232 are available for remote control in ATE systems.



J7000A

The J7000A Series generates high crest factor noise to model real world random jitter (Rj). Internal combiners enable addition of Rj directly to a data stream and the combined signal output can then be measured using an oscilloscope or bit error rate tester. High speed digital designers are challenged by tight timing and jitter budgets to deliver high data rates with minimal bit errors, the J7000A enables can vary signal to noise levels and random jitter levels to optimize system performance. The touch screen streamlines manual control, LAN, GPIB and RS-232 are available for remote control in ATE systems.



Calibrated Noise Sources

Calibrated noise sources are designed for receiver testing in radar and satellite applications, precision noise figure measurements with a noise figure meter or spectrum analyzer, and other RF applications which require broadband noise and fast switching times. Available in a variety of form factors, frequency ranges and ENR levels, Noisecom calibrated noise sources have low VSWR, and superior flatness over voltage and temperature.



Amplified Noise Modules

Amplified noise modules provide noise generation up to +13 dBm and bandwidths up to 10 GHz. High power modules are designed to test noise immunity in cable TV, secure communication and military jamming systems. Low power modules can be used as random jitter sources for high speed communication protocols like PCI Express and 10 gigabit ethernet. Amplified noise modules are available in standalone packaging or board mountable configurations.



Built-in Test Equipment (BITE) Modules

Noisecom BITE modules are an economical solution for built-in test requirements. Available in both through-hole or surface mount versions, these modules contain all necessary bias circuitry and require no external components. The modules have extremely flat output power versus frequency characteristics that are insensitive to temperature and voltage variations. Noisecom BITE modules are an excellent fit for applications related to signal strength meters, spectrum analyzers, radar receivers and gain-bandwidth testing.



Noise Diodes

Noise diodes are the fundamental building blocks of all noise systems. Noisecom diodes are hand-picked for performance characteristics that make them ideally suited for broadband noise generation with flat response. All Noisecom noise diodes deliver symmetrical white Gaussian noise and flat output power versus frequency and are available in a wide variety of package styles. The NC100 and NC200 Series diodes are designed for audio and RF applications while NC300 and NC400 Series diodes are designed for microwave applications.



Customization

Noisecom products, from components to instruments, are designed to be highly customizable to address the unique challenges of each noise generation requirement and enable easy integration into test systems. Customizations can include high power and high crest factor outputs, switchable filters and attenuators, single-ended or differential outputs and connector locations. These custom solutions deliver repeatable performance configured specifically for the needs of the test environment.



Hochspannungskabel – jetzt in allen Farben



welche eine hohe Packungsdichte, vergleichsweise dünne Außendurchmesser, eine hervorragende Materialbeständigkeit sowie eine hohe Temperaturfestigkeit und Hochspannungs-Beständigkeit bieten. Das Leiter- bzw. Abschirmmaterial besteht aus hochwertigem versilberten Kupfer. Für kurzfristigen Bedarf sind unterschiedliche Modelle sofort ab Lager in der Mantelfarbe Rot verfügbar.

Zur besseren Identifikation

in Kabelbündeln oder bei Aneinanderreihung von Hochspannungskabeln sind diese auf Wunsch neben der Standardfarbe Rot auch in elf weiteren Mantelfarben erhältlich. Sollten diese nicht ausreichend sein, besteht außerdem die Möglichkeit, den Mantel mit einer Farbwindel zu versehen. Hochspannungskabel mit individuellem Farbwunsch sind bereits ab einer Mindestbestellmenge von 50 m erhältlich.

Mit dem Lieferprogramm an Hochspannungskabeln bedient Telemeter Electronic Anwendungen im Bereich von 9 kV

DC (4 kV AC) bis 50 kV DC (22 kV AC). Alle Kabel aus diesem Programm verfügen über eine PTFE-Isolation (Teflon),

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

Evolution zu 5G

Let's communicate

Microwave

Bandpass-Filter

- Bis hinauf zum Ka-Band
- Oberflächenmontierbar
- Temperaturstabil
- Extreme Reproduzierbarkeit
- Kundenspezifische Versionen erhältlich

Tiefpass/Hochpass-Filter

- Oberflächenmontierbar
- Temperaturstabil
- 30 dB - 40 dB Dämpfung über 2 Harmonische
- Kompakter Footprint – 5,6 mm x 3,6 mm

Leistungssteiler

- Breitband-Angebot 2 GHz - 10 GHz und 6 GHz - 18 GHz
- Minimale Einfügedämpfung von 0,5 dB oder geringer
- Bewältigt bis zu 5 W Leistung
- SMT- und Chip & Wire-Optionen
- Kleine Gehäuse durch Dielektrika hoher Permittivität

Koppler

- Angebote im C-, X-, Ku-Band
- Extreme Reproduzierbarkeit
- Extrem kleine Gehäuse – 2,5 mm x 2,0 mm



DIELECTRIC
LABORATORIES

NEUE BAUTEILE FÜR 5G HF-UND
MIKROWELLENANWENDUNGEN

knowles
DLJohansonMFG-Novacap-Syfer-Voltronics

40-GHz-RMS-Detektor vereinfacht präzise Hochfrequenz-Leistungsmessung

Ein neuer, sehr breitbandiger Mikrowellen-RMS-Leistungs-Detektor löst bei der Realisierung akkurater Leistungsmessungen komplex modulierter Mikrowellensignale viele der Probleme, mit denen sich Designer von Mikrowellensystemen konfrontiert sehen.

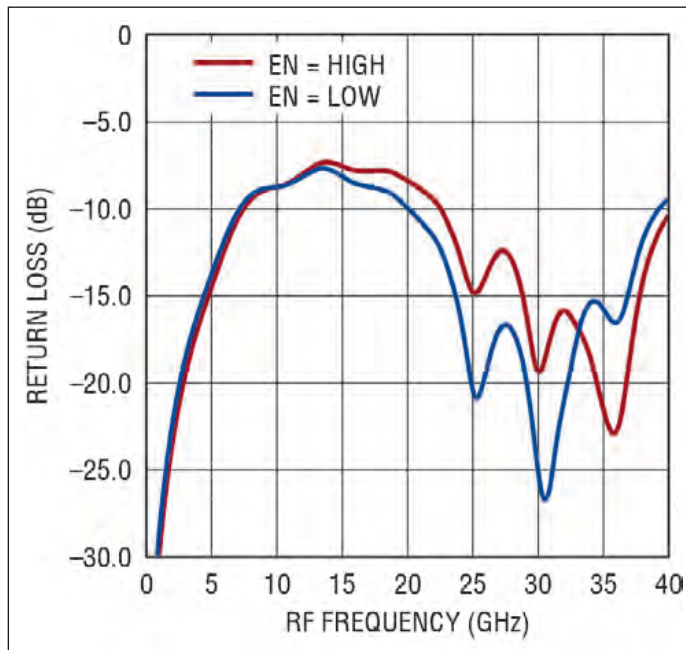


Bild 1: Eingangs-Rückflusdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz

Der vielseitige RMS-Leistungsdetektor LTC5596 bietet dazu folgende Schlüsselfunktionen:

- Weiter Eingangsfrequenzbereich von 100 MHz bis zu 40 GHz (Ka-Band); vollständig auf 50 Ohm Impedanz abgeglichen, ohne dass externe Abgleichkomponenten nötig sind.
- 35 dB, dB-linearer-Dynamikbereich mit ± 1 dB Fehler über den gesamten I-grade-Temperaturbereich von 40 °C bis 105 °C. H-grade-Betrieb bis zu 125 °C ist ebenfalls möglich.
- Sehr flacher Mess-Frequenzgang; Schwankungen typisch unter ± 1 dB zwischen 200 MHz und 30 GHz.
- Leistungsfähiger Ausgangstreiber kann 50-Ohm-Lasten ansteuern
- Hohe ESD-Auslegung von 3,5 kV HBM und 1,5 kV CDM machen die Handhabung in Produktionsumgebungen einfach.

- Die Messung ist sehr unempfindlich gegenüber großen Spitze-zu-Durchschnitts-Leistungsverhältnissen (PAPR = peak-to-average power ratio), was den Leistungs-Detektor, ohne die Notwendigkeit einer umfangreichen Kalibrierung, sehr gut für akkurate Messungen von sehr komplexen Signalformen geeignet macht.

Der HF-Eingang des LTC5596 ist zwischen 100 MHz und 40 GHz exakt auf 50 Ohm Impedanz abgeglichen, wie dies die gemessene Rückflusdämpfung in Bild 1 zeigt.

Die Konfiguration Masse-Signal-Masse des HF-Eingangs (Bild 2) wurde so gewählt, damit der Eingang - ohne externe Abgleichkomponenten - nahtlos mit einem koplanar-geerdeten Wellenleiter auf einem 5 mil dicken RO3003- oder ähnlichem Substrat verbunden werden kann.

Zusätzlich ändert sich das Ausgangssignal des LTC5596 über einen weiten Eingangsfrequenzbereich hinweg nur geringfügig. Dies verringert die Notwendigkeit der Kalibrierung bei unterschiedlichen Frequenzen. Wie Bild 3 zeigt, liegt der Messfehler, bezogen auf den Messwert, bei 5,8 GHz, im gesamten Frequenzbereich von 200 MHz bis 30 GHz unter ± 1 dB.

Aufgrund ihres Aufbaus sind RMS-Detektoren (rms = root-mean-square) gut geeignet, um die Durchschnittsleistung von arbiträren Signalformen akkurat zu messen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass solche Bausteine die Formel zur Definition der Durchschnittsleistung (proportional zum Durchschnitt des Quadrats des Signals) präzise implementieren. Andere Arten von Leistungsdetektoren, wie Schottky-Dioden-Detektoren oder demodulierende logarithmische Verstärker, implementieren leicht unterschiedliche Operationen, die häufig die Signalhüllkurve beinhalten. Dies führt zu einer Änderung der Antwort, wann immer sich das Eingangssignal - aber nicht der

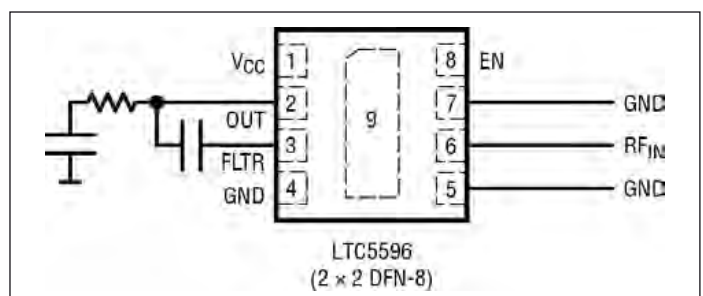


Bild 2: Pin-out und Schnittstellenverbindungen des LTC5596

Michiel Kouwenhoven
Design Manager
High-Frequency Products
Linear Technology
Corporation
www.linear.com

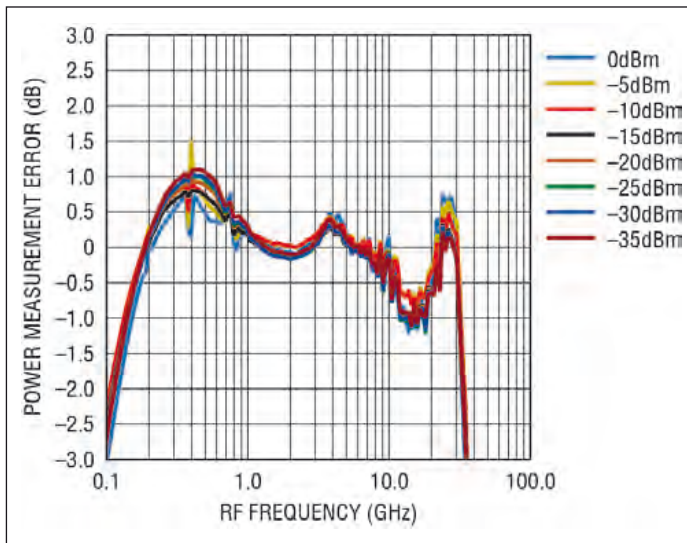


Bild 3: Frequenzabhängigkeit der Detektorantwort, relativ zu 5,8 GHz, ausgedrückt als Messfehler der Eingangsleistung

durchschnittliche Leistungspegel ändert. Moderne Kommunikationssysteme nutzen komplex modulierte Signale mit hohem PSPR, wie OFDM und WCDMA extensiv und passen Modulation und Codierung - basierend auf der Qualität der (Funk)Verbindung - ständig adaptiv an. Dies resultiert in Tausenden von unterschiedlichen Signalformen mit stark variierenden PAPRs. In einer solchen Umgebung ist das Erreichen der erforderlichen Messgenauigkeit (typisch ± 1 dB Messfehler) mit einem nicht

RMS-fähigen Leistungsdetektor üblicherweise nur mit extensiver und aufwändiger Kalibrierung sowie einer umfassenden Kenntnis der Art des empfangenen Signals möglich. Durch Einsatz des RMS-Leistungsdetektors LTC5596 ist die Kalibrierung für Signale mit Frequenzen bis ins Ka-Band üblicherweise nicht mehr nötig.

In vielen Anwendungen sind die Leistungspegel von HF-Signalen typischerweise in dB spezifiziert (ein Grund dafür ist, dass der Verlust im Übertragungspfad

ungefähr dB-linear in Abhängigkeit von der Entfernung ist). Der LTC5596 generiert eine DC-Ausgangsspannung, die proportional zum durchschnittlichen Leistungspegel (RMS-Signalpegel) an seinem Eingangsport in dBm ist. Die Antwort ist auch sehr stabil über einen weiten Betriebstemperaturbereich, was typischerweise in einem Fehler von unter ± 1 dB über den gesamten Betriebstemperaturbereich resultiert, wie Bild 4 zeigt.

An jedem Punkt innerhalb des Dynamikbereichs des LTC5596 von -37 dBm bis -2 dBm, resultiert eine 1-dB-Änderung der Eingangsleistung in einer 29-mV-Änderung der Ausgangsspannung. Detektoren des Diodentyps oder spannungslineare Detektoren, generieren z.B. bei geringen Leistungspegeln deutlich kleinere Änderungen des Ausgangssignals um einem 1-dB-Lastschritt als bei höheren Leistungspegeln. Dies macht es sehr schwer, ausreichend akkurate Leistungsmessungen über den gesamten Dynamikbereich zu erzielen. Durch das Verbinden eines A/D-Wandlers mit dem Ausgang des LTC5596 erhält man über den gesamten Dynamikbereich jedoch eine digitale Repräsentation der gemessenen Leistung mit konstanter und hoher Auflösung.

Der LTC5596 ist auch ein einfaches Hilfsmittel, um eine zusätzliche Filterung des Ausgangssignals vorzusehen und damit noch vorhandenes Hochfrequenzbrummen und -rauschen zu reduzieren. Die Bandbreite des Ausgangstreiberverstärkers im Baustein kann dazu mit einem einzigen Kondensator zwischen OUT und FLTR verringert werden, ohne die Stromtreiber-Fähigkeit des Bausteins zu beeinträchtigen. Einige wenige zehn pF an Kapazität sind dazu üblicherweise ausreichend. Alternativ kann ein Filter mit dem OUT-Interface des Bausteins verbunden werden. Die hohe Treiberfähigkeit des LTC5596 erlaubt einen weiten Bereich an Impedanzwerten, ohne die Genauigkeit der Leistungsmessung zu ver-

ändern. Der LTC5596 ist gut geeignet für Anwendungen mit kleinem Arbeitstakt, in denen der Baustein nur für eine kurze Zeitspanne aktiv ist. Das Ausgangsinterface wird im abgeschalteten Zustand hochohmig, was die Entladung großer Kondensatoren in einem Ausgangsfilter minimiert und ein schnelles Einstellen sicherstellt, wenn das Bauteil wieder aktiviert wird.

Der LTC5596 wird in einem kleinen DFN-Gehäuse mit 2 mm x 2 mm Kantenlänge in I-Grade- (-40 °C bis 105 °C Gehäusetemperatur) und H-Grade-Versionen (-40 °C bis 125 °C Gehäusetemperatur) angeboten. Die H-Grade-Version hat garantierte engere Grenzen für die logarithmischen Steigungs- und Abfangparameter (slope und intercept) was die Notwendigkeit für eine Kalibrierung in der Fertigung vereinfacht oder gar völlig eliminiert.

Der Autor



Michiel Kouwenhoven has been a design manager at Linear Technology since 2011. He received his M.Sc. and Ph.D. in Electrical Engineering from Delft University of Technology in The Netherlands in 1993 and 1998, respectively. He was an assistant professor in analog high-frequency circuit design from 1997 to 2000. Michiel joined National Semiconductor in 2000 and managed the design of RF power detector products in Delft. Beginning in 2008 he served in various management positions in National's Santa Clara, California headquarters. Michiel holds several patents on analog and high-frequency circuit design. ◀

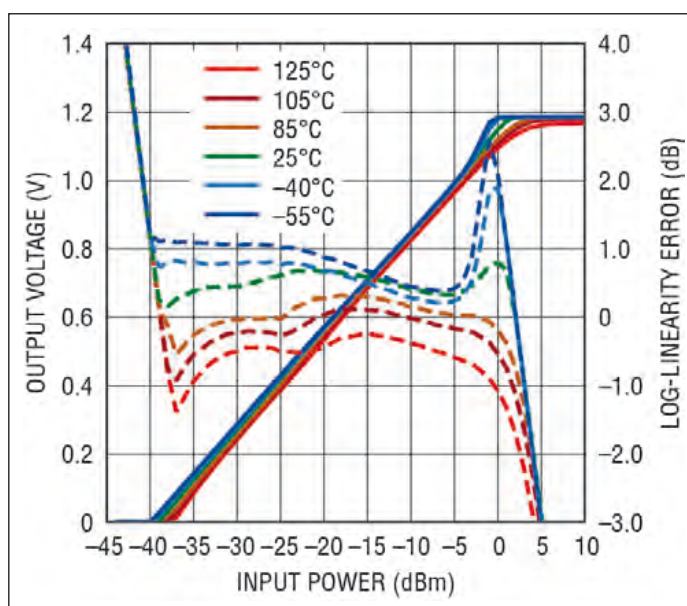


Bild 4: dB-lineare Antwort des LTC5596 bei 30 GHz und Fehler, relativ zu einer angepassten, dB-linearen-Übertragung bei 25 °C

All-in-One-BERTWave-Tester für optische Mehrkanalmodule mit 100 Gbit/s



Anritsu hat die neue Baureihe BERTWave MP2110A eingeführt, die für die Fertigungsprüfung von optischen Mehrkanalmodulen mit einer Kapazität von 100 Gbit/s optimiert wurden. Der neu dazukommende BERTWave MP2110A ist ein All-in-one-Messgerät, das darauf ausgelegt ist, zeitgleich BER-Messungen und Augendiagrammanalysen durchzuführen, die für eine Bewertung optischer Module und von in optischen Kommunikationssystemen eingesetzten Baugruppen – einschließlich 100 GbE, InfiniBand EDR und 32G Fibre Channel – benötigt werden.

Mit weiter zunehmendem Datenvolumen und der wachsen-

den Nachfrage der Anwender nach einzigartigen Dienstleistungen befinden sich die Netzbetreiber ständig unter Druck die Verarbeitungskapazität der Rechenzenter-Systeme zu verbessern. Eine kürzlich gefundene Lösung bestand darin, die Bitraten optischer Module, wie sie in Rechenzentren von 10G bis 25G verwendet werden, zu erhöhen.

Der neue All-in-one BERTWave MP2110A wurde entwickelt, um diesen wandelnden Anforderungen gerecht zu werden. Die All-in-One-Ausführung des MP2110A verringert die Anschaffungskosten für Messgeräte, die hohe Abtastgeschwindigkeit führt zu einer Verkürzung

der Messzeiten, und die Leistungsfähigkeit des hochempfindlichen Fehlerdetektors verbessert die Messausbeute. Der MP2110A unterstützt das simultane Messen, wodurch sich auch der Platzbedarf bei der Einrichtung des Messgeräts reduziert.

Zudem wurde die maximal mögliche Abtastgeschwindigkeit des MP2110A auf 250 kSample/s erhöht, um die Taktzeiten auf Fertigungslinien für optische Module und Geräte zu verkürzen. Dadurch konnten die Zeiten für die Augendiagrammanalyse bei Augen-Maskentests, im Vergleich zu früheren Messgeräten, um 75% verringert werden. Der MP2110A unterstützt außerdem Optionen zur Erweiterung des

integrierten Bitfehlerratentesters (BERT) auf vier Kanäle bei bis zu 28,2 Gbit/s sowie zur Erweiterung des integrierten Abtast-Oszilloskops auf zwei Kanäle. So kann der MP2110 zeitgleich TRx BER-Messungen an optischen Mehrkanalmodulen, wie dem QSFP28, und simultan Zweikanal-Augendiagrammanalysen durchführen, wodurch die Messzeiten gegenüber bisherigen Messsystemen um bis zu 65% drastisch reduziert werden.

Und mit einer Mindestempfindlichkeit von -15 dBm (typischerweise SMF, Single Mode Fiber, Monomode-Glasfaser) unterstützt die optische Schnittstelle des Abtast-Oszilloskops die exakte Augendiagrammanalyse von Signalen, die durch Switches etc. gedämpft wurden. Die exzellente PPG-Jitter-Performance von lediglich 600 fs_{rms} (typisch) und eine Empfindlichkeit bei der Fehlerdetektion von 25 mV (typisch) unterstützen auch Messungen mit einer besseren Leistung als die des Messobjekts.

■ Anritsu, Corp.
www.anritsu.com

Upgrade des Anritsu Bluetooth-Testsets

Anritsu hat ein Upgrade für das MT8852B-Bluetooth-Testset zur Unterstützung neuester Bluetooth-Core-Spezifikation Version 5 bekanntgegeben. Das MT8852B ist das marktführende RF-Messgerät zur Durchführung der Designprüfungen und Produktionstests bei vielfältigen Produkten mit eingebauter Bluetooth-Technologie. Das Testset unterstützt Basic Rate (BR), Enhanced Data Rate (EDR) und Bluetooth Low Energy (BLE) Messungen der Sendeleistung, Frequenz, Modulation und Empfängerempfindlichkeit gemäß Bluetooth RF-Testspezifikation.

Die neuen Optionen für MT8852B unterstützen die gesamte Reihe der PHY-Layer (RF) Tests, wie von den Bluetooth 5 Spezifikationen zum Design und die Herstel-



lung Bluetooth Geräten und System on Chip (SoC) gefordert. Sie unterstützen insbesondere Tests für die 2-Mbps Low Energy PHY (2LE), die die Akkulebensdauer erheblich verlängert, sowie für die Bluetooth Long Range (BLR), die eine längere Reichweite mehreren hundert

Metern ermöglichen. Obwohl MT8852B frühere Bluetooth-Low-Energy-Spezifikation unterstützt hat, verfügt dieses Upgrade die neue Messoptionen für die 2LE- und BLR-Spezifikationen. Neue Testfälle können als Bestandteil eines Testskripts laufen, zur Vereinfachung der Testfällen-Erstellung und Verkürzung der Testzeiten. MT8852B führt 2LE- und BLR-Messungen mit einer direkten Verbindung durch und kann das Messobjekt (DUT) entweder über USB, über den 2-Wire RS-232 HCI Direct Test Mode (DTM) oder über USB-Serial Umsetzer Schnittstellen steuern.

■ Anritsu, Corp.
www.anritsu.com

Zehn neue PXIe-Messgeräte für Forschungsanwendungen



Keysight Technologies, Inc. präsentierte zehn neue PXIe-Messgeräte, darunter einen neuen Arbiträrsignalgenerator (AWG, Arbitrary Waveform Generator) mit drei hochsynchronen Kanälen für hochgenaues IQ-Signaltuning und Envelope Tracking, außerdem das weltweit erste vollwertige PXI-Oszilloskop. Der AWG und das Oszilloskop bieten bis zu 1 GHz Bandbreite und eignen sich dadurch für die Erzeugung und Analyse komplexer Basisband-IQ-Signale, wie sie für die Erforschung künftiger Breitbandtechnologien für 5G und Luft-/Raumfahrt/Wehrtechnik benötigt werden.



Das neue PXI-Produktangebot umfasst außerdem weitere AWGs und Digitizer, die nicht nur vielfältige Grundfunktionen bereitstellen, sondern darüber hinaus dem Anwender ermöglichen, kundenspezifische Algorithmen in die geräteinternen FPGAs zu implementieren. Dank einer grafischen Entwicklungsumgebung lassen sich kundenspezifische Modifikationen und Erweiterungen schnell und einfach programmieren, wobei die Leistungsfähigkeit und Geschwindigkeit der FPGAs voll erhalten bleibt. Die Geräte sind dadurch für künftige Technologien bestens gerüstet. Die AWGs und Digitizer der Familie M3xxxA nutzen den FPGA- und PXI-Referenztakt für Echtzeit-Sequenzierung und Mehrkanal/Intermodul-Synchronisation; sie unterstützen dadurch hochentwickelte Mehrkanal-Anwendungen wie Mehrbenutzer-Strahlenkungs- und Quantencomputer-Technologien.

Der PXIe-AWG M9336A bietet mehrere Signalausgänge, die unabhängig voneinander genutzt oder miteinander synchronisiert werden können, und ist dadurch

eine optimale Lösung für die Erzeugung digital modulierter Signale für Breitband-Kommunikationssysteme sowie hochauflösender Signale zum Testen von Radar- und Satellitensystemen. Der auf Höchstleistung getrimmte M9336A begnügt sich mit einem einzigen PXIe-Steckplatz, bietet eine Amplitudenauflösung von 16 Bit und eine Modulationsbandbreite von bis zu 1 GHz; das Gerät erlaubt es, die Verstärkung, den Offset und den Zeitversatz (Skew) für jeden Kanal individuell zu wählen. Der Anwender hat die Möglichkeit, standardkonforme oder kundenspezifische Signalformen für den AWG mithilfe von Softwaretools, wie Signal Studio, MATLAB oder Waveform Creator, zu erstellen.



Das auf der Technologie von Keysights InfiniiVision-Oszilloskopen basierende PXIe-Oszilloskop M9243A bietet bis zu 1 GHz Bandbreite für Analyse und Debugging von Breitbandsignalen. Dank einer Signalaktualisierungsrate von 1.000.000 Signalen/s und hochentwickelter Tastkopftechnologie kann dieses Oszilloskop zufällige oder intermittierende Signale erfassen und analysieren, die einem Digitizer eventuell entgehen würden. Das Oszilloskop bietet eine Vielzahl leistungsfähiger Funktionen, darunter Cursor und Marker, hochentwickelte Triggerfunktionen, Signalmittelung, Signalmasken und 31 automatische Messfunktionen. Mit einer Kombination aus dem M9243A und der VSA-Software 89600 können komplexe IQ-Signale mit der vollen Bandbreite von 1 GHz demoduliert und analysiert werden.

Keysight gibt auf alle seine Messgeräte standardmäßig drei Jahre Gewährleistung und sorgt mit seiner branchenführenden „Core-Exchange“-Strategie für schnelle Abwicklung von Kalibrierungen und Reparaturen; das bedeutet für den Anwender maximale Systemverfügbarkeit und geringere Messgeräte-Lebenszykluskosten.

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

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

Maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Vorgaben für kundenspezifische Anwendungen, hergestellt mittels modernster Technologie, stehen für uns im Vordergrund.

Mehr als 30 Jahre Erfahrung, qualifizierte Beratung und applikative Unterstützung unserer Kunden sowie namhafte Kooperationspartner sind die Bausteine für unseren Erfolg.



Zeichnungsteile mittels Schneidplotter



Stanzteilherstellung mittels Hochleistungsstanz



Zuschnitt „cut to length“



Herstellung von O-Ringen



Zuschnitt von Rollenware



Stanzteilherstellung mittels Swing-Beam-Presse



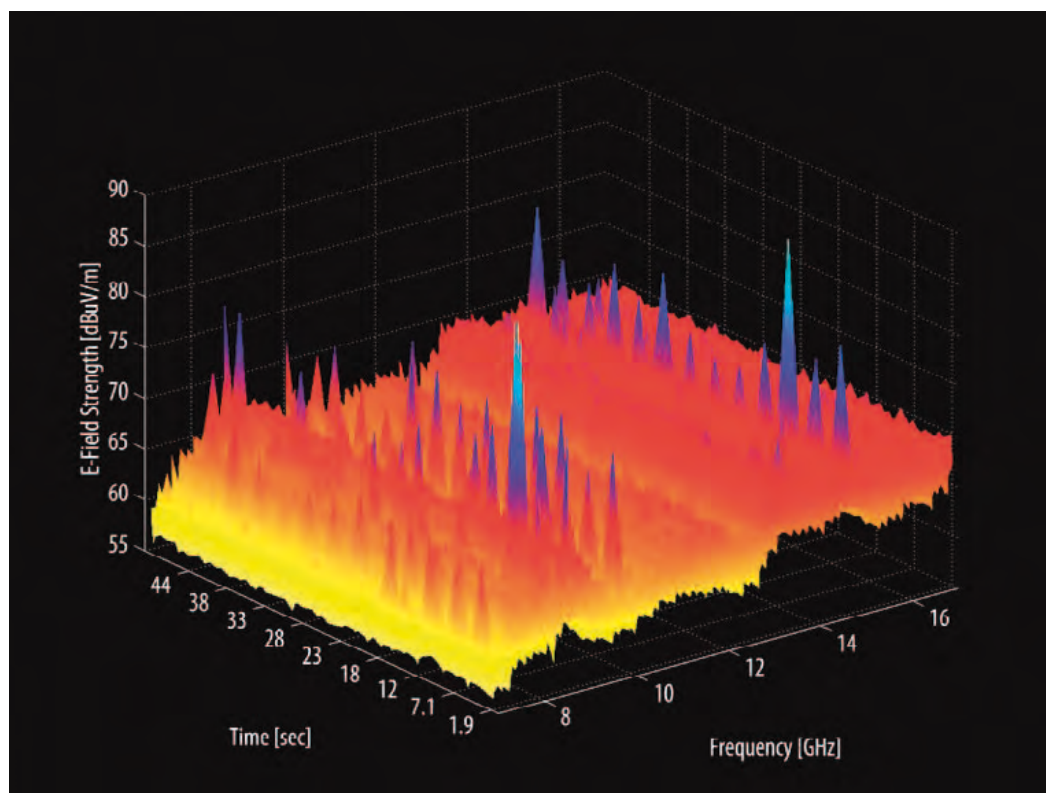
Zuschnitt mittels Wasserstrahltechnik

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



ELECTRONIC SERVICE GmbH

18-GHz-Echtzeitmessung für Full-Compliance-Messungen höchster Präzision mit TDEMI X



Messungen der Störfeldstärke werden im Frequenzbereich 1 GHz – 40 GHz in einer Absorberhalle oder auf einem Freifeld-Messplatz durchgeführt. Diese Messungen sind bisher äußerst zeitaufwändig, da bei allen Abstrahlrichtungen des Prüflings sowie über mehrere Höhen der Antenne die maximale Emission gefunden werden muss.

Echtzeitmessung eines Mikrowellenherds bis 18 GHz

Stark gerichtete Abstrahleigenschaften von Prüflingen oberhalb 1 GHz führen dazu, dass die Messung üblicherweise nur mit sehr kleinen Schritten des Drehtischs stattfinden sollte. Um Zeit zu sparen wird deshalb meist eine schnellere Vor- und anschließende Nachmessung durchgeführt, um den Aufwand zu begrenzen. Bei der Vorwandsung, die lediglich eine schnelle Übersichtsmessung darstellt, wird versucht, einzelne Frequenzen zu lokalisieren, bei denen die Emissionen einen kritischen Pegel erreichen. Bei der Nachmessung wird anschließend an diesen kritischen Frequenzpunkten im sog. Single Frequency Modus mit längerer Verweildauer nachgemessen und maximiert.

Im Gegensatz hierzu kann jetzt mit dem Messempfänger TDEMI X von Gauss Instruments - dank mehreren Gigahertz Echtzeit-Messbandbreite

(Option QCDS-UG, UFSPA-UG) - sofort die abschließende Maximierung erfolgen. Durch ein speziell für diesen Zweck entwickeltes Hardwaremodul können Messungen über mehrere Gigahertz im Echtzeit-Spektrumanalysatormodus durchgeführt werden.

Beispielsweise kann man im Frequenzbereich 1 - 18 GHz mit einer hohen zeitlichen Auflösung alle Frequenzpunkte direkt messen und das Ergebnis maximieren. Über den gesamten Frequenzbereich werden die Ergebnisse in Echtzeit dargestellt. Es stehen die Detektoren Peak, Average und RMS zur Verfügung. Darüber hinaus können auch die nach den Standards geforderten Videobandbreiten verwendet werden. Selbstverständlich werden dabei auch die Normen CISPR 16-1-1, MIL461, DO160 sowie weitere nationale und internationale Normen abgedeckt und vollständig erfüllt.

Eine typische Emissionsmessung im Bereich 1 – 18 GHz kann nun erstmalig derart durchgeführt werden, dass der Bereich in Echtzeit gemessen wird. Der Prüfling wird hierzu kontinuierlich gedreht, und es werden sowohl die Abstrahlrichtung als auch das Maximum dokumentiert. Die Prüfvorschriften der Norm CISPR 16-2-3 sowie der ANSI- und FCC-Standards werden bei dieser Prüfstrategie vollständig eingehalten.

Herausfordernde Messungen, wie z. B. die Emissionsmessung eines Mikrowellenherdes, können, einfach und schnell und damit höchsteffizient durchgeführt werden. Die Vorselektion, welche in allen Betriebsarten, insbesondere auch im Echtzeitmodus über den Frequenzbereich von DC – 40 GHz zur Verfügung steht, erlaubt es z. B. die Oberwellen des Signals eines ISM-Bandes mit höchster Präzision und Dynamik zu messen. Hinsichtlich der totalen Messunsicherheit (Vorverstärker und Vorselektion aktiv) beträgt die Standardabweichung des TDEMI X im Frequenzbereich 1 – 18 GHz typischerweise 0,27 dB und setzt auch in diesem Punkt einen neuen Standard hinsichtlich Messgenauigkeit.

So können z. B. sämtliche verschiedenen Betriebsarten eines Prüflings auf einfachste und hocheffiziente Art und Weise gemessen werden. Eine vormals aufwändige Vor- und anschließende Nachmessung entfällt nun vollständig. Auch die Auswertung gegenüber Grenzwertlinien sowie die anschließende Dokumentation der Messergebnisse erfolgt automatisch - komfortabel mit Hilfe eines Reportgenerators als MS-Word-Dokument. Mit geeigneter Fernsteuersoftware ist es außerdem auch möglich, derartige Messungen vollständig zu automatisieren und Testreports inkl. Darstellungen der Richtcharakteristik zu erzeugen. ◀

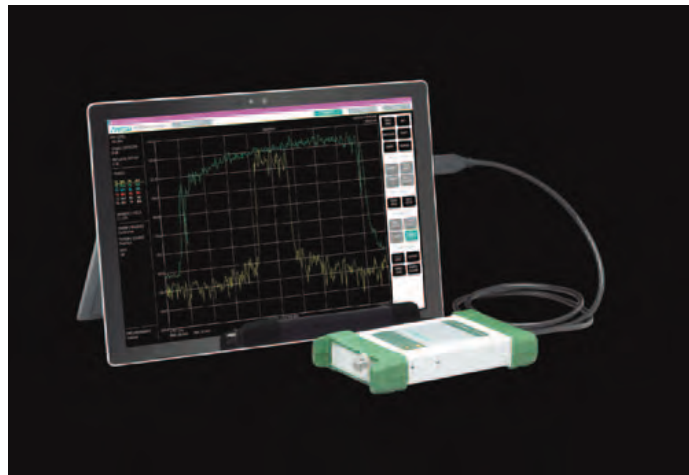
Ultraportable Spectrum-Master-Familie definiert Mikro- und Millimeterwellen-Messungen neu

Die ultraportablen Millimeterwellen-Spektrumanalysatoren der Spectrum Master MS2760A-Familie von Anritsu sind (nach eigenen Angaben) die weltweit ersten, die Hf-Designs auch in 5G- und E-Band-Anwendungen überprüfen können.

Sie verhelfen Anritsus hochmoderner, patentierter NLT-Shockline-Technologie zum Durchbruch und tragen dazu bei, die Kosten-, Größen- und Leistungsbarrieren, die mit den herkömmlichen Messgeräten verbunden sind, abzubauen - hin zu einer effizienteren, fortschrittlichen Technologieentwicklung. Zusätzlich zu den 5G- und E-Band-Anwendungen verbessert der MS2760A die Messverfahren erheblich und senkt die für Tests anfallenden Kosten in anderen wachstumsstarken Millimeterwellen-Anwendungen, wie beispielsweise 802.11ad/WiGig, Satellitenverbindungen und Radarsystemen im Automobilbereich.

Vorteile für Laboratorien

Für F&E-Techniker und Prüfindgenieure in Laborumgebungen führt der MS2760A unerlässliche Spektrummessungen durch, wie z. B. die Spektrumanalyse selbst sowie Nutz-Kanal- bzw. Nachbarkanalleistungsmessungen, Messungen von Nebenwellen-Aussendungen oder die Ermittlung belegter Bandbreiten. Anwender können damit eine Genauigkeit erreichen, die im Hochfrequenzbereich nie zuvor möglich war, da der



MS2760A Messungen direkt am Prüfobjekt ermöglicht. Im Gegensatz dazu benötigen herkömmliche Modelle in Benchtop-Ausführung kostspielige Kabel, die zusätzliche Verluste verursachen. Die Fähigkeit des MS2760A, Messdurchläufe im Bereich von 9 kHz bis 110 GHz durchzuführen, steigert zudem die Zuverlässigkeit der Messung.

Vorteile für die Fertigung

Mit dem Spectrum Master MS2760A lassen sich in hochvolumigen Fertigungsanwendungen niedrigere Testkosten erreichen, denn der MS2760A kostet erheblich weniger als Benchtop-Alternativen. Mit seiner ultraportablen Größe ist er flexibler bei Fertigungstests größerer Produkte, einschließlich der in der Luft-, Raumfahrt- und Satellitentechnik. Aufgrund der Fähigkeit, kontinuierliche Messdurchläufe über den gesamten Frequenzbereich hinweg auszuführen, wird in Fertigungsumgebungen eine hohe Genauigkeit erreicht. Der Spectrum Master MS2760A erleichtert das Arbeiten im Rahmen von Feldtests deutlich. Durch seine ultraportable Größe kann er in der Hosentasche des Technikers verstaut werden, während die Fähigkeit, kontinuierliche Messdurchläufe durchzuführen und ein USB-

betriebener Formfaktor, verbunden mit einem Tablet, die Zahl der Ausrüstungsgegenstände reduziert, die ein Techniker mit sich führen muss. Die Spectrum-Master-Familie MS2760A bietet

Modelle, die Frequenzen bis 32, 44, 50, 70 und 110 GHz unterstützen. Ein 90-GHz-Modell ist außerdem für Länder erhältlich, in denen für Analysatoren mit Frequenzen oberhalb von 90 GHz eine Ausföhrungenehmigung benötigt wird.

Der Spectrum Master MS2760A ist das letzte Element des wachsenden Anritsu-Portfolios von ultraportablen Analysatoren, das auch den Millimeterwellen-Leistungsanalysator Power Master MA24507A und den Site Master S331P, den leichtesten, kleinsten und schnellsten sowie kosteneffizientesten Kabel- und Antennenanalysator der Site-Master-Baureihe umfasst, der je für den Feldeinsatz entwickelt wurde. ◀



SSB MAC

Mobilfunk Antennen Combiner

NEU!

Mobile Breitbandversorgung maßgeschneidert



Einsatzbereiche:

Land: Effiziente Versorgung mit mobilem Breitband innerhalb von Hotel- und Campinganlagen, Sälen, Parkhäusern, Höfen, Plätzen, Produktionsstraßen, Werks- und Lagerhallen, Bootsanlegestellen, Sonnendecks u.v.m.

See: Immense Kostenersparnis durch die Nutzung des terrestrischen Mobilfunks innerhalb einer 35 km Zone. Satellitenverbindungen werden vermieden. Optimale Verteilung auf Booten und Schiffen.

- Verstärkung 63 dB downlink / 53 db uplink auf jedem Frequenzband
- alle Frequenzbänder 800 / 900 / 1800 / 2100 / 2600 MHz
- Reichweite bis zu 35 km

Wir projektieren maßgeschneiderte Lösungen für Ihre Anwendung. Kontaktieren Sie uns!

Fon: +49 2941-93385-0 · vertrieb@ssb-electronic.de · www.ssb.de
SSB-Electronic GmbH · Am Pulverhäuschen 4 · 59557 Lippstadt

Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Externe RF-Filter schützen den IDA 2 vor Übersteuerung bei der Signalanalyse

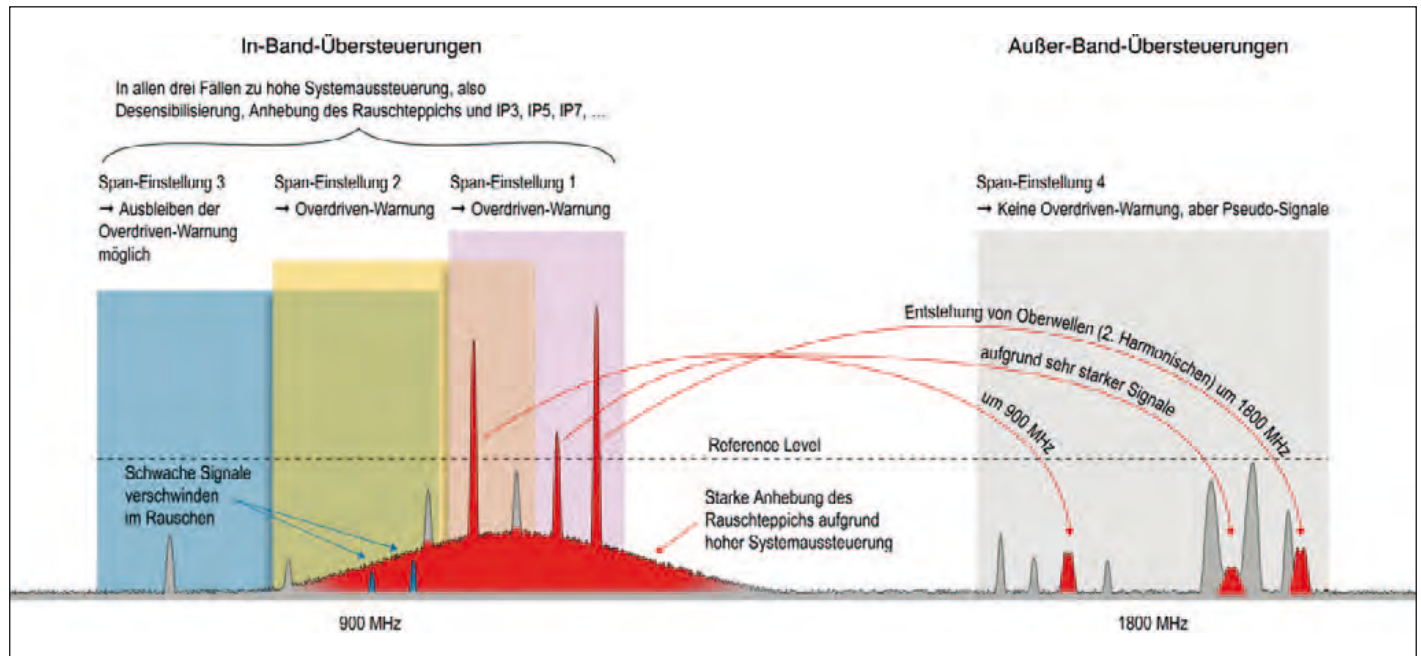


Bild 1: Diese in Rot gekennzeichneten Effekte einer hohen Systemaussteuerung in modernen Analysatoren können mit den IDA 2 RF-Filtern von Narda Safety Test Solutions vermieden werden

Narda Safety Test Solutions hat im Dezember 2016 effiziente externe RF-Filter für seinen Handheld-Signalanalysator IDA auf den Markt gebracht. Die optional erhältlichen RF-Filter helfen Anwendern, bei Messungen mit dem IDA 2 in hochdynamischen Messumgebungen - insbesondere Außer-

Band-Übersteuerungen - zu vermeiden und die erforderliche Messempfindlichkeit zu sichern. Zu solchen Übersteuerungseffekten kann es kommen, wenn sehr schwache Funksignale unter dem Einfluss von starken gemessen werden müssen. Da zur präzisen Erfassung eines relevanten Signals mit einer

geringen Signalstärke eine hohe Messempfindlichkeit erforderlich ist, kann es - angesichts der zugleich großen Signalstärke in benachbarten Frequenzbändern - zur Übersteuerung des Analysators führen. Die neuen RF-Filter gewährleisten in solchen Fällen die bandselektive Erhaltung der Messempfindlichkeit. Es stehen hierzu verschiedene Filter für die unterschiedlichen Frequenzbereiche zur Verfügung: vom Rundfunk über den Flugfunk bis zum Mobilfunkbereich. Das jeweilige RF-Filter lässt sich mit Hilfe eines zusätzlichen RF-Kabels und Klett-Klebebands einfach am Interference and Direction Analyzer IDA 2 befestigen.

Ein besonderes Augenmerk lag bei der Gesamtdimensionierung der RF-Filter auf einem optimalen Ausgleich zwischen den erforderlichen Frequenzbereichen und der notwendigen Filter-Steilheit einerseits sowie geringer Baugröße, annehmbarem Gewicht und letztlich optimalen Kosten für den Kunden andererseits.

Neben dem IDA 2 kommen die neuen RF-Filter durch deren N-Anschlüsse auch für den Narda Rackmount Analyzer NRA und für viele andere Signal-/Spektrumanalysatoren und für Laboranwendungen in Frage.



Bild 2: Mess-Situation mit dem Interference and Direction Analyzer IDA 2 mit externem RF-Filter

■ Narda Safety Test Solutions GmbH
www.narda-sts.com

Erster 2-GHz-Zertifizierer offiziell auch für Cat 8.2

Eudisa ging bereits 2012 davon aus, dass Cat 8.1 und 8.2 mit 2 GHz gemessen werden muss. Der WireXpert4500 war damit der erste Verkabelungszertifizierer auf dem Markt, der diese Anforderungen technisch erfüllen konnte. Die verwendete Software wird seither kontinuierlich weiterentwickelt, so dass mit der Messfrequenz von 2 GHz ein reibungsloses Arbeiten in der Feldmesstechnik möglich wurde. Mittlerweile gibt es die erste offizielle Stellungnahme des Herstellers, dass dieses Messgerät zugelassen ist für zertifizierte Cat-8.2-Abnahmemessungen des Systemherstellers Bel Stewart mit dem Steckgesicht ARJ45 in Kombination mit dem GG45-Modul.

Die Softing IT Networks GmbH bestätigt die Zertifizierung des WireXpert4500 für die Cat-8.2- Abnahmemessungen mit dem Steckgesicht ARJ45 in Kombination mit dem GG45-Modul. Obwohl die 2016

Anschlussstechniken der RJ45- und der TERA-Stecker per Design vorgeschrieben waren, liegt mit dem Mega Line 100 ein modulares System für die Zukunft vor, das auf 40 Gbit/s Übertragungsgeschwindigkeiten ausgelegt ist.

Features des WireXpert 4500 im Überblick:

- digitale Messtechnik für schnelle automatische Tests und genaue Abnahmemessungen
- Touchscreen mit großer Bildschirmdiagonale für die einfache Eingabe von Text-Dokumentation, gute Ablesbarkeit auch bei ungünstigen Lichtverhältnissen
- selbsterklärende Icons/Apps für leichte, intuitive Bedienung
- Speicher für bis zu 6000 Messergebnisse
- Erweiterungsmöglichkeiten durch eine Vielzahl an Messadaptern



Wer von seinem veralteten Verkabelungszertifizierer auf den zukunftsfähigen WireXpert 4500 wechseln möchte, dem bietet eudisa eine Abwrackprämie. Der WireXpert kann drei Tage lang unverbindlich und kostenlos getestet werden.

■ eudisa GmbH
www.eudisa.com

5-in-1-Messgerät „VirtualBench“ - jetzt mit leistungstärkerem Oszilloskop und Funktionsgenerator



National Instruments trägt mit seinen Systemen für Ingenieure und Wissenschaftler zur Bewältigung der weltweit größten technischen Herausforderungen bei. Angekündigt wurde für diese Aufgaben jetzt ein neues und leistungstärkeres Modell des „5-in-1-Messgeräts VirtualBench, das VB-8054, das 500 MHz analoge Bandbreite für die Erfassung und Sinussignalerzeugung bis 40 MHz für besonders leistungsfähige Prüfungen bietet.

Es vereint fünf der am häufigsten am Prüfplatz verwendeten Messgeräte in nur einem Gerät, ohne dabei die Leistungsfähigkeit der einzelnen Messgeräte einzuschränken, und ermöglicht so Kosten- und Platzeinsparungen. Dank moderner Software und einer intuitiven Programmierschnittstelle sorgt VirtualBench für eine effizientere Interaktion mit Benchtop-Messgeräten sowie eine einfachere Entwicklung kostengünstiger automatisierter Prüfsysteme.

Neue Funktionen des VB-8054

- Mixed-Signal-Oszilloskop mit 4 Kanälen, 500 MHz, 2 GS/s Sample-Rate und Logikanalysator (34 Digitalkanäle)
- Funktionsgenerator für Sinussignale bis max. 40 MHz, Rechtecksignale bis 5 MHz, Rampen- und Dreiecksignale sowie DC- und arbiträre Signalverläufe

Weitere Funktionen der VirtualBench-Produktreihe

- Digitalmultimeter mit 5 ½ Stellen, 300 V Eingangsbereich
- einstellbares Netzgerät (bis 3 A) mit 3 Kanälen sowie 8 universellen Digital-I/O-Kanälen
- Intuitive, einheitliche Softwareansicht aller fünf Messgeräte
- Darstellung auf größeren Anzeigen und schnelles Speichern von Daten und Screenshots
- Verbindung mit Windows-PCs über USB, Ethernet und WLAN und mit iPads über WLAN
- Programmierschnittstelle zur Automatisierung von Messungen in LabVIEW oder C

Die VirtualBench-Anwendung erfordert keinerlei Installation und wird bei Anbindung über USB unter Windows automatisch geladen. VirtualBench bietet u. a. Digital-Phosphor-Technologie für die pa-

rallele Darstellung mehrerer Signalerfassungen, einen XY-Modus für die grafische Gegenüberstellung von Kanälen und einen „Smart Capture“-Modus für die freihändige Erfassung sich wiederholender, stabiler Signalverläufe. Damit Anwender ihre VirtualBench-Investition wahren können, stellt NI mit der Veröffentlichung neuer Funktionen kostenlose Soft- und Firmware-Updates zur Verfügung. Dank der Funktionalität von VirtualBench und der einheitlichen Benutzeroberfläche sind Ingenieure in der Lage, Charakterisierungen und Validierungen am Prüfplatz schneller und effizienter durchzuführen. Darüber hinaus tragen die kompakte Größe und der günstige Preis – im Vergleich zu den Einzelgeräten – auch zu einer Senkung der Prüfkosten in der Produktion bei.

Die VirtualBench-Hardware ist in drei Ausführungen erhältlich, die sich in erster Linie durch die analoge Oszilloskopbandbreite von 100, 350 oder 500 MHz unterscheiden. Mit diesen drei Modellen deckt die VirtualBench-Reihe eine Vielzahl von Anwendungen und Budgetrahmen ab und eignet sich optimal für Hochschullabore, Prüfstände zur Hardwarecharakterisierung und -fehlerbehebung sowie für automatisierte Prüfsysteme.

■ National Instruments
www.ni.com/virtualbenchnik

Digitizer für vielkanalige Hochfrequenzerschassung

Die vielkanalige Signalaufzeichnung und -analyse von hochfrequenten Signalen ist mit Vorstellung der DN6.22x-Serie von LXI-Digitizern durch Spectrum deutlich einfacher geworden.

Die neue Serie erweitert die populäre digitizerNETBOX-Serie durch acht Modelle mit einer hohen Kanalzahl, schneller Abtastate und einer hohen Bandbreite.



Das Einstiegsmodell DN6.221 ist mit 12, 16, 20 oder 24 Kanälen verfügbar. Jeder Kanal kann dabei mit einer Abtastate von bis zu 1,25 GS/s betrieben werden. Das Spitzenmodell der Serie erhöht die Performance auf 5 GS/s bei sechskanaligem Betrieb oder 2,5 GS/s bei zwölfkanaligem Betrieb.

Umfangreicher Lieferumfang

Der umfangreiche Lieferumfang des Geräts enthält alle Tools, um Daten zu erfassen, zu digitalisieren und Signale zu analysieren und zu dokumentieren. Direkt nach dem Anschluss an den Hostrechner (Laptop oder Workstation) oder irgendwo im Firmennetz kann die mitgelieferte Software SBench 6 Professional gestartet werden. SBench 6 erlaubt die Kontrolle aller Aufzeichnungsmodi und Hardwareeinstellungen mit einer einfach zu nutzenden graphischen Oberfläche.

Software

Dabei bietet die Software eine Reihe von integrierten Funktionen zur Signalanzeige, Datenanalyse und Dokumentation. Aufgezeichnete und analysierte Signalformen können in verschiedenen gängigen Formaten, wie ASCII, Binär, MATLAB oder Wave, für weiterverarbeitende Software exportiert werden.

Jeder Kanal der DN6.22x-Serie ist mit einem eigenen ADC, großem Aufzeichnungsspeicher von 1 GSsample pro Kanal und einer unabhängigen Signal-

konditionierung ausgestattet. Alle A/D-Wandler werden synchron getaktet und ermöglichen über den konstanten Phasenbezug Timing-Messungen zwischen den Kanälen mit der bestmöglichen Genauigkeit. Eingangsverstärker erlauben es, die Signale zu skalieren, um den Dynamikbereich der 8-Bit-ADCs komplett auszunutzen. Die programmierbaren Eingangsbereiche gehen von ± 200 mV bis ± 2.5 V bei 50 Ohm Terminierung. Optional kann der Digitizer mit Eingangsbereichen zwischen ± 40 und ± 500 mV ausgestattet werden. Dazu kommen eine schaltbare AC/DC-Kopplung sowie ein programmierbarer Eingangs-Offset.

Die DN6.221-Modelle mit 1,25 GS/s Abtastate werden mit Eingangsverstärkern mit 500 MHz Bandbreite geliefert, während die DN6.225-Modelle bei 5 GS/s eine Bandbreite von 1,5 GHz aufweisen. Die Kombination aus schneller Abtastate, hoher Bandbreite und großem Aufzeichnungsspeicher erlaubt es, lange und komplexe hochfrequente Signale zu erfassen. Dank der kleinen zeitlichen Auflösung können auch schnelle Ereignisse im Nano- und Sub-Nano-Sekundenbereich analysiert werden.

Die verschiedenen Aufzeichnungsmodi, wie Einzelaufnahme (Transientenerfassung), Streaming (FIFO), segmentiert (Multiple Recording), torgesteuert (Gated Sampling) sowie die Kombination segmentierter Aufzeichnung von schnellen Signalteilen parallel zur langsamen Aufzeichnung des kompletten

Signalverlaufs (ABA Modus), lassen sich mit einer internen Zeitstempel-Funktion kombinieren. Dabei können jeder Eingangskanal sowie zwei externe Triggereingänge als Triggerquellen einzeln genutzt oder auch mit AND/OR Logik kombiniert werden. Diese Logikfunktion ermöglicht es, auf bestimmte Eingangsmustern zu triggern.

Die Geräte sind mit einem industriellen Gehäuse mit integrierter Kühlung, austauschbarem Staubfilter sowie einem störungsarmen Netzteil ausgestattet. Alle Anschlüsse sind als SMA-Buchsen ausgeführt. Verschiedene LEDs signalisieren den Zustand von Stromversorgung, Trigger und LAN.

Basierend auf der LXI Device Spezifikation 2011 rev 1.4, ist die digitizerNETBOX die optimale Plattform für Ingenieure und Wissenschaftler, die elektronische Signale in automatisierten oder ferngesteuerten Anwendungen aufzeichnen wollen. Voller Zugriff wird über eine handelsüblichen GBit-Ethernet-Buchse zur Verfügung gestellt, was den Anschluss an beliebige PCs oder ein LAN ermöglicht.

Zusammen mit den Geräten werden Treiber und Beispiele für nahezu jede populäre Programmiersprache geliefert. Dazu gehören C++, Visual Basic, VB.NET, C#, J#, Delphi, Java und Python. Genauso wird Software von Drittherstellern wie LabVIEW, LabWindows und MATLAB direkt unterstützt.

Die komplette DN6.22x-Serie an digitizerNETBOX-Produkten ist sofort verfügbar. Alle Geräte werden komplett getestet und kalibriert zusammen mit einer Professional Lizenz von SBench 6, Treiberunterstützung für die gängigsten Programmiersprachen sowie einer Herstellergarantie von zwei Jahren geliefert. Technischer Support sowie die Software- und Firmware-Updates sind kostenlos verfügbar. ◀

Spectrum Systementwicklung
Microelectronic GmbH
www.spectrum-instrumentation.com

Neue 50- bis 100-MHz-Oszilloskope bieten professionelle Ausstattung



Keysight Technologies präsentiert eine neue, äußerst preisgünstige Oszilloskop-Familie, die sich durch eine Vielzahl von Funktionen auszeichnet und für „Einsteiger“ zahlreiche Hilfen im Lieferumfang enthält:

- Ideal für Studenten und Oszilloskop-„Neulinge“
- Im Lieferumfang enthalten ist ein Ausbildungs-/Schulungs-Kit mit Trainingssignalen und einem umfangreichen „Lab Guide“
- Die Oszilloskope vereinen die Funktionen von sechs verschiedenen Messgeräten in sich, darunter ein einzigartiger Frequenzganganalysator mit Bode-Diagrammdarstellung – der Anwender erhält wesentlich „mehr Oszilloskop fürs Geld“ als bisher

Bei Keysights neuen Oszilloskopen der InfiniiVision 1000 X-Serie handelt es sich um eine besonders preisgünstige Oszilloskop-Familie, denn das Einstiegsmodell gibt es schon für unter 450,- USD. Die Familie umfasst Modelle mit 50 bis 100 MHz Bandbreite, die alle auf Keysights eigener ASIC-Technologie basieren. Die neuen Oszilloskope bieten eine professionelle Funktionsausstattung einschließlich branchenführender, software-basierter Analysefunktionen und vereinen in sich die Funktionen von sechs Messgeräten („6-in-1“).

Die 1000-X-Serie nutzt Keysights einzigartige MegaZoom-IV-Technologie, die auf kundenspezifischen ASICs basiert und eine hohe Signalaktualisierungsrate von 50.000 Signalen pro Sekunde ermöglicht. Das erleichtert die Erfassung und Visualisierung zufälliger oder sporadischer Störsignale und Anomalien, die den

meisten anderen Oszilloskopen dieser Preisklasse entgegen würden. Die Oszilloskope der 1000-X-Serie arbeiten mit einer hohen Abtastrate von bis zu 2 GSa/s und werden standardmäßig mit zwei Tastköpfen geliefert. Der segmentierbare Signalspeicher ermöglicht es, die verfügbare Speicherkapazität optimal auszunutzen, und spart bei der Signalanalyse wertvolle Zeit.

Die neuen Oszilloskope sind eine ideale Lösung für Oszilloskop-„Neulinge“ und Studenten. Sie sind nicht nur ungewöhnlich preisgünstig, sondern auch sehr einfach einzustellen und zu bedienen. Das intuitive Frontplattendesign und die integrierte Hilfe-Funktion machen es auch Einsteigern leicht, Signale zu analysieren und schnell zu Ergebnissen zu gelangen.

Die Modelle der 1000 X-Serie werden – anders als die meisten Oszilloskope dieser Preisklasse – standardmäßig mit einem Ausbildungs-/Schulungs-Kit geliefert. Das Kit umfasst diverse Trainingssignale, einen umfangreichen „Oscilloscope Lab Guide“, ein Tutorial speziell für Studenten in den Anfangssemestern und eine für Dozenten und Laborassistenten bestimmte PowerPoint-Präsentation über Grundlagen von Oszilloskopen.

Durch die Integration der Funktionalitäten von sechs verschiedenen Messgerätetypen bieten die Oszilloskope der 1000 X-Serie dem Anwender einen noch höheren Gegenwert für sein Geld, außerdem sparen sie

Platz. Sämtliche Modelle dieser Serie bieten, zusätzlich zu den Funktionen eines hochwertigen Oszilloskops, die Funktionen eines Protokollanalysators, eines Digitalvoltmeter und eines Frequenzzähler. Die Modelle EDUX1002G und DSOX1102G enthalten darüber hinaus noch einen Frequenzgang-Analysator und einen WaveGen-Funktionsgenerator. Der integrierte Funktionsgenerator und Frequenzgang-Analysator erleichtern es Dozenten, ihren Studenten die Grundlagen des Bode-Diagramms zu erklären.

Die Oszilloskope der 1000-X-Serie ermöglichen Messungen und Signalanalysen in professioneller Qualität. Nicht weniger als 24 automatische Messfunktionen ermöglichen es, Signale schnell und einfach zu analysieren und mit einem einzigen Tastendruck die wichtigsten Signalparameter zu bestimmen. Mittels zeittorgesteuerter FFT lassen sich Zeit- und Frequenzebenen-Phänomene korrelieren und gleichzeitig auf dem Bildschirm darstellen.

Die Oszilloskope ermöglichen außerdem die schnelle Identifizierung von Signalfehlern mit Hilfe von Grenzwertmaskentests. Darüber hinaus sind Decodier- und Analysefunktionen für serielle Protokolle verfügbar, beispielsweise für die in Embedded- und Automotive-Anwendungen weit verbreiteten Schnittstellen/Bussysteme I2C, SPI, UART/RS232, CAN und LIN. ◀

Keysight Technologies
www.keysight.com

Neues Oszilloskop-Modell mit 6 GHz Bandbreite



Rohde & Schwarz hat seine Reihe R&S RTO2000 um ein neues Modell mit 6 GHz Bandbreite erweitert und erschließt damit Messungen an schnellen Kommunikationsschnittstellen und Applikationen im IoT-Umfeld. Die kompakten Laboroszilloskope R&S RTO2000 sind mit ihren herausragenden Eigenschaften zudem optimale Geräte für anspruchsvolle Messaufgaben, wie Power-Integrity-Messungen.

Mit dem neuen R&S-RTO2000-Modell können Entwickler beispielsweise Funkschnittstellen von 802.11ac-WLAN-Komponenten für IoT-Module im 5-GHz-Band oder schnelle Kommunikationsschnittstellen, wie USB 3.1 Gen 1, mit Datenraten von 5 Gbit/s testen. Dank der Multi-Domain-Funktionalität lassen sich mit einem einzigen kompakten Gerät Spannungsversorgungen, Prozessoren und Sensoren bis 6 GHz Bandbreite

untersuchen. Aufeinander synchronisierte Messergebnisse aus Zeit-, Frequenz-, Protokoll- und Logikanalyse ermöglichen dem Anwender eine systemorientierte Fehlersuche.

Das R&S RTO2000 bietet Anwendern die beste Oszilloskop-Performance seiner Klasse auch mit 6 GHz-Bandbreite: Mit bis zu 16 Bit vertikaler Auflösung im High-Definition-Modus entdecken Entwickler selbst kleinste Signaldetails. Als einziges Gerät bietet das R&S RTO2000 eine Million Messkurven pro Sekunde, sodass auch selten auftretende Signalfehler schnell gefunden werden. Die integrierte Spektrumanalyse samt Spektrogrammdarstellung ermöglicht es, den Signalverlauf sowohl im Frequenzbereich als auch über die Zeit zu beobachten.

Der Zone Trigger für Zeit- und Frequenzbereich unterstützt Entwickler bei der täglichen Arbeit. Mit dieser einzigartigen Funktion lassen sich Ereignisse im

Zeit- und Frequenzbereich graphisch isolieren, zum Beispiel zur Separation von Read- und Write-Telegrammen von Speicherschnittstellen. Das R&S RTO2000 bietet unerreichte 2-Gsample-Speicher, wodurch Anwender auch lange Puls- und Protokollsequenzen untersuchen können. Zusammen mit der History-Funktion lässt sich auch auf zurückliegende Messkurven zurückgreifen.

Besonders intuitiv zu bedienen ist das R&S RTO2000 aufgrund des hochauflösenden 12,1-Zoll-Touch-Bildschirms und der farblich codierten Bedienelemente. Das App-Cockpit erlaubt den direkten Zugriff auf alle verfügbaren Anwendungen, wie die Trigger- und Decodier-Funktionen, Konformitätstests, Signalintegritätstests, IQ-Analyse oder sogar kundenspezifische Entwicklungswerkzeuge.

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

Upgrade auf 32-GBaud-PAM4-BER-Testlösungen

Anritsu hat die Veröffentlichung zweier Upgrades für den Signalqualitätsanalysator der MP1800A-Baureihe angekündigt, wodurch die Angebotspalette des Unternehmens für 32-GBaud-PAM4-BER-Testlösungen verstärkt wird. Der neuentwickelte 32-GBaud-Power-PAM4-Konverter G0375A und der 32-GBaud-PAM4-Decoder G0376A mit CTLE unterstützen PAM4-Eingangstests und Bitfehlerraten-Messungen (BER-Messungen), wie sie in den Standards 200GbE/400GbE und CEI-56G der neuen Generation festgelegt sind.

Um den Bedarf an höheren Verbindungsgeschwindigkeiten zwischen Servern und Netzwerkausrüstungen in Zukunft gerecht zu werden, setzt der Ethernet-Standard 200GbE/400GbE der nächsten Generation nicht nur auf schnellere Symbolraten und mehrere Lanes – es wird auch PAM (Pulse Amplitude Modulation) als Möglichkeit zur Erhöhung der Übertragungsrate eingesetzt. Mit Entwicklung der nächsten Generation der PAM4-Verbindungsstandards spielt eine Lösung zur Messung der



Signalintegrität – mittels 32-GBaud-PAM4-Signalerzeugung mit hoher Amplitude und BER-Messung mit hoher Qualität und Genauigkeit – eine tragende Rolle.

Der Signalqualitätsanalysator MP1800A ist ein modularer Bitfehlerraten-Tester (BERT), der das Messen von Mehrkanal-Breitband-Schnittstellen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 64 Gbit/s unterstützt. Die neuentwickelten G0375A und G0376A sind Remote Heads für die 32G-Pulsmustergeneratoren (PPG)/Fehlerdetektoren (ED) der MP1800A-Baureihe, um eine Erweiterung des NRZ-Messgerätes für PAM4-Messungen bereitzustellen.

Durch die Kombination des G0375A mit dem 28G/32Gbit/s-Pulsmustergenerator MU183020A werden zwei 32-Gbit/s-NRZ-Signale so konvertiert, dass sie ein PAM4-Signal mit einer 4,4-V-Spitze-Spitze (differential, max.) hohen Amplitude ausgeben. Zudem ermöglicht die Dreikanal-PPG-Synchronisierungsfunktion die unabhängige Steuerung der Dreiaugen-Amplituden des PAM4-Signals zur Evaluierung optischer Modulatoren mit hoher Wiederholbarkeit, ohne dass ein externer Treiberverstärker eingesetzt wird.

Mit der integrierten PAM4-Decodierungs- und CTLE-Funktion unterstützt der G0376A die Messung von PAM4-decodierten Binärsignalen unter Verwendung des 28G/32Gbit/s-Hochempfindlichkeits-ED MU183040B. Außerdem unterstützt die Kombination mit der CTLE-Funktion Performance-Tests mit hoher Effizienz und Eingangssignal-Empfindlichkeit.

■ **Anritsu Corp.**
www.anritsu.com

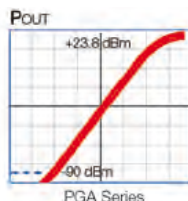
HIGH DYNAMIC RANGE MMIC AMPLIFIERS



NF as low as 0.8 dB IP3 to +44.6 dBm P1dB up to +23.8 dBm from **\$123** ea. (qty. 1000)

Die neue Breitband-MMIC-PGA-Serie von Mini-Circuits bietet einen hohen Dynamikbereich für High-Performance-Applikationen. Sie enthält zehn universelle Modelle, alle mit herausragenden Kombinationen von niedrigem Rauschen und hoher Linearität und ist somit besonders geeignet für empfindliche Systeme in Umgebungen mit dichter Signalbelegung. Sie können wählen zwischen 50- oder 75-Ohm-Typen mit verschiedenen Bandbreiten und Verstärkungen, maximalen Ausgangsleistungen, Intercept-Punkten, Rauschfaktoren und DC-Betriebsleistung. Sie alle erreichen einen geringen Stromverbrauch und eine hervorragende Rückflussdämpfung am Ein- und Ausgang, ohne externe Anpassungsmaßnahmen. Diese Produkte sind auch als Dies zur Integration in hybride Lösungen mit minimalen Abmessungen und Gewichten lieferbar. Für alle Anwendungen - von CATV und Breitband bis LTE, WiFi usw. - gibt es ein PGA-Modell, das die technischen Leistungen Ihres Systems verbessern wird. Sie sind ab Lager zu einem attraktiven Preis erhältlich.

Besuchen Sie www.minicircuits.com wenn Sie detaillierte Leistungsspezifikationen, Messergebnisse, S-Parameter und nähere Informationen zu Preisen für kleine Stückzahlen benötigen.



- 50- und 75-Ohm-Modelle
- breitbandig einsetzbar
- SWR Eingang/Ausgang 1,2
- Betriebsspannung +3 bis +9 V
- Stromaufnahme minimal ab 57 mA
- kleines SOT-89-Gehäuse
- auch als Die ungepackt lieferbar

RoHS compliant

Mini-Circuits®

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

552 Rev Orig.

DISTRIBUTORS

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

HF-Technik hilft IT-Entwicklern:

Schnelle Signale auf HF-Leitungen

HF-technische Grundlagen werden in der modernen Informationstechnik immer wichtiger. Hier erreichen die Bit-Raten, und mehr noch die Taktfrequenzen, etwa aus Quarzgeneratoren, immer höhere Werte. Der Beitrag zeigt dies beispielhaft anhand der Ausbreitungsverzögerung einer elektromagnetischen Welle auf einer belasteten HF-Leitung und deren Terminierung.

In der Informationselektronik ist nicht nur die Speicherkapazität beständig gestiegen, sondern auch die Bit-Raten wurden in die Höhe getrieben. Damit verbunden sind entsprechend hohe Taktfrequenzen. Naturgemäß stellen diese den frequenzmäßigen Flaschenhals dar.

Immer schnellere digitale und Takt-Signale

Beide Entwicklungen sind den Fortschritten in der Halbleitertechnologie zu verdanken, die immer kleinere Strukturen ermöglicht hat. Daher konnten immer mehr Informationen auf einer gegebenen Fläche gespeichert werden, aber auch die parasitären Größen mikroelektronischer aktiver Bauelemente schrumpften, sodass höhere Transitfrequenzen möglich wurden.

Diese Bauelemente können auch sehr schnelle digitale Signale verarbeiten, denn Anstiegs-, Abfall- und Verzögerungszeiten sind indirekt proportional zur Grenzfrequenz eines Systems. Je schneller jedoch die digitalen Signale sind, umso kritischer

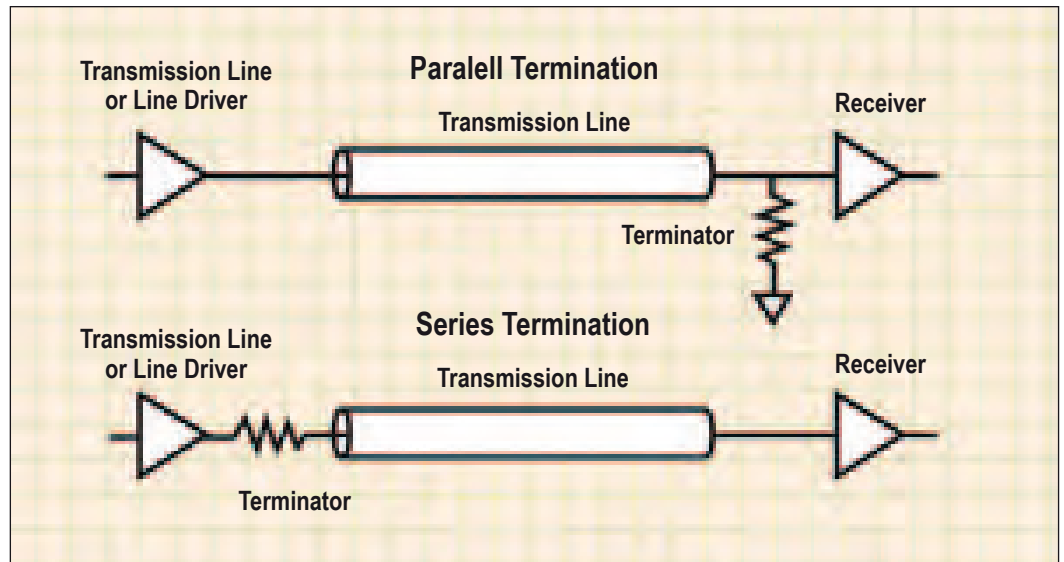


Bild 1: Parallele und serielle Terminierung, wie sie typisch in der Digitaltechnik ist (Quelle: [2])

wird die Übertragung auf Leitungen. Im Zuge der technischen Entwicklung haben daher HF-Leitungen auch in der Digital- und Computertechnik immer mehr an Bedeutung gewonnen. Digitale Bausteine werden z.B. durch genau berechnete Microstrip-Leitungen verbunden.

Neben Faktoren wie dem Wellenwiderstand und der Dämpfung spielt dabei die Ausbreitungsverzögerung der elektromagnetischen Welle auf der belasteten Leitung, die Loaded Transmission Line Propagation Delay, eine oft zu beachtende, aber auch leicht zu übersehende Rolle. Ebenso verdient die Terminierung Beachtung, um störende Reflexionen zu vermeiden oder wenigstens gering zu halten.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit

Im Vakuum breitet sich eine elektromagnetische Welle mit Lichtgeschwindigkeit aus, in Luft nahezu mit Lichtgeschwindigkeit. In Koaxialkabeln und bei Leitungen auf Platinen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit mehr oder wenig geringer, da sie vom Dielektrikum, also vom Isolationsmaterial

zwischen den beiden Leitern bestimmt wird. Man hat daher einen Verkürzungsfaktor (Velocity Factor) eingeführt, der bei realen Koaxialkabeln z.B. 0,66 beträgt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt hier also nicht 300.000 km/s (Vakuum), sondern nur 200.000 km/s. Dieser Verkürzungsfaktor passt sehr gut in die analoge HF-Technik, wo bei Leitungen oft nicht die reine mechanische Länge, sondern die sogenannte elektrische Länge von Bedeutung ist. Dies ist die relative Länge im Verhältnis zur Wellenlänge des Signals. Angenommen sei ein Signal mit 300 MHz, dann beträgt die Wellenlänge:

$$\frac{300.000.000 \text{ m/s}}{300.000.000 \text{ Hz}} = 1 \text{ m}$$

Dies gilt nur im Vakuum! Nur eine HF-Leitung von 0,5 m Länge mit Luft-Dielektrikum (Velocity Factor 1) hätte also bei 300 MHz die elektrische Länge von rund einer halben Wellenlänge (λ). Eine HF-Leitung von 0,5 m Länge mit dem Verkürzungsfaktor 0,66 hätte hingegen eine elektrische Länge von 0,76 λ .

Eine Leitung mit diesem Dielektrikum, die nur eine halbe Wel-

lenlänge lang sein soll, müsste die mechanische Länge 0,5 m x 0,66 = 0,33 m aufweisen. Man sieht sehr gut, wie treffend der Begriff Verkürzungsfaktor ist.

Im Gegensatz zur analogen HF-Technik spielt bei der Übertragung digitaler Signale die elektrische Länge der Leitung so gut wie keine Rolle. Hier ist von Interesse, welche Verzögerung ein Signal über einen bestimmten Längenabschnitt oder über die ganze Länge der Leitung erfährt. Dies wird durch die Propagation Delay ausgedrückt, eine Verzögerungszeit (t_{pd}). Auch diese wird vom Dielektrikum bestimmt, welches wiederum Einfluss auf die Längsinduktivität L und die Parallelkapazität C der Leitung pro Längeneinheit hat. Würde man diese Größen kennen, könnte man sie nach der Formel

$$t_{pd} = \sqrt{L \times C}$$

errechnen. Würde man alternativ die Dielektrizitätskonstante und den Wellenwiderstand kennen, könnte man eine etwas komplexere Formel bemühen. Beides erübrigt sich heutzutage, denn dies erledigen viele Leitungsberechnungsprogramme nebenbei mit. Ein Wert für eine Microstripline mit 117 Ohm als

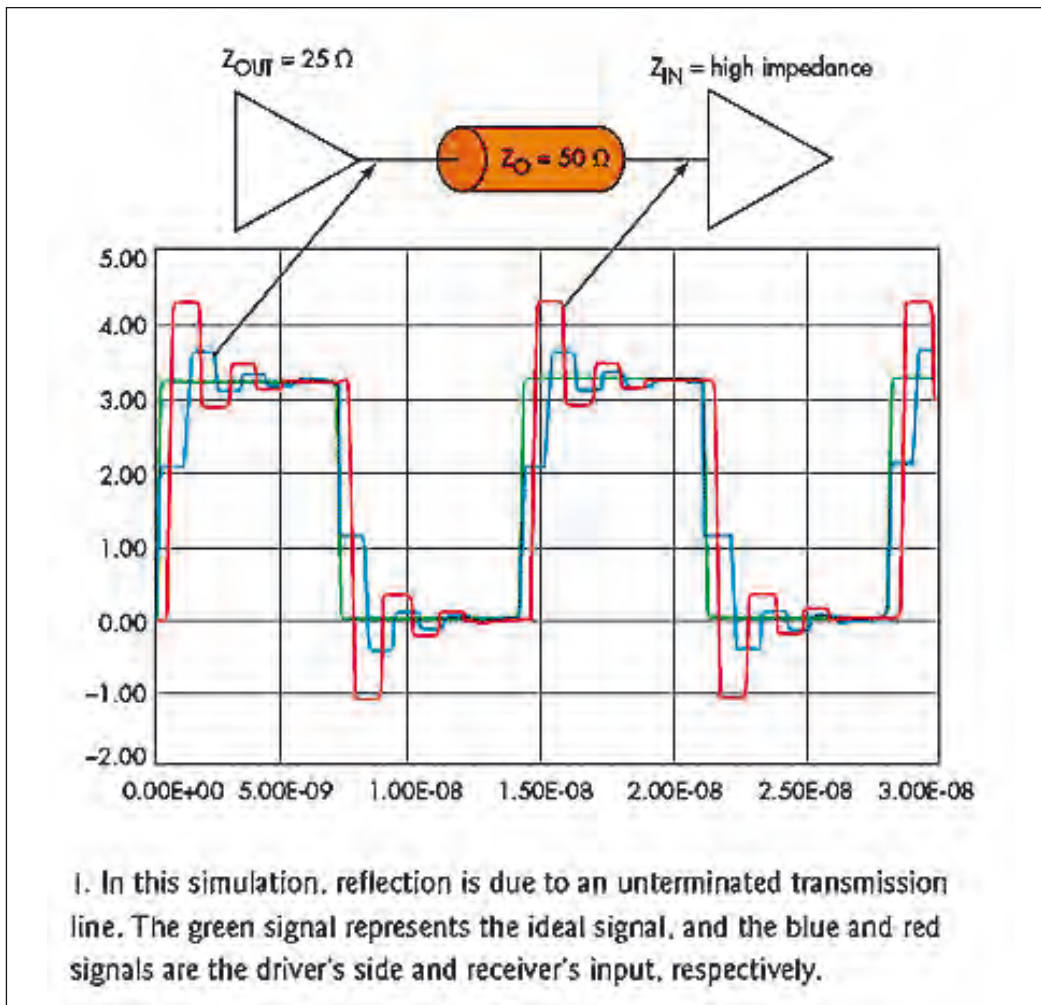


Bild 2: Reflexionen verändern die Signalform an der Last (Quelle: [3])

Wellenwiderstand (Z_0) und 4,7 als Dielektrizitätskonstante ist beispielsweise 1,73 ns/ft.

Bedeutung der Propagation Delay

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist in der Digitaltechnik immer dann von Bedeutung, wenn Baugruppen parallel betrieben oder synchron getaktet werden. Kommt es dann nämlich zu Laufzeitunterschieden zwischen den beteiligten Signalen und/oder dem Takt, so können Störsignale entstehen. Dieses Problem der Hazards (Signal-Wettläufe) oder Störspitzen (Spikes) ist dem Praktiker gut bekannt.

Und nun wird es noch ein wenig problematischer: Denn der von den Programmen ausgegebene Wert der Propagation Delay gilt nur für die unbelastete oder rein ohmsch abgeschlossene (termi-

nierte) Leitung. Hat die Last eine Blindkomponente, wie dies in der Digitaltechnik typisch und unvermeidlich ist (Eingangskapazität der digitalen Baustufen), so genügt die nominelle Verzögerungszeit zur exakten Schaltungsdimensionierung nicht mehr.

Propagation Delay und kapazitive Belastung

Die Verzögerungszeit nimmt bei kapazitiver Belastung zu. Gefragt ist also hier ebenfalls ein Faktor, der diese Zunahme beschreibt. Dieser errechnet sich aus zwei Kapazitäten:

$$\text{Zunahme} = \sqrt{1 + \frac{C_L}{C_0}}$$

C_L = Lastkapazität

C_0 = Intrinsic Capacitance

Für die Intrinsic Capacitance der Leitung gilt:

$$C_0 \text{ in pF} = t_{pd} \text{ in ns} / Z_0 \text{ in kOhm}$$

Für die oben genannte Microstrip-Leitung würde bei 1 ft Länge gelten:

$$C_0 \text{ in pF} = 1,73 / 0,117 = 1,5$$

Angenommen, diese Leitung muss fünf digitale Bausteine mit je 10 pF Eingangskapazität bedienen, die alle an ihrem Ende liegen, dann beträgt die Verzögerungszeit:

$$1,73 \text{ ns} \times \sqrt{1 + \frac{50 \text{ pF}}{15 \text{ pF}}} = 1,73 \text{ ns} \times 2,08 = 3,6 \text{ ns}$$

Dies bedeutet nicht, dass das Signal auf der Leitung langsamer vorankommt, es läuft immer mit der nominellen Geschwindigkeit von hier 1,73 ns/ft auf der Leitung. Jedoch kommt es erst nach 3,6 ns wegen der Ladung/Entladung der Kapazität am Ende zur Wirkung.

Leitungswiderstand und kapazitive Belastung

In der analogen HF-Technik führt ein Fehlabschluss einer Leitung immer dazu, dass sich im eingeschwungenen Zustand Spannung und Strom an der Quelle so einstellen, dass sie nicht den Werten bei Leistungsanpassung entsprechen. Die Quelle erscheint gegenüber Leistungsanpassung weniger oder mehr belastet, sie gibt nicht die maximal mögliche Leistung ab. Dies wird in der Digitaltechnik auch nicht verlangt, denn bei der Informationsübertragung steht die Störsicherheit im Vordergrund. Fehlanpassungen sind hier deshalb störend, weil sie Reflexionen verursachen, welche den Störabstand herabsetzen oder die Funktion völlig lahmlegen können.

Bei Leistungsanpassung sieht die Quelle ihren eigenen Innenwiderstand. Bei Fehlanpassung sieht sie gewissermaßen einen davon abweichenden Widerstand, dem Spannung und Strom entsprechen. Bei kapazitiver Belastung wird diese Impedanz (Z) in der Applikationsschrift [1] ähnlich wie die neue Verzögerungszeit berechnet:

$$\text{Nenn-Wellenwiderstand} \times \sqrt{1 + \frac{C_L}{C_0}}$$

Es wird keine ohmsche Belastung angenommen. Die Quelle würde demnach

$$117 \text{ Ohm} / 2,08 = 56 \text{ Ohm}$$

sehen. Dass dies generell, also unabhängig von der Leitungslänge, der Fall sein soll, kommt möglicherweise dem in der Analogtechnik tätigen HF-Techniker fragwürdig vor.

Hintergrund-Info dazu:

In der analogen HF-Technik bestimmen bei einem Fehlabschluss und somit Reflexionen die Leitungslänge (genauer die elektrische Länge), wie Gesamtspannung bzw. Gesamtstrom an der Quelle ausfallen und wie groß somit die Impedanz ist,

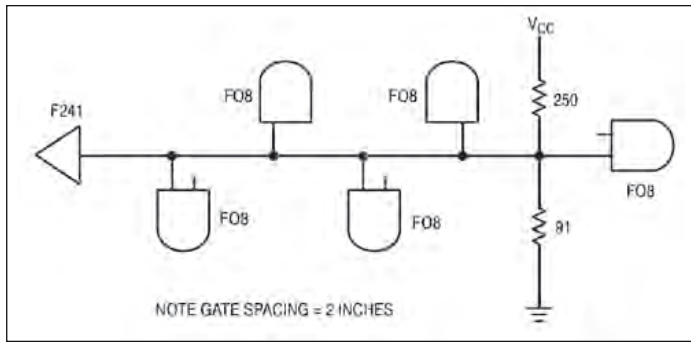


Bild 3: Fünf digitale Gatter, verteilt an einer HF-Leitung
(Quelle: [1])

welche man direkt an die Quelle anschließen müsste, damit sich genau diese Verhältnisse ergeben. Über die Leitungslänge wird hier der Wirkungsgrad beeinflusst, während die Leistung in die Last gleich bleibt. (Vorausgesetzt, Quellwiderstand und Wellenwiderstand der Leitung sind gleich.) In die Last geht die Leistung X , aber die Quelle kann dabei bei der Leitungslänge Y eine hohe Impedanz sehen (guter Wirkungsgrad, über 50%) oder bei der Leitungslänge Z eine niedrige Impedanz (schlechter Wirkungsgrad, unter 50%). Dies lässt sich anhand konkreter Berechnungen oder im praktischen Experiment sehr leicht zeigen bzw. beweisen.

Zur Störfestigkeit

In der IT mit ihren schnellen digitalen Signalen interessiert die Aufrechterhaltung der theoretisch möglichen Störfestigkeit. Ist die Last größer als der Wellenwiderstand der Leitung, addieren sich ankommende und reflektierte Spannung, und die Störfestigkeit sollte nicht leiden. Ist die Last jedoch kleiner als der Wellenwiderstand, so erleidet die reflektierte Spannung bei der Reflexion einen sogenannten Phasensprung, wird also umgepolt. Ein H-Signal tritt nun im Pegel vermindert am Eingang der digitalen Baugruppe auf, ein klarer Fall von weniger Störfestigkeit.

Erfolgt eine Reflexion an der Last und stimmen Quell- und Wellenwiderstand nicht überein, so wird das rücklaufende Signal an der Quelle wiederum teilweise reflektiert. Dieser Anteil und das aktuelle Signal

direkt aus der Quelle laufen parallel über die Leitung zur Last, wo nun beide Signale teilweise reflektiert werden. Da die Leitungslänge darüber entscheidet, wann ein an der Last reflektierter Signalanteil an der Quelle auftaucht, lässt sich darüber auch beeinflussen, ob ein H mit einem H zusammenfällt oder ein L mit einem H. Daher entscheidet nun auch die Leitungslänge über die Störfestigkeit. Bild 1 illustriert einen eher harmlosen Fall, bei dem sowohl im H- als auch L-Bereich am Eingang der digitalen Baustufe die Extremabweichungen in ungefährlichen Grenzen bleiben. Das Signal an der Quelle ist irrelevant, da es nicht weiterverarbeitet wird.

Optimaler Leitungsabschluss

Zur Vermeidung insbesondere der letzten Situation, die schwer durchschaubar ist, sollte man bei unangepasster Last dafür sorgen, dass an der Quelle keine nennenswerte Rückreflexion erfolgen kann. Dies führt zum Thema der Termination einer Leitung. Außerdem wäre keine Diskussion über HF-Leitungen komplett ohne die Darstellung der Techniken für den optimalen Abschluss der Leitung (Termination). Dieser Punkt ist in der Informationstechnik von besonderer Bedeutung, da er die Reduzierung von Reflexionen, also die Optimierung der Störfestigkeit direkt betrifft.

Grundsätzlich sind drei Fälle/Methoden zu unterscheiden:

- nicht terminierte (unterminated) Leitung

- parallele Termination
- serielle Termination

Die nicht terminierte Leitung

In der analogen HF-Technik entscheidet letztendlich die Phasenbeziehung zwischen Nutzsignal und reflektiertem Signal an der Quelle über die gesamte Spannung (den gesamten Strom) dort. Verlängert man eine Leitung um genau eine Wellenlänge, so ändert sich nichts, da dies 360° Phasendrehung bedeutet, was auch mit 0° interpretiert werden kann. Je länger die Leitung bis zu einer Wellenlänge ist, umso größer die Phasendrehung. Je kürzer die Leitung, umso drastischer sind die Auswirkungen einer Fehlanpassung. Daher bezeichnet man Leitungen, die kürzer sind als ein Zehntel der Wellenlänge als elektrisch kurz und vernachlässigt sie. Die Schaltung wird so betrachtet, als ob die Leitung nicht vorhanden wäre.

Bei den schnellen digitalen Signalen entscheidet ebenfalls die Leitungslänge über den Grad der Störung zwischen reflektiertem Signal und Nutzsignal. Auch hier kann man davon ausgehen, dass es nur zu vernachlässigbaren Störungen infolge Reflexionen kommt, wenn die Leitung elektrisch kurz ist. Dies muss natürlich bei der höchsten vorkommenden Bit-Rate der Fall sein. Eine einfache Termination mit einem Widerstand ist dann meist nur von Nachteil, da jeder zusätzliche Widerstand eine Signalreduzierung am zu beliefernden Eingang verursacht.

Wichtig ist, dass die Propagation Delay unter Last (Loaded Delay) klein ist gegenüber der Anstiegs- und Abfallszeit des Signals. Die entsprechenden Spezifikationen der verwendeten Logik-Familie sind zu prüfen. Daumenregel: Die Laufzeit der belasteten Leitung darf nicht größer sein als ein Viertel der kürzesten dieser Zeiten (Anstiegs- und Abfallszeit unterscheiden sich in der Regel wenig). Ist beispielsweise die

Anstiegszeit mit 6 ns die kürzere, darf die Loaded Delay nicht über 1,5 ns liegen.

Parallele Termination

In diesem Fall legt man einen Widerstand parallel zum Außenwiderstand, falls dieser größer als der Wellenwiderstand ist. Im IT-Bereich ist dies in der Regel der Eingangswiderstand (die Last). Im Bild 2 oben sieht man diese Termination. Der sich ergebende Gesamtwiderstand sollte etwas größer sein als der Wellenwiderstand, da ja noch die Eingangskapazität mit parallel liegt. In [1] wird angemerkt, dass diese Methode der Terminierung einen erhöhten Signalstrom erfordert und dass ein entsprechender Treiber auszuwählen ist. Das scheint jedoch nur auf den ersten Blick so, da die Quelle sowieso zunächst einen Strom entsprechend des Wellenwiderstands aufbringt. Dieser belastet ja die Quelle wie ein ohmscher Widerstand. Die Spannung, die sich zunächst am Eingang einstellt, tritt dann auch an der terminierten Last auf. Es lohnt sich dennoch, zu prüfen, ob die Terminierung überhaupt erforderlich ist. Das ist nicht der Fall, wenn Quelle und Leitung angepasst sind. Das Signal an der Last erhöht sich dann immer, und der reflektierte Anteil verschwindet in der Quelle, ohne infolge erneuter Reflexion zu stören.

Serielle Termination

Die serielle Termination wird im IT-Bereich in der Regel an der Quelle praktiziert (Bild 2). Sie verhindert die kritische Rückreflexion. Die HF-Leitung mit einem eventuell zur Quelle zurückkehrenden Signalanteil sieht ihren Wellenwiderstand, daher ist hier keine Reflexion. Ist der Lastwiderstand kleiner als der Wellenwiderstand, was bei mehreren parallel liegenden Verbrauchern der Fall sein kann, wendet man die serielle Termination an. Beispiel: Es liegen fünf Gatter mit je 400 Ohm Eingangswiderstand parallel am Ausgang einer 117-Ohm-Stripline. Der gesamte Lastwiderstand ist 80 Ohm, ein 33-Ohm-Wider-

stand wird in Serie geschaltet, sodass die Stripline 113 Ohm sieht.

Parallel oder seriell?

Oft wird eine der Terminations-Methoden genügen. Aber welche sollte es dann sein? Die Antwort ist einfach: Man bildet das Verhältnis von Außenwiderstand zu Wellenwiderstand und terminiert dort, wo es am kleinsten ist. Dann nämlich erfolgt auch der kleinste Signalverlust. Hat man einen leistungsfähigen modernen Treiber, wird dies meist die Lastseite sein. Sind mehrere Lasten über die Leitung verteilt angegeschlossen, dann ist die serielle Termination an der Quelle aber kritisch. Dann sollte an der Last terminiert werden.

FS

Quellen:

[1] Reflections on Transmission Line Effects, Motorola Application Note AN1061

[2] www.electronicproducts.com/Passive_Components/Resistors_and_Potentiometers/Terminating_transmission_lines.aspx

[3] <http://electronics.stackexchange.com/questions/33125/short-distance-board-to-board-communication>

[4] <http://williamson-labs.com/xmission.htm>

[5] www.compliance-club.com/archive/old_archive/991005.htm

Empfehlenswerte Bücher:

Terry Edwards, Michael Steer: Foundations for Microstrip Circuit Design, 4th Edition, April 2016, ISBN 978-1-118-93619-1

Frank Sichla: HF-Leitungen verstehen und nutzen, DARC-Verlag Baunatal 2012, ISBN 978-3-88692-061-7

Clayton R. Paul: Transmission Lines in Digital and Analog Electronic Systems: Signal Integrity and Crosstalk, Oktober 2010, ISBN 978-0-470-59230-4

W. Sinnema: Electronic Transmission Technology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1979

Ein praktisches Beispiel

Angenommen sei ein Leitungssystem nach Bild 3 mit folgenden Eigenschaften:

- V_{CC} 5 V
- Z_0 der Leitung 117 Ohm
- Unloaded Propagation Delay 1,73 ns/ft
- Logikfamilie: Fast TTL bei Treiber und Gattern
- Treiber: F241, $t_r = t_f = 2$ ns (für 50 pF Bürdekapazität)
- Anzahl der Lasten (Typ F08): 5
- Eingangskapazität jeder Last: 5 pF
- Eingangsströme jeder Last: $I_{IL} = -600 \mu A$, $I_{IH} = 100 \mu A$
- Konfiguration: örtlich verteilte Lasten, etwa aller 2 inch
- Leitungslänge 10 inch

1. Berechnung der Intrinsic Capacitance

$$C_0 \text{ in pF} = \frac{t_{pd} \text{ in ns}}{Z_0 \text{ in k}\Omega}$$

$$C_0 \text{ in pF} = 1,73 \text{ ns} / 0,117 = 15 \text{ pF/ft} = 1,25 \text{ pF/inch} = 12,5 \text{ pF/10 inch}$$

2. Berechnung der Loaded Propagation Delay

$$t_{pd} = \sqrt{1 + \frac{C_L}{C_0}}$$

$$t_{pd} = 1,73 \text{ ns/ft} = 0,144 \text{ ns/inch} = 1,44 \text{ ns/10 inch}$$

Das ist viel mehr als 1/4 der Anstiegs- bzw. Abfallzeit (je 2 ns). Daher muss terminiert werden.

3. Berechnung der Loaded Line Impedance

$$Z = \frac{Z_0}{\sqrt{1 + \frac{C_L}{C_0}}} \quad Z = \frac{117 \Omega}{\sqrt{1 + \frac{5 \times 5 \text{ pF}}{12,5 \text{ pF}}} = 68 \Omega$$

Hier sind die Lasten über die Leitung verteilt, serielle Termination verbietet sich. Die parallele Terminierung erfolgt mit zwei Widerständen am Ende der Leitung. Der Treiber F241 erlaubt kräftige Ausgangsströme von $I_{OL} = -64 \text{ mA}$ und $I_{OH} = 15 \text{ mA}$, daher ergeben sich entsprechende DC-Ausgangswiderstände. In etwa berechnen kann man sie so:

$$\text{DC-Ausgangswiderstände} = \frac{V_{OH \min}}{\left((5 \times 100 \mu A) + \frac{I_{OH}}{2} \right)} = \frac{2 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 250 \Omega$$

$I_{OH}/2$ wurde willkürlich gewählt; der Wert kann, falls erforderlich, reduziert werden. Der Sink-Strom-Widerstand beträgt 91 Ohm. Dies ergibt sich aus einem Sink-Strom vom Treiber von:

$$\text{Sink-Strom vom Treiber} = \text{Anzahl der Lasten} \times I_{IH} + V_{CC} - \frac{V_{OL}(F241)}{91 \Omega}$$

Man erhält $5 \times 600 \mu A + 5 \text{ V} - 0,55 \text{ V} / 91 \text{ Ohm} = 52 \text{ mA}$. Diesen Strom kann der Treiber aufnehmen. Der Parallelwiderstand der beiden Terminating-Widerstände sollte etwa dem Wellenwiderstand entsprechen, daher die 250 Ohm für den zweiten Widerstand. Die Leitung ist nun optimal abgeschlossen, und Reflexionen wurden minimiert.

In diesem Beispiel wurde die Kapazität in der Eingangsimpedanz der Lasten nicht mit sehr kurzen Leitungen (Stubs, Stummel) kompensiert. Solche Stubs sind immer elektrisch kurz, man nutzt nur ihre Induktivität aus. Dazu werden sie am Ende kurzgeschlossen und parallel zu den Eingängen gelegt. Für diese Stubs wäre eine extra Berechnung erforderlich, die in [1] vorgenommen wurde.

Test & Measurement

Multi-Chip module design, verification, and yield optimization

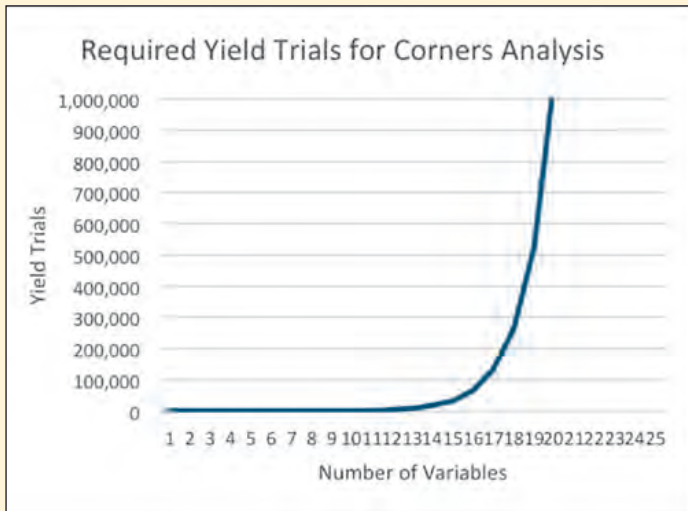


Figure 1: Corners analysis for a yield analysis with many variables is impractical because the number of yield trials grows exponentially with the number of variables

As wireless communications systems evolve, smaller devices

with better performance are required that incorporate multi-technology-based module designs with different integrated circuit and printed circuit board process technologies. Front-end module manufacturers are now integrating gallium arsenide (GaAs), silicon germanium (SiGe), or radio-frequency complementary metal-oxide semiconductor (RF CMOS) power amplifiers, CMOS or silicon-on-insulator (SOI) switches, and acoustic filters - all mounted on a single laminate package.

This application note presents a unified design flow that streamlines full module simulation, inclusive of all process technologies, enabling designers to leverage the strengths of specialized electromagnetic modeling and circuit analysis tools to

address various functional block technologies, maintaining all through a single user-interface environment. The application is a dual band, 1.9 GHz (cellular)/ 2.5 GHz wireless local area network WLAN-FEM that includes two PAs (GaAs and SiGe), surface-mount bulk acoustic wave (-BAW) filters, and a laminate substrate.

The designer used full-design simulation, inclusive of EM verification and yield optimization, enabling him to not only understand the design sensitivity to specific component and manufacturing tolerances but also to compensate for the impact of these variations on the overall design performance in order to achieve a more robust end product.

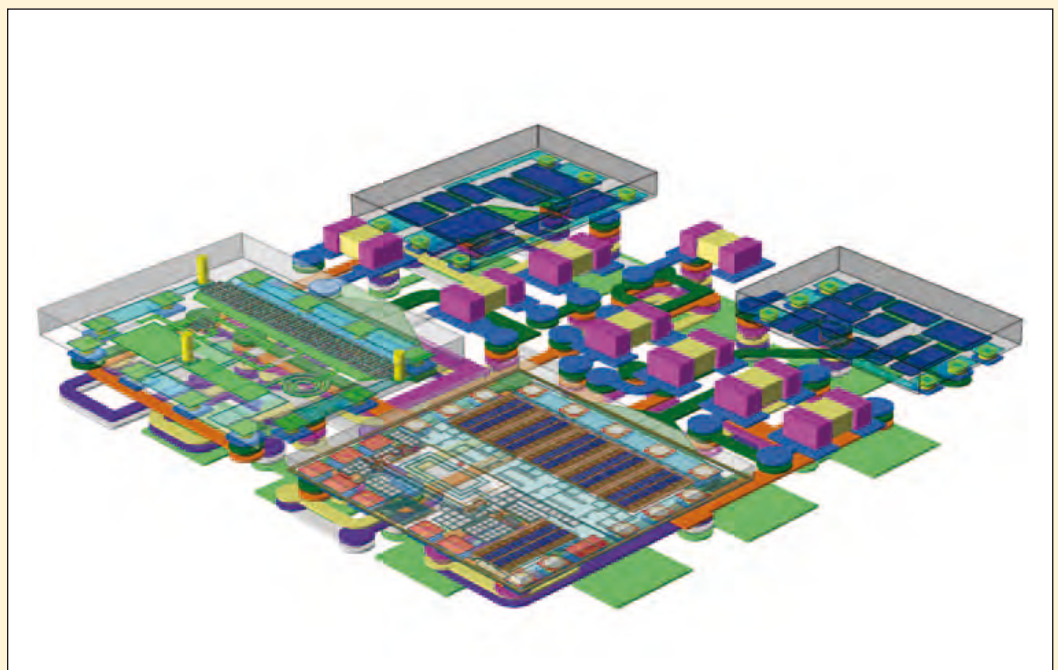


Figure 2: In module design there are usually multiple technologies, as well as the PCB technology of the module itself

*AWR Group, NI
Special thanks to
Shane Coffman
Applications Engineer
www.ni.com*

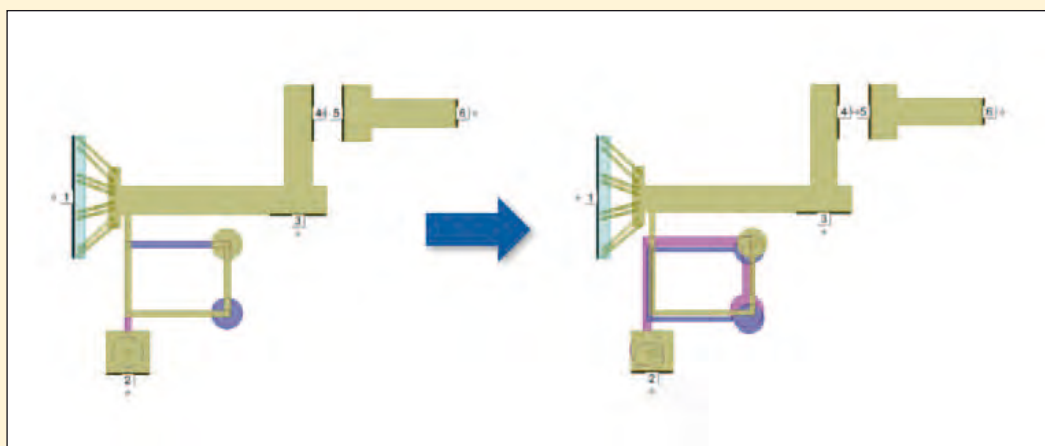


Figure 3: In the spiral inductor on the left, the metals are all the same width and are aligned on the Z axis, while on the right the layers have shifted in X and Y independently of one another

Multi-Chip Module Design Issues

Multi-chip module designers face a multitude of design challenges relating to the manufacturability of complex multi-layer substrates. Included in these challenges are many uncorrelated factors associated with substrate fabrication such as registration errors or etch-tolerance of the package trace metals. While a corners analysis would be a typical process for IC design, doing it for yield analysis of a module with a large number of variables becomes impractical very quickly, as the number of yield trials required grows exponentially with the number of variables (Fig. 1).

For example, consider a five-layer module with 10 surface-mount components. Here there might be five variables each for registration, under/over etch, and dielectric variation, as well as 10 variables for the variation of the surface-mount parts, resulting in 33.55 million yield trials. No reasonable designer could wait for the simulation results for such a large amount of simulation trials.

Another challenge concerns capturing the component-to-component interactions in a module design that often contains multiple technologies that are analyzed with separate, specialized IC- and PCB-focused simulation tools/design flows (Fig. 2).

While designers rely on tools that are efficient for designing each constituent part of the module, at some point in time, they do need to bring all of these disparate designs together in order to perform a full system simulation and verification. If the component tools are interoperable, designers are able to quickly simulate and verify the full system design more readily. A simple example of this would be a case where a silicon chip (RFIC) is designed using a Cadence tool and the PCB is designed with NI AWR Design Environment, specifically Microwave Office circuit design software.

Microwave Office Design Flow

To address these challenges, Microwave Office software offers an integrated design flow for harnessing multiple simulation technologies developed specially to address individual components found in multi-chip module design. Tool interoperability between NI AWR Design Environment and third-party specialized tools allow designers to incorporate existing IC designs represented as blocks within the overall multichip/substrate simulation. In the example discussed above, the RFIC was imported as a Cadence-generated Spectre circuit simulator netlist into NI AWR Design Environment, which then directly simulated the Spectre netlist block using the

APLAC harmonic balance / transient circuit simulation engine.

Designers can therefore turn their attention to optimizing off-chip design, interconnect, and matching network modeling, as well as yield or corners analysis. Design centering for improved yield analysis can also take place through surface-mount component selection or laminate redesign directly in Microwave Office.

Alternatively, a parameterized Spectre netlist containing S-parameter data sets from the yield analysis can be exported from the NI AWR Design Environment and used within Cadence to address design centering for higher yields at the RFIC level.

To expedite yield analysis with a more efficient alternative than corners analysis, Microwave Office software provides Monte Carlo analysis, which can give meaningful yield results with fewer yield trials. In addition, even though Monte Carlo analysis is more efficient, there will still be a large number of yield simulations that need to be performed, which can be very time consuming. Thus, software such as Microwave Office also provides the ability to distribute and parallelize these simulations among remote servers, thereby further reducing the amount of time it takes for engineers to obtain their yield results.

Monte Carlo Analysis

Monte Carlo yield analysis consists of performing a series of trials or iterations. Each trial results from randomly generating parameter values according to its specified statistical variation, performing a simulation, and evaluating the result against stated performance specifications. It is easy to compute the number of yield trials required to achieve a specific yield percentage with an acceptable error percentage for a particular confidence level.

For example, if the yield is 90 percent, a one-percent error in results is acceptable, and the confidence level is 95.4 percent,

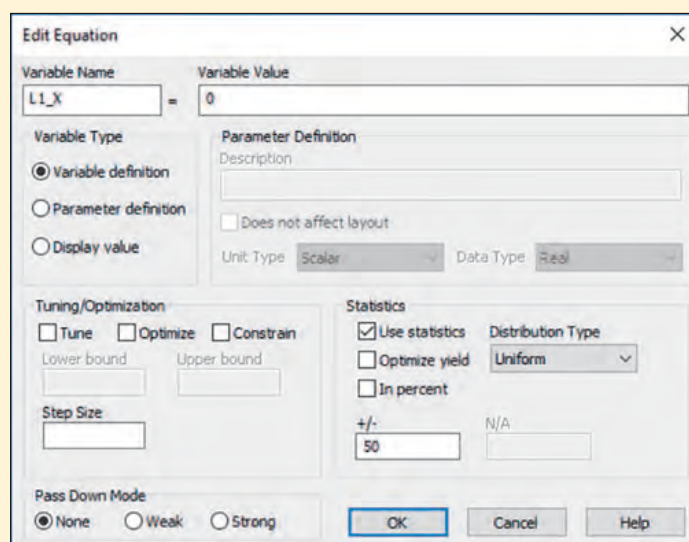


Figure 4: Statistical variation for each layer

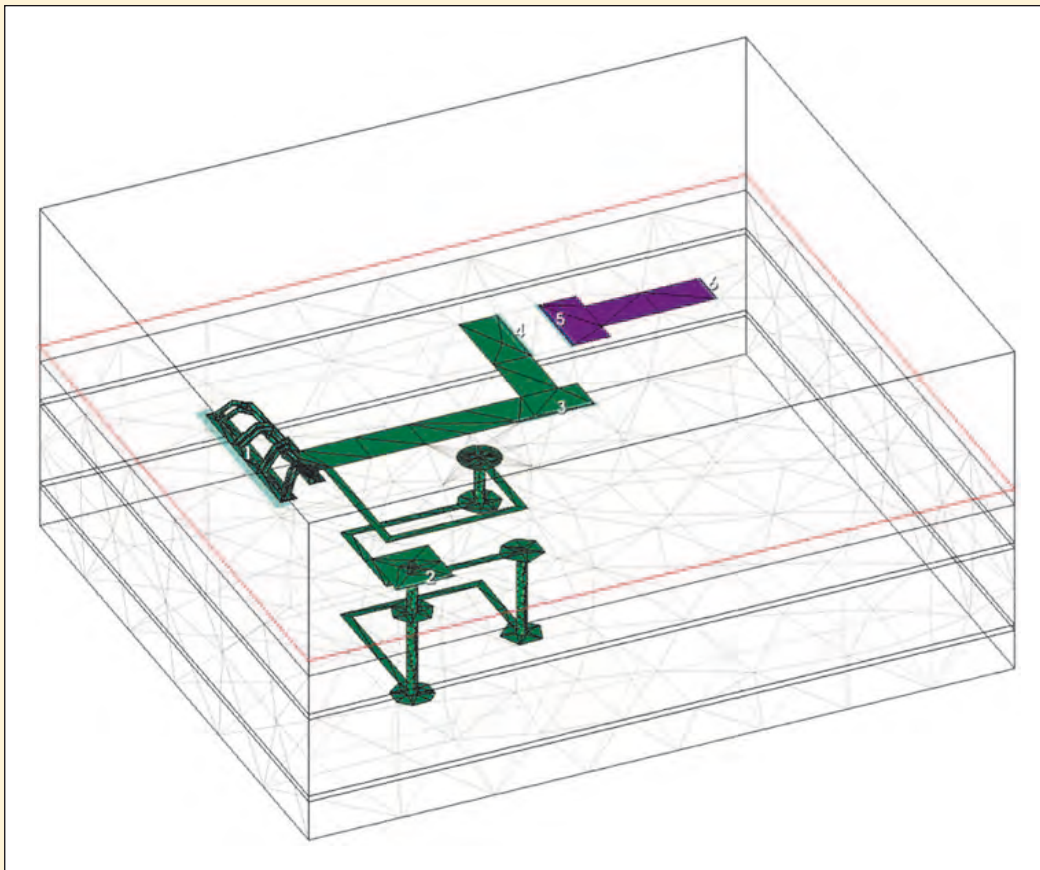


Figure 5: The connectivity highlighter in Microwave Office highlights if the metal connectivity is changing to ensure there are no opens or short in the circuit when using the layer modifiers tool

with the equivalent number of yield trials at 3600, as shown in Equation 1.

$$N = \left(\frac{c_{\sigma}}{\varepsilon} \right)^2 \cdot Y(1 - Y)$$

The sample or trial size, N, is then calculated from:

- Confidence level (standard deviations)
- % error (ε)

- % yield (Y)
- Number of trials (N)

A confidence level of 95.4 percent equals a standard deviation of two, therefore the number of

trials is calculated at 3600, or in equation form:

$$N = (2/.01)^2 \times 0.9(1-0.9) = 3600.$$

Given that Monte Carlo analysis is not a function of the number of variables, the designer can get meaningful yield analysis results for problem spaces with a large number of independent variables with much fewer trials than a corners analysis.

Laminate Yield Analysis

NI AWR Design Environment supports the analysis of manufacturing variations, which is especially useful in laminate design. The software offers layer-based modifiers that shift entire layers, making setup very straightforward when looking at the registration error, over/under etch factor, particular manufacturing variations, parametric material dielectric variations, or surface-mount part tolerances. Because they are simply parameters, the designer can do a parametric sweep or set up a particular yield distribution for these parameters. Even more conveniently, the environment provides a viewer with connectivity for visual verification of these geometry modifications.

Layer-Based Shape Modifiers

To elaborate on layer-based shape modifiers, when looking at the spiral inductor on the left in Fig. 3, it can be seen that the metals are all the same width and, in addition, are all aligned with each other in the Z axis. It can be seen that there is no registration error.

In the spiral inductor on the right, however, the layers have shifted independently of one another in the X and Y axis. In addition, the pink one has become thicker and the gold one has become thinner. These issues correspond to the registration error as well as the over/under etch.

For each layer there might be one modifier and then the amount that it moves each layer can be

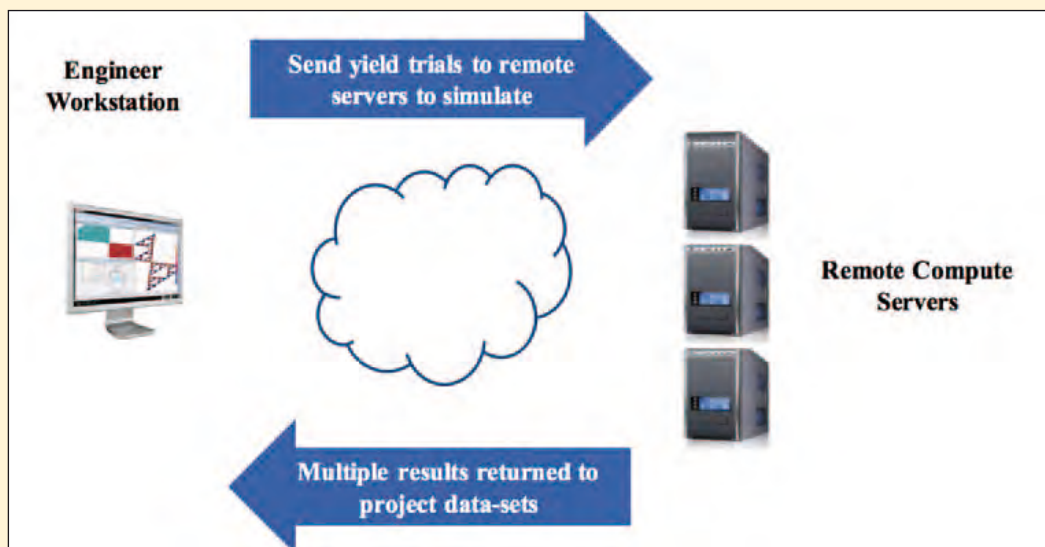


Figure 6: Microwave Office distributed EM capabilities enable users to send all EM simulations to a remote server for parallel simulations, which reduces simulation times and returns results more quickly

Spectre netlist of yield trials

```
//NI AWR Design Environment
//Version 13 build 7997 rev 3
//Export script version: 0.0
//Simulation document name: Spectre_Netlist_Generate_TB
//MDIF name: yield_and_core_thickness

simulator lang = spectre

subckt Spectre_Netlist_Generate_TB (1 2 3)
Parameters
+ L4_THICKNESS=1
+ INDEX=1

if (L4_THICKNESS==1 && INDEX==1) {
```

Figure 7: Microwave Office outputs the results of yield analysis as Cadence-compatible Spectre netlists

assigned a parameter based on a statistical variation, as shown in Fig. 4.

Statistical Parameters

Setting up the statistical variation for the dielectric constant in this module example is also quite easy. The designer need only indicate that this variable is enabled for statistics, specify a distribution type, and assign it a standard deviation or variation percentage. This variable is then used in the material stack-up profile. When a yield analysis is performed, the value of the dielectric constant will assume a value based on its statistical variation.

Visual Inspection with Connectivity

When manipulating layers, as is done with the layer-based modifiers feature, incorrect numbers can be entered that result in shorts or opens in the circuit. The

connectivity highlighter tool in Microwave Office shows if the metal connectivity is changing, enabling designers to ensure that there are no opens or shorts in the circuit prior to simulation. (Fig. 5).

Distributed Parallel EM Simulations

To speed up simulation run times, the distributed EM capabilities within NI AWR software enable users to send all of the EM simulations to a remote server

and distribute those simulations across any number of computers, significantly reducing simulation wait time since the amount of time it takes to get the results back is divided by the number of computers being used for parallel simulations (Fig. 6). The results that come back are in the form of data sets that can be used later.

Cadence Compatible Models

The output of the yield analysis in NI AWR Design Environment is a parameterized Spectre netlist of S-parameters that correspond to the yield analysis trials (Fig. 7). This allows module representation resulting from the yield analysis to be utilized in Cadence for design optimization of the RFIC power amplifier.

Load-Pull Model

Microwave Office-generated load-pull data files can be used in conjunction with yield analysis to study the impact of module manufacturing tolerances on nonlinear behavior using load pull. These load-pull files contain the A and B waves of the device as a function of load and source impedance presented to the device. A and B waves are used to derive other performance metrics of the device, such as power-added efficiency (PAE), gain, and output power. The performance metrics can be interpolated for an arbitrary load presented to the device. This method can be used during yield analysis

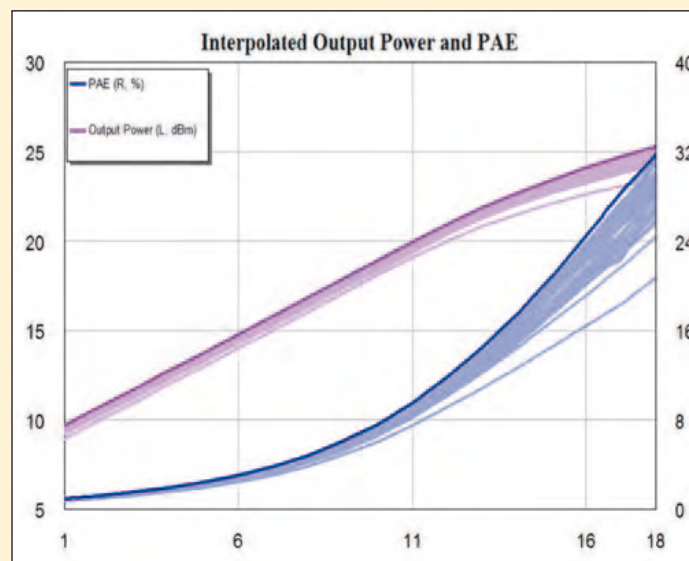


Figure 8: The actual PAE and output power for a yield analysis, where the impedances presented to the device were arbitrary and the output power and PAE were interpolated

	C1	C2	Er	M1 Etch	Cont...
Nominal	1 pF	100 pF	4.47	0 um	...
Outlier	1.28 pF	119.6 pF	4.58	-5 um	...

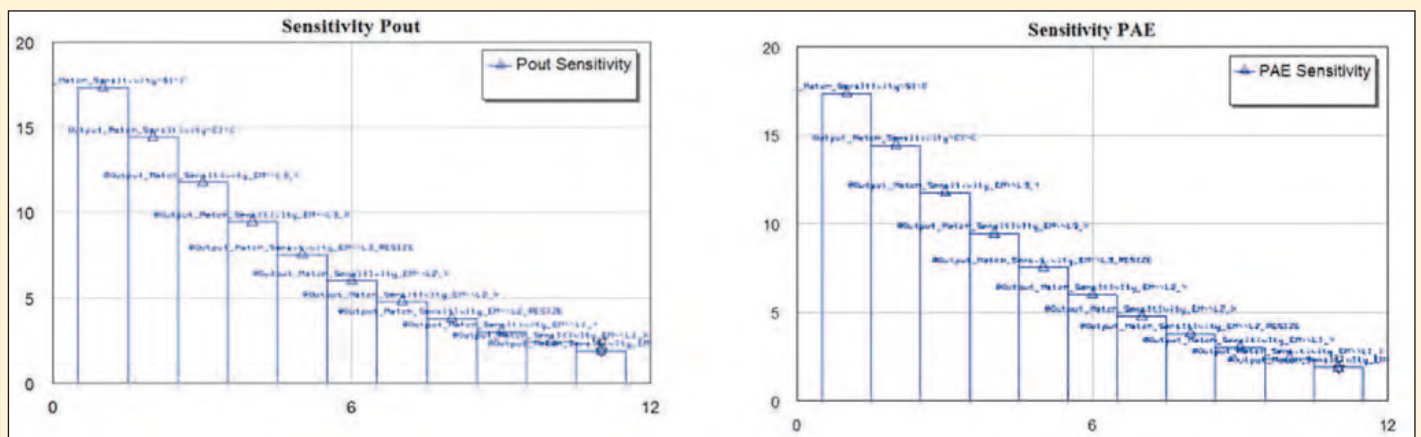


Figure 9: The sensitivity of the output power and PAE are examined over all the variables in that particular yield analysis

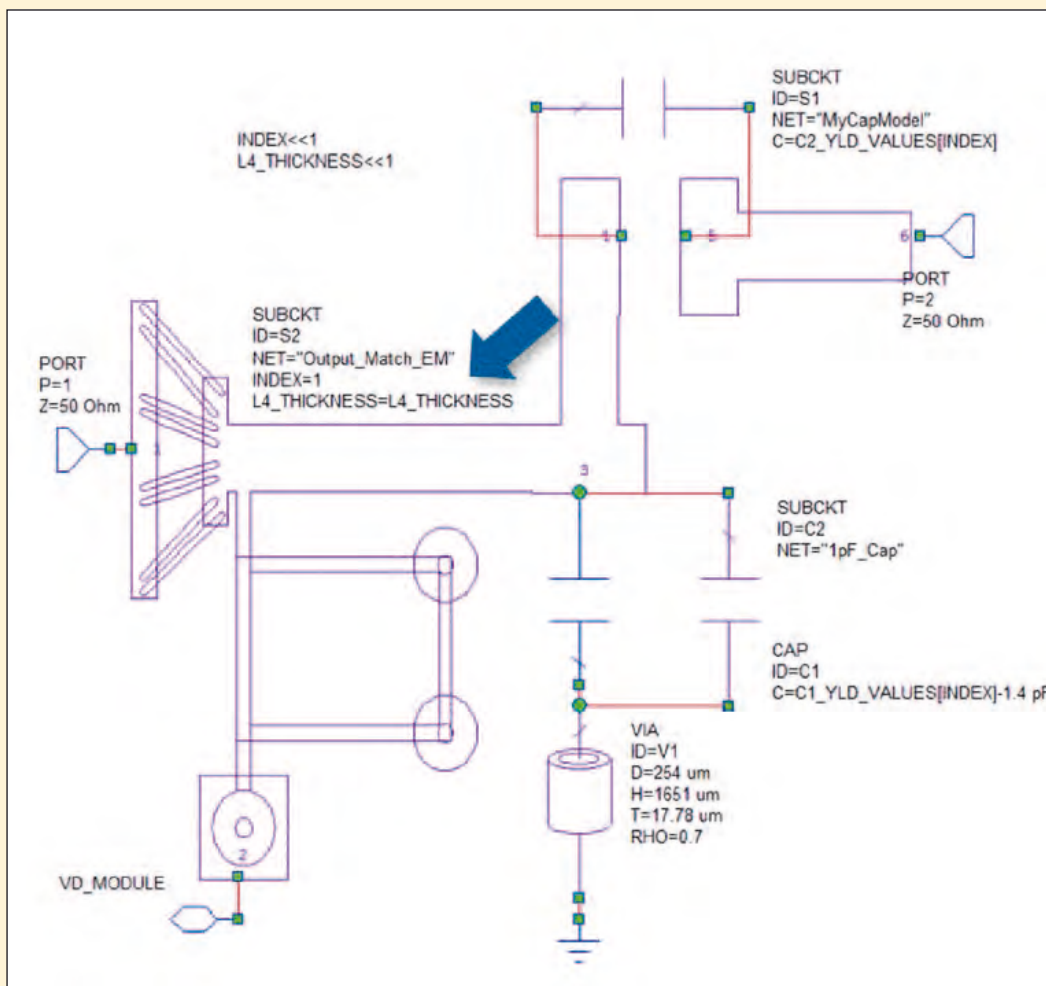


Figure 10: The PCB design can be exported to Cadence, where the IC designer can optimize the PCB to the IC

and is a great way to quickly get circuit performance metrics for arbitrary loads.

This capability enables users to simulate the performance of an active device (transistor or PA) without actually having a device model in the environment, so there is no need to translate the model or have cross-tool process design kit (PDK) support.

In addition, the simulation speed is more like a linear simulation rather than a harmonic balance nonlinear simulation, even though the user is looking at nonlinear results like output power or PAE. When performing a yield analysis, designers are able to leverage the simulated load-pull data, which allows them to apply an arbitrary load and provide the required interpolated performance metrics.

The graph in Fig. 8 shows the actual PAE and output power for a yield analysis where the variations in results are due to changing impedances presented to the output of the chip PA by the laminate, highlighting the interactions that occur between the MMIC/RFIC and module/packaging.

Design Centering

Once the yield analysis is performed, the designer can identify the parameter sets that lead to yield failures or correspond to the outlier traces shown in Fig. 8. Then the tolerances of the yield variables can be changed or the design can be centered so the yield is higher.

Sensitivity Analysis

In addition to yield analysis, NI AWR Design Environment users

are able to do a full sensitivity or Pareto analysis. The benefit of this is that all the variables that are set up for yield are weighed against one another, enabling designers to look at which particular parameters in the yield analysis are causing the most change or degradation of particular performance metrics. For example, in Fig. 9 the sensitivity of the output power and PAE are being examined over all the variables in that particular yield analysis, and those variables are going to be different for each performance metric.

Design Methodology Scales to Design Variables

This same methodology corresponds to design as well as yield. The PCB/module designer can perform a parametric design

and export it as a parameterized netlist into Cadence, where the IC designer can understand the design constraints and optimize the IC in order to get the best performance out of the total module (Fig. 10). With a parameterized laminate, the IC designer working in Cadence is not constrained to a “fixed” laminate model and can explore different variations within a single, parameterized laminate model block.

Conclusion

This application note has described a unified design flow, inclusive of EM verification and yield optimization, for a front-end module involving several process technologies. Using NI AWR Design Environment enabled the designer to understand sensitivity to specific component and manufacturing tolerances and compensate for the impact of the variations on the overall design performance to achieve design goals of small size and optimum performance.

Because of the large number of independent variables in module design and analysis, it is important to leverage a design flow that can handle yield analysis with many independent variables. The Monte Carlo approach within Microwave Office software provides a more efficient analysis than traditional corners analysis. Microwave Office shape/layer modifiers enables designers to look at the actual manufacturing variances that occur in modules, such as registration error or edge tolerance. In order to minimize simulation time and get results back more quickly,

designers can leverage remote simulation servers in order to take advantage of distributed parallel EM simulation. Finally, by creating Cadence-compatible models and parameterized Spectre netlists, NI AWR software further enables designers to combine simulations and look at the full system simulation and verification. ◀

Five tips for successful 3D electromagnetic simulation

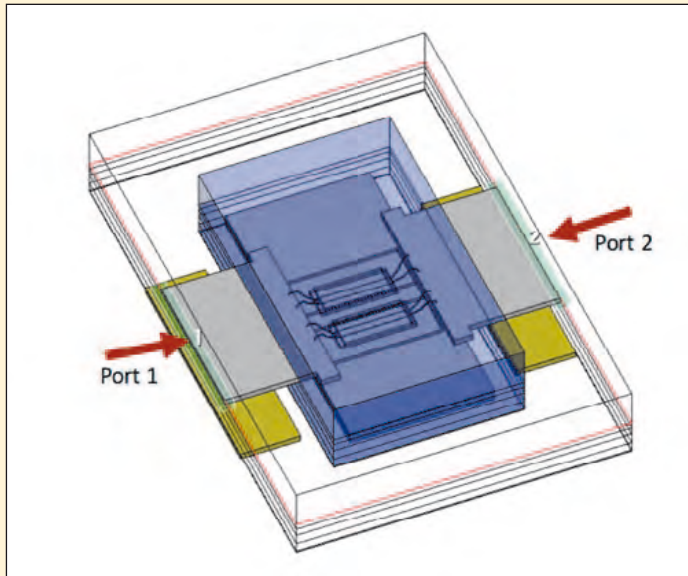


Figure 1: The geometry of the problem under study with filter chips placed in a module. The customer needed to characterize the signal path between Ports 1 and 2

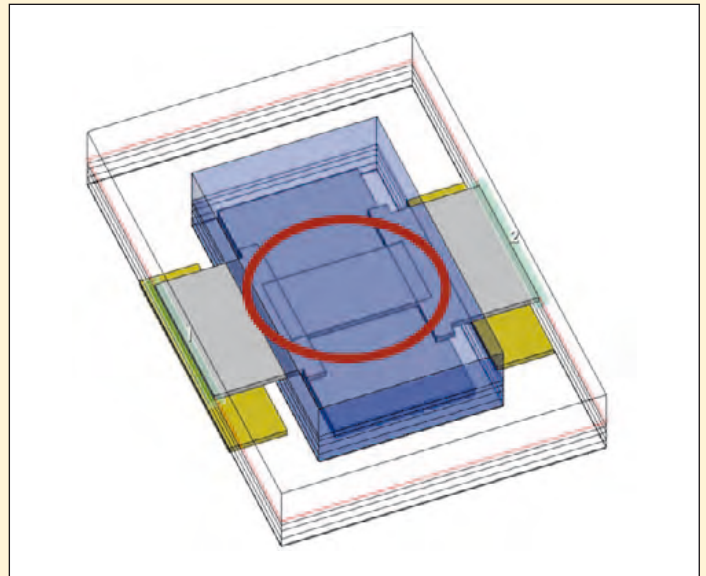


Figure 2: Simplifying the problem by removing the chip completely and shorting the two signal tabs together by means of a simple conducting plate, circled in the figure

This application example documents the steps taken to help a customer resolve a complex EM Simulation problem in Analyst 3D finite element method simulator within NI AWR Design Environment. The customer was developing a module design for a filter on a chip and needed to understand the RF signal path. The following five tips were developed in order to help this customer and other Analyst users more easily diagnose and successfully overcome EM simulation issues and understand how to analyze a 3D module simulation that is providing confusing results.

Tip 1: Simplify the geometry – whenever possible

Tip 2: Check that the S-parameters make physical sense – including connectivity, passivity, and energy conservation

Tip 3: Check the wave ports and modes - count the transverse EM (TEM) modes in wave ports

Tip 4: Trace the return paths – follow the currents when analyzing S-parameters

Tip 5: Understand boundaries – what is being used and why

Tip 1: Simplify the Geometry

Geometry Under Study

The module contained two filter chips attached to signal tabs by means of bond wires. The customer was interested in characterizing the signal path between Ports 1 and 2, as shown in Figure 1. The signal went onto the module at Port 1, along the connecting tab, down the bond wires, along the microstrip lines on the two chips, and then up the bond wires on the other side of the chips and out of Port 2. In the real structure, the filter was of course more complicated than a simple microstrip line, however, it was simplified for this application example to make sure the issues weren't because of the filter. The simpler the geometry, simulation settings, and other factors can be made while still being able to see the problem, the better the chance will be of actually understanding and solving it. As an example, the

chip was completely taken out of the problem at one point in this study, as shown in Figure 2. Since the result was about the same behavior, it was concluded that the problem was not in the chip filter.

Conflicting Results

The customer's concern was the unexpected S-parameters produced by Analyst, shown in Figure 3. It would be expected that S21 would look like a through line, as the signal path basically went from one port to the other. The magnitude of S21 in dB is the blue curve. Rather than being about 0 dB over DC to 6 GHz, as expected, it was down at about 6.6 dB at DC, and got worse with increasing frequency. The customer had left a number of series capacitors in the circuit and so had a harder time seeing the issue, as S21 will go to 0 at DC in that case. Once again, when in doubt, simplify. The magnitude of S21 for the simpler structure shown in Figure 2 is also graphed in Figure 3 as the pink trace called Super Simplified. Notice it has

*AWR
Special thanks to
Dr. John Dunn,
AWR Group,
for his contributions
to this application example
www.ni.com/awr*

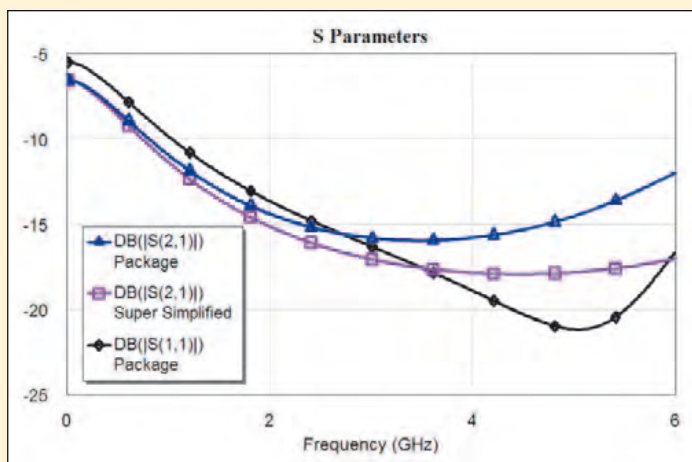


Figure 3: S-parameters for the structure in Figure 1. The S-parameters were not what was expected

about the same behavior as the structure with the chips in it in Figure 1. The chips were not the problem.

Tip 2: Check That the S-Parameters Make Physical Sense

First, three preliminary standard tests were run that are done with most Analyst projects: connectivity, passivity, and energy conservation. These tests are easy to carry out and often yield some interesting insights.

Connectivity

The connectivity test in Analyst indicates if the structure is connected properly, which can save a significant amount of time. Since this circuit returned simulation results with the return loss (S11) much higher than expected, it was immediately suspected that something was hooked up incorrectly. However, the return loss did not indicate an open circuit (it would be infinite). Still, the test was easy to run and might shed some light on the problem. The simplest way to check DC connectivity is to use the mesh connectivity checker in Analyst. Clicking the connectivity icon in the 3D view of the geometry shows a color coded view of the mesh that touches any metal. The same color indicates the shapes are electrically connected at DC. Figure 4 shows the results. At first glance, all seemed in order. Ports 1 and

2 were connected to the bond wires through the connecting tabs. Nothing was shorting to the copper block, which supports the structure. This figure will be revisited later in this example, when other issues are addressed.

Passivity

Next, a passivity check was run on the S-parameter data, as shown in Figure 5. The passivity measurement is located in Analyst under Linear Measurements and can be used on any S-parameter data. It also works on measured data from a network analyzer. The measurement checks to see if the data is passive; for example, to see if it is creating energy. S-parameter data should be passive, unless it is an active structure such as a linear amplifier. A positive number shows that the data is passive; negative numbers indicate non-passivity and potential problems. Figure 5 indicates this data was indeed passive, as would be expected, so there were no problems with the data. If it had been non-passive, it could throw into question the validity of the simulation.

Energy Conservation

The final check was to look at the energy balance in the S-parameters. Users should always look at this test after passivity. If the passivity test fails badly, there is no physical significance to the S-parameters and the energy measurement can't be interpreted

in a meaningful way. The energy measurement results are shown in Figure 6. The measurement is called Summation of Power in Network (SUMPWR) and is located under Linear Measurements. SUMPWR adds up the sum of the squares of a row of the S-parameter matrix. For example, if Port 1 is excited, it shows

$$|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2.$$

Assuming that the S-parameter file is physically meaningful, this indicates how much power is absorbed in the structure. In order to understand how it works, imagine putting 1 W of power into Port 1.

Three results can occur:

- it can reflect back ($|S_{11}|^2$)
- it can go through the circuit ($|S_{21}|^2$)
- it can be absorbed into the circuit, where the assumption is that no energy is being generated, for example, by an amplifier.

The power absorbed in the circuit is therefore

$$1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2.$$

How is the power absorbed? It could have conducting loss, resulting in heating, it could have dielectric loss, also resulting in heating, or it could radiate, for example when there is an antenna. It isn't possible to tell

how much of the three ways are responsible for the loss from this one measurement. The measurement SUMPWR, as shown in Figure 6, for excitation of Ports 1 and 2 respectively, therefore shows the amount of power not absorbed, that is, the amount of power reflected and transmitted. If it is 1, no power is absorbed. If it is 0, all power is absorbed. What can be expected for a physically reasonable circuit? The assumption would be that some power is absorbed and the amount of power absorbed goes up with frequency. After all, radiation and losses increase with frequency. In addition, if there was a resonance in the antenna or filter, it would be expected to see a peak in absorption at the resonance frequency. This behavior is what is shown in Figure 6. The curve goes downward with increasing frequency (increased power absorption). Figure 6 shows the results as two curves, because they can be different when different ports are excited. For this simple structure with a great deal of symmetry, about the same answer was obtained for either port excitation.

To summarize, all three standard tests – connectivity, passivity, and energy conservation – looked good and the S-parameters were obeying the laws of physics. The problem must lie elsewhere.

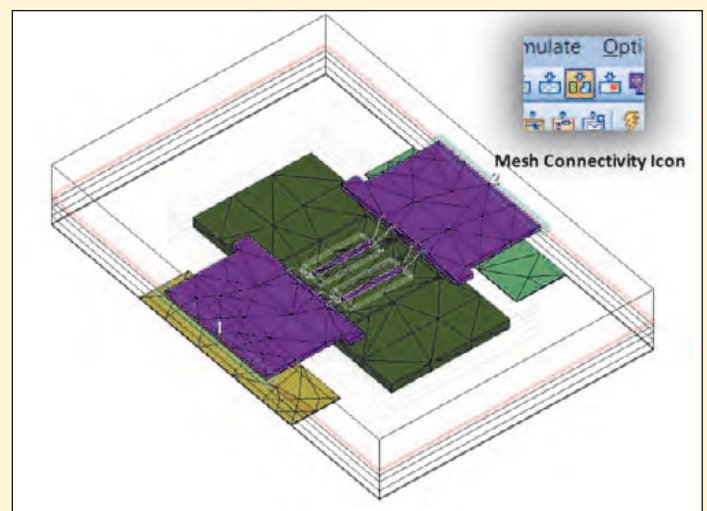


Figure 4: Clicking the mesh connectivity icon shows a color-coded view of the DC connectivity of the layout

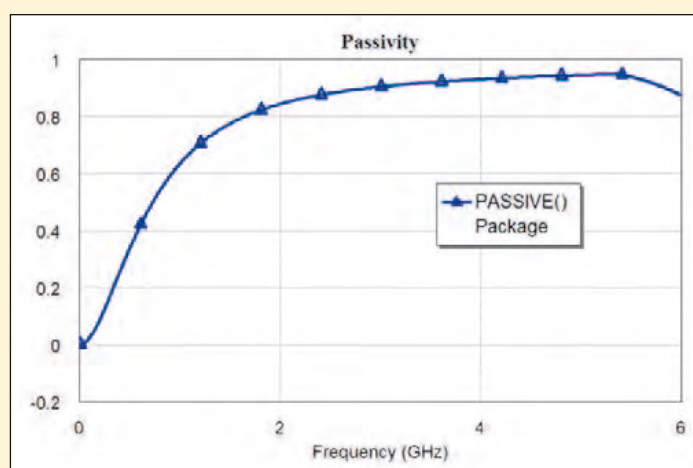


Figure 5: The S-parameter data is passive according to the passivity measurement. A positive value indicates passivity, in other words, no energy is being produced

Tip 3: Check the Wave Ports and Modes

Analyst's wave ports can be a common source of error and confusion. The next step was to look at the Analyst wave ports, Ports 1 and 2. Wave ports have a number of subtleties. There are two common issues that should be checked when examining wave ports. First, there can more than two conductors touching the ports. Second, check the boundary conditions for the problem, especially where they touch the wave ports.

Wave Ports

A wave port is a type of port in Analyst in which a conducting line attaches to a simulation boundary and a port is attached. (As a technical note, the user must go in and explicitly change the port type to a wave port; the default type of port is a lumped port). Think of a wave port as the numerical version of a waveguide that is attached to the boundary, with the same cross-sectional geometry as the circuit. For example, looking at Port 1 in Figure 1, imagine the cross-sectional geometry of conductors and dielectrics extending backwards unchanged for a very long distance, which is shown in Figure 7. The port is excited by injecting power into the waveguide mode. Analyst then determines how much is reflected back to the port and

transmitted to other ports, thereby obtaining the S-parameters. The de-embedding arrow coming out of Port 1 in Figure 7 will be explained in a moment.

The trick is to get the waveguide mode, which is an electromagnetic concept in which the wave going down the line has a characteristic cross-sectional field pattern. Different modes have different field distributions, for example, the classic microstrip mode in this example has the fields concentrated between the line and the ground plane beneath it. Analyst solves for this mode by meshing up the boundary with the port on it and then seeing what modes are supported. Mathematically, Analyst solves for the eigenvalues of the matrix, which results from meshing the port. Each eigenvalue represents a mode—Analyst then sorts the eigenvalues. In a real waveguide there are an infinite number of modes; in the numerical solution there are a large but finite number, but in this example only the quasi-TEM set of modes was used.

A TEM mode is a very special type of mode, in which the wave going down the guide has only a negligible electric or magnetic field in the direction of propagation. These modes have very nice properties and this example concentrates on two of them. First, the currents going down the signal line are equal and opposite

to the returning currents on the ground conductors. Second, the voltage can be uniquely defined across the waveguide's cross section; in other words, regardless of what path is taken from Point A to Point B along the conductors, the same voltage drop will occur. These two properties are not true in general for modes in a waveguide. For example, in a hollow metal waveguide commonly used in power radar systems, voltage is not uniquely defined and therefore not used very much. These two properties of quasi-TEM modes sound like circuit theory: current in equals current out and voltage can be defined. As a matter of fact, circuit theory comes from these equations. The prefix "quasi" is used with TEM mode in this example to mean close enough to a TEM mode that voltage and circuit can still be used like concepts in describing the mode and will be sufficient for practical engineering work. The quintessential example of a quasi-TEM mode is a microstrip line. The only way to make it a true TEM mode is to have an air substrate, which usually isn't the case.

The critical point is that Analyst, when used in NI AWR Design Environment, specifically Microwave Office circuit design software, can only work with quasi-TEM modes. While this may seem like a severe restriction, it must be remembered that this

is the entire basis of any circuit simulator. Without quasi-TEM modes, it isn't possible to talk about current and voltage laws very well. (It should be noted that it is possible to study non-TEM modes in Analyst, but only through the standalone 3D editor. A separate license for Analyst MP is also needed.) How many quasi-TEM modes does Analyst need to calculate? It depends on the port's geometry, in particular the number of conductors. If the number of conductors in the port are taken and one is subtracted, the result is the number of quasi-TEM modes that are supported by the geometry. For the port under discussion, the cross section of Port 1, shown on the right side of Figure 7, has metal conductors at the signal line labelled (1) and the metal plate at the bottom of the dielectric. The boundary conditions around the edge of the port are all approximate open. Consequently, the total number of conductors is two and one quasi-TEM mode is supported. Analyst should have no trouble finding the right mode for this problem.

Sometimes, things are not so straightforward. There can be other pieces of metal that intersect the port. For example, in Figure 8 the geometry has been modified by adding two side grounds to the launch at Port 1. The left side of the figure shows the two pieces of metal, which

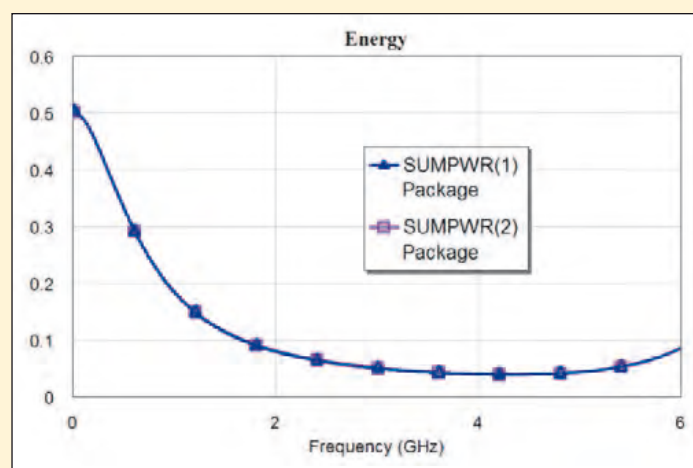


Figure 6: Checking the energy absorption for the S-parameter file, the expected behavior of more energy being absorbed (curves going downward) with frequency can be seen

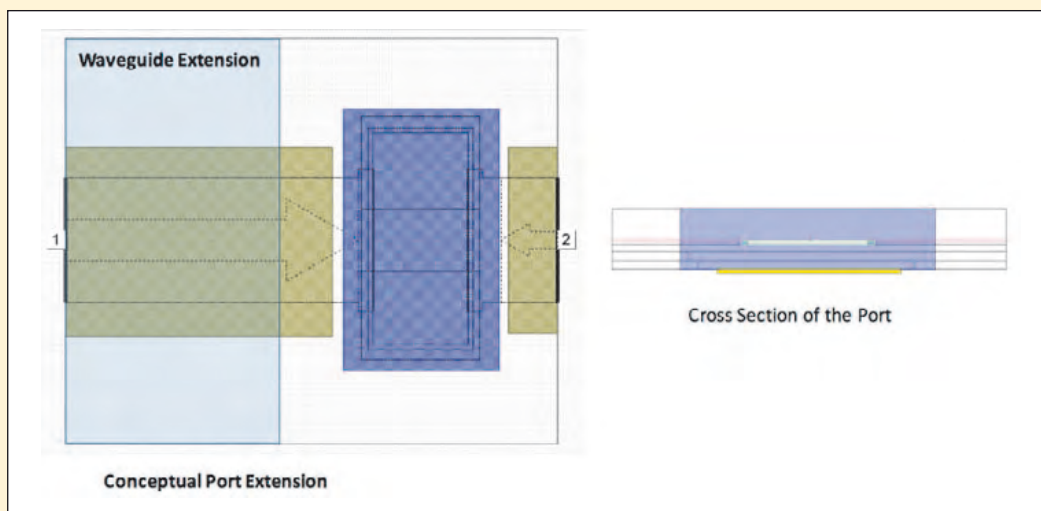


Figure 7: The wave port can be conceptually thought of as a waveguide attached to the boundary and excited in a quasi-TEM mode

then are attached to the bottom ground tab by two vias. The left picture shows the DC connectivity, and it can be seen they are grounded. The problem is that Analyst does not know that the two side pieces of metal are grounded when it calculates the modes at Port 1. The right side of the figure shows the geometry at the port. Since the two pieces of metal are not attached in the port plane, there are three quasi-TEM modes. This follows from the fact that there are four conductors: the signal line, the two side pieces of metal, and the bottom conducting plate. Analyst will then excite some combination of the three modes when it calculates the S-parameters for Port 1. Often, the final choices are correct, but the possibility of incorrect results is increased. This situation is usually resolved by making sure there are vias right at the port. Analyst will then see the side grounds connected to the bottom conductor and thereby correctly calculate the only quasi-TEM mode.

The most common place where this can occur is a stripline or coplanar line geometry. In V13 of Microwave Office, Analyst now supports the ability to make the port's extent smaller than the entire boundary wall. This feature can be used to ensure the port only includes the conductors needed to obtain the correct mode. It is important to check

the boundary conditions at the port. If they are conductors, they count as metal in the mode calculations. The problem under consideration has all boundaries defined as open boundary conditions; in other words, they are not conductors. Therefore, there is not an issue. But, for example, if the top and bottom boundaries were conducting, as in a stripline situation, it would be necessary to add two conductors when calculating the modes.

Check the Modes

It is a good practice to look at two measurements when trying to decide if a wave port is behaving correctly. First, examine the modal impedance, Z_{in} , as shown in Figure 9. This measurement resides under the measurement category, Electromagnetic, and is called Z_{in} Port. It calculates the

impedance of the mode used by the given port. This is not to be confused with the measurement called Z_{in} , located under the measurement category Linear. That measurement essentially looks at the reflection coefficient and calculates the equivalent load impedance.

The modal impedance is a complex number, so both the real and imaginary parts have been plotted on a rectangular graph. The graph in Figure 9 shows the modal impedance for Port 1 of the geometry shown in Figure 7. The results shown in Figure 9 are good for two reasons. First, the imaginary part of the modal impedance is zero. For a TEM mode, with no lossy materials for either the conductors or dielectrics, it should be identically zero. For quasi-TEM modes, it should be a small num-

ber. If a significant imaginary part to the modal impedance is seen, it should be suspected that there is a bad mode calculation, unless of course the geometry has a highly lossy metal or dielectric. Second, the real part isn't varying with frequency very much, which is called dispersion. The modal impedance will not be dispersive for a TEM mode with lossless materials. For a quasi-TEM mode, it should be slightly dispersive. Again, if highly dispersive behavior is seen, it is important to know why.

In a highly lossy material, for example, the actual value of the impedance, about 54 ohms, agrees reasonably well with simple approximations, where a microstrip line with ground plane below is assumed. Look to see what the TX-LINE, the transmission line calculator in Microwave Office, gives for an answer. Figure 10 shows that TX-LINE gives an impedance of 54.8 ohms for a microstrip line with an air substrate and a line width of 200 mils. This is in close agreement with the Analyst calculation of about 54 ohms. (Agreement within an ohm of line impedance calculations and approximate formulae is usually considered adequate for normal engineering designs.) In contrast, the geometry in Figure 8 had problems when the modal properties were simulated. The calculation for the model solve should converge quickly, less than a minute. This was the case for the ports in the original structure. For the port in Figure 8, the software took several minutes to

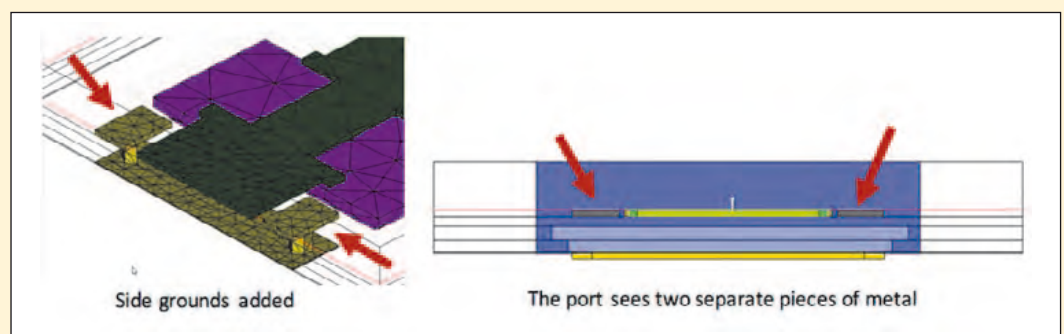


Figure 8: The left figure shows a modified geometry where the feed for Port 1 has two side grounds attached to the bottom ground plate by vias. The right figure shows the port geometry with the extra side conductors

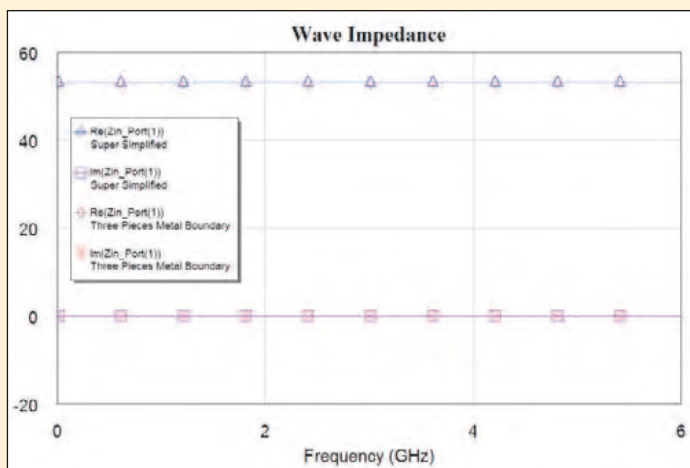


Figure 9: The modal impedance is the same for the two different geometries shown in Figures 7 and 8. The Super Simplified is for the original structure, shown on the left in Figure 8. The Three Pieces Metal Boundary is the modified project, which is shown in the right picture of Figure 8

get an answer. This is an indication that Analyst is having difficulty deciding on the right TEM mode. Again, the problem is that the port solver does not know that the side metal is grounded. The final answer does have a port impedance that agrees with the simpler one line case, as shown in Figure 9.

Analyst users are sometimes confused by the port impedances of the S-parameters generated. S-parameters created by Analyst are automatically renormalized to 50 ohms. A wave impedance of 54 ohms at Port 1 is shown in Figure 9. But this is not the normalization of the S-parameters that are shown in Figure 3. If the normalization of the S-parameters needs to be changed, place the S-parameter data in a schematic as a sub-circuit, attach ports, and then change their port impedances to the desired values, for example 75 ohms. When the S-parameters are plotted using the schematic as the data source, they will be normalized to the new port impedance values. This is also true of a Smith chart, where the normalization of the chart is the same as the port that is being measured. So, for example, the Smith chart will show S_{11} normalized to 75 ohms if Port 1 is 75 ohms in the schematic.

Figure 11 shows the other measurement, the propagation constant, which is often used if the user is worried about modes behaving correctly. The propagation constant is found in the measurements under Electromagnetic and is called K_Port. This measurement shows the real and imaginary parts of the wavenumber. Any wave propagates in the z direction according to: $\exp(-z)$. The wavenumber is complex. The measurement refers to the complex number K, which is sometimes used by the physics community. Figure 11 shows both the propagation constant (real part of K) and the attenuation constant (imaginary part of K).

The results are exactly what would be expected. The attenuation is 0, as the mode is propagating, and there are no lossy frequencies in the normal way. The measurement for the three-conductor case is also shown in Figure 8. The two cases give the same answer, indicating that Analyst has converged to the right mode for the more complicated three-conductor case.

Tip 4: Trace the Return Paths

The return loss was perplexing. It would be expected that the signal to go from Port 1 to 2 with almost no reflection, especially

at lower frequencies. Why was this not the case? It was decided to try investigating the return current path for Port 1. As previously discussed, there was a quasi-TEM mode, where circuit theory should locally be valid. For any mode of this type, the current coming out of the port must return on the neighboring conductors. Indeed, this is the way to find the local ground of any port. One of the first things to try when there is a return loss that is not understood is to trace the current through the circuit. It must make a complete circuit. Looking again at Figure 4, the current leaves Port 1 and travels along the metal to Port 2. This is the point of the colors in the annotation. The purple color shows the metal is connected, which is good. Next the return current is traced. The current comes back into the circuit on the teal blue strip at the bottom of Port 2. If there is a concern that Port 2 doesn't have a connection between the top conductor, the dark green one, and the bottom conductor, the teal blue one, remember it is a mode at Port 2. For purposes of this application example, the port can be imagined as a current source connecting the two conductors. This comes out of the physics of the quasi-TEM mode: the current must get back to the green conductor on the bottom of Port 1. Now there is a problem - there is

no conductive path between the two bottom conductors.

Tip 5: Understand Boundaries

Why isn't it an open circuit? The logical assumption is that it can't be an open circuit - the magnitude of S_{11} would be 1. So, how did the current get back to Port 1 if there was no metal connecting the two port grounds? There is only one way it could be occurring: the boundary conditions need to be examined more carefully. In this example all the boundaries of the bounding box were set to approximate open. It is important to understand what that means. Boundary conditions in Analyst set a relation between the electric and magnetic fields on a surface. The relationship between the two is called an impedance boundary condition. Any meshes that touch this boundary are required to satisfy the boundary condition. The simplest example of a boundary condition is for a perfect conductor, where the part of the electric field tangential (parallel) to the surface must be zero. Indeed, this is the electromagnetic definition of a perfect conductor. Equally simple mathematically is a perfect open boundary condition, where the tangential part of the magnetic field to the surface is zero. Physically, this means no current can flow on that surface, as current is proportional to the

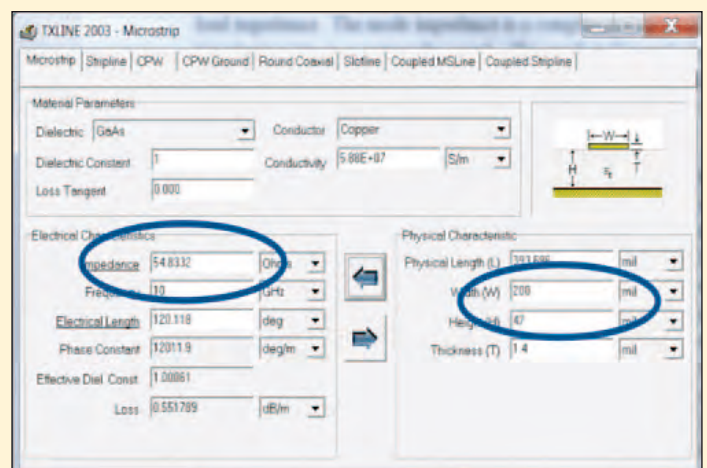


Figure 10: TXLine calculates the impedance of quasi-TEM modes for common line geometries. The predicted impedance is 54.8 ohms

tangential part of the magnetic field. The two boundary conditions will be used later in the example to illustrate the concept.

What is the approximate open boundary condition? It is an impedance boundary condition that makes the surface look like a $377 \Omega^2$ resistive surface. Conceptually, it can be thought of like a lossy absorber made of, for example, carbon. $377 \Omega^2$ is a magic number. If a plane wave in air (or vacuum) is hit a $377 \Omega^2$ surface, nothing comes back because the wave is completely absorbed. If the bounding box surfaces are made of such a material, the objects inside don't see the walls of the box. It appears as if the box isn't there. In other words, this boundary condition can be used to make it appear the structure is in an infinitely big box, which is good. After all, the bounding box only exists because Analyst can't mesh out to infinity. There are, however, limitations. First, there is no reflection only if the wave has two important properties: it must be a plane wave, and it must be normally incident. Plane waves are not generated in real structures. For example, with a patch antenna, the fields near the antenna are far from a plane wave. It is only when the user gets very far away from the antenna that they look locally like a plane wave, and this would lead to making a very large box.

The user compromises and hopes the walls are far enough away to give a reasonably small reflection. Second, the waves will not be normally incident. Indeed, as the waves deviate more and more from normally incident, the reflection from the surface gets larger and larger. Eventually, at grazing incidence, the waves will completely reflect. Incidentally, because of this limitation, there are much fancier absorbing boundary conditions that can be used. For example, Analyst has a boundary condition option called perfectly matched layer (PML). It works by creating a number of very thin layers on the boundary, like the layers of an onion. It gives much lower reflections for waves that are not plane and not normally incident. But, it adds a lot of meshes to the problem, as Analyst has to mesh up the thin layers. Therefore, it is recommended that PML not be used except for antenna problems, where accurate calculation of the radiated field is critical. Normally, the approximate open boundary condition is good enough if judiciously used.

In this example, the current was returning along the approximate open boundary. The user thought of it as a perfect absorber, but it wasn't. The current will try to get back along the path of least resistance, or more correctly, least impedance. As lossy as it was, the resistive boundary was

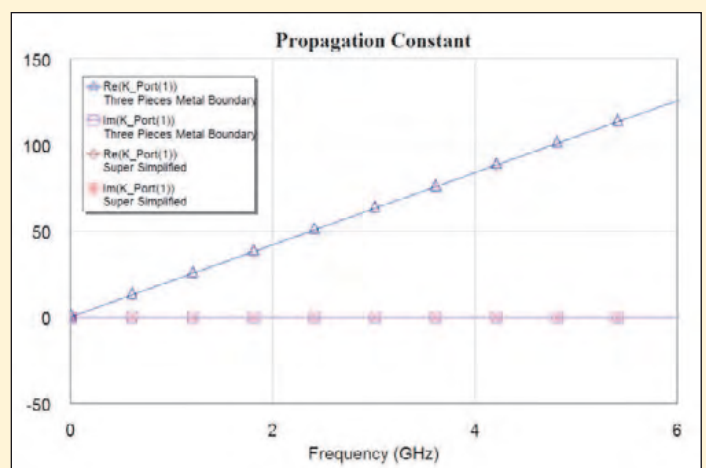


Figure 11: The propagation (real part of K) and attenuation (imaginary part of K) constants for the mode

the only way for the current to return. The boundary looked like a sheet resistance, which increased the equivalent load impedance that Port 1 sees. Thinking back to Figure 3, the return loss was about 6.6 dB at low frequency because the approximate open boundary condition giving a atypical, lossy connection between the two ports. How is the hypothesis checked? First, change the boundary condition on the bottom boundary to a perfect conductor. (If wanted, it could be set to a good conductor, like copper, which will return the same answer.) Figure 12 shows the result. The curve labeled Conducting Bottom Boundary shows the results when the bottom boundary is made a perfect electric conductor. The magnitude of S21 is 1 (0 dB) at DC, as expected. There is now a complete conducting path for the current. Changing the boundaries to perfect opens or perfect magnetic conductors was also tried. As seen in Figure 12, the magnetic conductor boundaries curve shows the S21 is 0 at DC (negative infinity dB). The wave is completely reflected.

Mystery is Solved

Now it can be seen that the problem was that there was no ground return. It was difficult to find because of the approximate open boundary condition. The current was forced to return along this boundary condition,

which can be thought of as lossy material. Therefore, a perfect reflection at Port 1 couldn't be seen, which would be the case if the boundary was a perfect open. The lesson learned here is to always think of the current return when analyzing a circuit. It can give unexpected results.

This example finishes with a class of problem that can exhibit this current return on the boundary issue and can be confusing.

Isolation Studies

Modern electrical circuitry requires that the various parts of the system be isolated from one another. Signal integrity engineers use electromagnetic simulations to predict the coupling levels between various blocks of the circuitry. Typically, a simplified version of the layout is used, where an open stub is excited at Port 1 in the first block and the received signal is examined at the second block with another open stub attached to a second port. The stub geometries and locations are chosen to model a typical signal path in the two blocks. The coupling between the elements is affected by the surrounding circuitry and the housing the circuit containing the circuits. For example, if the circuits are in a metal package, the coupling between the various parts of the circuit can increase dramatically at package resonances. The point is that the boundary conditions used in the simu-

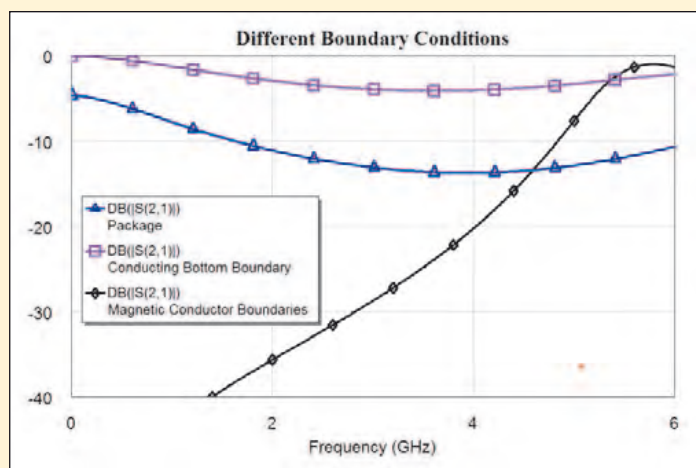


Figure 12: The magnitude of S21 is 1 (0 dB) when a ground plane is included. A perfect magnetic conducting boundary results in S11 = 1 at DC (-150 dB)

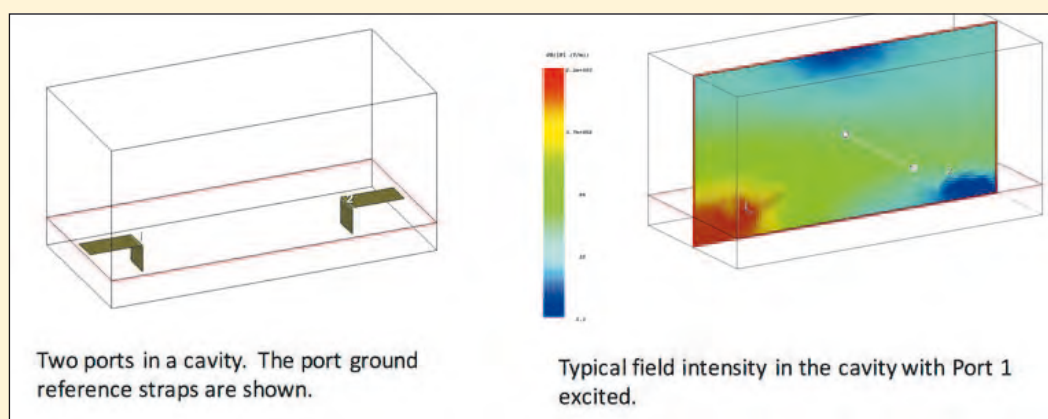


Figure 13: The left figure shows the two stubs with ports attached in Analyst. The ground reference straps are also shown. The right figure shows the electric field intensity for a typical simulation, where Port 1 is excited. The field is strongest near the first stub as expected

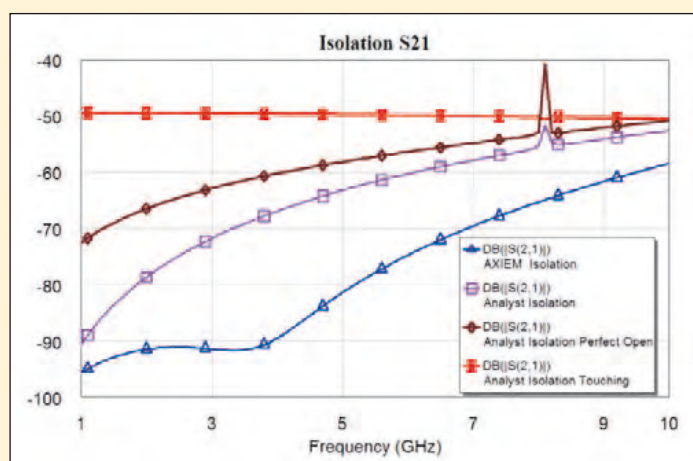


Figure 14: Simulation results for the two stubs. The magnitude of S21 shows the relative quality of the isolation between the sections of the circuit

lator can result in unexpected results. The boundary conditions are chosen to be “open” or radiating boundaries. The problem is this type of boundary is only an approximation to a circuit in an open environment. Since the two stubs are not electrically connected, the degree of isolation can be greatly influenced by the boundary condition chosen. These concepts are illustrated with the following simple example.

Figure 13 shows the geometry being studied. Two microstrip stubs are placed on a printed circuit board (PCB) with conducting ground plane. The board was 0.5 mm thick Teflon. The structures are simulated from 1-10 GHz. The stubs have a port on one of their ends and the other

end is left open. The width of the stubs is 0.5 mm, their length is 1.0 mm, and they are separated by 5.9 mm. The magnitude of S21, the insertion loss, is studied. Ideally, if the two stubs are well isolated, S21 should be very low. The right picture in Figure 13 shows a typical electric field strength when the stub on the left is excited. As expected, the field is strongest under the first stub, with some of the energy coupling to the other stub. Figure 14 shows the magnitude of S21 when different boundary conditions are used for Analyst.

The results for AXIEM planar EM simulator have also been included. AXIEM has no simulation boundary, rather, the board extends to infinity, as does the air region above the board. The

AXIEM results (blue curve) show the highest isolation, as might be expected. The next best isolation is the purple curve, which is Analyst using side and top boundaries of approximate open, in other words, the 377 ohm/square boundary condition discussed earlier in this example. The Analyst boundary is a box 6.0 x 2.9 mm and 5.0 mm in height. The left and right edges of the box are 0.1 mm from the ends of the stub, as shown in the left picture of Figure 13. There is a box resonance at about 8.1 GHz. This type of resonance occurs when a simulation box dimension, here the long horizontal direction, is a multiple of half a wavelength. The brown curve is the same geometry, except magnetic walls are used on the sides and top of the box. The isolation is lower and the box resonance is higher. This occurs because the energy cannot escape the box, or more accurately, cannot be absorbed by the impedance boundary. The final red curve is when the stubs touch the ends of the box. The isolation is dramatically reduced; in this case return current is injected into the sides of the box. Remember, the boundary condition is really that of a lossy resistor and it will support current if it has to. Notice the resonance is also suppressed.

The point of this example is that designers must be aware of what type of boundary they are using if they are conducting isolation

studies in systems. Obviously, the conclusion is suspect at resonance frequencies in the simulation bounding box. An absorbing boundary condition can give a value closer to a simulation with no simulation box, but what can throw designers off is that current gets launched onto the boundary. How can this be resolved? Try different boundary conditions and box sizes when using 3D simulators for isolation studies. Be extra careful to appreciate that the approximate open boundary might actually be giving a sneak path for the return current and giving a spurious isolation value.

Conclusion

This application example has provided five best practices for diagnosing and resolving an Analyst 3D module simulation that was giving poor results. First, simplify the geometry where possible. In this case, the chip filter was removed. Keep removing parts of the geometry until the problem disappears and there will be a much better understanding of what the issue is. Second, check the S-parameters to make sure they are obeying the laws of physics:

- Connectivity
- passivity, and
- energy conservation.

If they aren't, there might well be simulation problems, for example, non-converged answers or improper grounding definitions at ports. Third, understand how the wave ports work. Users can get unexpected modes, giving strange answers. Fourth, remember the complete circuit has a return path for the current. Understand where it is going – it has just as much influence on the S-parameters as the signal path. Fifth, understand what boundary conditions are being used. They are part of the simulation and can influence the circuit. In this case, the boundary condition gave a sneak return path for the current, thereby throwing off the answers in a non-obvious way. ◀

Antennas

Fractus SMT Multiband Antenna for Mobile and Wireless Devices



Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for the latest mXTEND SMT multiband antenna from Fractus, S.A. The Fractus mXTEND antenna boosters leverage Fractus' Virtual Antenna technology to reduce design cycle times by replacing time-consuming, high-NRE custom antenna solutions with miniature, standard, off-the-shelf components. Fractus has employed their fractal geometry design capability in the development of this family of products, which offers high efficiency, small size and competitive pricing.

The Fractus mXTEND family of products has been specifically designed to provide multiband performance in wireless/mobile devices, enabling worldwide coverage by allowing operation in the communication standards GSM850, GSM900, GSM1800/DCS, GSM1900/PCS, UMTS, LTE700, LTE800, LTE850, LTE900, LTE1700, LTE1800, LTE1900, LTE2000, LTE2100, LTE2300, LTE2500, LTE2600, LTE3500 and LTE3700.

These SMT multiband antennas operate from 698 to 2690 MHz and are available in four space-saving sizes:

FR01-S4-250: 5x5x5 mm

FR01-S4-232: 10x3,2x3,2 mm

FR01-S4-224: 12x2,4x3,0 mm

FR01-S4-220: 24x12x2 mm

Evaluation boards with multiple port options are available. To find more information, please enter Fractus SMT Multiband Antennas for Mobile Devices.

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

Products

2.4 Millimeter-wave Couplers



MECA is excited to announce our Family of 5G ready millimeter-wave Couplers, covering C to V bands. Available in 10 & 20 dB models covering 6 to 40 GHz with 2.4 mm connectors. Since 1961 MECA Electronics (Microwave Equipment & Components of America) has served the RF/Microwave industry with equipment and passive components covering up to 40 GHz, featuring products manufactured in the USA with a 36-month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc.*
www.e-meca.com

Low PIM 4.3/10.0 Terminations



MECA's Low PIM (-161 dBc typ.) 10, 50, 100 & 250 W Terminations for DAS and Low PIM applications, with rugged construction and excellent performance across all wireless bands from 0.698 to 2.7 GHz make them ideal for in-building or tower top systems. Handling full rated power to +85 °C without power derating with a IP rated 67 & 68 which makes a perfect choice for various harsh environmental conditions. Made in USA, 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc.*
www.e-meca.com

16 Way Power Divider



Combiners all optimized for excellent performance covering from 5 to 500 MHz. Their rugged construction makes them ideal for public safety and homeland security networks. Available in Type-N, SMA, BNC & TNC Female connector styles. Made in USA, 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc.*
www.e-meca.com

Public Safety Band 9 & 12 Way Power Dividers



9-Way and 12-Way, Public Safety Band Power Dividers Combiners all optimized for excellent performance covering from 5 to 500 MHz. Weatherproof IP 67/68 for the harshest environment and their rugged construction makes them ideal for public safety networks. Available in Type-N, SMA, BNC & TNC Female connector styles. Made in the USA and 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc.*
www.e-meca.com

Supercapacitor Technology Delivers Ultra-high Pulse Power and Capacitance Densities

AVX Supercapacitors or Double Layer Capacitors provide a unique combination of characteristics recognised as delivering an excellent compromise between electronic and dielectric capacitors. Available now in Europe through TTI, Inc., a world leading specialist distributor of electronic components, the technologies developed by AVX in its BestCap, SCC Series Cylindrical and SCM Series Module capacitors enable very

Products

high pulse power and capacitance density, providing reliability in multiple applications.

The BestCap Series offers capacitance of 4.7 to 1000 mF and Voltage of 3.6 to 20 V. Designed for high reliability and long life, the devices are low profile, only 2 mm to 6 mm in height. They feature minimum capacitance loss for short duration pulses, low ESR and low leakage. Available mounting options include surface mount, through hole and wires. Applications include RFID, GSM/GPRS/WiFi Modules, gas and water meters, IoT applications, portable devices, security devices and others.



The SCC Series Cylindrical supercapacitors are available with capacitance values ranging from 1 to 3000 F. Voltage is 2.7 V. The devices feature high pulse power capability, low ESR and low leakage current. Among suitable applications for the SCC Series Cylindrical supercapacitors, are energy harvesting systems, uninterruptable power supplies, remote metering, scanners, wireless alarms and camera flash systems.

The third AVX supercapacitor range is the SCM Series Modules, with capacitance values ranging from 1 to 750 F and voltage of 5 and 5.4 V. Again featuring high pulse power capability, low ESR and low leakage current, SCM Series Modules are available with Active or Passive balancing options. Suitable applications include wireless alarms, GSM/GPRS pulse applications, remote metering, scanners and camera flash systems.

■ **TTL, Inc.**
www.ttieurope.com

6-bit Phase Shifter Spans 2.5 to 4 GHz

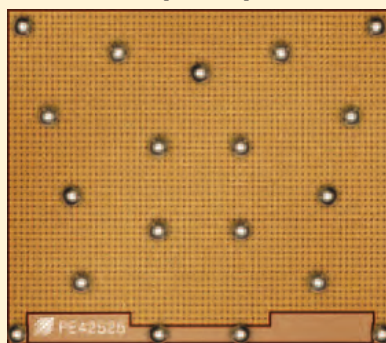
RFMW, Ltd. announced design and sales support for the TGP2108-SM. This surface mount, digital phase shifter from Qorvo offers 6 bits of resolution with 5.625 degree LSB (least significant bit). RMS phase error is <2 degrees. RMS amplitude error is 0.4 dB. Insertion loss of the TGP2108-



SM is only 5 dB and it can handle an input P1dB of 29 dBm for applications such as commercial radar, military radar and communication systems. Offering good linearity (IIP3 = 45 dBm), this phase shifter is bi-directional and is offered in a plastic overmold, 5 x 5 mm, QFN package.

■ **RFMW, Ltd.**
www.rfmw.com

60 GHz Flip Chip Switches

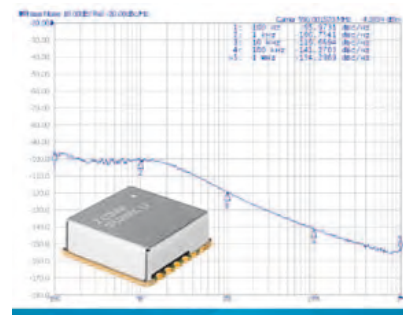


RFMW, Ltd. announced design and sales support for a pair of Peregrine Semiconductor, high frequency, Silicon on Insulator (SOI) switches. The PE42525 and PE426525 are SPDT switches operating from 9 kHz to 60 GHz. Both switches offer fast, 8 ns switching time and high input linearity of 48 dBm IIP3. The PE42525 finds applications in test & measurement, microwave backhaul and communications systems with industry standard, -40 to +105 degrees temperature ranges. The PE426525 is targeted towards harsh industrial applications requiring extended temperature support from -55 to +125 degrees. Fast switching time makes either switch ideal for radar applications. Typical insertion loss varies from 0.9 to 2.7 dB across the band, improving receiver sensitivity. Input 1dB compression point at 30 GHz is 2 W; offering best in class power handling for wideband switches. These Peregrine switches are offered in flip-chip DIE form and pin compatible to each other.

■ **RFMW, Ltd.**
www.rfmw.com

Oscillators

Phase Locked Oscillator: SFS0990C-LF Features Exceptionally Low Phase Noise



Z-Communications, Inc. announces the new Fixed Frequency Synthesizer model SFS0990C-LF. The SFS0990C-LF is a preprogrammed synthesizer that is phase locked at 990 MHz to an external 10 MHz reference oscillator. This PLL features an exceptionally low typical phase noise of -119 dBc/Hz at 10 kHz, -100 dBc/Hz at 1 kHz, and -141 dBc/Hz at 100 kHz offsets.

The RoHS compliant SFS0990C-LF is designed to deliver a typical output power of +1 dBm while operating off a VCO voltage supply of 5 Vdc and drawing 25 mA (typical) and a phase locked loop voltage of 3 Vdc while drawing 14 mA (typical). This Fixed Frequency Synthesizer features a typical 2nd harmonic suppression of -12 dBc and spurious suppression of -70 dBc. It is housed in Z-COMM's standard PLL-V12C package measuring 0.6 in. x 0.6 in. x 0.22 in. The SFS0990C-LF is also ideal for automated surface mount assembly and is available in tape and reel packaging.

SFS0990C-LF is an excellent choice for basestations, mobile radios, and satellite communication applications which require quick and simple integration while demanding high performance over the industrial temperature range of -30 to 85 °C.

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

Products

New and Updated Products



Knowles Capacitors exhibiting a range of new and updated products from its Syfer, Novacap and DLI brands. Visitors saw a range extensions in AEC-Q200 qualified products, new thin film technology and high reliability capacitors.

Syfer branded AEC-Q200 approved ranges offer a voltage rating of up to 3 kV, meeting the requirements of modern automotive applications including EV and HEV.

Three such products are 250 V ac Safety Certified Capacitors; High Temperature X8R Capacitors (up to 150 °C) and Surface Mount EMI Feedthrough Filters. All are available with their award winning FlexiCap flexible termination to reduce the risk of mechanical cracking.

There will also be a number of Hi-Rel caps on show including specialty feedthrough capacitors, high voltage capacitors assemblies and vertical mount capacitors. Syfer and Novacap branded Hi-Rel products are designed for optimum reliability and find uses with various demanding applications including Space, Military and Civil aviation, Industrial, Rail and Medical.

From DLI, a particular highlight was the PX range, a high-reliability solution for DC blocking in a wide variety of applications - semiconductor data communications, receiver optical sub-assemblies, trans-impedance amplifiers and test equipment. The new PX Series compliments DLI's performance leading OptiCap broadband devices, which provides DC blocking performance from 16 kHz to 40 GHz, but in a more low profile. The PX series provides a surface mount, low cost, solution that exhibits ultra-broadband performance, extremely low insertion loss, low frequency stability and excellent return loss across the wide bandwidth.

■ Knowles (UK) Ltd.
www.knowlescapacitors.com

Wireless

Bluetooth 5 ready SoC redefines scope for smart home, IoT, and wearables



Nordic Semiconductors Bluetooth 5 ready SoC nRF52840 packs a huge performance punch and is especially suited to smart home and advanced wearables applications, including wearables for payments and medical, as well as industrial sensor and other Internet of Things (IoT) devices. The low energy nRF52840 System-on-Chip raises the bar for Nordic's high-end nRF52 series SoC lineup in terms of both performance and feature improvements. Capabilities include support for new long range and high throughput features of the soon-to-be-released Bluetooth 5 specification, plus radio support for IEEE 802.15.4, more extensive Flash and RAM memory availability, and a new radio hardware architecture with increased output power and link budget.

The nRF52840 is designed to support the latest Bluetooth wireless technology Core Specification, Bluetooth 5, that will shortly be officially adopted by the Bluetooth Special Interest Group (SIG). Bluetooth 5 introduces longer range and throughput improvements that significantly enhance Bluetooth wireless technology's suitability for smart home, wearables, and IoT applications. Compliance with the specification, coupled with increased maximum output power, enables the nRF52840 SoC to deliver Bluetooth low energy wireless connectivity with up to 4x the range or 2x the raw data bandwidth (2 Mbps) compared with the Bluetooth low energy implementation of Bluetooth 4.2.

In addition to Bluetooth 5 support, the nRF52840 SoC includes IEEE 802.15.4 capability. 802.15.4 wireless technology forms the basis of smart home technologies such as ZigBee and Thread (with additional upper layers not defined by the standard). IEEE 802.15.4 can also be employed as a Network Adaptation Layer with 6LoWPAN and standard Internet Protocols.

The nRF52840 SoC's support for 802.15.4 significantly extends the product's capability as an interoperable foundation technology for IoT, smart home, or industrial sensor wireless networks using several different wireless technologies.

The nRF52840 SoC has been engineered to build on the mature architecture of Nordic Semiconductor's existing nRF52 Series of SoCs to support complex Bluetooth low energy and other low-power wireless applications that were previously not possible with a single-chip solution. The nRF52840 SoC employs the proven 64 MHz, 32-bit ARM-Cortex M4F processor employed on Nordic's nRF52832 SoC, plus a CPU with ample generic processing power, Floating Point, and DSP performance, to meet the demands of even the most demanding wireless applications.

The nRF52840 SoC's hardware enhancements - compared with Nordic's existing nRF52832 SoC - include:

- new radio architecture with on-chip PA boosting output power considerably, and extending the link budget for 'whole house' applications
- doubling of Flash memory to 1 MB
- quadrupling of RAM memory to 256 kB
- support for Bluetooth 5, 802.15.4, ANT, and
- proprietary 2.4 GHz wireless technologies
- a full speed USB 2.0 controller
- a host of new peripherals (many with EasyDMA)
- a quad-SPI interface
- The nRF52840 can also operate from power supplies above 5 V, such as rechargeable battery power sources.

Designed to address the inherent security challenges that are faced in IoT, the nRF52840 SoC incorporates the ARM-CryptoCell-310 cryptographic accelerator offering best-in-class security for Cortex-M based SoCs. Extensive crypto ciphers and key generation and storage options are also available.

The introduction of the nRF52840 SoC will be accompanied by the release of the S140 SoftDevice, Nordic's latest addition to its family of RF protocol software 'stacks'. The S140 SoftDevice is a Bluetooth 5 compliant software stack with support for the long range and high data throughput fea-

Test & Measurement

tures of Bluetooth 5. Nordic will release its S140 SoftDevice and associated nRF5 SDK with support for Bluetooth 5 longer range and high throughput modes upon ratification of the Bluetooth 5 standard in early December. Engineering samples and development kits will be available to order from Nordic's global distribution network from December 6th. Production variants of the nRF52840 will be available Q4 2017.

Nordic Semiconductor
www.nordicsemi.com

Anritsu and IMST demonstrated Testing Capabilities for LoRa Devices at MWC 2017



Anritsu Corporation, a member of the LoRa Alliance, demonstrated its testing capabilities for LoRa devices for R&D and Manufacturing at Mobile World Congress this year. In a joint collaboration with IMST, Anritsu presented its preliminary version of a LoRa test measurement suite including RF transmitter and receiver tests of LoRa devices for production lines. The demonstration of the first one-box test solution for

LoRa measurements was done using the Anritsu MT8870A Universal Wireless Test Set and the IMST LoRa module iM880B-L, a LoRa Alliance certified product.

LoRa is a Low Power Wide Area Network (LPWAN) wireless technology intended for many IoT applications, such as smart metering, remote control and home automation. With the next additions to the LoRaWAN specification, comprehensive RF and protocol testing has become mandatory for device vendors, to ensure device coexistence and guarantee RF performance, in a rapidly growing ecosystem.

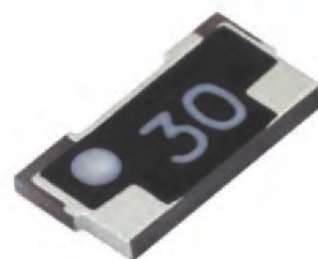
The Anritsu MT8870A Universal Wireless Test Set and the Anritsu MS2830A Vector Signal Analyser / Vector Signal Generator support the key RF transmitter and receiver measurements to guarantee device quality. The MS2830A provides a one-box test solution for R&D and compliance or regulatory tests, whereas the MT8870A is the perfect fit for production where speed, reliability and cost are important.

The ultra-long range radio iM880B-L module, based on Semtech's patented LoRa technology, is robust against interference, while the minimized power consumption of the module is the ideal solution for applications requiring long range, secure radio links within the 868 MHz frequency band. The iM880B-L can achieve a sensitivity of more than -137 dBm, which combined with the integrated +20 dBm power amplifier, makes it optimal for any application requiring range or robustness.

■ Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Products

Chip Attenuator Handles 20 W to 3 GHz



RFMW, Ltd. announced design and sales support for high power chip attenuators supporting multiple applications including mobile networks, broadcast, high power amplifiers, isolators/circulators, military designs and instrumentation. EMC Technology series 83A7046XX attenuators offer high power handling of 20 W CW (200 W peak) in a small, surface mount footprint. With a wide attenuation offering of 1 through 10 dB in 1dB increments along with 20 and 30 dB values, EMC provides attenuators in various materials including Alumina, Aluminum Nitride, Beryllium Oxide and CVD diamond. Maximum SWR is 1.22:1. EMC Technology series 83A7046XX attenuators provide a low cost, stable, passive solution for high power attenuation needs. Nominal impedance is 50 ohms.

■ RFW, Ltd.
www.rfmw.com

WLAN Test Set Supports IEEE802.11ac Standard

Anritsu Corporation has released the new Wireless Connectivity Test Set MT8862A, an integrated one-box test set specifically for testing 802.11 WLAN devices. With built-in communications protocols, the MT8862A measures the performance of the WLAN devices in the actual operating state, and is the first test equipment of its kind to support all IEEE802.11ac/n/a/g/b standards.

The rapid expansion of the Internet of Things has meant that the use of WLAN technology is no longer just limited to mobile devices such as smartphones. It is now being used in a wide range of IoT applications, including home electronics

such printers and TVs, the connected car, industrial equipment, sensors, and many more.

Generally, WLAN test equipment for manufacturing tests use a special inspection test mode for measurement that requires a physical control line connection between the WLAN devices and test equipment. In this configuration the test results are not a true measure of the actual performance as seen by users because the performance of the measured WLAN devices is analyzed using physical connection with a control line, without taking into account the effect of the internal wireless antennas. The Wireless Connectivity

Test Set MT8862A is targeted at design and quality assurance of WLAN devices. It has built-in standard WLAN protocol messaging (WLAN signaling) with Network Mode for testing the transmitter and receiver performance of a WLAN device non-destructively and using an OTA (Over The Air) measurement. The MT8862A offers faster integration into production, a universal solution for all WLAN chip sets, and is simpler to maintain and calibrate. It also reduces test system costs, increases production throughput, and delivers the most flexible WLAN testing available.

■ Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Test & Measurement

Anritsu Successfully Completes 1st ETSI NFV Interoperability Plugtests



Anritsu A/S announced the successful completion of the 1st NFV Plugtests at the first of its kind event organized by the European Telecommunications Standardisation Institute (ETSI) with the scope of validating and testing Network Functions Virtualization (NFV) interoperability. The event was organized by the ETSI Centre for Testing and Interoperability.

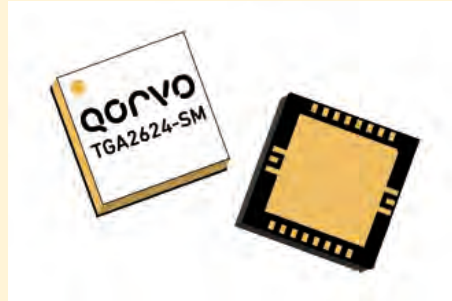
Anritsu participated with their MasterClaw vProbe VNF solution with the aim to validate interoperability with commercial and open-source MANO and VIM implementations. Participants to the multi-vendor interoperability event included 13 VNF vendors, 9 MANO suppliers and 11 NFVI/VIM solutions. The Anritsu vProbe VNF registered a 100% success rate on the executed test cases, proving multi-vendor compatibility and market readiness.

Part of Anritsu's MasterClaw multi-dimensional Service Assurance solution, the MasterClaw vProbe is capable of passively monitoring NFV and SDN networks and services (vEPC, vIMS, vPCF/PCRF, etc.) enabling use-cases such as network service troubleshooting, real-time service specific KPI monitoring, real-time streaming analytics, market leading CX and multi-dimensional network analytics solutions that are key to improving Customer Experience.

■ **Anritsu Corporation**
www.anritsu.com

Products

Amplifier for Weather/Marine Radar



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 9 to 10 GHz, 20 W, GaN amplifier targeted towards weather and marine radar applications. Qorvo's TGA2624-SM provides a saturated output power of 43 dBm with 18 dBm input. Power added efficiency is >40% and large signal gain is 25 dB. For non-saturated applications, small signal gain is >34 dB. The TGA2624-SM requires a 28 V bias capable of 365 mA and comes in a 7 x 7 mm air-cavity QFN package.

■ **RFMW, Ltd.**
www.rfmw.com

Skyworks Unveils SkyOne Ultra 3.0



Skyworks Solutions, Inc. introduced SkyOne Ultra 3.0, a highly integrated front-end solution for premium mobile device and smartphone manufacturers worldwide utilizing Skyworks' powerful SkyBlue enabling technology for industry-leading efficiency. SkyOne Ultra 3.0 is a fully optimized front-end system that incorporates all of the high performance RF and analog functionality including power amplification, duplex filtering and antenna switching into a single device.

The module integrates low noise receive amplifiers, allowing customers to achieve

much better sensitivity levels than previously possible. SkyOne Ultra 3.0 supports all major carrier aggregation (CA) combinations, meets class 2 high power user equipment (HPUE) requirements and addresses 2.5G/3G/4G handsets for more than 23 bands of LTE.

SkyOne Ultra consists of:

SKY78130: Front-end module for WCDMA/LTE (Low Bands)

SKY78131: Front-end module for WCDMA/LTE (Mid Bands)

SKY78132: Front-end module for WCDMA/LTE (High Bands)

SKY77365: Power amplifier for quad-band GSM/GPRS/EDGE

SKY87021: Power management IC with SkyBlue enabling technology

■ **Skyworks Solutions, Inc.**
sales@skyworksinc.com

High Rejection GPS, GLONASS FEM



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a front-end module (FEM) designed for GPS and GLONASS applications. TST's TN0081A contains a high performance pre-SAW filter, low noise amplifier (LNA) and post-SAW filter providing 18.5 dB of in-band gain and very high out-of-band rejection of unwanted signals.

Relative to the center frequency of 1575 MHz, rejection is 85 dBc from 704 to 915 MHz and 75 dBc from 1710 to 1980 MHz. Noise figure is only 1.6 dB typical for 1575 MHz applications and 1.7 dB typical for 1597...1606 MHz applications. The TN0081A draws only 3.3 mA from a 1.8 to 2.8 V supply and is offered in a very small 2.5 x 2.5 mm package requiring only two external components.

■ **RFMW, Ltd.**
www.rfmw.com

Products

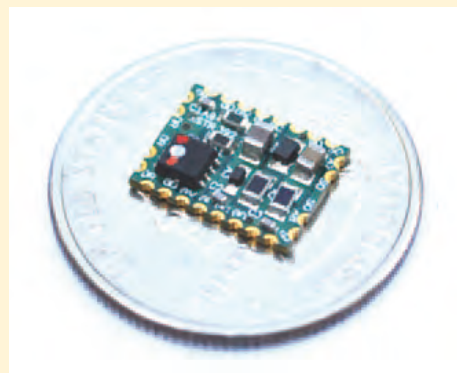
6 GHz Switch Offers 60 dB Isolation



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a high isolation, absorptive switch. The Qorvo RFSW6024 supports WiFi, LTE, 4G and general purpose wireless infrastructure from 5 to 6000 MHz. This SPDT switch offers 60 dB of isolation at 2 GHz and IIP3 of 66 dBm. Absorptive, it can handle a max CW input of 36 dBm. Insertion loss is only 0.75 dB and switching speed is 250 ns. Qorvo offers the RFSW6024 in a 4 x 4 mm QFN package.

■ *RFMW, Ltd.*
www.rfmw.com

Pulsed Mini Switch for GaN Transistors

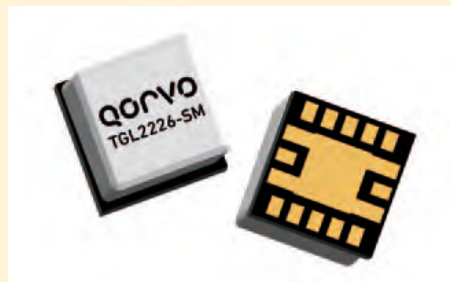


RFMW, Ltd. announced design and sales support for the 392P0000, 12 Amp pulsed switch from XSYSTOR, Inc. The 392P0000 MOS type switch is placed between the drain choke of the GaN transistor and power supply. It works with XSYSTOR 100 & 200 Series controllers to protect, operate, and modulate the GaN device. The unit is rated for drain voltages from 28 to 80 V with very-low Rds ON. The I/O ports of this tiny switch are castellated for solder joints at 0.05" pitch, and the module can be placed in any direction of RF flow for easy integration of GaN amplifiers in high speed, pulsed power systems. Clock speed rise and fall times are as fast as <200 ns. Operating temperature is specified for -40 to

+85 degrees but will withstand 175 degrees with derated voltage and current capacity.

■ *RFMW, Ltd.*
www.rfmw.com

15 GHz Attenuator Offers 31.5 dB Range



RFMW, Ltd. announced design and sales support for Qorvo's TGL2226-SM, a 6-bit, digital attenuator. With frequency coverage from 100 MHz to 15 GHz, the TGL2226-SM provides 0.5 dB least significant bit size for a range of 31.5 dB. Serving diverse markets such as radar, electronic warfare, satellite and point-to-point communication systems, this digital step attenuator is offered in a 3 x 3 mm QFN package for surface mount designs. Control voltage is -3 to -5 V.

■ *RFMW, Ltd.*
www.rfmw.com

RF Building Block Product Portfolio Expanded With Power Amplifier Release



CML Microcircuits is pleased to announce the release of a new range of RF Building Blocks: RF Power Amplifiers. The CMX901 is the first product in its range to be released and is a three-stage wideband, high gain and high efficiency RF power amplifier IC operating over 130 MHz to 950 MHz. The device is ideally suited for use in VHF/UHF radio applications such as data modules, Marine VHF communications and RFID readers/

Test & Measurement

Rohde & Schwarz and Prisma Telecom Testing present world's first test setup for 2 Gbit/s data transfer over LTE

Rohde & Schwarz and Prisma Telecom Testing have successfully completed verification of LTE FDD five component carrier (5CC) aggregation in the downlink, including 4x4 MIMO and 256QAM on each carrier. This combination allows data transfer rates up to 2 Gbit/s. The solution consists of an R&S CMWflexx setup and a Prisma UeSIM multiterminal simulator. The R&S CMW500 generates the five component carriers with 20 MHz bandwidth and 4x4 MIMO each using the 3GPP Rel. 12 256QAM modulation. The entire setup is able to provide a downlink data rate of close to 2 Gbit/s. The Prisma UeSIM terminates the traffic.

With this successful 5CC 4x4 MIMO verification, Rohde & Schwarz and Prisma Telecom Testing have achieved another important milestone in the commercial evolution of LTE-Advanced. The R&S CMW500, in its R&S CMWflexx configuration, and the Prisma UeSIM are the first test platforms to offer a combined downlink carrier aggregation solution for up to five 4x4 MIMO carriers and up to 2 Gbit/s throughput.

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

writers used in Industrial Internet of Things (IIOT) systems. High power added efficiency supports battery powered applications.

The first and second stages of the amplifier operate in a class-A and class-AB mode respectively, and the third stage operates in class-C mode for maximum efficiency.

Input and output matched circuits are implemented via external components and therefore can be adjusted to obtain maximum power and efficiency at the desired operating frequency. The CMX901 is available in a small footprint 5 x 5mm low thermal resistance 28-pin WQFN package making it ideal for small form factor applications.

■ *CML Microcircuits*
www.cmlmicro.com



POWER SPLITTERS/ COMBINERS

from **2 kHz to 40 GHz** as low as **89¢** ea. (qty. 1000)

Neu!

**Höchste Bandbreite im Industriebereich
mit einem einzigen Modell**

EP2K1+ 2 to 26.5 GHz

EP2W1+ 0.5 to 9.5 GHz

EP2C+ 1.8 to 12.5 GHz

Die größte Auswahl für den Industriebereich
umfasst tausende von Modellen für 2 kHz bis 40 GHz
mit HF-Leistungen bis zu 300 W in Gehäusen vom Koaxial-,
Flatpack-, Surfacemount- oder Rackmount-Typ bei 50 oder 75 Ohm
Systemimpedanz.

**Die Design-Palette umfasst 2- bis 48-Weg-Ausführungen
mit Phasenkonfigurationen für 0°, 90° oder 180°.**
Mini-Circuits Power Splitter/Combiner bieten eine große Auswahl an Eigenschaften und
Möglichkeiten, um alle Anforderungen zwischen ultrakleinen LTCC-Lösungen bis hin zu
High-Power- und Low-Insertion-Loss-Applikationen optimal zu erfüllen.

**Sie müssen schnell Ihr optimales Modell finden? Dann besuchen Sie
www.minicircuits.com und nutzen Sie Yoni2!**
Das ist unsere patentierte Suchmaschine, die Ihnen zielgenau aktuelle Testdaten,
Spezifikationen und Applikationshinweise liefert, welche Ihren spezifischen
Erfordernissen bestmöglich entsprechen! Hinzu kommen S-Parameter, PCB Layouts,
Preislisten, Liefermöglichkeiten und alles, was Sie für eine schnelle Lösung Ihrer
Applikationsaufgabe benötigen!

Alle Katalogmodelle sind kurzfristig lieferbar, also informieren Sie sich noch heute auf
www.minicircuits.com!

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

 **Mini-Circuits®**

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com 448 rev T

DISTRIBUTORS

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

Erweiterung der Partnerschaft zwischen TDK-Micronas und ENDRICH



Die Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH ist ab sofort Franchisepartner der TDK-Micronas GmbH für den Vertrieb von TDK-Micronas Produkten innerhalb des Wirtschaftsraums Europa, Naher Osten und Afrika (EMEA).

TDK-Micronas bietet heute das weltweit breiteste Portfolio an Hall-Effekt-Sensoren und embedded Motor-Controllern für den Automobil- und Industrie-

markt an. Der Distributionsvertrag umfasst das gesamte TDK-Micronas Produktspektrum an Hall-Effekt-Sensoren und embedded Motor-Controllern. Darüber hinaus bietet ENDRICH seinen Design-Kunden innerhalb EMEA umfassenden Support und eine weltweite Logistik an.

„Die hohe Produktqualität und die kurzen Reaktions- und Lieferzeiten von TDK-Micronas werden von unseren Kunden sehr

geschätzt. ENDRICH ist bekannt für seine außergewöhnlich engen Kundenbeziehungen und sein hochspezialisiertes Produktportfolio“, sagt Bernhard Huber, Vice President Sales bei TDK-Micronas. „Gemeinsam entwickeln wir starke Lösungen für unsere Kunden aus dem Automobil- und Industrieumfeld. Ab sofort auch über Europa hinaus.“

Auch Dr. Christiane Endrich, Geschäftsleitung Endrich Bauelemente, äußerte sich positiv zum Vertragsabschluss: „TDK-Micronas ist bereits ein langjähriger, strategisch wichtiger Partner für Endrich im Bereich Hall-Sensoren und Embedded Controllern. Mit dem Vertrag möchten wir diese Partnerschaft festigen und weiter ausbauen. Wir freuen uns auf viele weitere Jahre erfolgreicher Zusammenarbeit mit TDK-Micronas.“

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

SE Spezial-Electronic startet europaweiten 24-Stunden-Programmierservice für SiTime-MEMS-Oszillatoren

Als europaweit erstes autorisiertes Distributionsunternehmen bietet SE Spezial-Electronic ab sofort für alle Standard-MEMS-Oszillator-Familien von SiTime einen eigenen 24-Stunden-Programmierservice an. Die Auswahl der jeweiligen Komponenten inklusive Definition der gewünschten technischen Parameter erfolgt ganz einfach per Mausklick im neuen, eigens dafür eingerichteten eShop. Ausgeliefert werden die im hauseigenen Servicecenter programmierten Bauteile spätestens 24 Stunden nach Auftragsingang.

MEMS-basierte Oszillatoren sind längst nicht mehr nur ein Nischenprodukt. Aufgrund ihrer vielfältigen technischen und wirtschaftlichen Vorteile erobern sie sich immer mehr

bislang von quarzbasierten Komponenten dominierte Märkte. So finden die Produkte von SiTime inzwischen sogar selbst als hochpräzise Zeitgeber für Telekom- oder Netzwerkapplikationen oder als AEC-Q100-qualifizierte Oszillatoren für Automotive Safety Integrity Level (ASIL)-Applikationen schon großen Zuspruch. Mit der Folge, dass die Nachfrage nach MEMS-basierenden Oszillatoren seit geraumer Zeit kontinuierlich immer weiter steigt. Insgesamt über 500 Millionen MEMS-Oszillatoren verschiedener Art konnte SiTime als Marktführer bereits absetzen.

Das neue MEMS-Oszillator-Programmierzentrum von SE Spezial-Electronic ist dafür ausgelegt, innerhalb kurzer

Zeit nahezu jede gewünschte Menge vom Einzelmuster bis hin zu großen Serienstückzahlen zu liefern. Aktuell können bis zu 3000 Bauteile pro Stunde programmiert und gegutet werden, wobei Kunden anfangs die Wahl zwischen acht Bauteileserien und vier Gehäusegrößen haben.

Die Bestellung der programmierbaren SiTime-Oszillatoren kann unter <http://sitime.spezial.com> direkt über das Internet erfolgen.

Weitere Informationen zum Programmierservice können auch unter sitime@spezial.com angefordert werden.

■ *SE Spezial-Electronic GmbH*
www.spezial.com

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift für HF- und Mikrowellentechnik

• **Herausgeber und Verlag:**

beam-Verlag
Krummbogen 14
35039 Marburg
Tel.: 06421/9614-0
Fax: 06421/9614-23
info@beam-verlag.de
www.beam-verlag.de

• **Redaktion:**

Dipl.-Ing. Reinhard Birschel (RB)
Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

• **Anzeigen:**

Frank Wege
Tel.: 06421/9614-25
Fax: 06421/9614-23
frank.wege@beam-verlag.de

• **English Contact:**

Myrjam Weide
Fon.: +49-6421/9614-16
m.weide@beam-verlag.de

• **Erscheinungsweise:**
monatlich

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

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

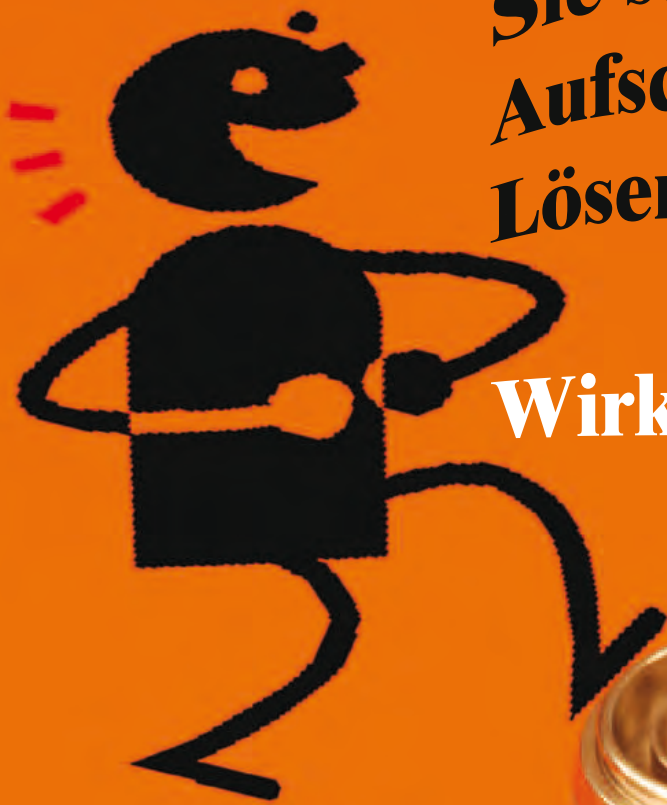
Der beam-Verlag übernimmt trotz sorgsamer Prüfung der Texte durch die Redaktion keine Haftung für deren inhaltliche Richtigkeit.

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

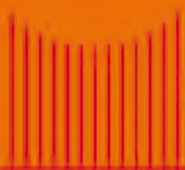
Dies berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten sind und von jedermann ohne Kennzeichnung verwendet werden dürfen.

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

**Wirklich noch nichts vom
P u s h - O n gehört?
A u f s t e c k e n,
A b z i e h e n,
F e r t i g!**



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



Spectrum
Elektrotechnik GmbH

wenn Qualität benötigt wird

80905 München

Telefon: 089-3548-040

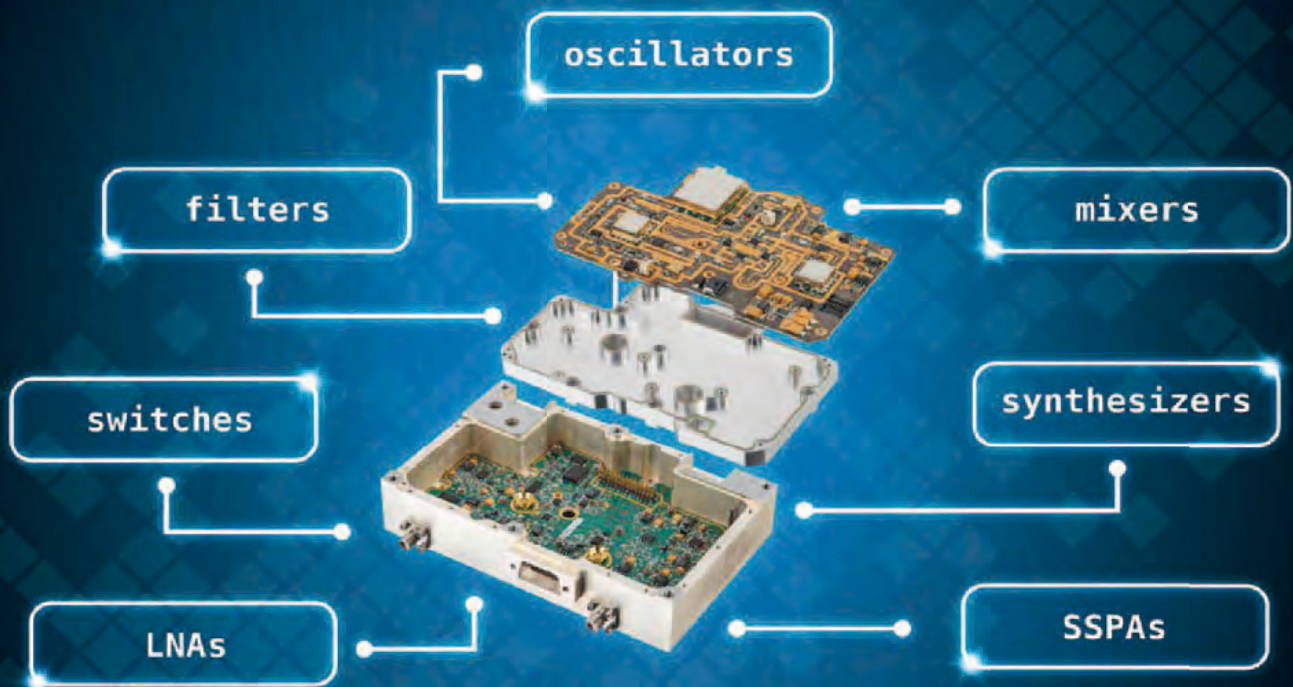
WWW.SPECTRUM-ET.COM

Postfach 450533

Fax: 089-3548-0490

Email: Sales@spectrum-et.com

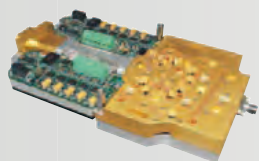
GLOBES – SCHON “IMMER” DER PARTNER VON NARDA – JETZT AUCH FÜR NARDA-MITEQ



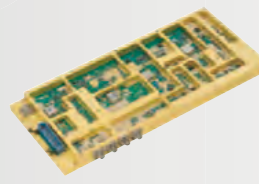
narda  **MITEQ**



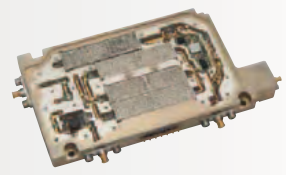
EW Receiver



Ka-Band SSPA



DDS Synthesizer



Switched Filter Banks

Your Resource for the Most Advanced Integrated Microwave Assembly Products and Subsystems

L-3 Narda-MITEQ offers more than 60 years of innovative integrated assembly expertise in microwave and RF technology, delivering both performance and packaging solutions not considered possible in the past. This knowledge and experience allows us to integrate these capabilities and create superior integrated microwave assemblies. Providing everything from design to production, we're ready to meet your most challenging requirements. When your next project demands a highly specialized approach, count on L-3 Narda-MITEQ – *your best resource for integrated microwave assemblies.*

Weitere Informationen erhalten Sie über →

HEILBRONN Berliner Platz 12 • 74072 Heilbronn
Tel. (07131) 7810-0 • Fax (07131) 7810-20

HAMBURG Gutenbergring 41 • 22848 Norderstedt
Tel. (040) 514817-0 • Fax (040) 514817-20

MÜNCHEN Streiflacher Str. 7 • 82110 Germering
Tel. (089) 894 606-0 • Fax (089) 894 606-20

GLOBES
ELEKTRONIK



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

