März 3/2017 Jahrgang 22

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

Hochleistungs-MMICs für Frequenzen von DC bis 100 GHz

Macom, Seite 6

from $139.95 (qty. 1-9)
Rugged connectorized package
0.75 x 0.74 x 0.46"

from $11.95 (qty. 20)
3x3 mm 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!

- *geringers Rauschmaß (1,3 dB)*
- *hohe Verstärkung (21 dB)*
- *exzellente Flatness der Verstärkung: ±0,7 dB*
- *hoher IP3 (35 dBm)*
- *hohe Ausgangsleistung (23,2 dBm)*

Mini-Circuits®

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

553 revOrig

DISTRIBUTORS

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

Signalintegrität, Power Aware & Power-Integrität

Ein Gespenst geht um im Bereich der modernen HF- und Digital-Technik: Signalintegrität. „Integrität“ meint „vollständig und unbeeinträchtigt“. Ein HF-Signal mit hoher Integrität kommt beispielsweise mit einem völlig unproblematischen Störabstand daher und ist robust gegen Einstrahlungen. Doch mit steigender Frequenz wird es immer schwieriger, solche Signale zu erzeugen.

Eine oft bei der Simulation vergessene Störquelle ist die Stromversorgung. Doch Analysen zur Signalintegrität besonders beim PCB Design führen nicht selten ohne Berücksichtigung möglicher Schwankungen im Output einer Stromversorgung zu falschen Schlüssen.

Was also hier beachten? Zunächst ist die Stromversorgung selbst zu analysieren. Differentieller Innenwiderstand, Regelgeschwindigkeit und Regelumfang oder HF-Einstrahlfestigkeit sind dabei nur einige Punkte. Hinzu kommt die Frage, ob Rückwirkungen des zu versorgenden HF- oder Digital-Designs auftreten können. Diesen Problemkreis nennt man Power Aware. Bei einer solchen Simulation versucht man, ungewollte Effekte vorherzusagen, indem man die Realität mit mathematischen Modellen nachbildet. Doch leider ist die Wirklichkeit hier sehr komplex. Daher kommt man um Vereinfachungen nicht umhin.

Wichtig ist immer, die gesamte Übertragungsstrecke zu analysieren. Nicht nur die Signalquelle und der Baustein zur Signalverarbeitung, auch die Stromversorgung bei Quelle und Senke und damit die Power-Integrität. Die beschreibt die Qualität einer Stromversorgung – einschließlich aller Verbindungsleitungen und Bypass-Kondensatoren.

Nach der Simulation folgen Machbarkeits-Überlegungen unter Berücksichtigung von Kosten, Energieverbrauch, Störwahrscheinlichkeiten usw. So nähert man sich dem optimalen Stromversorgungssystem.

Das Arbeitsfeld ist vielseitig: Welche internen, welche externen Einflüsse sind zu erwarten? Welches sind die am besten geeigneten Bypass- und EMV-Kondensatoren? Wo werden sie am wirksamsten platziert? Wie hoch ist das Rauschen auf dem Versorgungssystem, und wie kann man es senken?

Last not least sind Testaufbauten gründlich zu überprüfen. Denn wenn Theorie (Simulation) und Praxis (Experiment) Hand in Hand gehen, werden bekanntlich die besten Ergebnisse erzielt!

Ing. Frank Sichla
hf-praxis

TACTRON ELEKTRONIK

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:

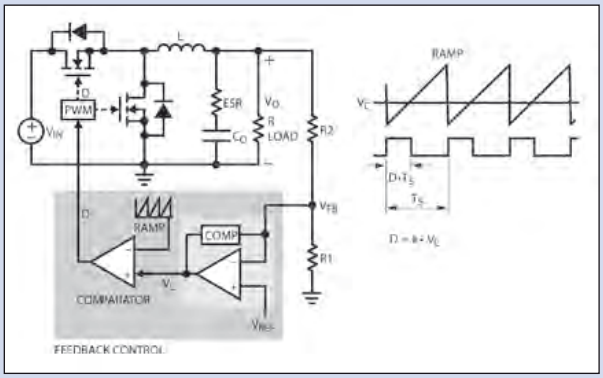
Hochleistungs-MMICs für Frequenzen von DC bis 100 GHz

Die MMICs von Macom eignen sich für Anwendungen in Prüf- und Messsystemen, der Satellitenkommunikation, der Luftfahrt- und Rüstung, leitungsgebundenen Breitbandsystemen als auch in der Industrie, Forschung und Medizintechnik. **6**

Schwerpunkt: Stromversorgung

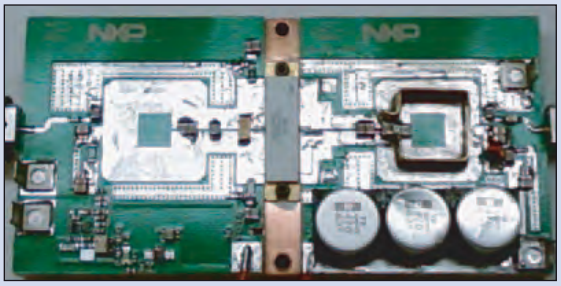
Fachartikel:

Schleifenkompensation bei Schaltnetzteilen: Modellierung und Design, Teil 2



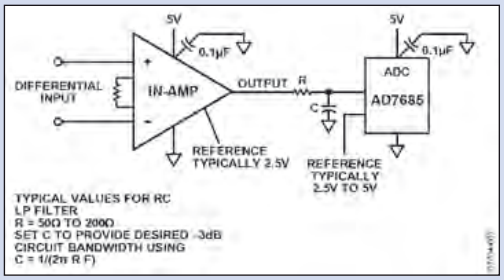
Teil 2 dieses Artikels beschäftigt sich mit dem Schließen der Rückkopplungsschleife mittels Spannungsmodesteuerung, dem Hinzufügen einer Stromschleife zur Current Mode Control und dem Vergleich der Spitzen- bzw. Talstrom-Mode-Control-Methoden. **24**

EM-Simulationstechniken verbessern das Modellieren von PCB-VHF-Baluns, Teil 1



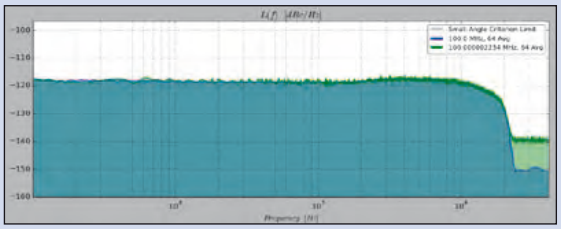
Beim Design von Baluns und anderen passiven Baugruppen, kann man moderne Electromagnetic-Simulatoren einsetzen. Hier wird nun ein solcher Ansatz für gedruckte Baluns beschrieben, der den Design-Erfolg mithilfe der NI-AWR-Design-Umgebung erzielt. **28**

Richtiger Verstärker-Entwurf mit integrierten Schaltungen



Dieser Applikationsbericht beleuchtet die am häufigsten auftretenden Designprobleme und beschreibt anhand von Operations- und Instrumentationsverstärkern praktische Lösungen. **45**

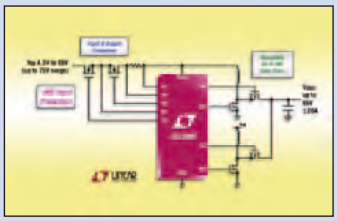
Phasenrauschen messen mit dem Echtzeit-Sampling-Oszilloskop, Teil 2



Im vorliegenden zweiten Teil des Artikels betrachten wir die Genauigkeit, die man mit Taktrückgewinnung aus einem seriellen Datensignal erreichen und welche Signale man auf diese Weise sinnvoll analysieren kann. **58**

Stromversorgung:

Mehrphasen-Synchron-Aufwärtsregler-Controller



Linear Technology Corp. präsentierte den LTC3897, einen Mehrphasen-Synchron-DC/DC-Aufwärtsregler-Controller mit Eingangsüberspannungs-Stopper und „Ideale-Diode"-Controller. **20**

Sehr kompakte 8-W-DC/DC-Konverter im Metallgehäuse

Die DC/DC-Wandler aus der Serie TEL 8 WI von Telco (Vertrieb: Traco) bieten Eingangsbereiche in der Dynamik 4:1 und sind für einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +80 °C vorgesehen. **22**

Messtechnik:

Vielkanal-LXI-Digitizer mit hoher Auflösung

Spectrum hat eine neue Reihe von schnellen 14- und 16-Bit-Digitizern auf LXI-Basis vorgestellt, passend für Anwendungen bei denen eine große Anzahl Kanäle aufgezeichnet und analysiert werden muss. **56**

RF & Wireless International

A Product Development Flow for 5G/LTE Envelope Tracking Power Amplifiers, Part 1

NI AWR software is continually advancing to help RF/microwave engineers meet the challenges with system/circuit/electromagnetic co-simulation and a streamlined path to NI's test solutions for design verification. **70**

Infineon supports LTE-A LNA customers with band-specific application notes

Mobile phone design has to support higher data rates and more functionality. Infineon is addressing this need with 3G/4G, LTE, and LTE-Advanced LNA, MMICs and multiplexer modules designed to optimize the sensitivity of mobile cellular devices and systems. **76**

Rubriken:

Editorial 3
Inhalt 4
Titelstory 6
Schwerpunkt
Stromversorgung 14
Design 8/24
Aus Forschung und Technik 32
Funkmodule 36
Quarze und Oszillatoren 38
Applikationen 45
Bauelemente 50
EMV 51
Sensornetzwerke 54
Messtechnik 55
Praxis 64
RF & Wireless 68
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

München · Berlin · Düsseldorf · Stuttgart

Hochleistungs-MMICs für Frequenzen von DC bis 100 GHz

Mit dem branchenweit umfangreichsten Portfolio an MMICs für den Bereich von DC bis 100 GHz setzt MACOM neue Maßstäbe in puncto Performance, Qualität und Zuverlässigkeit. Die MMICs eignen sich für Anwendungen in Prüf- und Messsystemen, der Satellitenkommunikation, der Luftfahrt- und Rüstung, leitungsgebundenen Breitbandsystemen als auch in der Industrie, Forschung und Medizintechnik.

Seit mehr als 60 Jahren arbeiten Design- und Applikationsexperten von MACOM an Innovationen in der Hochfrequenz-, Mikrowellen- und Millimeterwellen-Technik. Basierend sowohl auf modernsten Foundry-Technologien als auch hauseigenen Prozessen deckt das MMIC-Portfolio von MACOM die verschiedensten Produktkategorien, von Verstärkern über Frequenzwandler und Steuerungsprodukte bis zu Frequenzgeneratoren und Detektoren ab, einschließlich sämtlicher Funktionsabschnitte von der Erzeugung, Verstärkung und Aufbereitung bis zur Umwandlung und Überwachung der Signale.

„Die fortlaufende Konsolidierung in der Halbleiterindustrie hat das Ökosystem an MMIC-Anbietern sehr stark verändert. Heute stehen nicht mehr viele zuverlässige Lieferquellen für ein breites Angebot an Hochleistungs-MMICs zur Verfügung“, erklärt Graham Board, Senior Director bei MACOM. „Deswegen haben wir verstärkt in fortschrittliche MMIC-Technologien investiert und unser Portfolio an MMIC-Produkten ausgebaut, beispielsweise mit unserer neuen Verstärkerfamilie für Anwendungen in Kabelfernseh-Infrastrukturen gemäß DOCSIS3.1. Diese verlangen nach hoher Verstärkung, herausragender Linearität und einer geringen Rauschzahl. Mit einem Frequenzbereich von 5 bis 1.218 MHz ist unsere neue Familie von 75-Ω-Verstärkern ideal für solche Anforderungen geeignet.“

Gleich fünf neue MMIC-Verstärker von MACOM decken das Downstream-Kabelfernsehband von 45 – 1.218 MHz ab. Zwei Verstärker, der MAAM-011162 und der MAAM-011163, unterstützen auch das Upstream-Band von 5 – 1.218 MHz. MACOM entwickelte diese Verstärker für Anforderungen im Bereich der 75-Ω-Verstärker für kleine und mittlere Signalstärken in neuen und bestehenden HFC-Netzen (Hybrid Fiber Coax).

Der MAAM-011220, ein höchstlinearer Verstärkerblock für den Frequenzbereich von 45 - 1.218 MHz, überzeugt durch seine geringe Rauschzahl und eine Verstärkung von 18,5 dB. Der Verstärker wird in einem industriestandardgemäßen Kunststoffgehäuse der Bauform SOT-89 mit drei Anschlüssen geliefert und kann - je nach der verfügbaren Versorgungsspannung und den Systemanforderungen - mit 8 oder 5 Volt Bias-Spannung betrieben werden.

Bei dem Baustein MAAM-011194 handelt es sich um einen differenziellen, dreistufigen VGA im 5 x 7 mm großen PQFN-Gehäuse. Der für Frequenzen von 45 - 1.218 MHz ausgelegte VGA bietet eine Verstärkung von 36 dB, eine Rauschzahl von 2,5 dB und einen ausgezeichneten ACPR-Wert bei Ausgangspegeln, die um +7 dB über den DRFI-Spezifikationen (Downstream Radio Frequency Interference) der Cable Labs liegen.

Der MAAM-011162 ist ein massebezogener Verstärker mit hoher Linearität und geringer Rauschzahl, der die Upstream- und Downstream-Bänder von 5 - 1.218 MHz abdeckt. Der Baustein im SOT-89-Kunststoffgehäuse mit drei Anschlüssen kommt in Upstream- und Downstream-Anwendungen auf eine flach verlaufende Verstärkung von 18 dB.

Der differenzielle Verstärker MAAM-011163 deckt das Upstream- und Downstream-Band von 5 - 1.218 MHz ab. Ausgestattet mit einem Kunststoffgehäuse der Bauart SOIC-8EP, überzeugt der Baustein durch eine Verstärkung von 19 dB, eine hervorragende S11- und S22-Anpassung, hohe Linearität sowie eine Rauschzahl von 1,4 dB bei 45 MHz.

Schließlich kommt mit dem MAAL-011136 ein breitbandiger Verstärker mit äußerst geringer Rauschzahl für den Frequenzbereich von 45 - 1.218 MHz auf den Markt. Der MAAL-011136 bietet eine flach verlaufende Verstärkung von 20 dB und eine geringe Verzerrung mit einem S22-Wert von 16 dB. Er eignet sich als Eingangsstufe für kostengünstige optische FTTX-Empfänger (Fiber-To-The-X) und weitere Anwendungen in der 75-Ohm-Infrastruktur.

Weitere Informationen über die Hochleistungs-MMICs von MACOM finden Sie auch auf www.macom.com/mmics. ◄

MACOM
www.macom.com

Real-Time Power Sensors for Real-Time Measurement Challenges

RTPP Featuring *Real-Time Power Processing™* technology, these sensors deliver 100,000 measurements per second, no gaps in signal acquisition and zero measurement latency.

RTP4000
Real-Time True Average Power Sensors
- 6 kHz to 6 GHz
- Wide Dynamic Range
- Pulse, Average, CW and Modulated Modes

RTP5000
Real-Time Peak Power Sensors
- 6 GHz, 18 GHz and 40 GHz power sensors
- 195 MHz video bandwidth
- 3 ns rise time

Visit us at
emv
Stuttgart, 28.-30.03.2017
Hall C2 - Booths 312-315

Boonton

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

Bessere Breitband-HF-Leistungsverstärker entwickeln

Entwickler von HF-Leistungsverstärkern nutzen seit langem die Doherty-Architektur, um den Wirkungsgrad ihrer Designs zu erhöhen. Ihre Wirksamkeit und Einfachheit hat sie zur am häufigsten verwendeten Architektur für Hochleistungs-Mobilfunkstationen gemacht, obwohl die Bandbreite eingeschränkt sein kann.

Jawad H. Qureshi
Walter Sneijers
John Gajadharsing
Ampleon, Nijmegen, Niederlande
www.ampleon.com

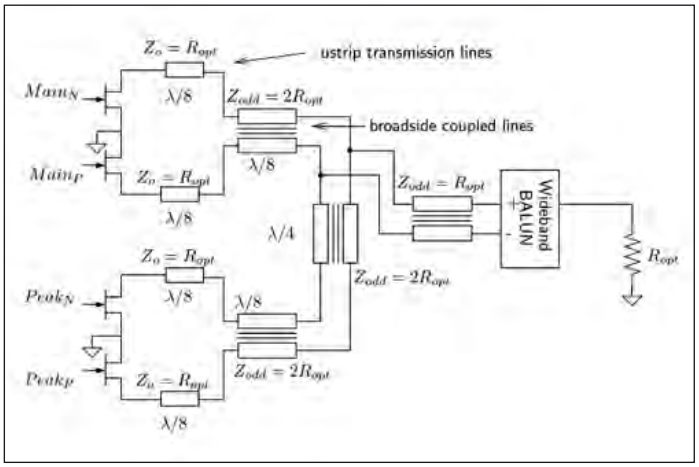


Bild 1: Schaltplan des Odd-Mode Doherty-Kopplers (Bilder: Ampleon)

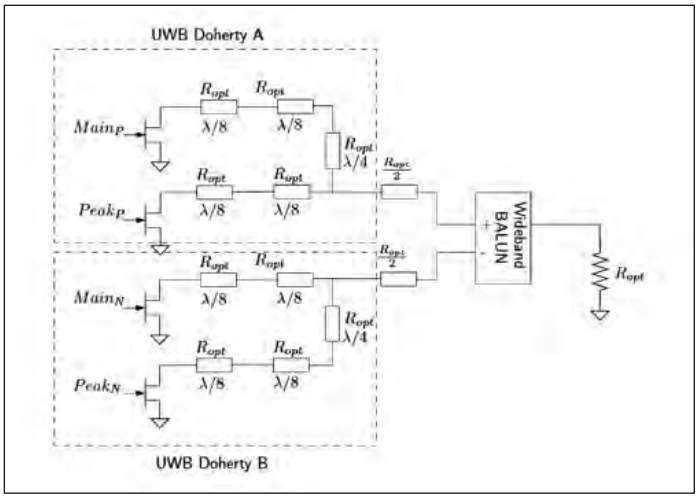


Bild 2: Äquivalenter Schaltkreis des Odd-Mode Doherty-Verstärkers

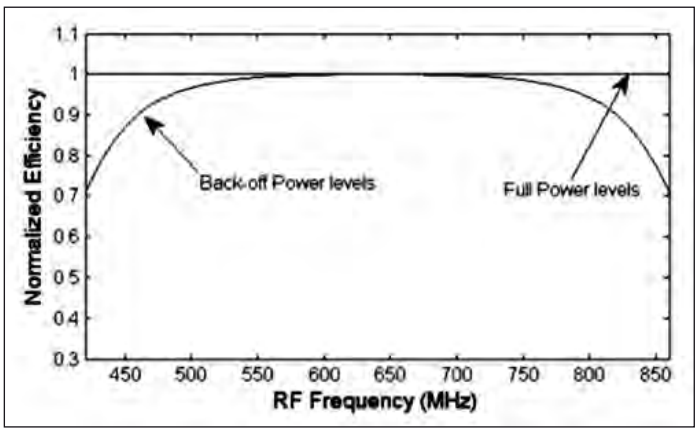


Bild 3: Normalisierter Wirkungsgrad des Odd-Mode Doherty-Kopplers

Jüngste Forschungen haben ergeben, dass eine einfache Modifikation eines grundlegenden Doherty-Leistungsverstärkers (DPA) diese Einschränkungen beseitigt. Der Verstärker eignet sich dann wesentlich besser für Anwendungen wie z.B. als Rundfunk-TV-Sender.

Die modifizierte Doherty-Architektur

bietet eine hervorragende Effizienz und Bandbreite, aber die Integration in zirkulatorlose Sender mit einem Reflexionsfilter für Harmonische ist schwierig, da ein Single-Ended-Aufbau vorliegt und keine Sperrkreise für zweite Harmonische vorhanden sind. Die modifizierte Architektur erfordert zudem einen Doherty-Leistungskoppler, der mit der Basis-Impedanz der PAs betrieben wird. Dies ist bei den erforderlichen hohen Leistungen schwierig umzusetzen, da die Übertragungsleitungen sehr groß ausfallen würden.

Die meisten Hochleistungs-Breitbandverstärker der Klasse AB basieren daher auf einer Push-Pull-Topologie. Für Breitband-DPAs ist diese aber schwer umzusetzen, da ein Breitband-Balun (Symmetrisch-auf-Unsymmetrisch-Wandler) mit einer elektrischen Länge von 20 bis 30° bei Impedanzen von 2 Ω erforderlich ist. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, ist die Kombination einer Viertelwellen-Übertragungsleitung mit dem Balun. Obwohl damit die Leistungsfähigkeit des resultierenden DPAs sehr beeindruckend ist, kann nicht das gesamte UHF/UKW-Band verstärkt werden, da ein guter Breitband-Balun nur schwer zu erzielen ist.

Dieses Problem wird mit einer Odd-Mode Breitband-Doherty-Architektur gelöst, die den Balun und den Breitband-Doherty-Leistungskoppler enthält. Damit stehen die erforderliche Bandbreite und die Signalunterdrü-

PASTERNACK®
THE ENGINEER'S RF SOURCE

HF-Lösungen von HF-Ingenieuren

Größte Auswahl ✓

Technische Unterstützung ✓

Ab Lager verfügbar ✓

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

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

MRC GIGACOMP GmbH & Co. KG, info@mrc-gigacomp.com, www.mrc-gigacomp.com
Bahnhofstraße 1, 85354 Freising, Telefon +49 8161 98480, Fax +49 8161 984820
Grassinger Str. 8, 83043 Bad Aibling, Telefon +49 89 416159940, Fax +49 89 416159945

MRC GIGACOMP
specialists in RF

ckung der zweiten Harmonischen zur Verfügung. Unser Prototyp bietet mehr als 40% durchschnittlichen Wirkungsgrad über den Großteil des UKW-Rundfunkfrequenzbereichs (von 470 bis 810 MHz), bei einer durchschnittlichen Ausgangsleistung von 220 W sowie einer Spitzenleistung von mehr 1,4 kW. Der PA ist kompatibel zu digitalen Vorverzerrungstechniken, wie sie für handelsübliche DVB-T-Signalerzeuger erforderlich ist.

Odd-Mode Doherty-Leistungskoppler

Bild 1 zeigt den vereinfachten Schaltplan des vorgeschlagenen Breitband-Kopplers. Der Großteil des Schaltkreises wird mit Breitseiten-gekoppelten Übertragungsleitungen erstellt, zusammen mit einem idealen Breitband-Balun am Ausgang. Breitseiten-gekoppelte Leitungen können für fast jede Impedanz ausgelegt werden und bieten hohe Gleichtakt-Impedanzen, wenn die Masseebene im Vergleich zur Substratdicke weit entfernt ist. Diese Leitungen bieten auch wesentlich niedrigere Impedanzen als Microstrip-Übertragungsleitungen ähnlicher Größe, da zwischen den Leitern der Übertragungsleitung höhere Kapazitäten auftreten.

Schaltkreisanalysen lassen sich vereinfachen, wenn sie getrennt nach differenziellen (Odd-Mode) und Gleichtakt-Modus-Bedingungen (Even-Mode) evaluiert werden. Wenn die Eingänge der Haupt- und Spitzenleistungs-Transistorpaare durch differenzielle Signale angesteuert werden, gibt die Odd-Mode-Analyse des Schaltkreises die Antwort auf grundlegende Signale und die Even-Mode-Analyse die Antwort auf zweite harmonische Signale wider.

Odd-Mode-Analyse

Für die Odd-Mode-Analyse werden die Transistoreingänge differenziell angeregt, und der Schaltkreis wird nach Fundamentalfrequenzen von 470 bis 810 MHz analysiert. Unter diesen Bedingungen fungieren alle Breitseiten-gekoppelten Übertragungsleitungen als Microstrips, und der Schaltkreis verhält sich wie zwei Doherty-Verstärker bei differenzieller Erregung und in Kombination mit einem Balun (Bild 2). Damit ergibt sich eine hohe Breitband-Leistungsfähigkeit, sowohl bei verminderter als auch voller Leistung (Bild 3).

Even-Mode-Analyse

Um den Schaltkreis nach zweiten harmonischen Strömen zu analysieren, wird angenommen, dass die Eingangssignale der Haupt- und Spitzenleistungs-Transistorpaare phasengleich sind und der Schaltkreis für zweite harmonische Frequenzen von 900 bis 1900 MHz analysiert wird.

Unter diesen Bedingungen stellen alle Breitseiten-gekoppelten Übertragungsleitungen zusammen mit dem Ausgangs-Balun einen offenen Schaltkreis dar. Dieser ist vereinfacht in Bild 4 zusammen mit seiner Frequenzantwort dargestellt.

Ausgangs-Balun

Damit unser modifizierter Doherty-Schaltkreis ordnungsgemäß funktioniert, ist ein planarer Breitband-Balun erforderlich, der die Ausgangsimpedanz des Schaltkreises in 50 Ω umwandelt. Für unseren 1,4-kW-Breitband UKW-DPA-Prototypen beträgt die erforderliche normierte Bandbreite an die 55%, und die erforderliche Impedanz-Umwandlungsrate mehr als 20. Um diese Vorgaben zu erfüllen, nutzen wir die Merkmale der Übertragungsleitung eines planaren Baluns, um einen breitbandigen, mehrteiligen Impedanzwandler zu erhalten (Bild 5).

Der Aufbau fungiert als Balun und Impedanzwandler (mit einem Wandlungsverhältnis von 20) über mehr als 55% der normierten Bandbreite mit einer Eingangsreflexion von weniger als -25 dB und einem Verlust von weniger als 0,5 dB.

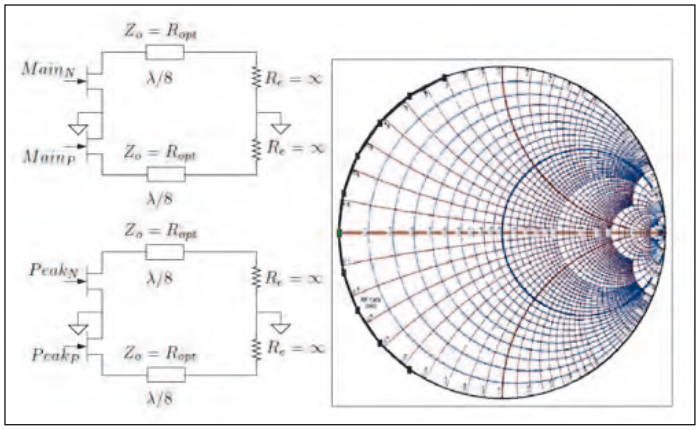


Bild 4: Even-Mode-äquivalenter Schaltkreis des Odd-Mode Doherty-Verstärkers und sein Verhalten bei zweiten harmonischen Frequenzen

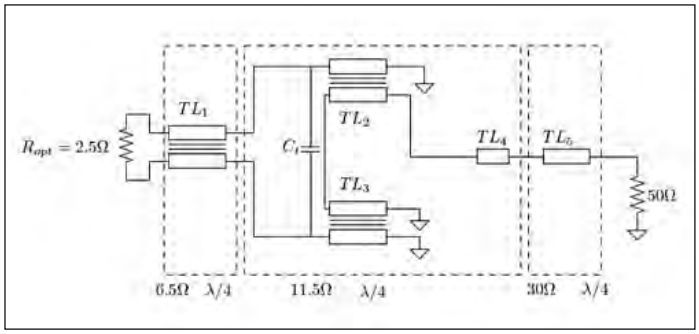


Bild 5: Ausgangsimpedanzwandler und Balun

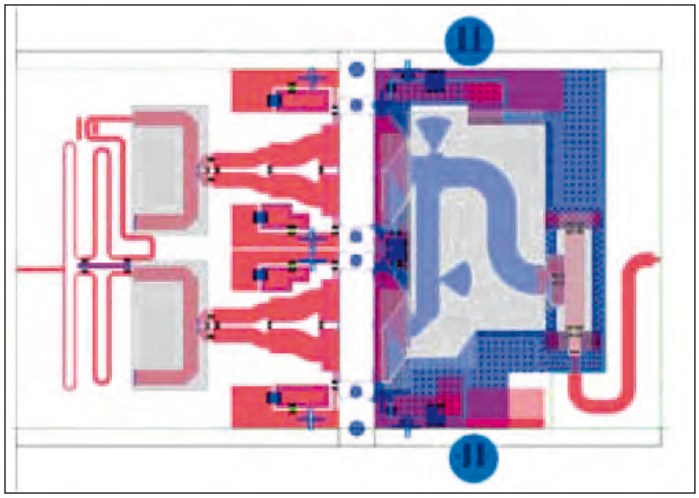


Bild 6: Layout des Odd-Mode Doherty-Prototypen

Aufbau eines Prototypen

Um die Odd-Mode Doherty-Architektur in der Praxis zu demonstrieren, haben wir einen Prototypen für UKW-Rundfunk-TV-Anwendungen auf Basis von Ampleons LDMOS-Bausteinen BLF888A/B erstellt. Die Verwendung von Breitseiten-gekoppelten Übertragungsleitungen erschwert das Layout, weshalb eine mehrlagige Leiterplatte zum Einsatz kam (Bild 5). Die Schaltkreise auf den inneren Lagen sind durch die schattierten Pfade im Bild dargestellt. Die Leiterplatte ist auf einer Grundplatte mit Lufthohlräumen montiert,

ANALOG DEVICES

AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

INNOVATING A 5G WORLD

SIGNAL CHAIN EXPERTISE AND SYSTEM-LEVEL KNOWLEDGE TO SOLVE THE TOUGHEST 5G CHALLENGES.

Analog Devices has been at the forefront of enabling wireless communication technologies, up to 4G and LTE/LTE-A. As market leaders in data converters, RF, microwave and millimeter wave, our proven capabilities, antenna-to-bits portfolio, and integration expertise will help drive the next global wireless standard – and build your 5G future.

#ADIahead

EXPLORE MORE ON
analog.com/RFMW

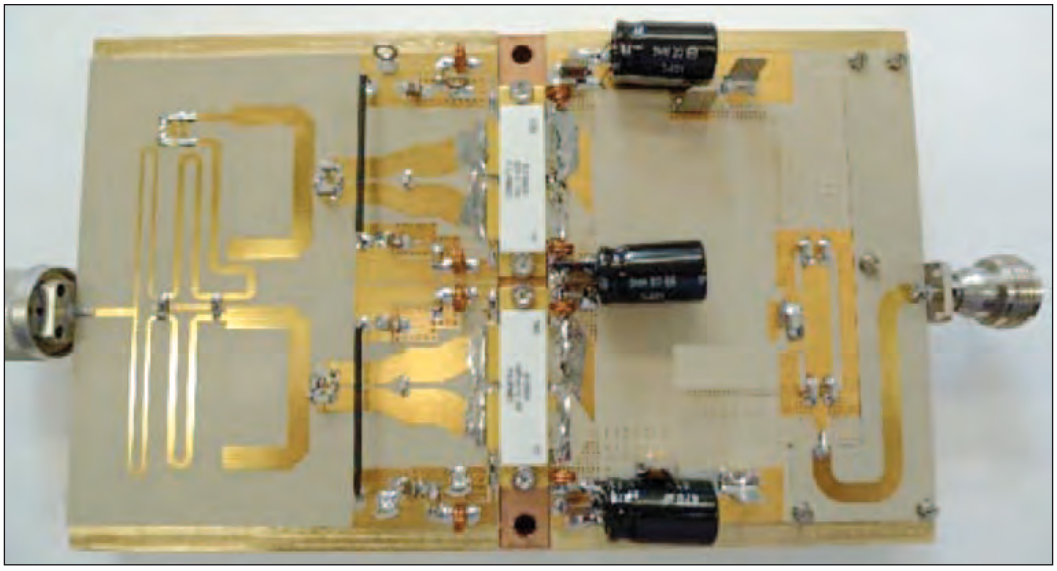


Bild 7: Prototyp eines Odd-Mode Doherty-Verstärkers

um hohe Gleichtaktimpedanzen für die gekoppelten Leitungen bereitzustellen.

Messungen am Prototyp

Wie verhält sich der Prototyp im Betrieb? Zur Messung kam ein gängiger DVB-T-Erreger zum Einsatz. Die Ergebnisse sind in Bild 8 dargestellt.

Das Eingangssignal des DPA war ein DVB-T-Signal mit einem PAR-Wert (Peak to Average Ratio) von 9,5 dB. Die Messungen wurden bei 220 W Ausgangsleistung durchgeführt, sodass der Ausgangs-PAR-Wert stets mehr als 8 dB betrug. Der Prototyp bot mehr als 40% Wirkungsgrad über den größten Teil des Bandes.

Der gleiche DVB-T-Erreger wurde für die Vorverzerrung des DPA-Ausgangs verwendet. Der Prototyp kann somit mit einer Vorverzerrung verwendet werden, um den erforderlichen ACLR-Wert (Adjacent Channel Leakage Power Ratio; Nachbarkanalmessung) zu erzielen. Damit wird die Fähigkeit des Verstärkers gemessen, seine Ausgangsleistung auf den vorgesehenen Kanal zu beschränken.

Fazit

Die Doherty-Architektur vereint mindestens zwei Leistungsverstärker (PAs), die auf maximalen Wirkungsgrad bei unterschiedlichen Leistungspegeln getrimmt sind. Damit steht ein guter Wirkungsgrad für die Vielzahl verschiedener momentaner Leistungspegel zur Verfügung, wie sie bei komplexen Modulationsschemata vorliegen, z.B. bei DVB-T.

Solche Architekturen können sehr effizient sein – allerdings muss eine komplexe Abwägung im restlichen Design erfolgen, z.B. bei der Kombination von Schaltkreisen oder beim Schaltkreis, der den Ausgang der PAs mit der Last koppelt.

Mit unserer differenziellen Doherty-Architektur konnten wir einen guten Breitband-Wirkungsgrad erzielen und die Breitband-Harmonischen regeln, die das Design sonst erschwert hätten, wenn Sender ohne Zirkulatoren zum Einsatz kommen.

Dieser Ansatz kann auch bei asymmetrischen Breitband-DPAs und 3-Wege-DPAs angewendet werden. Auch zwei Ultra-Breitband-DPAs, die oberhalb und unterhalb des gleiches Substrats im Differentialmodus arbeiten, lassen sich damit erstellen. Damit steht doppelt so viel Leistung auf gleichem Raum zur Verfügung, während die Größe des Senders verringert werden kann. ◄

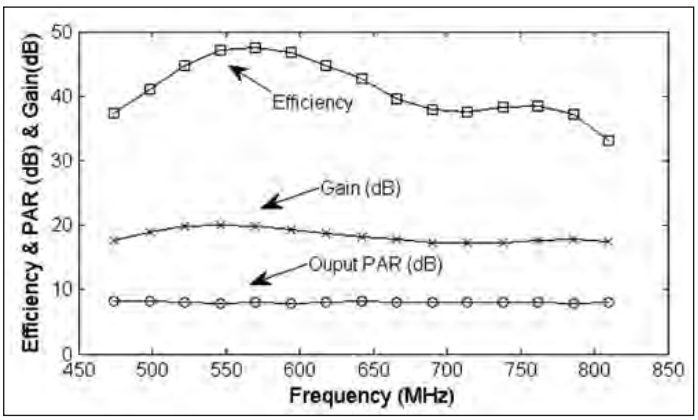


Bild 8: Gemessene Durchschnittswerte für Wirkungsgrad, Verstärkung und Ausgangs-PAR bei 220 W Ausgangsleistung

ULTRA HIGH SPEED

FULL COMPLIANT

NEW CISPR 25
NEW CISPR 11
NEW MIL461G
NEW CISPR 12
NEW CISPR 15
NEW CISPR 14
NEW CISPR 32

NEW CISPR 16-1-1
NEW CISPR 16-2-1
NEW CISPR 16-2-2
NEW CISPR 16-2-3
NEW CISPR 16-3

TDEMI® X – 64 000 TIMES FASTER THAN CONVENTIONAL EMI RECEIVERS FROM DC - 40 GHz

GAUSS

645 MHz

REAL-TIME BANDWIDTH
TDEMI® TECHNOLOGY

6 GHz

REAL-TIME SCANNING
TDEMI® TECHNOLOGY

The TDEMI® X is the only Solution providing all the Features of the "FFT-based measuring Instrument" according to the new Standards with 645 MHz Real-time Bandwidth and CISPR Detectors.

by the inventors of the full compliance real-time FFT based measuring instrument.
gauss-instruments.com

Besuchen Sie uns auf der **Stand C2-210** emv Stuttgart, 28. – 30.03.2017

hf-praxis
HF- und Mikrowellentechnik

Schwerpunkt in diesem Heft:
Stromversorgung

Neue Stromversorgungs-Modelle

Die Stromversorgungsgeräteserie DP800 von Rigol wurde um einige Modelle mit hervorragender Leistung und Funktionalität in ihrer Klasse erweitert. Die bisher verfügbaren Geräte der DP800-Serie haben - modellabhängig - zwei galvanisch getrennte Ausgänge und bieten bis zu 195 W Ausgangsleistung, exzellentes Regelverhalten, ein sehr gutes Einschwingverhalten (<50 µs) und geringe Restwelligkeit (<350 µVrms bzw. 2 mVpp).

Modell	Leistung	DC-Ausgang	Ausgänge
DP831	160 W	±30 V/2 A; 8 V/5 A	3
DP821	140 W	60 V/1 A; 8 V/10 A	2
DP811	200 W	40 V/5 A oder 20 V/10 A	1

Neben effizientem Überspannungs-, Überlast- und Übertemperaturschutz verfügen sie über ein 3,5“-TFT-Display, auf dem die Einstellungen, Messwerte und Signalformen (V/A/W) aller Kanäle gleichzeitig übersichtlich dargestellt werden können.

Modellvarianten

Die DP800-Serie wird nun um die Modellvarianten DP831, DP821 und DP811 erweitert (s. Tabelle). Ihre Features sind in der Basisausführung gegenüber den DP800A-Modellen etwas abgespeckt und preislich angepasst, um das Preis/Leistungs-Verhältnis zu optimieren. Bei Bedarf lassen sich aber z.B. die hohe Auflösung von 1 mV & 1 mA (HIRES-DP800), vier In- und Output-Trigger (Digital-I/O-DP800), Online Monitoring & Analyse (AFK-DP800), RS232- und LAN- (LXI-C-) Interface (Interface-DP800) sowie USB-GPIB-Konverter (USB-GPIB) auch nachträglich einzeln per Softwarecode als Option nachrüsten. Alle drei neuen Modelle sind bereits verfügbar.

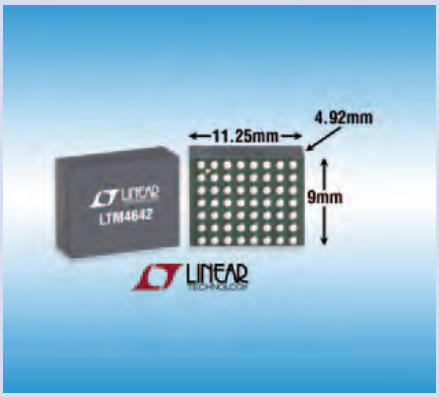
■ *Rigol Technologies Europe GmbH*
www.rigol.eu

Kompakter 8-A-Regler mit weitem Eingangsspannungsbereich

Der LTM4642 von Linear Technology Corp. ist ein Dual-4-A- oder Single-8-A-µModule-Abwärtsregler in einem nur 9 x 11,25 x 4,92 mm großen BGA-Gehäuse. Der Regler verträgt Eingangsspannungen von 2,375 bis 20 V und liefert zwei geregelte Ausgangsspannungen, die von 0,6 bis 5,5 V einstellbar sind. Beide Kanäle arbeiten als Synchron-Abwärtsregler mit hohem Wirkungsgrad. Bei 12,5 bzw. 3,3 V Eingangsspannung und 1,8 V Ausgangsspannung sowie Volllast erreicht der Regler Wirkungsgrade von 88%, 91% bzw. 93%. Beide 4-A-Ausgänge können zu einem 8-A-Ausgang parallel geschaltet werden.

Hohe Genauigkeit

Der Regler LTM4642 zeichnet sich durch eine Ausgangsspannungsgenauigkeit von ±1,5% über die vollen Eingangsspannungs-

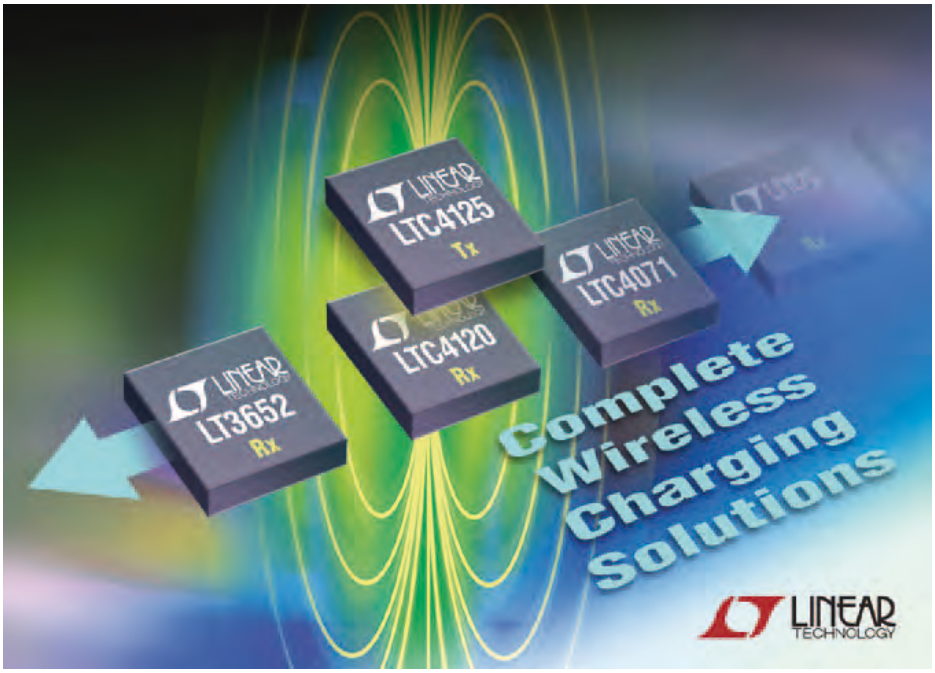


und Lastbereiche aus, die über den Temperaturbereich von -40 bis +125 °C garantiert wird. Seine kompakten Abmessungen, der hohe Wirkungsgrad und das Zweikanal-Design des Point-of-Load-Reglers ermöglichen es Systementwicklern, die Leiterplattenfläche zu reduzieren oder den Regler auf dicht bestückten Leiterplatten mit wenig freier Fläche einzusetzen. Typische Anwendungen: industrielle, medizinische und Robotik-Systeme sowie Messgeräte und Telekom-Systeme.

Der LTM4642 kann mit einer externen Taktfrequenz zwischen 600 kHz und 1,4 MHz synchronisiert werden. Zur Verringerung der Ausgangsspannungs-Welligkeit arbeiten die beiden Ausgänge um 180° phasenverschoben. Bei 12 V Eingangsspannung und 1 V Ausgangsspannung kann der Regler - dank des niedrigen Wärmewiderstands des Gehäuses - bei Umgebungstemperaturen bis 95 °C ohne Zwangskühlung den vollen Ausgangsstrom liefern.

■ *Linear Technology Corp.*
www.linear.com

Drahtloser Energieübertrager mit Fremdgegenstands-Erkennung



Der LTC4125 von Linear Technology ist ein einfacher, hochleistungsfähiger, monolithischer Vollbrücken-Resonanztreiber, der eine Leistung von bis zu 5 W drahtlos zu einem passenden Empfänger übertragen kann. Das IC fungiert als Sender in einem drahtlosen Energieübertragungssystem, bestehend aus Senderschaltung und -spule, Empfängerspule und Empfängerschaltung.

Vorteile

Im Vergleich zu einem herkömmlichen Sender dieser Art bietet der LTC4125 drei wesentliche Vorteile:

- eine AutoResonant-Funktion, die die verfügbare Empfangsleistung maximiert,
- einen Optimum-Power-Search-Algorithmus, der den Gesamtwirkungsgrad maximiert und
- eine Fremdgegenstand-Erkennungsfunktion (FOD, Foreign Object Detection), die auch in Anwesenheit elektrisch leitender Fremdgegenstände einen sicheren und zuverlässigen Betrieb gewährleistet.

Der LTC4125 stimmt seine Übertragungsfrequenz automatisch auf die Resonanzfrequenz des LC-Netzwerks ab. Diese „Auto-Resonant" genannte Technologie ermöglicht es, über lose gekoppelte Spulen die maximale Leistung einer Niederspannungsquelle von 3 bis 5,5 V zu einem abgestimmten Empfänger zu übertragen. Zur Optimierung des Systemwirkungsgrads überprüft der LTC4125 in regelmäßigen Abständen den Leistungsbedarf des Empfängers und passt seine Übertragungsleistung automatisch an. Im Fehlerfall, oder wenn ein Fremdgegenstand erkannt wird, unterbricht er die Energiezufuhr. Die Funktionen zur Optimierung der Übertragungsleistung und Fremdgegenstand-Erkennung erfordern keine direkte Kommunikation zwischen den Sender- und Empfängerschaltungen; das vereinfacht das Systemdesign. Der LTC4125 bietet eine programmierbare Strombegrenzung und einen Eingang für einen NTC-Widerstand, der die Implementierung zusätzlicher Fremdgegenstand- und Überlastungsschutzfunktionen ermöglicht.

Typische Anwendungen

Typische Anwendungen finden sich in Handheld-Messgeräten, industriellen/militärischen Sensoren und ähnlichen Produkten, die unter rauen Einsatzbedingungen betrieben werden, außerdem in tragbaren medizinischen Geräten und elektrisch isolierten Geräten. LTC4125-basierte Systeme sind robuste, autonome Lösungen mit einer Reichweite von bis zu 10 mm. Der LTC4125 hat ein 20-poliges QFN-Gehäuse (5 x 4 x 0,75) mit rückseitiger Kühlfahne für optimale Wärmeabfuhr. Er ist für den Betriebstemperaturbereich von -40 bis +125 °C spezifiziert und sowohl in einer E- als auch einer I-Version verfügbar.

■ *Linear Technology Corp.*
www.linear.com

AARONIA AG
WWW.AARONIA.DE
UNLIMITED
24/7 RF
RECORDING
IN REAL-TIME

1Hz - 20GHz
Breitbandige Signal Analyse
Bis 20GHz Echtzeitbandbreite
Inkl. Software/IQ-Data Recorder
Erweiterbares System
Software Funktionen auf Anfrage
Telefon: +49 6556 93033
Mail: mail@aaronia.de
Web: www.aaronia.de
MADE IN GERMANY

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

PASTERNACK
THE ENGINEER'S RF SOURCE

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

aktive HF-Produkte von Pasternack

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

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

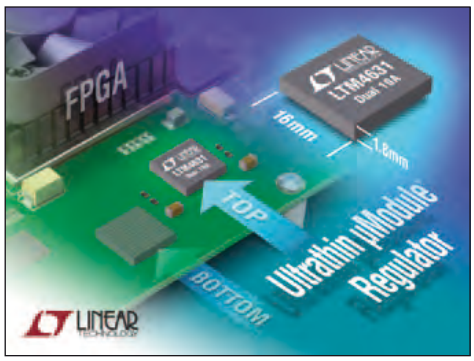
MRC GIGACOMP
specialists in RF

Neues Verfahren: gegossene Drosseln

Mit einem neuen Produktionsverfahren stellt CSC, Korea, gegossene Speicher-, CMC- wie EMV-Drosseln für Automotive-Anwendungen her. Solche Hochleistungsinduktivitäten werden z.B. in DC/DC-Wandlern eingesetzt. Durch eine Flachdrahtwicklung ergibt sich ein hoher Kupferfüllfaktor, der mit weniger Verlusten einhergeht. Im Gegensatz zu Ferritdrosseln nutzt CSC ein Pulvermaterial mit integriertem Luftspalt. Vorteil der CSC-Drossel ist ein harmonischer Flux. Ebenso haben die Drosseln EMV-technische Vorteile, da, im Gegensatz zu Ferriten, kein Luftspalt notwendig ist. Ihr einfacher Herstellungsprozess durch das Gießen spiegelt sich im Preis wider. Die Drosseln werden nach Kundenspezifikation angeboten.

■ *MRC Components GmbH & Co. KG*
www.csc-mrc.com

Ultraflacher µModule-Regler



Linear Technology Corporation präsentiert mit dem neuen Schaltregler LTM4631, einen 2x10-A- oder 1x20-A-µModule-Abwärtsregler in einem nur 1,91 mm hohen LGA-Gehäuse mit einer Grundfläche von 16 x 16 mm.

Der LTM4631 kann wegen seiner geringen Bauhöhe auf der Leiterplatte unmittelbar neben der Last, beispielsweise einem FPGA, platziert werden und deren Kühlkörper mitbenutzen. Das kompakte, flache Gehäuse ermöglicht es, den LTM4631 auch auf der Rückseite der Leiterplatte zu montieren und so auf der Vorderseite Platz zu schaffen für andere Bauteile.Typische Anwendungsbereiche sind Steck-Karten und Mezzanine-Karten in Embedded-Systemen, Datenspeichersystemen, Gateway-Controllern und 40-Gbit/s- bis 100-Gbit/s-Netzwerken.

Der LTM4631 akzeptiert Eingangsspannungen von 4,5 V bis 15 V und liefert über den Temperaturbereich von –40 °C bis 125 °C an zwei Ausgängen einstellbare, geregelte Spannungen zwischen 0,6 V bis 1,8 V, mit einer Genauigkeit von ±1,5%. Da der LTM4631 bereits über zwei Leistungsausgänge verfügt und kaskadierbar ist, lässt sich der Strombedarf problemlos durch verschiedene Schaltungsarten abdecken.

• 2 x 10 A ist durch getrennten Betrieb der beiden um 180º phasenversetzt arbeitenden Ausgänge möglich.

• 1 x 20 A kann der 4631 liefern, wenn seine beiden 10-A-Ausgänge parallelgeschaltet werden.

• 1 x 40 A Strombedarf maximal kann durch Parallelschalten von zwei Reglern abgedeckt werden. Dabei werden zugleich die Eingangs- und Ausgangs-Rippleströme minimiert.

Mit mehreren Reglern ist somit eine technisch elegante Aufteilung des Gesamtstrombedarfs auf verschiedene zusammengehörende Schaltungsgruppen möglich. Der LTM4631 enthält interne Überspannungs- und Foldback-Überstrom-Schutzschaltungen. Er ist bleifrei produziert, RoHS konform und für den Betriebstemperaturbereich von –40 °C bis +125 °C spezifiziert.

■ *Linear Technology Corporation*
www.linear.com

DC Bypass (Bias Tee)

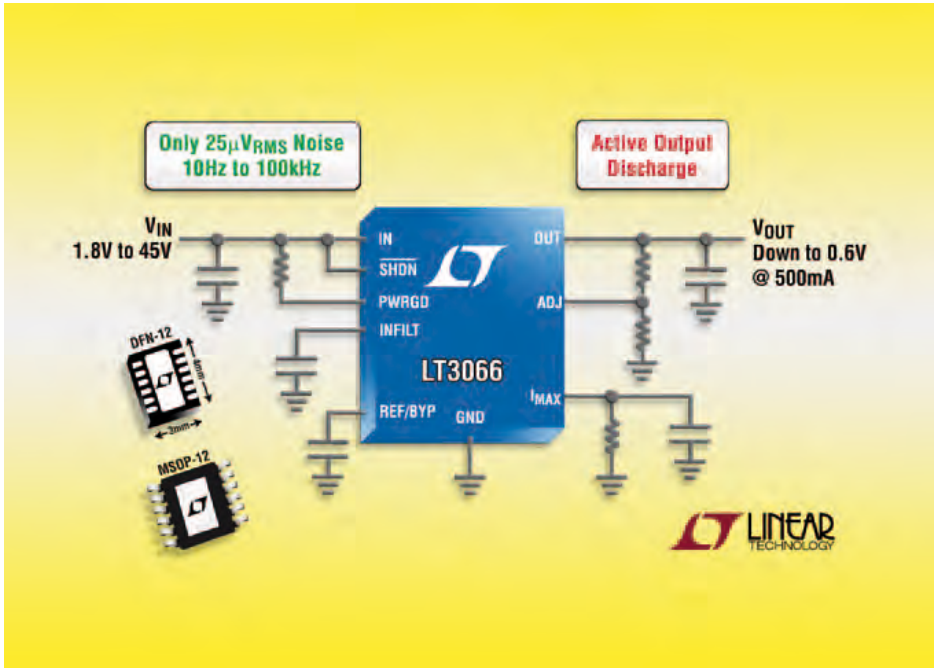
Soll ein LNA einer Satellitenanlage über das Signal-Koaxialkabel versorgt werden, wird ein DC-Bypass („Kabelweiche") benötigt. Dieser hat zwei Aufgaben: DC-Trennung im Signalpfad und Signal-Abblockung gegenüber der Versorgungsquelle. Dazu genügen ein Kondensator und eine Drossel. Sie befinden sich meist in einem schirmenden Gehäuse.

Das koaxiale Bias-Tee ZX85-40W-63+ von Mini Circuits ist für 50-Ohm-Systeme im Bereich von 700 bis 6000 MHz vorgesehen.

Es überträgt bis zu 40 W HF-Leistung, verursacht eine Einfügedämpfung von typisch 0,5 dB und hat SMA-Buchsen. Damit eignet es sich für viele Zwecke, wie LNBs und Up-Converter. Das Gehäuse hat Abmessungen von 0,74 x 0,74 x 0,46“. Einige technische Daten: Arbeitstemperaturbereich -55 bis +85 °C, DC-Spannung max. 30 V, Strom max. 1 A, Isolation min. 20 dB, typ. 30 dB, HF-Leistung bei 0,7...4,2 GHz max. 40 W, bei 4,2...6 GHz max. 25 W.

■ *Mini-Circuits*
www.minicircuits.com

45-V/500-mA-LDO mit sehr geringer Rauschspannung und hohem PSRR



Linear Technology Corp. präsentierte mit dem LT3066 einen rauscharmen Hochspannungs-Linearregler mit niedriger Dropout-Spannung, hoher Genauigkeit, programmierbarer Strombegrenzung, aktiver Ausgangskondensator-Entladung, Power-good-Flag und verbesserter Störspannungsunterdrückung (PSRR, Power Supply Rejection Ratio). Der Regler liefert bis zu 500 mA und hat bei Volllast eine Dropout-Spannung von nur 300 mV.

Der LT3066 verträgt Eingangsspannungen im Bereich von 1,8 bis 45 V und liefert eine einstellbare Ausgangsspannung von 0,6 bis 19 V. Durch einen einzigen Kondensator am REF/BYP-Anschluss lässt sich das Rauschen auf nur 25 µV (effektiv, bei einer Bandbreite von 10 Hz bis 100 kHz) reduzieren und ein Softstart ohne Ausgangsspannungs-Überschwingen realisieren. Die Ausgangsspannungstoleranz beträgt nur ±2% über den gesamten Eingangsspannungs-, Laststrom- und Temperaturbereich. Ein externer Kondensator erhöht das PSRR im Frequenzbereich von 20 kHz bis 1 MHz um 15 bis 20 dB; bei 1 MHz erreicht es 60 dB.

Das Power-good-Signal zeigt an, dass die Ausgangsspannung geregelt ist. Präzise Strombegrenzung (±10% über den Temperaturbereich) wird mit einem einzigen Widerstand programmiert. Der LT3066 ist intern gegen verpolte Eingangsspannung, Rückstrom, Überstrom und Übertemperatur geschützt.

Durch die weiten Eingangs- und Ausgangsspannungsbereiche, die kurze Einschwingzeit und den niedrigen Ruhestrom von nur 64 µA bzw. <2 µA (bei Shutdown) eignet sich der LT3066 hervorragend für industrielle Stromversorgungen, Stromversorgungen für die Avionik und Automobil-Anwendungen, batteriebetriebene Systeme und Messgeräte, bei denen es auf lange Batterielaufzeit ankommt sowie hochzuverlässige Stromversorgungen, die erweiterte Schutzfunktionen erfordern. Der LT3066 ist im thermisch optimierten zwölfpoligen, 3 x 4 mm großen DFN-Gehäuse oder im zwölfpoligen MSOP-Gehäuse verfügbar.

■ *Linear Technology Corp.*
www.linear.com

KNOW-HOW VERBINDET

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

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

Zeichnungsteile mittels Schneidplotter

Stanzteilherstellung mittels Hochleistungs-stanze

Zuschnitt „cut to length“

Herstellung von O-Ringen

Zuschnitt von Rollenware

Stanzteilherstellung mittels Swing-Beam-Presse

Zuschnitt mittels Wasserstrahltechnik

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

ELECTRONIC SERVICE GmbH

µModule-Regler helfen Entwicklern, neue Leistungsziele zu erreichen

Die µModule-Regler von Linear Technology ermöglichen mit einer optimalen Kombination aus Siliziumchip und Gehäusetechnik signifikante Verbesserungen bei Stromversorgungen.

Wirkungsgrad

Der Ausdruck „SWaP“ (Size, Weight and Power) wird in der Verteidigungsindustrie allgemein verwendet, um die Fortschritte eines technischen Systems zu vermitteln. Verkürzt gesagt bedeutet ein reduzierter SWaP einen besseren Wirkungsgrad.

Der Wirkungsgrad ist der Schlüssel. Denn damit ein System klein und leicht ist, muss es bei niedrigen Temperaturen arbeiten, um seine Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die µModule-Regler von Linear Technology bieten eine Möglichkeit, um einen höheren Wirkungsgrad im gesamten Stromversorgungs-Subsystem zu erreichen.

Physikalische Größe und Leiterplattenfläche

2008 stellte Linear Technology mit dem µModule-Regler LTM8020 eine vollständige 200-mA-DC/DC-Stromversorgung in einem nur 6,25 x 6,25 x 2,35 mm großen Plastik-LGA-Gehäuse vor. Dieses Produkt erfüllte die Anforderungen bezüglich der abgestrahlten Emissionen gemäß EN55022 Klasse B und wurde schnell als ein Standard-Funktionsblock in vielen unterschiedlichen Systemarten angenommen. Im Jahr 2014 erfolgte die Markteinführung des ultradünnen µModule-Reglers LTM4623, nun mit einem Ausgangsstrom von maximal 3 A und dem gleichen Verhalten bezüglich abgestrahlter Emissionen. Dank der Verbesserungen in der Komponenten- und Gehäusetechnik belegt er die gleiche Grundfläche von 6,25 x 6,25 mm, aber mit nur 1,82 mm Höhe, was die Option eröffnet, ihn in einigen Systemen auf der Unterseite der Leiterplatte zu montieren. Für Anwendungen mit einem höheren Leistungsbedarf eignet sich der LTM4650, ein µModule-Regler mit 5-A-DC-Ausgangsstrom, der ebenfalls die gleiche Grundfläche belegt, aber mit 5,01 mm höher ist, was auf die größere interne Spule und das BGA-Gehäuse zurückzuführen ist. Ein weiteres Beispiel für die 2014 erzielte höhere Integrationsdichte ist der LTM4634, ein abwärts wandelnder µModule-DC/DC-Regler mit drei Ausgängen mit 5 A/5 A/4 A Ausgangsstrom. Er vereint drei Reglerkanäle mit hohem Wirkungsgrad in einem einzigen 15 x 15 x 5,01 mm großen BGA-Gehäuse..

Elektrische Leistung

Fortschritte im Wirkungsgrad der Wandlung der grundlegenden Regler-ICs wurden ständig mit verbesserten Gehäusen gekoppelt, um die thermische Leistung derart zu ändern, dass

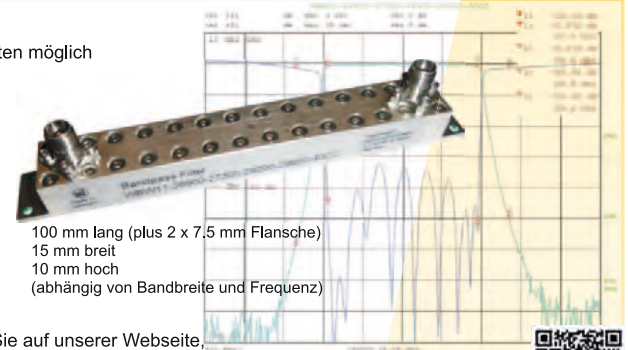
Wainwright Instruments GmbH
HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer

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

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

Bandpassfilter (Waveguide Design)
im Bereich zwischen 8 und 30 GHz
unterschiedliche Frequenzen, Bandbreiten und Steilheiten möglich
Angepasst an Ihre Anforderung!

Beispiel:
WBW11-26900-27300-29200-29600-40CC
Passband: 27.3 GHz - 29.2 GHz
1.25 dB maximale Einfügedämpfung
Sperrdämpfung: 40 dB min. von DC bis 26.9 GHz
sowie von 29.6 GHz bis 36 GHz
Rückflussdämpfung: 12 dB min., 14 dB typ.
Steckverbinder: PC 2.92 female
Temperaturbereich: 5°C - 45°C
Belastbarkeit: 20 W



100 mm lang (plus 2 x 7,5 mm Flansche)
15 mm breit
10 mm hoch
(abhängig von Bandbreite und Frequenz)

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

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

RoHS
Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinen

TÜV AUSTRIA ISO 9001 ISO 14001 OHSAS 18001

PIM-Testing

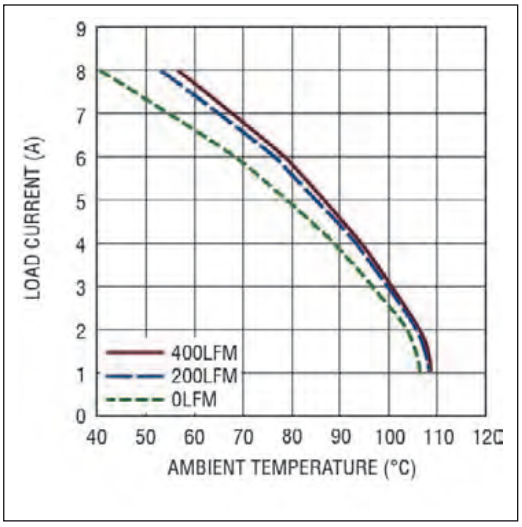


***Bild 2: Thermische De-Rating-Kurve des LTM4608A bei** 5 V_{IN} auf 3,3 V_{OUT}*

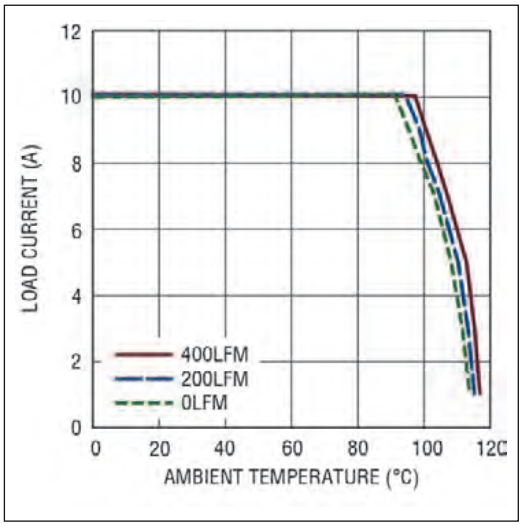


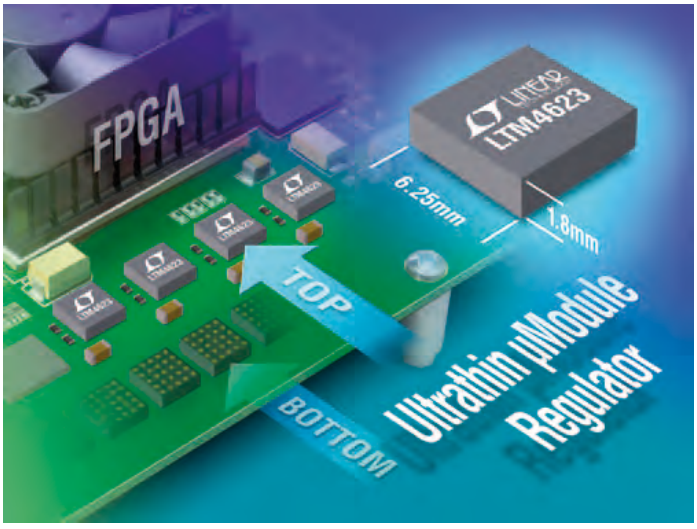
***Bild 3: Thermische De-Rating-Kurve des LTM4649 bei** 5 V_{IN} auf 3,3 V_{OUT}*

neue µModule-Regler jetzt bei einem vorgegebenen Ausgangsstrom in höheren Umgebungstemperaturen arbeiten können und erhöhte Designmargen ermöglichen.

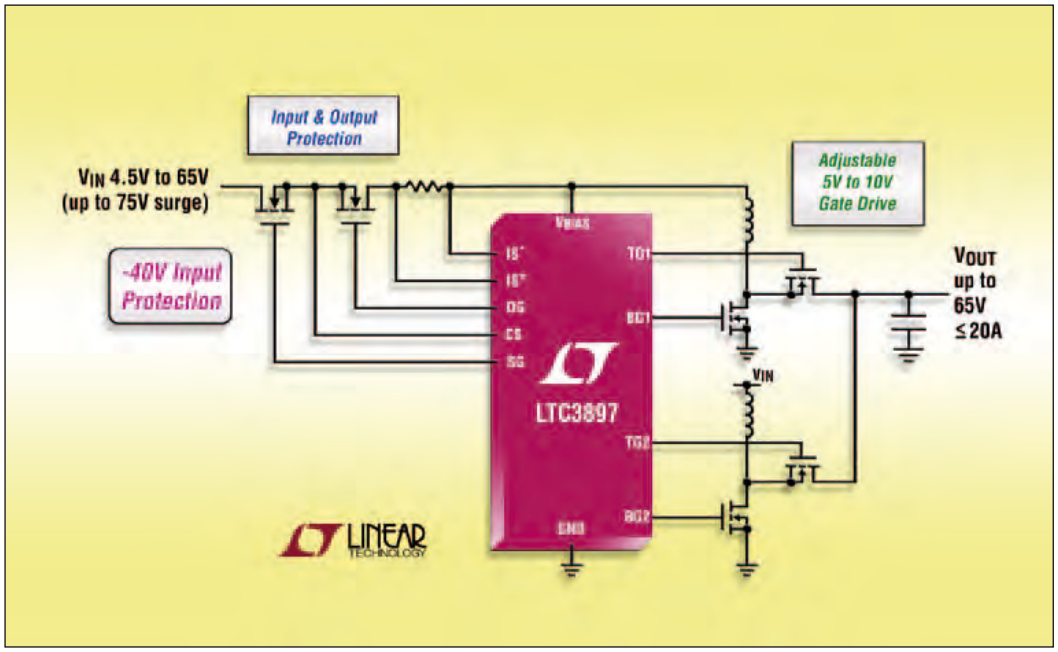
Das verdeutlicht ein Blick auf die Temperatur-De-Rating-Kurven von zwei Produkten mit der gleichen Gehäusegröße: LTM4608A, ein abwärts wandelnder 8-A-µModule-DC/DC-Regler und LTM4649, ein ebenfalls abwärts wandelnder 10-A-µModule-DC/DC-Regler. Bild 1 und 2 basieren auf einer Einstellung ohne Kühlkörper und 3,3 V am Eingang, wobei die De-Rating-Kurven mit dem Ausgangsstrom ausgedruckt sind, der beim Maximum der Auslegung und einer Umgebungstemperatur von 40 °C startet. Diese Kurven demonstrieren, dass der neuere LTM4649 ohne thermisches De-rating bei 90 °C Umgebungstemperatur betrieben werden kann, während der Laststrom des LTM4608A bei gleicher Umgebungstemperatur um rund 50 Prozent abgesenkt werden muss. Dies ist besonders in militärischen Systemen ohne erzwungene Luftkühlung relevant, in denen Umgebungstemperaturen von bis zu 80 und 90 °C durchaus üblich sind.

Da die Entwicklungsressourcen auf steigende Systemkomplexität aufgeteilt und kürzere Entwicklungszyklen eingehalten werden müssen, liegt der Fokus üblicherweise auf der Entwicklung der Schlüssel-IP (Intellectual Propety) des Systems. Dies bedeutet häufig, dass mit dem Design der Stromversorgung erst spät im Entwicklungszyklus begonnen wird. Bei wenig Zeit und möglicherweise begrenzten Ressourcen an Stromversorgungs-Entwicklungsspezialisten, muss dann oft kurzfristig eine Lösung mit hohem Wirkungsgrad und dem kleinstmöglichen Platzbedarf gefunden werden. In dieser Situation bietet der µModule-Regler eine ideale Antwort; sein Konzept ist komplex im Inneren, aber einfach nach außen – er hat den Wirkungsgrad eines Schaltreglers und das einfache Design eines Linearreglers. Sorgfältige Entwicklung, Leiterplatten-Layout und Komponentenauswahl sind sehr wichtig bei der Entwicklung eines Schaltreglers. Wenn die Zeit daher kurz und/oder die Erfahrung in der Entwicklung einer Stromversorgung begrenzt ist, sparen die sofort einsatzfertigen µModule-Regler Zeit und reduzieren das Risiko für das Programm.

■ *Linear Technology Corporation*
www.linear.com



Effizienter Mehrphasen-Synchron-Aufwärtsregler-Controller



Linear Technology Corp. präsentierte den LTC3897, einen Mehrphasen-Synchron-DC/DC-Aufwärtsregler-Controller mit Eingangsüberspannungs-Stopper und „Ideale-Diode"-Controller. Der Controller treibt zwei externe n-Kanal-Leistungs-MOSFET-Stufen, die phasenversetzt arbeiten. Im Vergleich zu einer äquivalenten einphasigen Lösung verringern sich dadurch die Anforderungen an die Eingangs- und Ausgangskondensatoren, und es können kleinere Induktivitäten verwendet werden. Die Synchrongleichrichter-Topologie erhöht den Wirkungsgrad, verringert die Leistungsverluste und vereinfacht das thermische Design. Der Eingangsüberspannungs-Stopper mit einstellbarer Klemmspannung steuert das Gate eines externen n-Kanal-MOSFETs in der Weise an, dass Eingangsüberspannungen von mehr als 100 V abgeblockt werden. Außerdem ist er für Einschaltstrombegrenzung, Überstromschutz und Ausgangsabtrennung zuständig. Der interne „Ideale-Diode"-Controller steuert einen weiteren n-Kanal-MOSFET, der den Controller vor verpolter Eingangsspannung schützt und zur Spannungsspitzenerkennung dient.

Der LTC3897 ist eine optimale Lösung für automobile, industrielle und medizinische Systeme, die einen kompakten und leistungsstarken DC/DC-Abwärtsregler benötigen. Der Controller kann beispielsweise eine 12-V-Eingangsspannung aus einer Autobatterie mit einem Wirkungsgrad von bis zu 97% in eine geregelte Ausgangsspannung von 24 V/10 A umsetzen. Der sehr geringe Ruhestrom von nur 55 µA im Burst Mode trägt zu einer längeren Batterielaufzeit bei und minimiert den Leistungsverlust im Leichtlastbetrieb. Der LTC3897 benötigt eine Eingangsspannung von 4,5 bis 65 V (max. 75 V Spitze) und liefert eine geregelte Ausgangsspannung von bis zu 60 V. Die internen, leistungsfähigen Gate-Treiber liefern eine einstellbare Gate-Steuerspannung von 5 bis 10 V und können große Leistungs-MOSFETs mit Logikpegel- oder Standard-Schwellenspannung steilflankig ansteuern.

In „Keep-alive"-Anwendungen, in denen die Eingangsspannung höher sein kann als die geregelte Ausgangsspannung, kann der LTC3897 den Synchron-MOSFET kontinuierlich im eingeschalteten Zustand halten, sodass die Ausgangsspannung bei minimalem Leistungsverlust der Eingangsspannung folgt. Die Schaltfrequenz des auf einer Current-Mode-Architektur basierenden LTC3897 kann wahlweise mit einer externen Taktfrequenz zwischen 75 und 850 kHz synchronisiert oder auf einen festen Wert zwischen 50 und 900 kHz eingestellt werden. Die einstellbare Strombegrenzung ist in jedem einzelnen Zyklus wirksam. Die dafür notwendige Ausgangsstrommessung kann wahlweise mithilfe eines externen Messwiderstands erfolgen oder durch Messung des Spannungsabfalls über dem ohmschen Widerstand (DCR) der Induktivität. Der Aufwärtsregler-Controller, der Überspannungsstopper und der „Ideale-Diode"-Controller im LTC3897 können separat heruntergefahren werden. Der LTC3897 verfügt außerdem über eine einstellbare Soft-Start-Funktion, liefert ein „Power-good"-Signal und bietet über den gesamten Sperrschicht-Temperaturbereich von -40 bis +125 °C eine Referenzspannungs-Genauigkeit von ±1%.

Der LTC3897 ist in einem TSSOP-38-Gehäuse und in einem 5 x 7 mm großen QFN-38-Gehäuse erhältlich und in Versionen für den erweiterten und den industriellen Sperrschicht-Temperaturbereich sowie in einer Hochtemperaturversion für den Automotive-Sperrschicht-Temperaturbereich von -40 bis +150 °C verfügbar.

Die wichtigsten Leistungsmerkmale:

- Eingangsspannungsbereich: 4,5 bis 65 V
- bei aktivem Überspannungsstopper widersteht der Controller Überspannungsspitzen von 100 V+
- Ausgangsspannung: max. 60 V
- Schutz gegen verpolte Eingangsspannungen bis -40 V
- Einschaltstrombegrenzung, Überstromschutz und Ausgangsabtrennung für die externen Leistungs-MOSFETs
- Eingangsüberspannungs-Schutz mit einstellbarer Klemmspannung
- interner „Ideale-Diode"-Controller
- Ruhestrom: 55 µA
- Zweiphasenbetrieb erlaubt Verwendung kleinerer Eingangs- und Ausgangskondensatoren und verringert Schaltrauschen
- einstellbare Gate-Treiberspannung (5...10 V) ermöglicht Ansteuerung von MOSFETs mit Logikpegel- oder Standard-Schwellenspannung
- keine externen Bootstrap-Dioden erforderlich
- Synchron-MOSFET kann mit 100% Tastverhältnis betrieben werden

■ *Linear Technology Corp.*
www.linear.com

EINE DESIGNPLATTFORM – KEINE HINDERNISSE

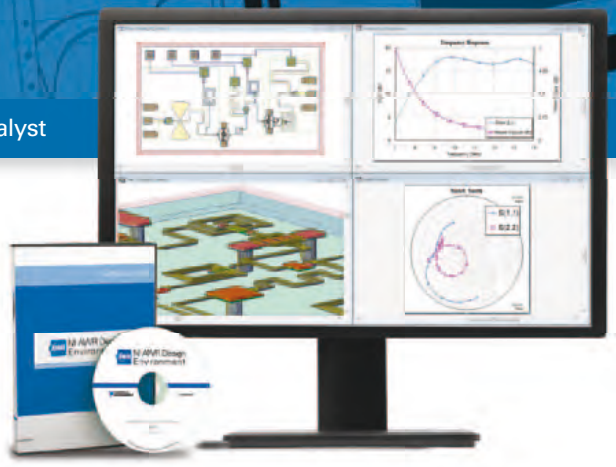
EINFACH INTELLIGENTER

NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

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

Erfahren Sie mehr unter ni.com/awr

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



NATIONAL INSTRUMENTS™

©2016 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.

Kommerzielle Version der AEC-qualifizierten IHLE-Induktivitäten mit integrierter E-Feld-Abschirmung

Vishay Intertechnology hat seine beliebte AEC-Q200-qualifizierte Produktlinie IHLE, eine Serie flacher Hochstrominduktivitäten mit integrierter E-Feld-Abschirmung zur Störstrahlungsreduktion, um eine kommerzielle Version erweitert

Die in den Gehäusegrößen 2525, 3232 und 4040 erhältlichen Vishay-Dale-Bausteine IHLE-2525CD-51, IHLE-3232DD-51 und IHLE-4040DD-51 verfügen über eine integrierte E-Feld-Abschirmung aus verzinntem Kupfer, die – bei Anschluss an Masse – die elektrische Feldstärke in 1 cm Abstand (mittig über Bauteil) um bis zu 20 dB verringert. Beim Einsatz der IHLE Serie wird in den meisten Fällen eine teure faradaysche Abschirmung unnötig, und man spart so Kosten und Leiterplattenfläche.

Für die Hochstromfilterung optimiert

Die Induktivitäten können bei Temperaturen bis 155 °C betrieben werden und besitzen vier Anschlüsse mit einer Koplanaritätsabweichung von 100 µm. Sie wurden für die Energiespeicherung in DC/DC-Wandlern sowie für die Hochstromfilterung optimiert. Zu den Anwendungen gehören neben Notebooks, PCs und Servern nicht nur hochstromige Point-of-Load-Wandler und Grafikkarten, sondern auch DC/DC-Wandler für verteilte Stromversorgungssysteme und FPGAs sowie für Telekommunikationsinfrastruktur.

IHLP-Technologie

Die auf der IHLP-Technologie von Vishay Dale basierenden Bauteile IHLE-2525CD-51, IHLE-3232DD-51 und IHLE-4040DD-51 sind dank niedriger DCR-Werte von 1,55 bis 167 mOhm (typ.) sehr energieeffizient und im Wertebereich von 0,22 bis 47 µH erhältlich. Die Bauteile sind für Nennströme bis 36 A ausgelegt und verkraften hohe Spitzenströme, ohne dabei in Sättigung zu gehen.

Diese geschirmten Hochstrominduktivitäten sind RoHS-konform, bleifrei und zeichnen sich durch hohe Temperaturwechsel-, Feuchtigkeits- und Stoß-/Vibrationsfestigkeit aus. Darüber hinaus sorgen die vier Anschlüsse (zwei Masseanschlusspunkte für die Abschirmung) der Bauteile für ausgezeichnete Vibrationseigenschaften bei elektronischen Schaltungen, die direkt am Motor oder Fahrgestell montiert sind. Sie sind außerdem halogenfrei und entsprechen den Anforderungen gemäß Vishay Green. Die neuen IHLE-Induktivitäten sind ab sofort in Muster- und Produktionsstückzahlen erhältlich. Die Lieferzeit für große Bestellmengen beträgt zehn bis zwölf Wochen.

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

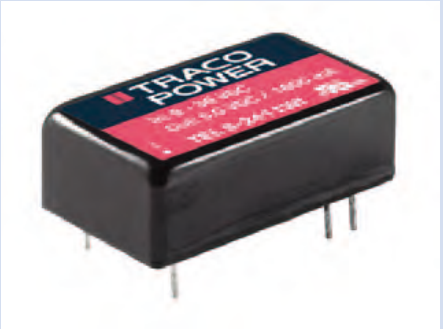
Teilenummer	Induktivität bei 100 kHz (µH)	DCR typ. bei 25 °C (mOhm)	typ. temperaturbegrenzter Maximalstrom (A)	typ. Sättigungsstrom (A)
IHLE-2525CD-51	0,47 bis 22	3,87 bis 163	2,8 bis 22	2,2 bis 14
IHLE-3232DD-51	0,22 bis 33	1,68 bis 149	3,1 bis 36	3,2 bis 32
IHLE-4040DD-51	0,47 bis 47	1,55 bis 167	2,5 bis 30	4,5 bis 28,5

Sehr kompakte 8-W-DC/DC-Konverter im Metallgehäuse

Die DC/DC-Wandler aus der Serie TEL 8 WI von Telco bieten Eingangsbereiche in der Dynamik 4:1 und sind für einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +80 °C vorgesehen.

Weitere Features:

- integrierter Filter nach EN 55022, Klasse A
- Schutz gegen Kurzschluss und Überlast
- keine Grundlast erforderlich



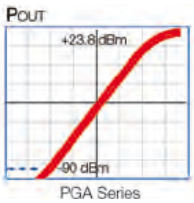
Das Design der TEL-8WI-Serie vereinigt die aktuellsten Vorgaben in punkto Abmessungen, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz. Diese DC/DC-Konverter sind in ultrakompakten, robusten DIL-16-Metallgehäusen untergebracht. Wirkungsgrade von bis zu 86% erlauben einen zuverlässigen Betrieb mit Volllast bei einer Umgebungstemperatur bis 70 oder 80 °C mit halber Last. Abgerundet wird diese Serie durch einen integrierten Filter nach EN 55022, Klasse A und einen ultraweiten 4:1-Eingangsbereich. Die Serie TEL 8WI bietet preiswerte Lösungen für Applikationen im Industrie-, Kommunikations- und IT-Bereich.

■ *Traco Electronic GmbH*
www.traco.de

HIGH DYNAMIC RANGE MMIC AMPLIFIERS

NF as low as 0.8 dB IP3 to +44.6 dBm P1dB up to +23.8 dBm from $1.23 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.



PGA Series

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

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

Schleifenkompensation bei Schaltnetzteilen: Modellierung und Design, Teil 2

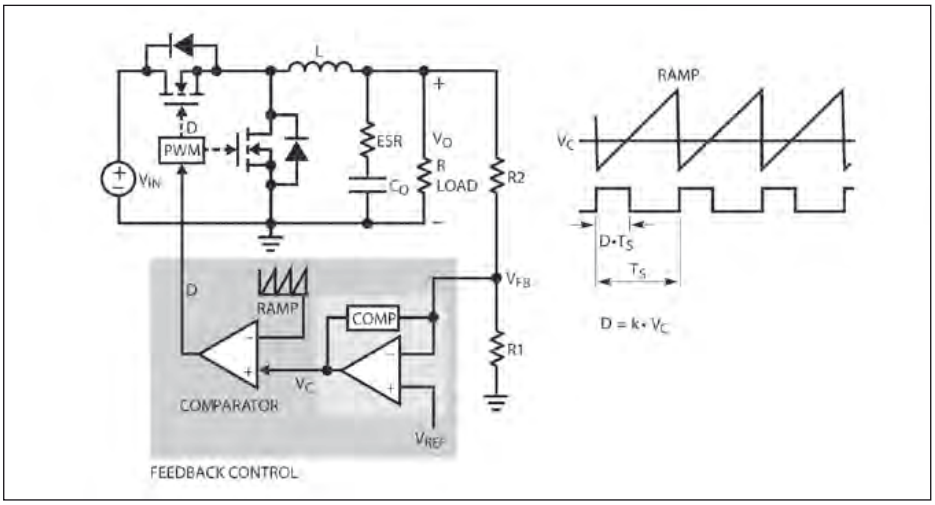


Bild 12: Diagramm des Spannungs-Mode-Buck-Wandlers mit geschlossener Spannungsrückkopplungsschleife

Teil 2 dieses Artikels beschäftigt sich mit dem Schließen der Rückkopplungsschleife mittels Spannungsmodesteuerung, dem Hinzufügen einer Stromschleife zur Current Mode Control und dem Vergleich der Spitzen- bzw. Talstrom-Mode-Control-Methoden. Die Modellierung einer Leistungsstufe mit geschlossener Stromschleife wird ebenso behandelt wie das Schleifenkompensations-Design eines Current-Mode-Wandlers

Schließen der Rückkopplungsschleife mittels Spannungsmodesteuerung

Die Ausgangsspannung kann mittels einer geschlossenen Rückkopplungsschleife geregelt werden. So z.B. wie in Bild 12 gezeigt: steigt die Ausgangsspannung V_{OUT} , steigt V_{FB} und der Ausgang des negativen Rückkopplungsfehlerverstärkers geht zurück, was den Duty Cycle d verringert. Als Ergebnis daraus geht V_{OUT} zurück und $V_{FB} = V_{REF}$. Das Kompensationsnetzwerk des Fehler-Opamps kann ein Rückkopplungsverstärker Netzwerk vom Typ I, Typ II oder Typ III sein. Für die Regelung von V_{OUT} gibt es nur eine Regelschleife, diese Anordnung wird auch Spannungs-Mode Steuerung genannt. LTC3861 und LTC3882 von Linear Technology sind typische Spannungs-Mode Buck-Wandler. Um einen Spannungs-Mode PWM-Wandler zu optimieren, wird, wie in Bild 13 gezeigt, ein kompliziertes Kompensationsnetzwerk vom Typ III notwendig, um eine schnelle Regelschleife mit zufriedenstellender Phasenmarge zu designen. Wie Gleichung 7 und Bild 14 zeigen, hat dieses Kompensationsnetzwerk 3 Polstellen und 2 Nullstellen im Frequenzbereich: die niedrigere Frequenzintegrations-Polstelle (1/s) bietet eine hohe DC-Verstärkung, um den DC- Regelfehler zu minimieren. Die doppelte Nullstelle befinden sich bei der Systemresonanzfrequenz f_0 zur Kompensation der −180° Phasenverzögerung durch L und C der Leistungsstufe. Die erste Polstelle ist so gelegt, dass sie die ESR-Nullstelle des Ausgangskondensators C_{OUT} unterdrückt, die zweite Polstelle ist so gelegt, dass die für die Dämpfung des Schaltrauschens in der Rückkopplungsschleife erforderliche Bandbreite erreicht wird. Die Typ-III-Kompensation ist sehr kompliziert, da sie sechs R/C-Werte erfordert. Diese Werte optimal zu kombinieren ist eine große Herausforderung.

$$\frac{\hat{V}_C}{\hat{V}_O} = -\frac{\omega_1\left(1+\frac{s}{\omega_{Z1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{Z2}}\right)}{s\left(1+\frac{s}{\omega_{P1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{P2}}\right)} \quad (7)$$

mit

$$\omega_1 = \frac{1}{R_1(C_1+C_3)},$$

$$\omega_{Z1} = \frac{1}{R_2C_1}, \quad \omega_{Z2} = \frac{1}{C_2(R_1+R_3)},$$

$$\omega_{P1} = \frac{1}{R_3C_2}, \quad \omega_{P2} = \frac{1}{R_2\frac{C_1C_3}{C_1+C_3}} \quad (7a)$$

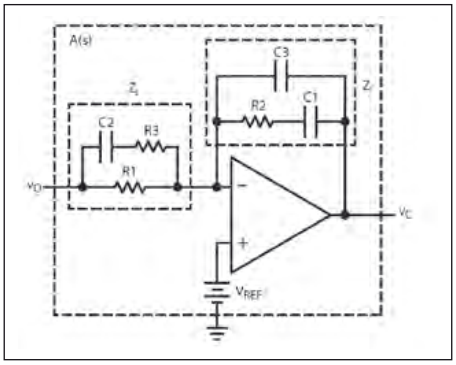


Bild 13. Typ-III-Feedback-Kompensationsnetzwerk für Spannungs-Mode-Wandler

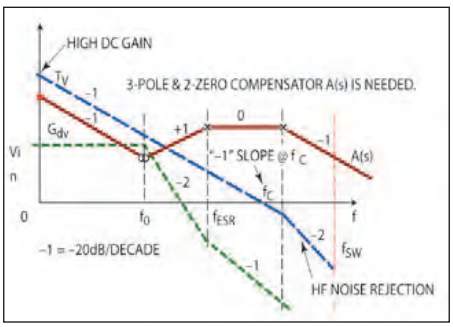


Bild 14: Typ-III-Kompensation A(s) bietet 3 Pol- und 2 Nullstellen für optimale Gesamtschleifenverstärkung TV(s)

Henry J. Zhang
Applications Engineering Manager
Power Products
Linear Technology Corp.
www.linear.com

Zur Vereinfachung und Automatisierung des Designs von Schaltnetzteilen wurde das LTpowerCAD Design Tool entwickelt. Es vereinfacht das Design der Schleifenkompensation und ist kostenlos unter www.linear.com/LTpowerCAD erhältlich.

Es hilft bei der Auswahl einer Lösung, zeigt die Komponenten für die Leistungsstufe und optimiert die Effizienz und die Schleifenkompensation. Bild 15 zeigt ein Beispiel mit dem Spannungs-Mode Buck-Wandler LTC3861, dessen Schleifenparameter mit dem Design-Tool modelliert wurden. Für eine vorgegebene Leistungsstufe kann der Anwender die Pol- und Nullstellen festlegen, um dann, dem Programm folgend, Werte für R/C einzugeben und die Gesamtschleifenverstärkung sowie das Transientenverhalten in Echtzeit zu prüfen. Danach kann das Design in eine LTspice- Simulation zur Echtzeit-Schaltungs-Simulation übergeben werden.

Hinzufügen einer Stromschleife zur Current Mode Control

Der Spannungsmode mit einer Regelschleife unterliegt einigen Limitationen. Er erfordert ein ziemlich kompliziertes Typ-III-Kompensationsnetzwerk. Die Schleifenperformanz kann, abhängig von den Parametern des Ausgangskondensators und der parasitären Elemente, stark variieren, besonders mit dem ESR und der Impedanz der Leiterbahnen. Eine zuverlässige Stromversorgung erfordert einen schnellen Überstromschutz, der über eine schnelle Stromfühlermethode und einen flinken Schutzkomparator verfügen muss. Für Hochstromlösungen, die Parallelschalten mehrerer Phasen erfordern, wird ein(e) zusätzliches Stromaufteilungsnetzwerk/Schleife erforderlich.

Durch Einfügen eines inneren Stromfühlerpfads und einer Rückkopplungsschleife in den Spannungsmode-Wandler, wird er zum Strommode-gesteuertem Wandler. Bild 16 und 17 zeigen einen typischen Spitzenstrom-Mode-Buck-Wandler und wie er arbeitet. Der interne Takt schaltet den oberen Steuer-FET ein. Danach, sobald das erfasste Spitzenstromsignal vom Induktor die Spannung V_c am ITH-Pin des Verstärkers erreicht, wird der obere FET ausgeschaltet. Konzeptionell macht die Stromschleife den Induktor zu einer gesteuerten Stromquelle. So wird die Leistungsstufe mit der geschlossenen Stromschleife ein System 1.Ordnung mit L/C Resonanz. Als Ergebnis daraus verringert sich die durch die Polstellen der Leistungsstufe bedingte Phasenverzögerung von 180 Grad auf etwa 90 Grad.

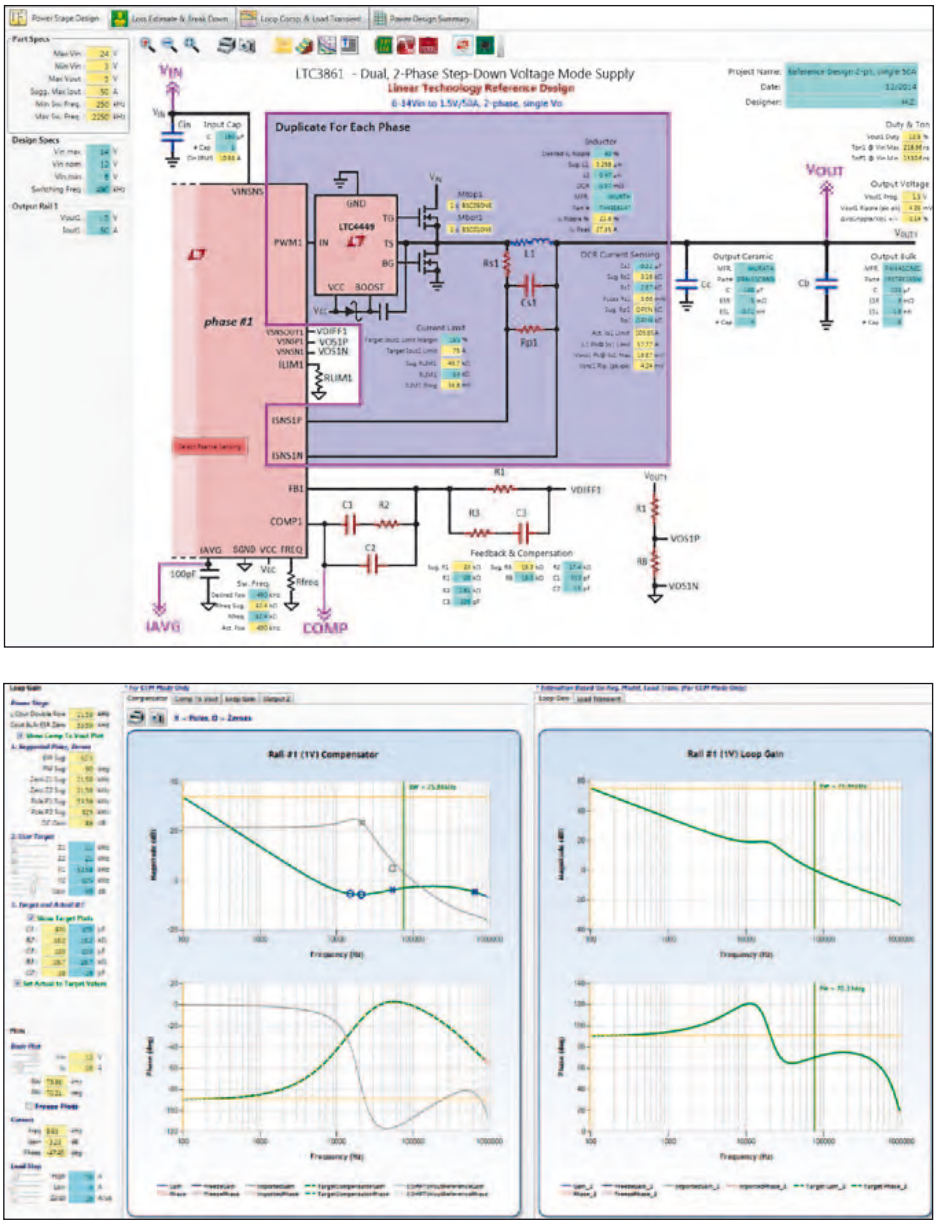


Bild 15: Das LTpowerCAD Design Tool vereinfacht das Typ-III-Schleifen Design für Spannungs-Mode Wandler:
a) LTpowerCAD Power Stage Design Page
b) LTpowerCAD Loop Compensation und Load Transient Design Page. (Kostenloser Download unter www.linear.com/LTpowerCAD)

Eine geringere Phasenverzögerung vereinfacht die Kompensation der äußeren Spannungsschleife. Auch wird die Stromversorgung unempfindlicher gegen Variationen des Ausgangskondensators oder des Induktors wie in Bild 18 gezeigt.

Der Strom des Induktors kann direkt mit einem zusätzlichen Widerstand R_{SENSE} erfasst werden, indirekt über den DCR der Induktorwindungen oder über den $R_{DS(ON)}$ des FET. Alle bieten verschiedene Vorteile gegenüber Current Mode Control (CMC). Wird der Induktorstrom Zyklus-für-Zyklus über die Verstärkerausgangsspannung erfasst und begrenzt, verfügt das System über eine akkuratere und schnellere Strombegrenzung bei Überlast oder bei Sättigung des Induktorstroms. Der Induktor-Einschaltstrom wird beim Einschalten oder bei Transienten auf der Eingangsspannung eng kontrolliert.

Sind mehrere Wandler/Phasen parallelgeschaltet und Current Mode gesteuert, ist eine Stromaufteilung zwischen den Stromversorgungen durch einfaches Verbinden der ITH-Pins der Verstärker zur Implementierung eines zuverlässigen PolyPhase Designs möglich. Typische Current Mode Controller von Linear Technology sind LTC3851A, LTC3833 and LTC3855, usw.

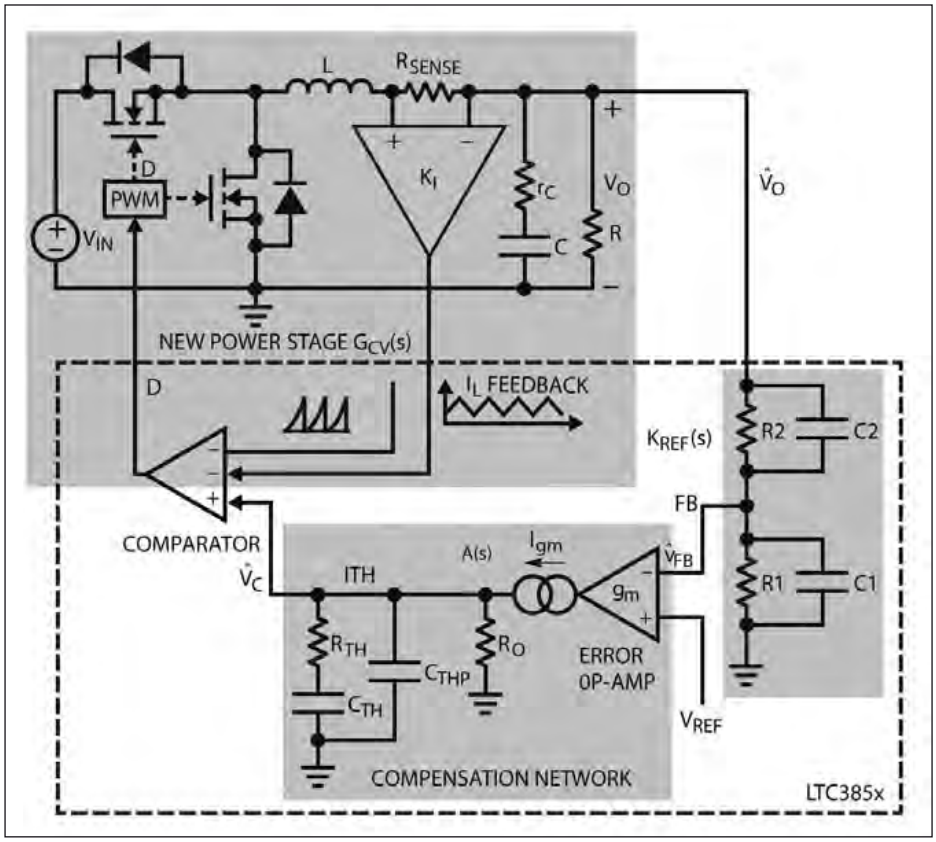


Bild 16: Blockdiagramm des Strom-Mode-Wandlers mit innerer Stromschleife und äußeren Spannungsrückkopplungsschleife

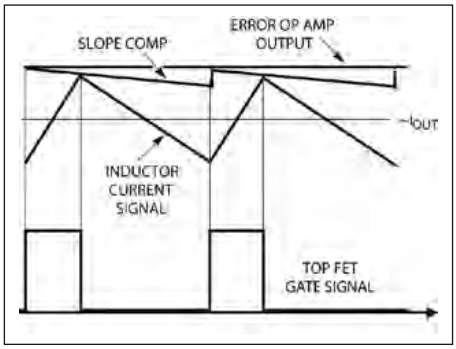


Bild 17: Steuersignalverlauf im Spitzenstrom-Mode

Spitzen- vs. Talstrom-Mode-Control-Methoden

Die Current Mode Control Methode in Bild 16 und 17 beschreibt die Spitzenstromsteuerung des Induktors. Der Wandler arbeitet mit fester Schaltfrequenz f_{SW}, was die Taktsynchronisation und die Phasenverschachtelung erleichtert, besonders bei parallelgeschalteten Wandlern. Tritt jedoch eine Lastsprungtransiente auf, gerade nachdem der Steuer-FET ausgeschaltet ist, muss der Wandler über die Aus-Zeit T_{OFF} auf den nächsten Taktzyklus warten, um auf Transienten zu reagieren. Diese Verzögerung T_{OFF} ist gewöhnlich kein Problem, spielt aber eine Rolle in Systemen mit schnellen Transienten. Darüber hinaus darf die minimale Ein-Zeit (T_{ON_min}) des Steuer-FETs nicht zu kurz sein, da der Stromkomparator Zeit für die Rauschunterdrückung benötigt, um Fehltriggerungen zu vermeiden. Das begrenzt die maximale Schaltfrequenz f_{SW} in Applikationen mit großen V_{IN}/V_{OUT} -Abwärtsraten. Zusätzlich benötigt die Peak Current Mode Control eine gewisse Schleifenkompensation, um die Stromschleife stabil zu halten, wenn der Duty-Cycle größer 50% ist. Das ist bei den Controllern von Linear Technology kein Problem, die über eine eingebaute adaptive Schleifenkompensation verfügen, um Stromschleifenstabilität über den gesamten Duty-Cycle Bereich sicherzustellen. LTC3851A und LTC3855 sind typische Peak Current Mode Wandler.

Tal (Valley) Current Mode Controller generieren eine kontrollierte Einschaltzeit des FET, sie warten bis der Strom im Induktor sein Tallimit (V_{ITH}) erreicht, um dann den Steuer FET einzuschalten. So kann die Stromversorgung, solang der Steuer-FET ausgeschaltet ist (T_{OFF}), auf Lastsprungtransienten reagieren. Da die Ein-Zeit fix ist, kann T_{ON_min} des Steuer-FET kleiner sein als im Peak CMC, was höhere f_{SW} für Applikationen mit großem Abwärtsverhältnis zulässt. Valley CMC benötigen auch keine zusätzliche Schleifenkompensation zur Erzielung der Stromschleifenstabilität. Da die Schaltperiode TS variieren darf, zeigt die Wellenform des Talstroms am Schaltknoten am Oszilloskop mehr Jitter. LTC3833 und LTC3838 sind typische Valley Current Mode Controller.

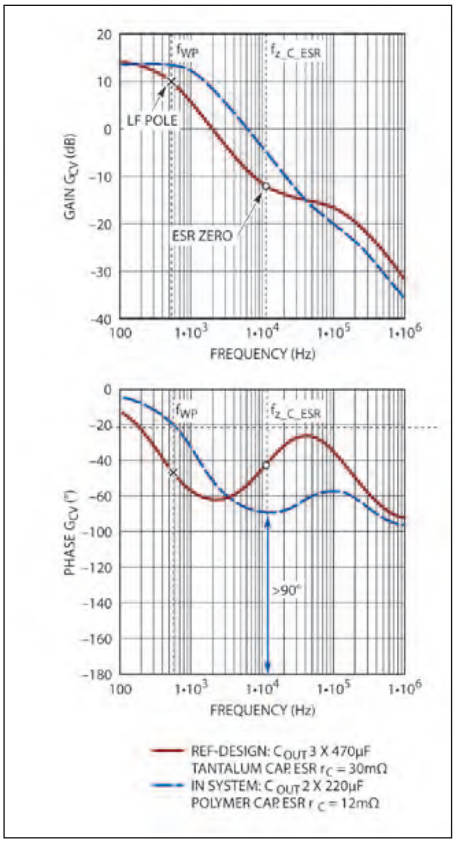


Bild 18: Neue Leistungsstufen-Übertragungsfunktion GCV(s) bei geschlossener Stromschleife

Modellierung einer Leistungsstufe mit geschlossener Stromschleife

Bild 19 zeigt das vereinfachte Modell 1.Ordnung einer Buck-Wandler-Leistungsstufe mit innerer Stromschleife, bei der der Induktor als eine Stromquelle agiert, die von der Spannung am ITH-Pin des Verstärkers gesteuert wird. Dieselbe Methode kann für andere Topologien mit Induktor-CMC verwendet werden. Wie gut ist nun dieses einfache Modell? Bild 20 zeigt einen Vergleich der Übertragungsfunktion

$$G_{CV}(s) = v_{OUT}/v_C$$

eines Modells 1.Ordnung und einem komplizierteren, aber präziserem Modell. Es gehört zu einem Current-Mode-Buck-Wandler, der mit 500 kHz Schaltfrequenz arbeitet. In diesem Beispiel ist das Modell 1.Ordnung bis

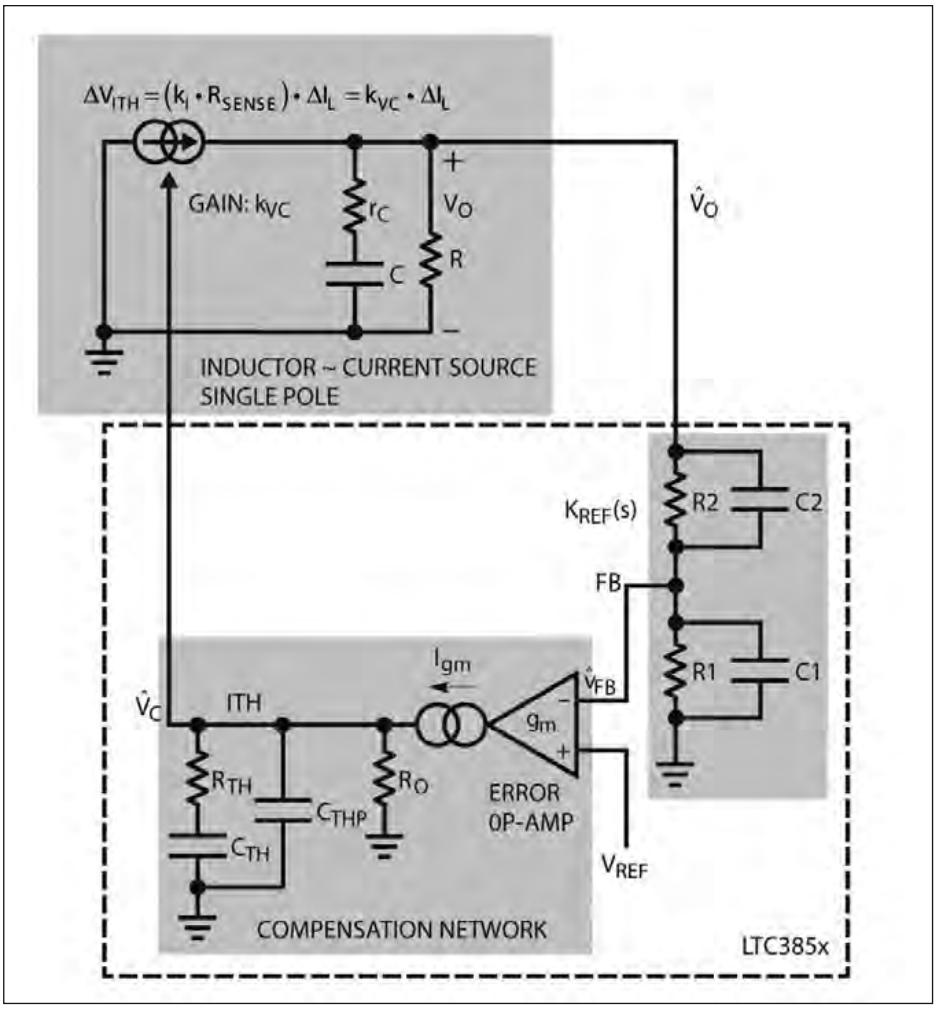


Bild 19: Einfaches Modell 1.Ordnung für einen Current Mode Buck-Wandler

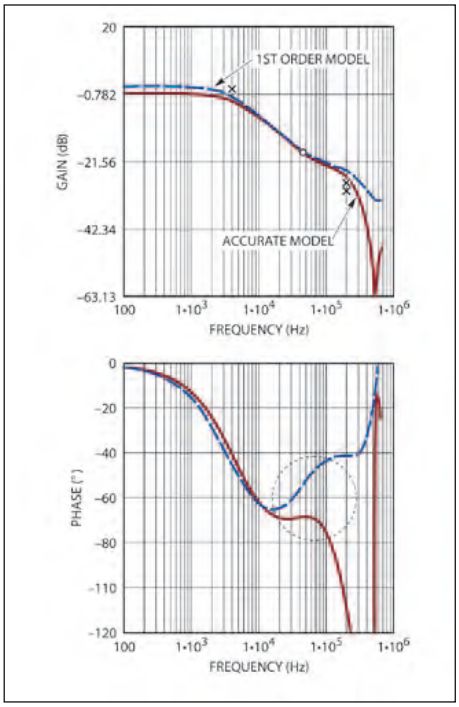


Bild 20: Vergleich von GCV(s) eines Modells 1.Ordnung und einem akkuraten Modell eines Current Mode Buck-Wandlers

10 kHz präzise, das ist ~1/50 der Schaltfrequenz f_{SW}. Darüber ist der Verlauf der Phase des Modells 1.Ordnung nicht mehr präzise. D.h., das vereinfachte Modell ist nur für Designs geringer Bandbreite brauchbar.

Es ist eine Tatsache, dass es sehr kompliziert ist, ein akkurates Kleinsignalmodell für Current Mode Wandler zu entwickeln, das den gesamten Frequenzbereich abdeckt. Ridley's Current Mode Modell [3] ist das populärste, von der Stromversorgungsindustrie genutzte Modell für Peak Current Mode und Valley Current Mode Steuerung. Kürzlich entwickelte Jian Li ein mehr intuitives Schaltungsmodell [4] für Current-Mode-Steuerung, es kann auch für andere Current-Mode-Steuermethoden verwendet werden. Das LTpowerCAD Design Tool implementiert diese akkuraten Modelle auf einfache Weise, damit auch der unerfahrene Anwender eine Current-Mode-Stromversorgung entwickeln kann, ohne Kenntnis der Modelle von Ridley oder Jian Li.

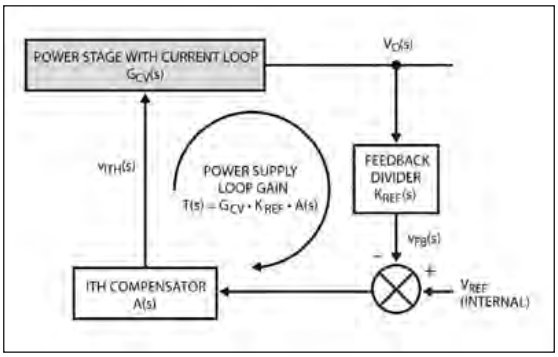


Bild 21. Steuerungsblockdiagram des Rückkopplungsschleifen-Designs

Schleifenkompensations-Design eines Current-Mode-Wandlers

In Bild 16 und 21 wird die Funktion der Leistungsstufe $G_{CV}(s)$ mit geschlossener Stromschleife bestimmt durch die Auswahl der Komponenten, die wiederum ausgewählt sind nach den DC-Spezifikationen/Performanz der Stromversorgung. Die Verstärkung der äußeren Spannungsschleife

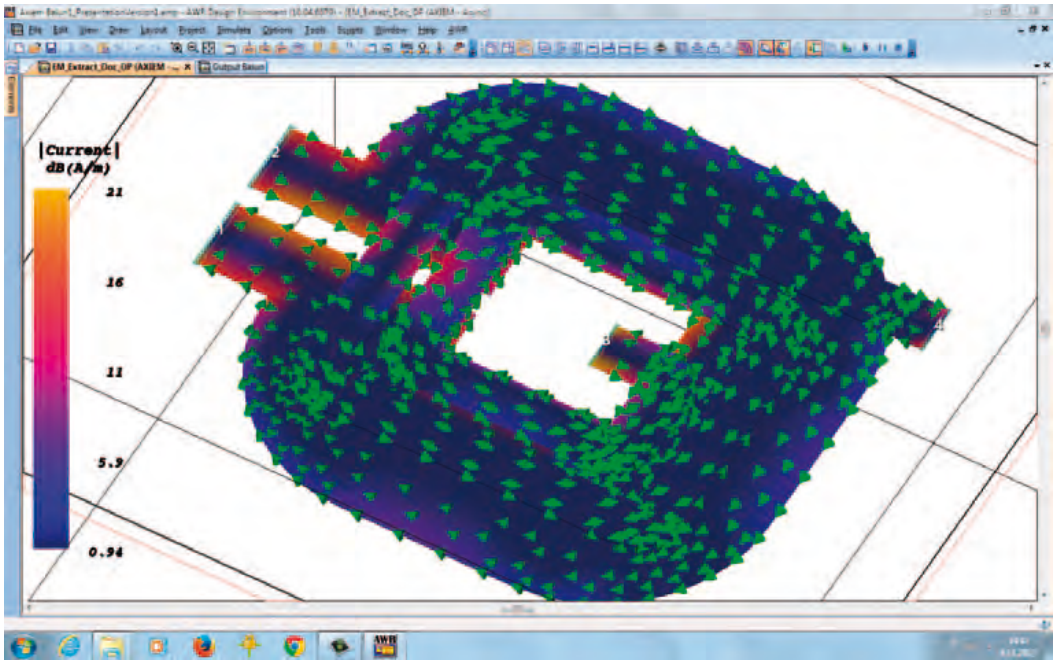
$$T(s) = G_{CV}(s) \cdot A(s) \cdot K_{REF}(s)$$

ist demnach bestimmt durch die Spannungsrückkopplungsstufe $K_{REF}(s)$ und durch die Kompensationsstufe A(s). Das Design dieser beiden Stufen wirkt sich im großen Maße auf die Stabilität und das Transientenverhalten der Stromversorgung aus. Generell wird die Performanz der geschlossenen Spannungsschleife T(s) durch die Schleifenbandbreite und die Schleifenstabilitätsmarge bestimmt. Die Schleifenbandbreite wird durch die Crossover-Frequenz f_C, bestimmt, bei der die Schleifenverstärkung T(s) 1 beträgt (0 dB). Die Schleifenstabilitätsmarge ist typisch quantifiziert durch Phasenmarge oder Verstärkungsmarge. Die quantifizierte Schleifenmarge ist definiert durch die Differenz zwischen der gesamten Phasenverzögerung T(s) und den –180° bei der Crossover-Frequenz. Eine minimale Phasenmarge von 45 Grad oder 60 Grad wird gewöhnlich benötigt, um Stabilität sicherzustellen. Bei Current-Mode-Steuerung wird, um das Schaltrauschen in der Stromschleife zu dämpfen, die Schleifenverstärkungsmarge definiert als Dämpfung bei ½ • f_{SW}. Generell wird eine minimale Dämpfung von 8 dB (–8 dB Schleifenverstärkung) bei ½ • f_{SW} gefordert.

Fortsetzung folgt

EM-Simulationstechniken verbessern das Modellieren von PCB-VHF-Baluns, Teil 1

Um bestehende Schwierigkeiten und Nachteile beim Design von Baluns und anderen passiven Baugruppen zu vermeiden, kann man moderne Electromagnetic-Simulatoren (EM Simulators) heranziehen. Hier wird nun ein solcher Ansatz für gedruckte Baluns beschrieben, der den Design-Erfolg mithilfe der NI-AWR-Design-Umgebung, speziell mit der Microwave-Office-Schaltungssimulation und der Axiem-Planar-EM-Simulationssoftware, erzielt.



Die Nutzung von Microstrip-Kopplern in Leistungsverstärkern für Frequenzen über 1 GHz hat sich gut etabliert, und zahlreiche Quellen beschreiben das Design solch einer Struktur. Angesichts dieser Tatsache ist es erstaunlich, wie wenig Veröffentlichungen es zum Thema des Baluns (Balanced/unbalanced) in gedruckter Technik auf Basis eines Printed Circuit Boards (PCB) gibt. Schließlich spielt die Kopplung symmetrischer (balanced) und unsymmetrischer (unbalanced, single-ended) Systeme nach wie vor eine große Rolle in der Hochfrequenztechnik. Nicht weniger überrascht es, dass der vorherrschende Ansatz zur Leistungsübertragung im VHF- und UHF-Bereich die Verwendung des Koaxialkabels darstellt (Bild 1) und daher mit einem gewissen unvermeidlichen Aufwand und Platzbedarf sowie beachtlichen Kosten und thermischen Ansprüchen einhergeht.

Vorüberlegungen

Ein symmetrischer Verstärker wird nicht selten in Form eines Verstärkers für hohe Leistung und hohem Wirkungsgrad gewünscht und basiert dann meist auf zwei gleichspannungsmäßig in Reihe und wechselspannungsmäßig parallel liegenden Transistoren, welche betragsmäßig gleiche, aber um 180° phasenversetzte Signale erhalten. Dieser auch mit push-pull bezeichnete Betrieb bietet Vorteile beim thermischen Verhalten und bei der Unterdrückung der zweiten Harmonischen, die in aller Regel geringer ausfällt als die dritte. Die Alternative zu Koaxialkabel-Baluns mit ihren genannten Nachteilen sind gedruckte planare Übertragungsleitungen, welche sich jedoch bezüglich des Entwurfs meist schwieriger darstellen, was ein Grund dafür sein könnte, dass sie sich nicht weitläufig durchsetzen konnten. Als entscheidender Punkt hat sich hier der Mangel an adäquaten linearen Transmission-Line-Modellen erwiesen.

In Bild 2 ist ein 1,1-kW-Verstärker der Firma NXP zu sehen, der einen planaren Combiner nutzt. Aus der Sicht eines Designers für High-Power Amplifier sind die Vorteile eines symmetrischen

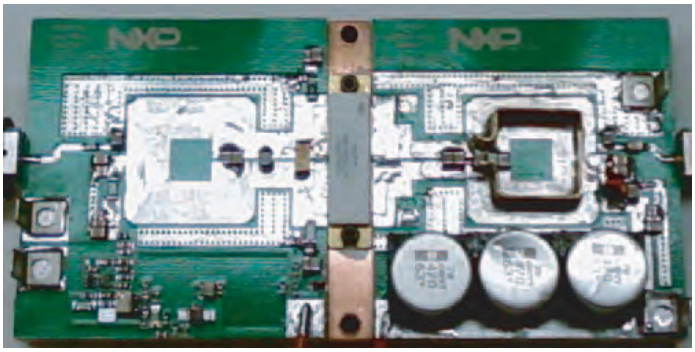


Bild 1: Dieses FM-Rundfunksender-Referenz-Design nutzt Koaxialkabel für die Desymmetrierung des Antennensignals (Quelle: Freescale)

Quelle: Dominic Fitz-Patrick: Modelling of a Printed VHF Balun Using E-M Simulation Techniques, Powerful Microwave, ARMMS Conference April 2013, übersetzt von FS

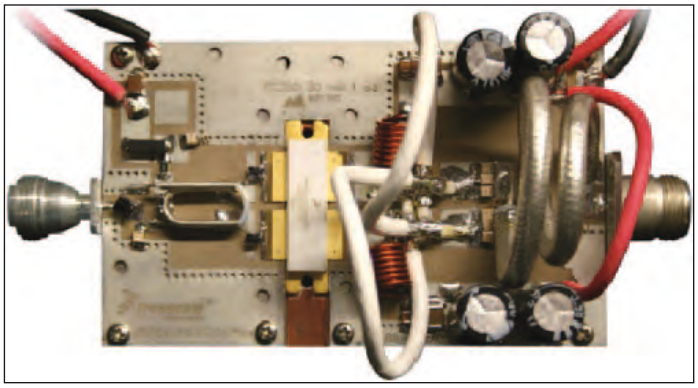


Bild 2: DVB-T-Verstärker mit planaren Combiner [2]

Konzepts (push-pull) unübersehbar. Diese umfassen:

- hoher Wirkungsgrad
- vierfach höhere Impedanz gegenüber Single-ended-Ausführung [2]
- exzellente Unterdrückung geradzahliger Harmonischer
- Impedanztransformation
- hohe Reproduzierbarkeit
- geringe Herstellungskosten

Um die angeführten schwierigen Design-Bedingungen zu überwinden, kann man moderne Electromagnetic (EM) Simulatoren heranziehen, um eine verbesserte und genauere Analyse solcher Strukturen durchzuführen. Hier wird ein Design-Ansatz für gedruckte Baluns vorgestellt, der seinen Erfolg mithilfe der NI-AWR-Design-Umgebung, speziell mit der Microwave-Office-Schaltungssimulation und der Axiem-Planar-EM-Simulationssoftware, erzielt.

Theorie des planaren Kopplers

Ein verbreiteter Fehler besteht darin, zu vergessen, dass der planare Balun nicht von der Wellenlänge des Signals abhängt, sondern lediglich von der induktiven Kopplung. Die Theorie dieser Kopplung ist allerdings komplex, und eine Herangehensweise, sie in die Modellierung einzubringen, besteht darin, Superpositions-Prinzipien zu nutzen. Dies wurde detailliert in [3] beschrieben.

Es ist sinnvoll, sich an die Grundlagen des idealen Transformators zu erinnern (Bild 3), bevor man damit beginnt, eine Design-Methode für einen planaren Koppler zu formulieren. Beim idealen Transformator werden zwei gewickelte separate Drähte (Spulen) auf einem Kern

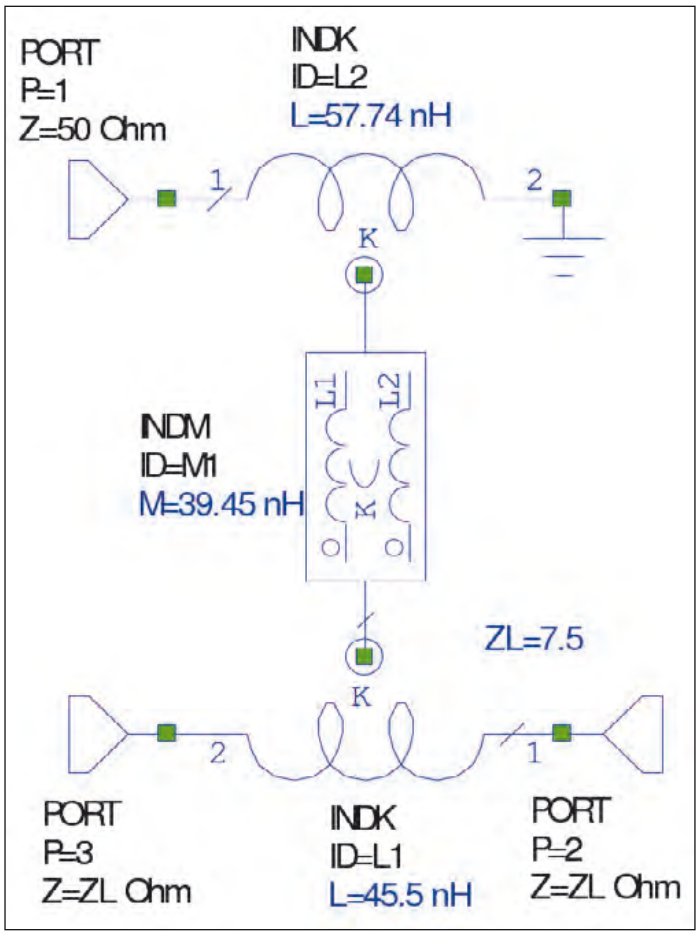


Bild 3: Struktur eines Baluns auf Basis gekoppelter Induktivitäten (idealer Transformator)

eingesetzt, wobei der Stromfluss durch den einen (primären) Draht ein magnetisches Feld hervorruft, welches im anderen (sekundären) Draht eine Spannung bzw. bei Belastung einen Strom erzeugt. Im Idealfall trifft dabei Folgendes zu:

- Der magnetische Fluss ist der selbe für beide Spulen, es gibt keinen Verlust.
- Faradays Gesetze gelten: Die induzierte Spannung ist proportional zur Änderungsrate des primären Stroms und zur sekundären Windungszahl

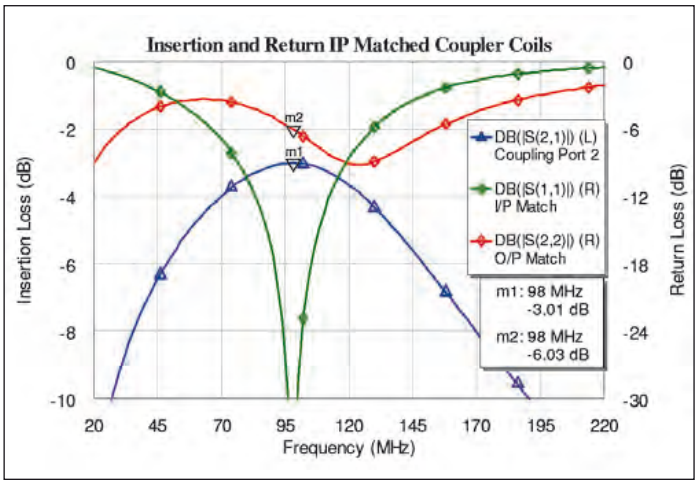


Bild 4: Schmalbandverhalten bei kapazitiv abgestimmtem Eingang

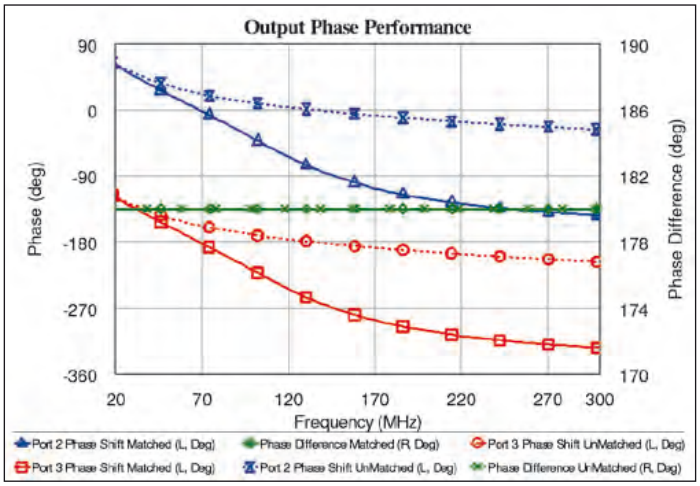


Bild 5: 180° Phasendifferenz an den Balun Ports

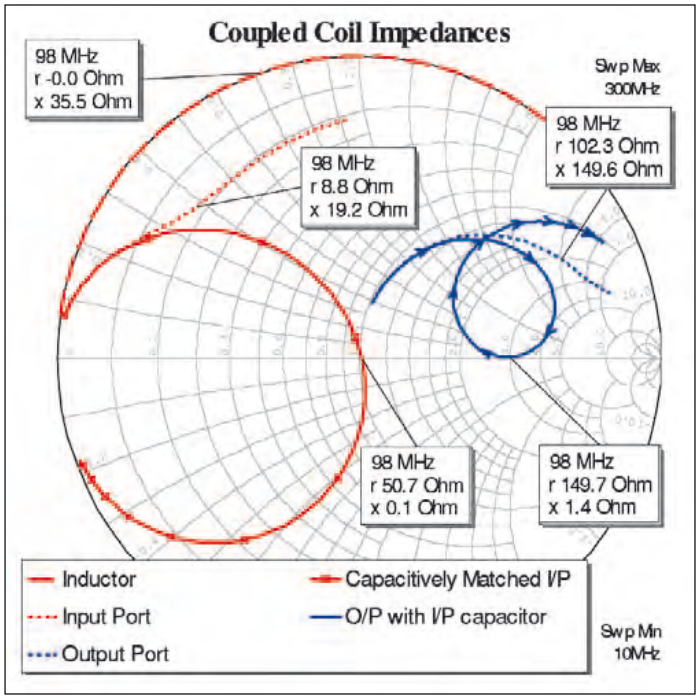


Bild 6: Die Impedanz bei einfacher Kopplung (gestrichelt) und bei mit Kapazität abgestimmtem Eingang

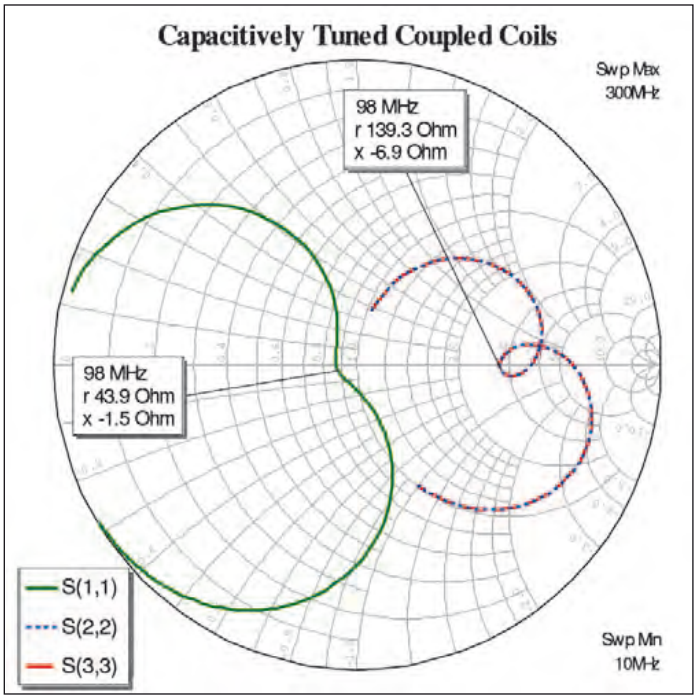


Bild 7: Impedanzverläufe bei kapazitiver Abstimmung an Eingang und Ausgang (s. Text)

- Auch bei Strom und Spannung gibt es keine Verluste, in anderen Worten: Leistung aus Quelle und in Last sind gleich.
- Die Permeabilität des Kerns beim idealen Transformator ist unabhängig von der magnetischen Flussdichte, anders gesagt, es handelt sich um ein lineares Bauteil.

Weiterhin kann leicht gezeigt werden, wie z.B. in [4] erfolgt, dass das Verhältnis von Quell- und Lastimpedanz proportional zum Quadrat des Verhältnisses der Windungszahlen ist. Diese allgemein bekannte Tatsache ist wichtig zur Erhellung der zweiten (möglichen) Funktion eines Baluns, nämlich der Impedanztransformation.

In der Praxis sehen die Dinge leider anders aus:

- Es gibt einen Verlust beim magnetischen Fluss.
- Der Grad der möglichen Magnetisierung hat einen Endwert.
- Es gibt Verluste in den Kupferdrähten und im Kern (z.B. durch Drahtwiderstand, Skin-Effekt, Hysterese und Wirbelströme)
- Die relative Permeabilität des magnetischen Materials ändert sich infolge Gleich- und Wechselströmen (frequenzabhängig) und Temperatur
- Es existiert eine parasitäre Kapazität zwischen den Wicklungen.

Der Grad der Kopplung zwischen zwei Wicklungen lässt sich über die gegenseitige Induktivität M formulieren, wobei man die beiden Induktivitäten nutzen kann, um den Koppelkoeffizienten K nach Gleichung (1) zu ermitteln. Das Verhältnis zwischen sekundärer Induktivität Ls und den anderen Schlüsselparametern beschreibt Gleichung (2). Beide Gleichungen sind in [4] näher erläutert.

$$K = M / (\sqrt{L_p \times L_s}) \quad (1)$$

L_p ... Primärinduktivität
L_s ... Sekundärinduktivität

$$L_s = R_L/R_S \times L_p/K^2 \quad (2)$$

R_L ... Lastwiderstand
R_S ... Quellwiderstand (Source)

Diese Beziehungen lassen sich auch mit einem linearen Simulator wie Microwave Office modellieren (Bild 4). Dabei wurde ein Kondensator hinzugefügt, um die Anpassung auf der Nutzfrequenz zu verbessern. Die Phasendifferenz zwischen den Ausgangs-Ports bleibt konstant 180° sowohl im angepassten wie auch unangepassten Fall (Bild 5). Der Einfluss des Kondensators am Eingang kann am besten mithilfe des Smith Charts dargestellt werden (Bild 6). In Bild 7 zeigen die gestrichelten Linen den Verlauf der Impedanz bei einfach induktiv gekoppelten Spulen, während die ausgezogene rote Linie eine Induktivität mit dem gleichen Wert wie bei der primären Spule betrifft. Die gemeinsame Induktivität M sekundär und Impedanzen bei geringer Belastung reduzieren den effektiven Blindwiderstand (Reaktanz) der primären Spule. Durch den Kondensator gelingt eine Anpassung der Primärseite auf der Nutzfrequenz.

Die Bandbreite lässt sich durch Hinzufügen einer Kapazität an den Ausgangs-Ports verbessern. Falls diese auf eine leicht von der Nutzfrequenz verschiedene Resonanzfrequenz abgestimmt wird, so nimmt die effektive Bandbreite zu. Als Nachteil ist aber eine Verschlechterung der Anpassung am Eingang hinzunehmen. Dieser zweite Kondensator macht also nicht nur gewissermaßen die Resonanz an den Output Ports schärfer, sondern bedeutet auch eine unerwünschte Rückwirkung auf den Eingang, welche auch aus Bild 7 hervorgeht. Der Designer sollte hier beachten, dass die eventuelle Eingangskapazität eines nachfolgenden Verstärkers einen Einfluss auf das Verhalten des Blocks Transformator/Verstärker ausübt. Sie muss bei der sekundären Resonanzkapazität berücksichtigt werden.

Die nächste Stufe im Design-Prozess besteht darin, zu versuchen, die gekoppelten Induktivitäten auf Basis der Stripline-Technik zu realisieren. Es geht also darum, die Induktivitäten in Formen und Abmessungen, wie Breite und Länge von Leitungen, umzusetzen, unter Berücksichtigung von Materialeigenschaften und Dicke des Substrats. Dabei ist zunächst der Koppelfaktor K unklar, er kann jedoch sukzessive errechnet werden. Entsprechende Unterstützung findet man z.B. in [2]. Hier erfolgt eine iterative 3D-EM-Analyse, von einer solchen vermittelt das Aufmacherfoto einen Eindruck.

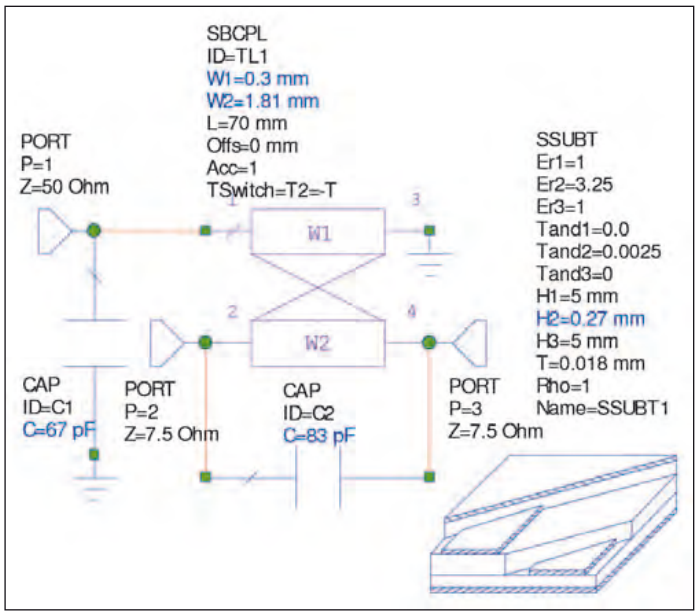


Bild 8: Struktur des einfachen planaren Transformators

Nutzung der Stripline-Technik

In den meisten Fällen bestehen die gedruckten Baluns aus zwei gedruckten Spuren, die sich auf Ober- und Unterseite der Platine gegenüber liegen. Diese Struktur lässt sich leicht und schnell analysieren [5], besonders mit Microwave Office Software, unter Nutzung der in Bild 8 gezeigten Schaltungsstruktur. Diese ermöglicht einen guten Start des Entwicklungsprozesses. Es erfolgt dann eine Optimierung etwa über die Leiterbreite, die Annahme verschiedener praktisch möglicher Dielektrizitätskonstanten für die Platine oder deren Dicke. Dabei gibt es natürlich Grenzen, die man nicht überschreiten sollte. Das Modell nimmt Deckungsgleichheit der Spurenmitten an, jedoch ist ein Versatz (Offset) möglich, allerdings erweisen sich Krümmungen der Tracks als nicht praktikabel.

Beim Übergang zur Balun-Ausführung wird man aber feststellen, dass die untere Seite eine Spirale darstellen muss, während die Spur auf der Oberseite die Fom einer Schleife (ähnlich des Buchstabens C) aufweist. Entsprechende Darstellungen liefern die Bilder 9 und 10. In diesem Szenario erreicht oder verlässt das unsymmetrische Signal den spiralförmigen Teil am unteren, äußeren Ende. Der geerdete Anschluss ist durch Via-Löcher mit dem Mittelanschluss des oberen Teils verbunden. Der Platz über und unter dem Balun (typisch 5x Substratdicke) sollte nur mit Luft oder definiertem Dielektrikum ausgefüllt sein. Alternativ kann man das äußere Ende erden und den Mittenanschluss beispielsweise über einen Jumper mit dem unsymmerischen Port verbinden. Aus der Perspektive eines Designers ist das Layout der Struktur für den Microstrip/die Stripline das einzig Knifflige am Ganzen, und Modelle von EM-Simulationen sind hier meist hilfreich, um auf bestmöglichem Wege die genauesten Ergebnisse für eine spezielle Anforderung zu erhalten.

Bliebe zu erwähnen, dass der Axiem-EM-Simulator von AWR wohl das Beste aus beiden Welten verbindet: Die Geometrie kann durch Nutzung von Schaltungsmodellen gestaltet werden, und die Software wird genutzt, um die bestmögliche Lösung gemäß den spezifischen Anforderungen mit allen Details zu erarbeiten, deren Struktur während der Entstehung und abschließend mit der EM Simulation Engine analysiert wird. ◄

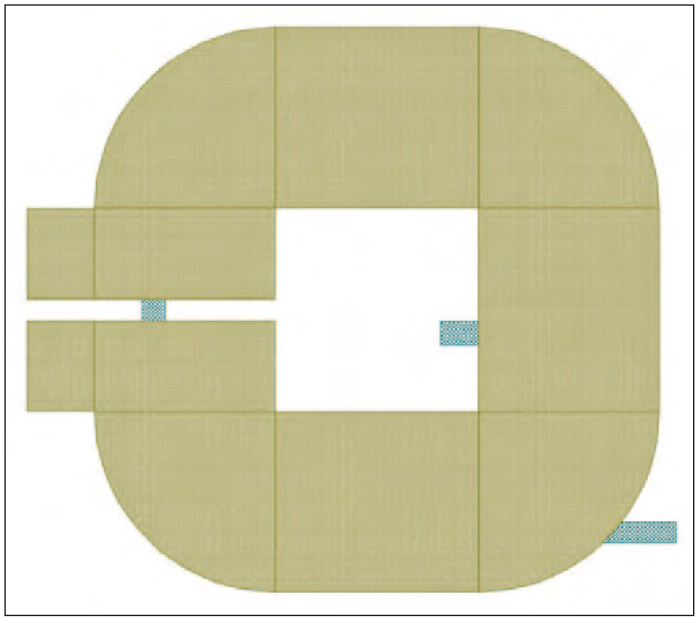


Bild 9: Layout eines planaren Baluns

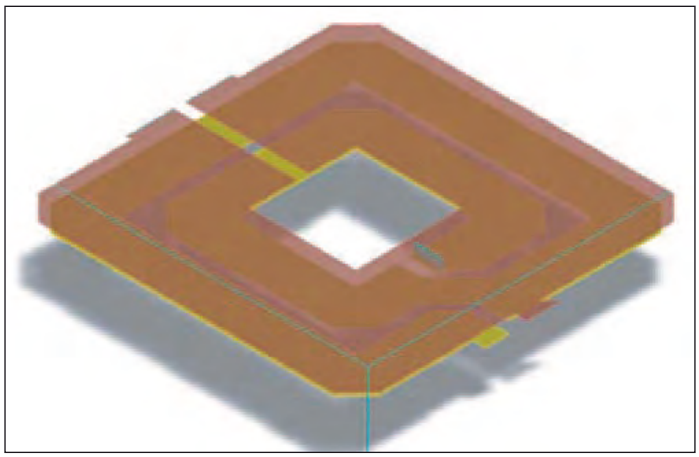


Bild 10: 3D-Zeichnung eines planaren Baluns [1]

Quellen:

[1] NXP AN10858: 174 MHz to 230 MHz DVB-T power amplifier with the BLF578, 2010

[2] A. Grebennikov: RF and Microwave Power Amplifier Design, McGraw-Hill, 2005, pp. 234-238

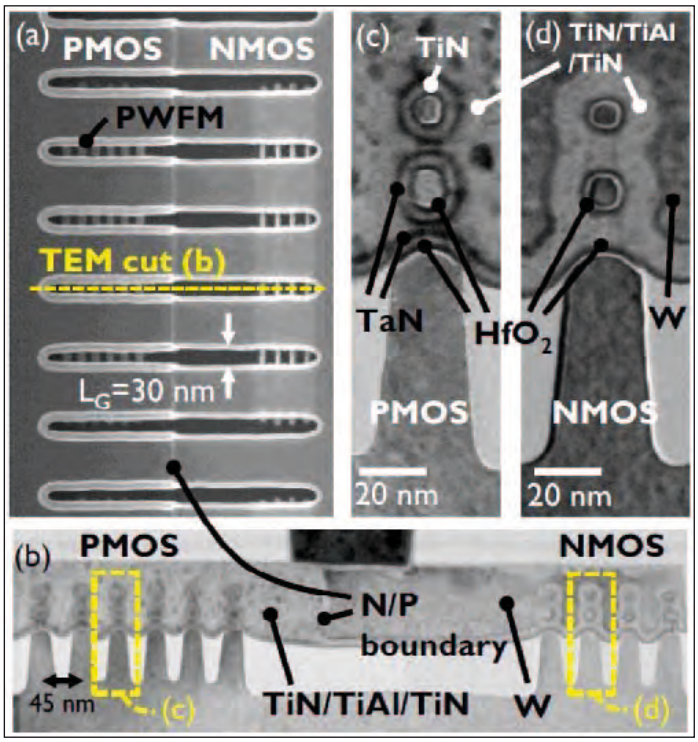
[3] D. Jaisson: Planar Impedance Transformer, Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 47, no. 5, pp. 592-595, May 1999

[4] P. Abrie: Coupled Coils and Transformers, Chapter 5 in RF and Microwave Amplifiers and Oscillators, 2nd ed., Artech House, 2009

[5] M. Bazdar, A. Djordjevic, R. Harrington and T. Sarkar: Evaluation of quasi-static matrix parameters for multiconductor transmission lines using Galerkin's method, IEEE Transactions Microwave Theory Techniques, vol. 42, pp. 1223-1228, July 1994

Vertikal gestapelte „Gate-all-around-Si“ Nanowire-CMOS-Transistoren kommen in Reichweite

Beim International Electron Devices Meeting 2016 (IEDM) - im Dezember in San Francisco - berichtete imec erstmals über die CMOS-Integration von vertikal gestapelten „Gate-all-around (GAA)“ Silizium Nanowire MOSFETs.



(a) Top view SEM image after PWFM etch form the n-FETs, and (b) – (d) cross-sectional TEM images of p- and n-FETs at the end of process (L_G = 30 nm)

Key in the integration scheme is a dual-work-function metal gate enabling matched threshold voltages for the n- and p-type devices. Also, the impact of the new architecture on intrinsic ESD performance was studied, and an ESD protection diode is proposed. These breakthrough results advance the development of GAA nanowire MOSFETs, which promise to succeed FinFETs in future technology nodes.

GAA nanowire transistors are promising candidates to succeed FinFETs in 7 nm and beyond technology nodes. They offer optimal electrostatic control, thereby enabling ultimate CMOS device scaling. In a horizontal configuration, they are a natural extension of today’s mainstream FinFET technology. In this configuration, the drive current per footprint can be maximized by vertically stacking multiple horizontal nanowires. Earlier this year, imec scientists demonstrated GAA FETs based on vertically stacked 8 nm diameter Si nanowires. These devices showed excellent electrostatic control, but were fabricated for n- and p-FETs separately.

Imec now reports on the CMOS integration of vertically stacked GAA Si nanowire MOSFETs, with matched threshold voltages for n- and p-type devices. [Lit.: “Vertically stacked gate-all-around Si nanowire CMOS transistors with dual work function metal gates”, H. Mertens et al., IEDM 2016].

Key in the integration scheme is the implementation of dual-work-function metal gates to set the threshold voltages of the n- and p-FETs independently. In this process step, p-type work function metal (PWFM) is deposited in the gate trenches of all devices, followed by selectively etching the PWFM down to the HfO2 from the n-FETs and subsequent deposition of the n-type work function metal. The observation of matched threshold voltages (VT, SAT = 0.35 V) for nMOS and pMOS devices validates the dual-work-function metal integration scheme.

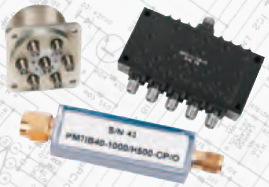
The impact of this new device architecture on the intrinsic ESD performance was investigated as well. [Lit.: “ESD diodes in a bulk Si gate-all-around vertically stacked horizontal nanowire technology”, S.-H. Chen et al., IEDM 2016]

Two different ESD protection diodes have been proposed, i.e. a gate-structure defined diode (gated diode) and a shallow-trench isolation defined diode (STI diode). The STI diode was the better ESD protection device, showing an excellent ratio of failure current (It2) over parasitic capacitance (C). Measurements and TCAD simulations also prove that the ESD performance in GAA nanowire based diodes is maintained in comparison to bulk FinFET diodes.

“GAA Nanowire Transistors enable ultimate CMOS Device Scaling, with low degreee of added complexity compared to alternativee sclaing scenarios,” stated Dan Macuta, Director Logic Device and Integration at IMEC. The proposed integration scheme for Si GAA CMOS Technology and the results on ESO protection are important achievements towards realizing these 7 nm and beyond technology nodes. Future work will focus, among others, on further optimizing individual process step , for example through the co-optimization of the junction and nanowire formation.”

Imec’s research into advanced logic scaling is performed in cooperation with imec’s key partners in its core CMOS programs including GlobalFoundries, Huawei, Intel, Micron, Qualcomm, Samsung, SK Hynix, Sony and TSMC. ◄

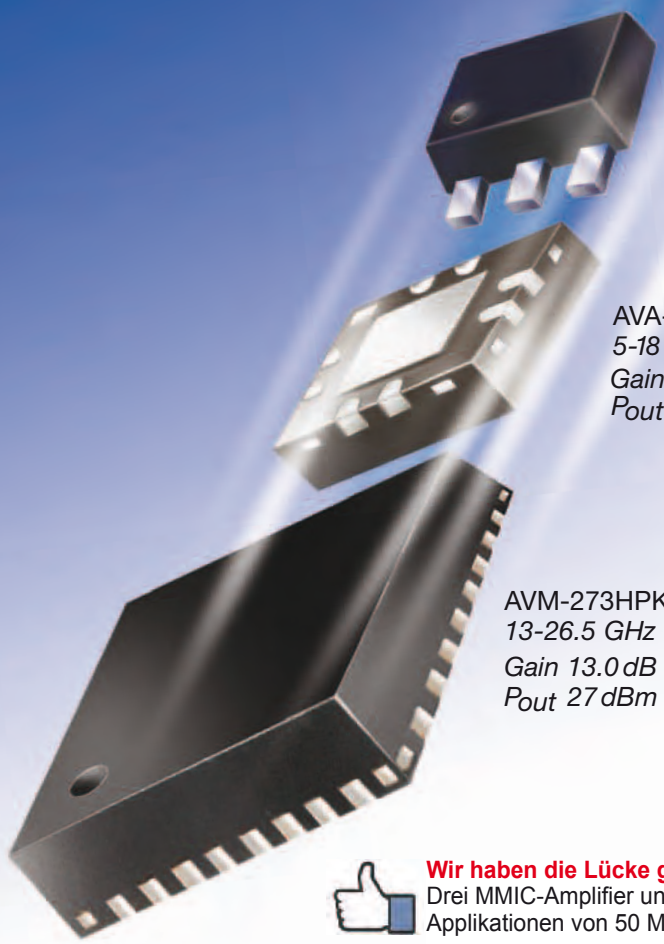
IMEC
www.imec.be

Telemeter Electronic
Komponenten und Systeme für HF- und Mikrowellentechnik

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

Wir liefern Lösungen ...
www.telemeter.info

MMIC AMPLIFIERS

50 MHz to 26.5 GHz



PHA-1+ $1.99 ea. (qty. 20)
0.05-6 GHz
Gain 13.5 dB
P_{out} 22 dBm

AVA-183A+ $7.95 ea. (qty. 20)
5-18 GHz
Gain 14.0 dB
P_{out} 19 dBm

AVM-273HPK+ $36.90 ea. (qty. 10)
13-26.5 GHz
Gain 13.0 dB
P_{out} 27 dBm

Wir haben die Lücke geschlossen!
Drei MMIC-Amplifier unterstützen die ganze Vielzahl der Applikationen von 50 MHz bis hoch hinauf zu 26,5 GHz!

Mini-Circuits' AVM-273HPK+ Breitband-MMIC-Verstärker eignet sich für Applikationen von 13 bis 26,5 GHz mit bis zu 500 mW Ausgangsleistung, 13 dB Verstärkung, ±1 dB Gain Flatness und 58 dB Rückwärtsisolation. Diese Verstärker werden unterstützt von einem Spannungs-Sequencing- und DC-Control-Modul und bieten dadurch einen Rückwärtsspannungsschutz in ihrem kleinen Gehäuse, was Ihr Schaltungsdesign vereinfacht. Dieses Modell ist ein idealer Pufferverstärker für P2P-Funkanwendungen, militärische Applikationen und Radar, DBS, VSAT und mehr!

Der AVA-183A+ weist 14 dB Verstärkung bei einer exzellenten Flatness (±1 dB) zwischen 5 und 18 GHz, 38 dB Isolation und 19 dBm Signalleistung auf. Er ist bedingungslos stabil und ein idealer LO-Treiberverstärker. Interne DC-Abblockung, Bias Tee und ein mikrowellentauglicher Koppelkondensator senken den externen Beschaltungsaufwand und minimieren Ihre Entwicklungszeit.

Der PHA-1+ nutzt die E-PHEMT-Technologie, um einen ultrahohen Dynamikbereich, geringes Eigenrauschen und exzellente IP3-Performance zu bieten. Das macht ihn ideal geeignet für LTE und TD-SCDMA. Das gute Anpassverhalten an Ein- und Ausgang erstreckt sich fast auf sieben Oktaven, sodass CATV-Applikationen, drahtlose LANs und Basisstations-Infrastruktur profitieren können.

Besuchen Sie www.minicircuits.com und erhalten sie den vollen Umfang an Spezifikationen, Performance-Kurven und weitere freien Daten! Diese Modelle liegen auf Lager und werden unmittelbar nach Bestellung versandt.

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

Mini-Circuits®

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

478 rev R

DISTRIBUTORS

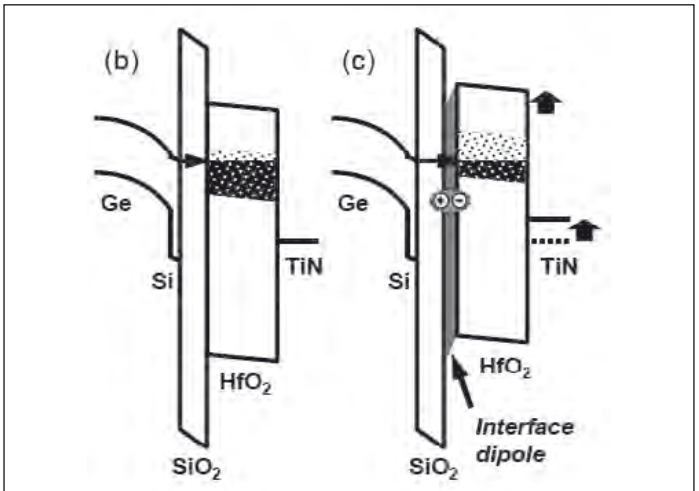
INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-65719 Hofheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

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

3D-kompatibler Germanium-nMOS-Gate-Stapel mit hoher Mobilität und überlegener Zuverlässigkeit

Bei der IEEE-IEDM-Konferenz des International Electron Devices Meetings 2016 (IEDM) im Dezember zeigte imec erstmals einen Silizium-passivierten Germanium-nMOS-Gate-Stack, mit drastisch verringerter Schnittstellendefektdichte (DIT), der den gleichen Stand wie ein Si-Gatestapel erreicht, und das mit hoher Mobilität und verringerter Temperaturinstabilität bei positiver Vorspanung. Diese vielversprechenden Resultate ebnen den Weg zu GE-basierenden finFETs und „Gate-all-around"-Komponenen und eröffnen Optionen für Logikbausteine für 5 nm und darüber.



Energy band diagrams of Si-passivated Ge nFET (b) without interface dipole and (c) with interface dipole at the high-k/SiO2 interface

Today's results were achieved by band engineering using an interface dipole at high-k/SiO_2 interface, and a H2 high-pressure anneal (HPA) finalizing the process flow. The interface dipole was formed on SiO_2 layer by depositing a Lanthanum (La)SiO layer by atomic layer deposition (ALD), which is a 3D-compatible process. While a high DIT has been the leading concern for Si-passivated Ge nFET, it was dramatically reduced, for the first time, from $2x10^{12}$ cm-$2eV^{-1}$ down to $5x10^{10}$ cm-$2eV^{-1}$ around mid-gap using a combination of the LaSiO insertion and a H_2 HPA. Consequently, electron mobility was increased (approximately 50 percent at peak) while PBTI reliability was improved thanks to the interface dipole-induced band engineering.

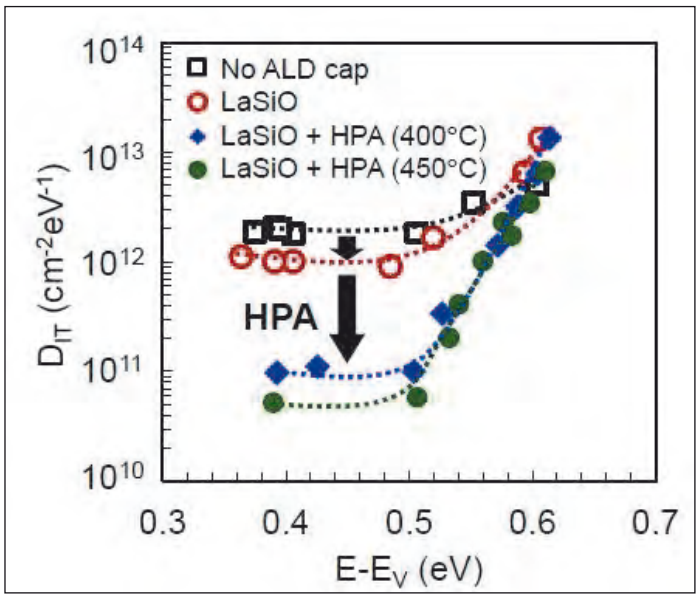
At IEEE IEDM, imec also presented a model for heterostructure interface resistivity (Rhi) analysis for highly doped semiconductors. Using this novel model, imec predicted that high-doping Si:P in a TiSix/Si:P/n-Ge contact stack helps to overcome the high contact resistance problem in Ge nMOS. With development of an advanced low-temperature Si:P epitaxy technique, imec demonstrated a $TiSi_x$/Si:P/n-Ge contact stack with record-low contact resistivity for n-Ge.

"Dedicated to push the boundaries of Moore's Law, GE-based devices are a key focus area of our research," stated An Steegen, Executive Vice President Semiconductor Technology and systems. "These breakthrough achievements underscore our dedication to understanding the fundamental roadblocks that needed to be overcome in order for GE-based devices to become a viable solution for 5 nm and beyond."

This work was performed in collaboration with ASM, Poongsan and Nanyang Technological University. Imec's research into advanced logic scaling is performed in cooperation with imec's key partners in its core CMOS programs including GlobalFoundries, Huawei, Intel, Micron, Qualcomm, Samsung, SK Hynix, Sony and TSMC.

About imec

Imec is a world-leading research and innovation hub in nanoelectronics and digital technologies. The combination of Imec`s widely acclaimed leadership in microchip technology and profound software and ICT expertise is what makes Imec unique. By leveraging their world-class infrastructure and local and global ecosystem of partners across a multitude of industries, they create groundbreaking innovation in application domains such as healthcare, smart cities and mobility, logistics and manufacturing, and energy. ◄



DIT profile of Si-passivated Ge gate stacks improved by LaSiO insertion and HPA

IMEC
www.@imec.be

Mini-Circuits PRODUCT SPOTLIGHT

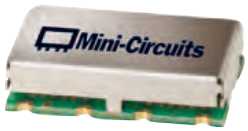
Surface-Mount-Richtkoppler für 35 W von 30 bis 512 MHz

Mini-Circuits' SYDC-10-52VHP+

ist ein SMT-Richtkoppler, verträgt aber dennoch bis zu 35 W bei einem Koppelfaktor von 10 dB im Bereich 30...512 MHz. Dieses Modell weist einen sehr geringen Durchgangsverlust von 0,5 dB, ein exzellentes SWR von 1,18 und eine Richtschärfe bis zu 22 dB auf, sodass die jeweilige Messaufgabe mit hoher Genauigkeit erfüllbar ist. Das Bauteil beruht auf einer Ringkern- und Wicklungs-Konstruktion, welche auf ein offenes Platinen-Laminat montiert ist und misst lediglich 0,75 x 0,52 x 0,43". Es ist somit ein idealer Kandidat für jedes System, das eine hohe Leistung verarbeiten soll, aber nur wenig Platz zur Verfügung hat.

75-Ohm-SMT-Vierweg-Splitter/Combiner für DOCSIS-3.1-Systeme

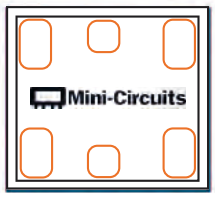
Mini-Circuits' SXPS-4-13-75+



ist ein Surface-Mount-Vierweg-Splitter/Combiner mit 75 Ohm Impedanz und 0° Phasenversatz im Frequenzbereich von 5 bis 1300 MHz. Damit erfüllt er die Bandbreitenanforderungen von DOCSIS-3.1-Systemen, sowie einer Reihe anderer Applikationen. Dieses Modell weist 1,5 dB Einfügedämpfung, 22 dB Isolation, 1° Phasen-Unbalance, 0,25 dB Amplituden-Unbalance und eine mögliche HF-Eingangsleistung bis 250 mW als Splitter auf. Er hat ein miniaturisiertes, geschirmtes Gehäuse mit acht Anschlüssen der Größe 0,44 x 0,74 x 0,19" . Die Wrap-around-Anschlüsse ermöglichen exzellente Lötbarkeit.

Ultrabreitbandiger 6-dB-Präzisions-Attenuator für DC bis 26,5 GHz

Mini-Circuits' YAT-6-D+



ist ein als Nacktchip (Die) ausgeführtes Dämpfungsglied für genaue 6 dB bei ±0,8 dB Flatness von DC bis 26,5 GHz. Eine einfache Modifikation im Bereich der Massefläche erlaubt auch eine exzellente Performance bis hinauf zu 40 GHz, sodass auch Applikationen in der Millimeterwellen-Region, wie 5G-Systeme, unterstützt werden (s. Application Note AN-70-019 auf unserer Website). Dieses Modell kann HF-Leistungen bis zu 2 W verarbeiten und erlaubt es Anwendern durch seine gehäuselose Form, direkt in Hybride integriert zu werden, wo eine geringe Größe und ein geringes Gewicht von hoher Bedeutung sind. Diese YAT-Attenuator-Dies sind ab Lager lieferbar und bieten nominelle Dämpfungswerte von 1 bis 10 dB in 1-dB-Schritten sowie von 12, 15, 20 und 30 dB.

Koaxiales 3-dB-Dämpfungsglied mit DC-Pass für 100 bis 500 MHz

Mini-Circuits' SAT-3DC-3A+

ist ein koaxialer 3-dB-Attenuator zum Einsatz in einer Vielzahl von Applikationen im Frequenzbereich von 100 bis 500 MHz. Das Dämpfungsglied verträgt bis zu 3A DC Durchgangsstrom, bei einem Widerstand von nur 0,1 Ohm. Die Flatness der HF-Signaldämpfung beträgt ±0,8 dB, das SWR 1,1 und die maximale HF-Eingangsleistung 10 dBm. Der Attenuator zeichnet sich durch eine robuste Konstruktion für eine lange Lebensdauer aus. Sein kompaktes, mit SMA-M/F-Anschlüssen ausgestattetes Gehäuse, hat Abmessungen von 1,98 x 0,67" (L x Ø)

Kleine LTCC-Zweiweg-90°-Hybridkoppler für 2,5 bis 3,4 GHz

Mini-Circuits' QCN-34D+

sind Zweiweg-90°-Hybridkoppler für 2,5 bis 3,4 GHz für Applikationen wie MMDS, Wehrtechnik-Kommunikation und mehr. Einige wichtige Daten: 0,4 dB Einfügedämpfung, 30 dB Isolation, bis zu 15 W Eingangsleistung, 1°-Phasen- bzw. 0,4-dB-Amplituden-Unsymmetrie. Die elektrische Konstruktion ist durch LTCC-Multilayer-Technik sehr stabil im Temperaturbereich -55 bis +100 °C sowie sehr beständig bei wechselnden Umgebungsbedingungen, wie Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswechseln. Das kleine Keramik-Gehäuse Größe 1206 hat Wrap-around-Anschlüsse für beste Lötbarkeit. Dieser kleine Hybridkoppler ist ein idealer Baustein für Signalverarbeitungs-Designs, welche einen Phasenversatz von 90° erfordern.

Koaxiales Hochpassfilter mit einem Durchlassbereich von 2400 bis 5925 MHz

Mini-Circuits' ZX75HP-2400+

ist ein Hochpassfilter mit einem nominellen Durchlassbereich von 2400 bis 5925 MHz. Es unterstützt eine Vielzahl von S-Band- und C-Band-Applikationen. Dieses neue Modell zeichnet sich durch 0,7 dB Einfügedämpfung im Passband, ein SWR von 1,37 bis 5925 MHz und 31,9 dB nominelle Stopband-Unterdrückung aus. Das Filter verträgt bis zu 2 W HF-Eingangsleistung, hat ein robustes, umschliessendes Gehäuse von nur 1,2 x 0,75 x 0,46" Größe und ist mit SMA-F-Anschlüssen ausgestattet.

Mini-Circuits®

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com 558 rev org

WiFi/Bluetooth-Kombimodul

MSC Technologies GmbH, ein Geschäftsbereich von Avnet Inc., präsentiert das Funkmodul SPB209 accelerate von H&D Wireless AB. Der schwedische Hersteller H&D Wireless AB hat mit dem neuen SPB209 accelerate eines der kleinsten Module entwickelt, welches WLAN 802.11a/b/ g/n/ac, Bluetooth 4.2 Smart Ready (d.h. Bluetooth Classic und Bluetooth Smart) als auch NFC auf einem Modul mit den Abmessungen von 14 x 14 x 2,5 mm unterstützt. Eine etwas größere Variante (19 x 14 x 2,5 mm) ist mit integrierter keramischer Antenne verfügbar. Das Kombimodul mit exzellenter Performance ist für eine zeitgleiche und unabhängige Funktion der verschiedenen Technologien entworfen worden und somit optimal für industrielle Anwendungen geeignet. Der erweiterte Temperaturbereich von -40 bis +85 °C und eine garantierte Langzeitverfügbarkeit unterstreichen dies zusätzlich.

MSC Technologies GmbH
www-msc-technologies.eu

8-Bit-SDIO-Interface

Das Modul wird über ein 4- oder 8-Bit-SDIO-Interface an den Host-Prozessor angebunden. Darüber hinaus ist für das Bluetooth Interface auch eine UART- und eine Schnittstelle mit integrierter Pulsecode-Modulation (PCM) für die Sprachfunktion und Audioanwendungen über Bluetooth verfügbar. Weitere Schnittstellen, wie I^2C und GPIO's, sind ebenfalls vorhanden. Mittels der 1x1-Antennenkonfiguration sind PHY-Datenraten bis zu 433 Mbps und Transferraten bis maximal 3 Mbps via Bluetooth möglich.

Mit einer HF-Ausgangsleistung von bis zu 18 dBm in WiFi 802.11b Mode und 15 dBm in WiFi 802.11a/g/n Mode sowie mehr als 8 dBm bei Bluetooth-Funktionalität sind die Funkschnittstellen als äußerst leistungsfähig einzustufen. Die Koexistenz von Bluetooth und WLAN sowie von ISM und LTE wird auf dem Modul vollumfänglich unterstützt.

Deepsleep Modus

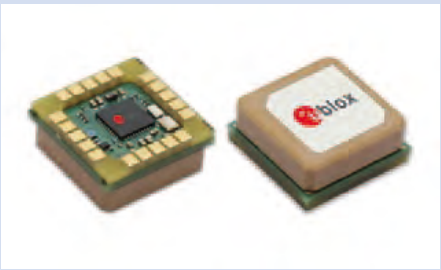
Während des WiFi Transmit Modus´ verbraucht das Modul abhängig von dem angewendetem Standard zwischen 320 und 489 mA, was ein hervorragender Wert für ein solch variantenreiches Modul ist. Im Deepsleep Modus sinkt der Strom auf extrem niedrige 160 µA. Das Modul unterdrückt mithilfe von extra installierten Lowdrop-Spannungsreglern vor dem RF VCO und vor dem Quarz des Crystal Oscillators das Frequency Pushing. Zusätzlich hält ein interner 32-kHz-Oszillator die Echtzeitunterstützung im Power Save Mode aufrecht und erlaubt das Abschalten der hochfrequenten Clock.

Die Möglichkeit, die 64- oder 128-Bit-AES-Hardware-Verschlüsselung zu nutzen sowie integrierte Sicherheitsmechanismen, wie 64/128-Bit WEP, WPA und WPA2, ermöglichen eine hohe Datensicherheit. Des Weiteren sind Funktionen wie WPS oder auch WLAN Station Mode und ein WLAN µAccess Point für Konnektivität von bis zu zehn Clients vorhanden. Bluetooth wird ebenfalls von der Firmware unterstützt, genauso wie der neue Datenübertragungsstandard Wi_Fi Direct. Die Treiber werden heute für Linux geliefert, aber auch OS-Plattformen wie Android, Windows, WinEC7 und andere werden in Zukunft angeboten.

Embedded World
Halle 2, Stand 238

Extrem kleiner GNSS-Empfänger mit integrierter Antenne

Nur 15,5 x 15,5 x 6,3 mm misst das neue, mit einer integrierten Antenne ausgestattete GNSS-Empfängermodul SAM-M8Q von u-blox, das SE Spezial-Electronic auf der Embedded World in Halle 3/Stand 3-249 präsentiert. Der extrem kompakte SMT-fähige Receiver-Baustein erleichtert vor allem Entwicklern von Embedded-Systemen, die nur über wenig oder keinerlei Erfahrung im HF- und Antennen-Design verfügen, die Arbeit. Die Kombination von integrierter BreitbandaAntenne, SAW- Filter und rauscharmen Verstärker gewährleistet auch dann eine stabile Leistung,



wenn störende Hochfrequenzsignale anderer elektronischer Geräte, beispielsweise von Mobilfunkmodems, vorhanden sind. Durch Einsatz der neusten Multi-GNSS-Empfängertechnologie von u-blox ist das Modul zudem in der Lage, gleichzeitig GPS-, Glonass- und Galileo-Satellitensignale zu empfangen.

Muster des SAM-M8Q stehen bereits zur Verfügung, der Beginn der Serienproduktion ist laut Hersteller für Ende Februar vorgesehen. Weitere Informationen können unter u-blox@spezial.com angefordert werden.

■ *SE Spezial-Electronic GmbH*
www.spezial.com

Leistungsstarke Multiprotokoll-Einzelchiplösung

Beim nRF52832 System-on-Chip handelt es sich um eine leistungsstarke Multiprotokoll-Einzelchiplösung für ULP-Wireless-Anwendungen. Die Lösung besteht aus einem erstklassigen Nordic-Funkempfänger, einer ARM Cortex M4F CPU, 512 kB Flash-Speicher und 64 kB RAM.

Der nRF52832 unterstützt Bluetooth Low Energy einschließlich der neuen High-speed- und Advertising-Erweiterungen, die mit Bluetooth 5 eingeführt wurden, sowie ANT und proprietäre 2,4-GHz-Protokollstacks. Der Baustein bietet außerdem eine NFC-A-Tag-Schnittstelle, die unter anderem zur OOB-Kopplung verwendet werden kann. Das nRF52 DK ist ein Einplatinen-Entwicklerkit für Bluetooth Low Energy,

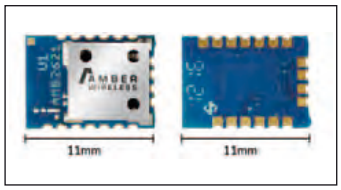
ANT und proprietäre 2,4-GHz-Protokolle. Es verwendet den SoC der nRF52 Serie. Das Kit ermöglicht die Entwicklung für den nRF52832 SoC. Das Kit ist mit Arduino Uno 3 kompatibel.

Dadurch lassen sich Drittanbieter-Shields mit dem Kit verwenden, sofern sie mit diesem Standard kompatibel sind. Es unterstützt die reguläre Nordic Toolchain-Software mit Keil, IAR und GCC. Als Programmier-/Debug-Option kann Segger J-Link OB in der Standard-Toolchain verwendet werden. Mit dem Kit erhalten Anwender Zugriff auf alle I/O und Schnittstellen. Die LEDs und Tasten sind programmierbar. Das nRF5 Software Development Kit (SDK) enthält mehrere Softwarebeispiele für Bluetooth Low Energy-, ANT- und 2,4-GHz-Anwendungen.

■ *Nordic Semiconductor ASA*
www.nordicsemi.com

Embedded World
Halle 3A, Stand 119

Smartes Bluetooth-Funkmodul



Das abgebildete neue Bluetooth-Funkmodul arbeitet nach Bluetooth Smart 4.2 Standard und wird von einem Nordic nRF52832 angetrieben. Weiter on board: 32 Bit ARM Cortex-M4 CPU und 512 kB Flash-Speicher. Das Modul ist mit 5,3 mA @ 0 dBm im Sendemodus Strom sparend und liefert bis 4 dBm Ausgangsleistung. Es hat eine extrem kleine Bauform: 11 x 8 x 1,8 mm. Die serielle Datenübertragung zeichnet sich durch das Smart Serial Profile aus. Bis zu acht GPIOs sind verfügbar.

Weitere Features:

- Event driven API
- automatisches Power Management
- AES HW Encryption
- Real Timer Clock (RTC)
- integrierte Antenne
- NFC möglich

Amber Wireless GmbH
www.amber-wireless.de

Embedded World
Halle 3, Stand 331

868-MHz-Longrange-Funkmodul

Bis zu 10 km Reichweite (mit externer Antenne) sind mit dem neuen Longrange-Funkmodul für 868 MHz von Amber Wireless möglich. Dabei verbraucht es nur 26 mA @14 dBm Ausgangsleistung, während im Sleep Modus nur 0,2 µA fließen.

Weitere Features:

- Flooding-Mesh-Funktion
- geringe Abmessungen: 27 x 17 x 4 mm
- Adressierung: bis zu 65.500 Knoten in 254 Netzen
- TI CC1310, Sub-GHz Transceiver
- 32-Bit ARM Cortex-M3 CPU mit 64 kB Flash und 20 kB RAM

Das Modul ist verfügbar mit PCB-Antenne oder externem Antennenanschluss und footprint-kompatibel zur AMB8x26-Modulfamilie.

Amber Wireless GmbH
www.amber-wireless.de

Embedded World
Halle 3, Stand 331

Kostengünstiges embedded Sub-1-GHz-Funkmodul

Mit 5,5 mA zeichnet sich das Modul WEP-LoP-868A durch einen sehr geringen Stromverbrauch des Empfängers und einen sehr niedrigen Sleep-Strom aus. Das Funkmodul wird durch das Open-Source- Betriebssystem Contiki unterstützt. Applikationen können in einfacher Form in den Prozessor und auf dem Stack integriert werden. Alle verfügbaren IOs können nach außen geführt werden, sodass verschiedene Sensoren und Aktoren leicht anschließbar sind. Das Weptech-6LoWPAN-Gateway, welches auch das freie Betriebssystem Contiki verwendet, kann als Empfänger für die Übertragung von Daten zu einem Server verwendet werden.

■ *Weptech Elektronik GmbH*
www.weptech.de

Embedded World
Halle 3A, Stand 433

Neue WiFi-Ergänzungen für Mobilfunkmodule

Die Firma u-blox bietet mit der Serie LILY-W1 Ergänzungen für Mobilfunkmodule, welche sich durch einen extrem kleinen Formfaktor, eine integriert Antenne, ein LTE-Filter einen Micro Access Point für bis zu acht Clients sowie die neue Betriebsart WiFi direct auszeichnet. Mehr Informationen erhält man unter www.u-blox.com/de/product/lily-w1-series.

u-blox AG
www.u-blox.com

Embedded World
Halle 3, Stand 139

Programmierbare Oszillatoren

Die Serie „LPOP“ umfasst programmierbare SMD-Oszillatoren im Frequenzspektrum von 1 – 137 MHz. Die Frequenz kann mit bis zu sechs Stellen nach dem Komma aufgelöst werden. Die Low-Power-Oszillatoren arbeiten mit Spannungen im Bereich von 1.8 – 3,63 V_{DC} und sind in Gehäusen mit Abmessungen von 2,0×1,6, 2,5×2.0, 3,2×2,5, 5,0×3,2 und 7,0×5,0 mm sowie der Standard-Frequenzstabilität von ±20ppm@-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}. Dies sind herausragende Werte und kennzeichnen die exzellente Performance der LPOP-Oszillatoren.

Angeboten wird natürlich auch die beliebte Version mit dem VDD-Bereich von 2.25 bis 3.63 V_{DC}. Innerhalb dieses Bereiches kann der Oszillator mit jeder x-beliebigen Versorgungsspannung betrieben werden. Das spart enorm viel Testkosten, da ein Oszillator jetzt z.B. mit Spannungen von +2.5±10%, 2,6 V_{DC} ±10%, 2,8 V_{DC}±10%, 3,0 V_{DC} ±10% oder 3,3 V_{DC}±10% betrieben werden. Das spart Zeit und Kosten im gesamten Design-in- und Supply-Silizium-Chain-Bereich. Durch ein einstellbares Ausgangssignal (Verlängerung der Tr/Tf-Zeit) kann das EMV-Verhalten des Oszillators deutlich verbessert werden. Mehr Informationen findet man z.B. auch in den Berichten „Wie SMD- Silizium-Clock-Oszillatoren die EMV deutlich verbessern“, und „SMD Silizium LPOP Oszillatoren“

Gegenüber vielen anderen, auf dem Markt angebotenen, programmierbaren Oszillatoren, bei denen die Jitter-Werte zwischen den programmierbaren und Festfrequenzversionen teils sehr stark differieren, verfügen die LPOPs über eine patentierte PLL mit exzellenten Jitter-Werten, so dass es zum Festfrequenz-Großserien-Produkt keine Unterschiede mehr gibt. Die Performance, Variabilität und Langlebigkeit der LPOPs ist - dank einer MTBF von 500 Mio. Stunden ebenfalls herausragend.

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

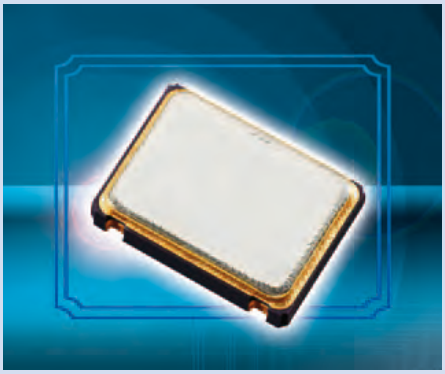
SMD-Quarz für Ultraschall geeignet

Jeder Entwicklungs- und Fertigungsspezialist weiß es: Quarze dürfen nicht mit Ultraschall – weder bei der Lötung noch bei der Reinigung – bearbeitet werden! Durch den hochfrequenten Löt- oder Reinigungsprozess werden die Quarzresonatoren sonst beschädigt.

Die Firma Petermann-Technik präsentierte jetzt erstmals einen Quarz der Serie SMD03025/4 zum günstigsten miniaturisierten SMD-Quarz im Keramikgehäuse entwickelt. Aus diesem Grunde ist es nur sinnvoll, dass der für die Verarbeitung per Ultraschall geeignete Quarz in dem am meisten nachgefragten 3,2×2,5 mm/4pad Gehäuse lieferbar ist.

Der für Ultraschall geeignete SMD-Quarz „SMD03025/4US“ 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.

Der für den Frequenzbereich von 12 – 40 MHz lieferbare „SMD03025/4US“ kann mit Frequenztoleranzen bei +25 °C ab ±10ppm und Temperaturstabilitäten



ab ±10ppm über den Temperaturbereich von -20/+70 °C geliefert werden. Über den industriellen Temperaturbereich von -40/+85 °C beträgt die engste Temperaturstabilität ±15ppm.

Aufgrund des sehr günstigen Preises, ist der in Reinräumen gefertigte, ultraschallresistente 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. Anwendern bieten die technischen Spezialisten der Firma Petermann-Technik ine fundierte Produktberatung. Bei Bedarf sind auch sehr umfangreiche Schaltungsanalysen bzw. Schaltungsimulationen durch das In-House-Engineering möglich. Dabei werden die Analysen anhand der Normen für Schwingquarze DIN/IEC60444 durchgeführt und beinhalten u.a. Anschwingsicherheitstests (Ermittlung der exakten Anschwingreserve), Ermittlung des Quarzstromes, und viele Tests mehr.

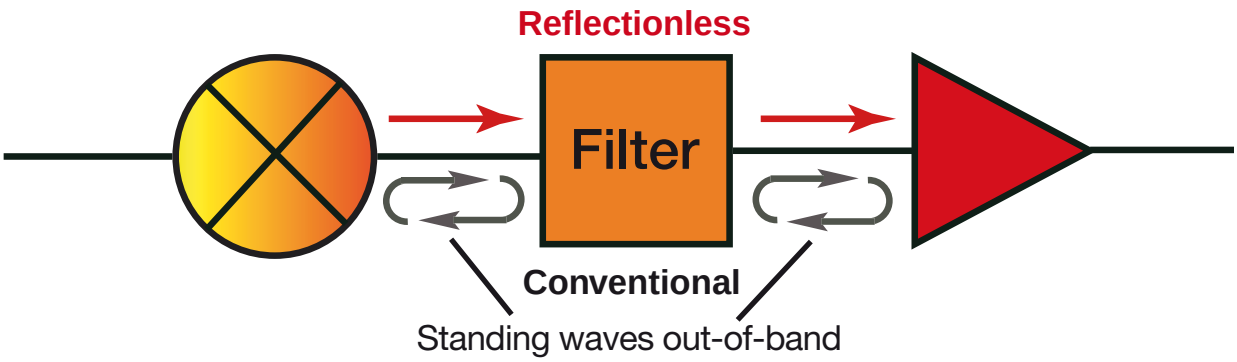
Der sehr umfangreiche Abschlussbericht gibt Aufschluss über die Schaltung und beinhaltet ggf. Anpassungsvorschläge oder es wird die richtige Dimensionierung der zu prüfenden Schaltung bestätigt. Die Serienbetreuung wird in Koordination mit der Engineering-, Einkaufs-, Produktions- und QS-Abteilung des Kunden durchgeführt. Ziel ist es, dem Kunden, durch ein sehr umfangreiches Leistungsspektrum, eine sehr kurze Time-to-Market zu ermöglichen. Weitere Informationen unter: SMD Quarz für Ultraschall

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

Revolutionary

ABSORPTIVE/REFLECTIONLESS FILTERS

Now! DC to 30 GHz!



Stop Signal Reflections Dead in Their Tracks!

$6.95[1] ea. (qty. 1000)

Mini-Circuits präsentiert der Industrie einen revolutionären Durchbruch bei dem hartnäckigen Problem der Signalreflexionen beim Einbetten von Filtern in HF-Systeme. Während konventionelle Filter im Sperrbereich reaktiv sind, hat unsere neue X-Serie im Sperr-, Durchlass- oder Übergangsbereich immer eine reelle Impedanz von 50 Ohm. Das verhindert Intermodulation, Welligkeit und andere Probleme, welche durch Reflektionen in der Signalkette hervorgerufen werden. Diese Filter eignen sich perfekt für das Zusammenwirken mit nichtlinearen Bausteinen, wie Mischern oder Vervielfachern, da sie unerwünschte Signale beseitigen, die durch die Nichtlinearität und den durch das Eliminieren der Anpassungs-Dämpfungsglieder größeren Dynamikbereich des Systems entstanden sind. Die X-Serie wird Ihr Herangehen an die Filternutzung in Ihrem Design vereinfachen!

Schicken Sie uns noch heute online Ihre Bestellung, die wir schnellstmöglich ausführen. Sie benötigen ein kundenspezifisches Design? Rufen Sie uns an und lassen Sie sich über den Filtereinsatz ohne Reflektionen beraten!

- ✓ Hoch-, Tief- und Bandpassmodule
- ✓ patentiertes Design verhindert Inband-Störungen
- ✓ Absorbtion von Signalen im Sperrbereich statt Reflexion
- ✓ Gute Impedanzanpassung im Passband/ Stopband-Übergangsbereich
- ✓ bedingungslos kaskadierbar
- ✓ Durchlassbereiche von DC bis 30 GHz (3 dB)

Available in Tiny QFN Packages and Die Form!

Protected by U.S. Patent No. 8,392,495 and Chinese Patent No. ZL201080014266.I. Patent applications 14/724976 (U.S.) and PCT/USIS/33118 (PCT) pending.

[1] Small quantity samples available, $9.95 ea. (qty. 20)
[2] See application note AN-75-007 on our website
[3] See application note AN-75-008 on our website
[4] Defined to 3 dB cutoff point

Mini-Circuits®

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com 550 Rev C

DISTRIBUTORS

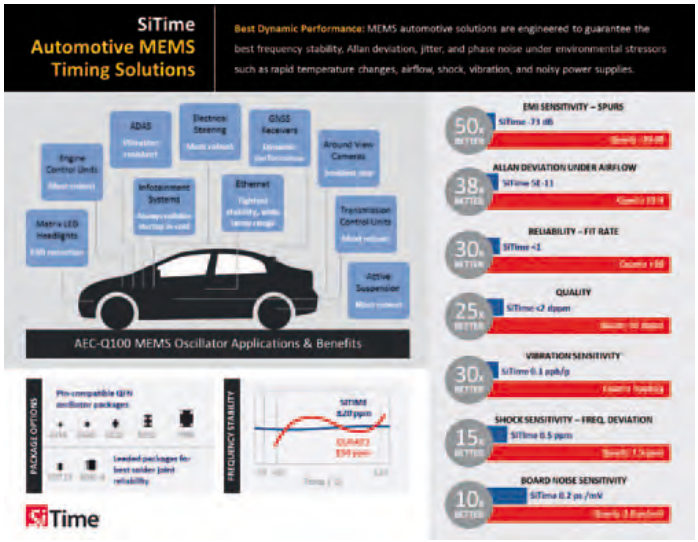
INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-65719 Hofheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

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

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

CompoTEKs langjähriger Partner 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 eine sehr hohe Stabilität über einen Temperaturbereich von -55 bis 125°C und innovative Features zur EMI-Reduzierung. Die Oszillatoren der neuen Produktfamilie haben einen sehr weiten Frequenzbereich von 1 bis 137 MHz, bei einer Genauigkeit bis zur sechsten Nachkommastelle und bieten eine herausragende Frequenzstabilität von ±20ppm mit höchster Zuverlässigkeit von über einer Milliarde Stunden MTBF. Die SiT2024/25-Oszillatoren sind für kritische Anwendungen im Motorraum, wie Motorsteuerung, Übertragungssteuerung, aktive Fahrwerksregelung (Suspension Control), elektronische Lenkung und andere ECUs optimiert worden. Die MEMS-Oszillatoren sind in SOT23-5 Gehäusen erhältlich, um Qualitätssicherung durch optische Inspektion und besonders zuverlässige Lötverbindungen zu ermöglichen, die den anspruchsvollen Bedingungen des automotiven Einsatzes standhalten. Die SiT8924/25-Oszillatoren sind in fünf Gehäuseoptionen im Standard-QFN-Footprint von 2,0 x 1,6 mm bis 7,0 x 5,0 mm erhältlich und somit ideal für Kameramodule und andere kompakte Systeme und Sensoren geeignet.

■ *CompoTEK GmbH*
www.compotek.de

Robuste, AEC-Q100 kompatible MEMS-Oszillatoren

Endrich hat zwei neue Produktfamilien von ultra-robusten, AEC-qualifizierten MEMS-Oszillatoren von SiTime im Sortiment. Die Modelle SiT2014/25 und SiT8924/25 erreichen, in puncto Robustheit eine bis zu 30fache Leistungssteigerung in Vergleich zu bisher verfügbaren Lösungen. Sie wurden speziell für ASIL (Automotive Saftey Integrity Level) 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 Vibrationsresistenz und überzeugen durch eine bislang einzigartige Kombination aus besonders weiten Frequenzbereich, höchster Stabilität von bis zu ±20ppm über -55 bis +125 °C sowie bester Zuverlässigkeit. Die Oszillatoren des Typs SiT2024/25 sind für Anwendungen im Motorraum, wie etwa Motormanagement, Getriebesteuerung, aktive Fahrwerkkontrolle, elektronische Lenkung und andere elektronische Steuergeräte ausgelegt. Sie werden in SMD-Gehäusen des Typs SOT23-5 angeboten, um eine Sichtprüfung zu ermöglichen und für höchste Zuverlässigkeit der Lötverbindungen speziell bei sehr hohen Schock- und Vibrationsbelastungen zu sorgen.

Die mit industriestandardmäßigen QFN-Footprints von nur 2,0 x 1,6 mm bis 7,0 x 5,0 mm verfügbaren Oszillatoren des Typs SiT8924/25 eignen sich dagegen ideal für Kameramodule und andere kompakte Systeme. Die Oszillatoren SiT2024/25 und SiT8924/25 befinden sich bereits in Produktion. Preisinformationen und eine PPAP-Dokumentation gemäß AIAG-Handbuch sind auf Anfrage bei Endrich erhältlich.

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

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 ±50ppm über den industriellen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +85 °C. Beide Produktserien sind mit 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 >±20ppm über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +85 °C.

Weitere Spezifikationen:

- 9 x14 mm SMD-Gehäuse
- Frequenzbereich: 50 bis 262 MHz
- 3,3-V-Versorgungsspannung
- LVCMOS-Ausgang

■ *WDI AG*
www.wdi.ag

Electronic Measurement Instruments

- Signal Generators
- Signal and Spectrum Analyzers
- Network Analyzers
- S Parameter Testing Modules
- Calibration Kits

ar deutschland

AR Deutschland GmbH | Theodor-Heuss-Str. 38, 61118 Bad Vilbel | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com
In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000

AV4024D/E/F/G Spectrum Analyzer

- Frequency range: 9kHz - 20GHz (AV4024D); 9kHz – 26.5GHz (AV4024E); 9kHz - 32GHz (AV4024F); 9kHz - 44GHz (AV4024G)
- Full-band pre-amplifier
- DANL as low as -163dBm@1Hz RBW (typical value)
- High sweep speed: for 1GHz span, shortest sweep time <20ms
- Excellent phase noise of -106dBc/Hz@100kHz at 1GHz carrier
- Multiple test modes including spectrum analysis, interference analysis (spectrogram, RSSI), AM/FM/PM analysis, channel scanner, high accuracy power meter etc.
- Various auxiliary test interface: 10MHz reference input/output interface, GPS antenna interface, zero span IF output interface, external triggering input interface etc.

AV4037/MA/MB/A/B Spectrum Analyzer

- Frequency range: 30Hz - 3GHz (AV4037A); 30Hz - 6GHz (AV4037B) 9kHz - 3GHz (AV4037MA); 9kHz - 6GHz (AV4037MB)
- Resolution bandwidth: 1Hz - 5MHz (AV4037 Series) , 10Hz - 5MHz (AV4037M Series), 1, 2, 3, 5 step are available
- Displayed average noise level: -155dBm (AV4037 Series, with pre-amplifier as an option) , -145dBm (AV4037M Series, with pre-amplifier as an option)
- Noise sideband (1GHz carrier): -105dBc/Hz@10kHz
- Input power: +30dBm

  Available for detections of voltage, RMS power, logarithmic power Positive and negative peak, sampling and average are all available in visual detection ways. Display up to 6 traces, support the synchronized test of multiple traces under different visual detection ways. Provide up to 12 markers, flexible and highly efficient to read, support cross trace marking of marker.

AV4051A/B/C/D/E/F/G/H Signal/Spectrum Analyzer

- Frequency range: 3Hz - 4GHz (AV4051A); 3Hz - 9GHz (AV4051B) 3Hz - 13.2GHz (AV4051C); 3Hz - 18GHz (AV4051D) 3Hz - 26.5GHz (AV4051E; 3Hz - 40GHz (AV4051F) 3Hz - 45GHz (AV4051G); 3Hz - 50GHz (AV4051H)
- Signal analyzing bandwidth: max. 200MHz
- Resolution bandwidth: 1Hz - 3MHz
- Noise sideband (carrier 1GHz): -125dBc/Hz @10kHz
- Measurement sensitivity: -133dBm/Hz (50GHz)
- Abundant function options
- Flexible simulation and digital signal output interfaces

AV82407/A/B/C/D Millimeter-wave Frequency Extension Module

- Frequency range: 50GHz - 75GHz (AV82407) 75GHz - 110GHz (AV82407A); 110GHz - 170GHz (AV82407B) 170GHz - 220GHz (AV82407C); 220GHz - 325GHz (AV82407D)
- Low Power range (dBm): 12-18
- Low conversion loss
- Intelligent USB interface to connect with main unit, automatic recognition of spectrum
- Extension modules and automatic configuration of conversion loss, etc

AV3656A/B Vector Network Analyzer

- Frequency range: 100kHz - 3GHz (AV3656A); 100kHz - 8.5GHz (AV3656B); Dynamic range up to 125dB
- Offer accurate measurement on devices with high suppression rate
- 75 testing port impedance option is also available for cable TV elements
- Trace noise of 0.001dBrms gives a higher testing accuracy
- Provide as many as 64 independent testing channels for operation of complex testing solutions.
- Capable of waveform testing, bandwidth testing, limit testing, time-domain analysis, four-port testing, fixture simulation, etc.

AV3672A/B/C/D/E Vector Network Analyzer

- Frequency range: 10MHz - 13.5GHz (AV3672A); 10MHz - 26.5GHz (AV3672B); 10MHz - 43.5GHz (AV3672C); 10MHz - 50GHz (AV3672D); 10MHz - 67GHz (AV3672E)
- Flexible calibration types, compatible with multiple cal kits
- Measurement on multiple windows and channels are available
- Fast operation of complex testing solutions
- Multiple display formats: Logarithmic amplitude, linearity amplitude, SW, Smith chart, etc
- With USB, GPIB, LAN and VGA interface
- 12.1" high solution touch screen
- Record/Operate, one-key operation simplifies measurement settings and improves efficiency
- With multiple functions like pulse S-parameter measurement, time-domain measurement, mixer measurement, gain compression, two-dimensional scan measurement, millimeterwave spectrum extension, antenna and RCS measurement receiving, etc.

S Parameter Testing Module

AV3644A/45A/46A/49/49A S Parameter Testing Module

- Frequency range: 50GHz - 75GHz (AV3644A); 75GHz - 110GHz (AV3645A); 110GHz - 170GHz (AV3646A); 170GHz - 220GHz (AV3649); 220GHz - 325GHz (AV3649A)
- The main equipment model available for frequency extension: AV3672 Series Vector Network Analyzer

Calibration Kits

Mechanical Cal Kits

- Frequency range of mechanical cal kits: DC - 67GHz (coaxial series); 1.72GHz - 325GHz (waveguide series)
- Abundant models and types covering multiple coaxial and waveguide kits
- High calibration accuracy and good repeatability

Ecal

- Frequency range: 300kHz -18GHz (AV20402); 10 MHz - 26.5GHz (AV20403); 10MHz - 20GHz (AV20405)
- Max. withstand power: +10dBm
- Easy connection, fast calibration
- USB interface for communication and power supplies

Network Analyzers

AV3680A Antenna Feeder Tester

- Frequency range: 1MHz - 4GHz (AV3680A);
- Directivity: ≥42dB
- Measurement speed: 1ms/point (10kHz IF bandwidth)
- Testing on SWR, return loss, impedance and phase
- Accurate location of faulty
- Touch screen, auto adjustable brightness of touch screen

Signal Generators

AV1431A/1431 Handheld RF/Microwave Signal Generator

- Frequency range: 250kHz - 4GHz (AV1431A);
  10MHz - 18GHz (AV1431)
- Power range: -120dBm - +5dBm (AV1431A);
  -110dBm - +5dBm (AV1431)
- SSB Phase Noise: -90dBc/Hz@20kHz (1GHz carrier) (AV1431A)
  -70dBc/Hz@20kHz (10GHz carrier) (AV1431)
- Pulse modulation rise/fall time: ≤40ns
- Sweep mode: step sweep, list sweep

AV1441A/B Signal Generator

- Frequency range: 9kHz - 3GHz (AV1441A);
  9kHz - 6GHz (AV1441B)
- Frequency resolution: 0.01Hz
- SSB Phase Noise: <-112dBc/Hz@20kHz (1GHz carrier)
- Harmonic: <-30dBc
- Power range: -120dBm - +10dBm
- Simulation modulation: AM, FM, PM

AV1464/A/B/C Comprehensive Signal Generator

- Frequency range: 250kHz - 20GHz (AV1464A);
  250kHz - 40GHz (AV1464B); 250kHz - 50GHz (AV1464C);
  250kHz - 67GHz (AV1464)
- Frequency resolution: 1 MHz (0.001Hz is also available)
- SSB Phase Noise: <-130dBc/Hz @10kHz (20GHz carrier)
- Power range: -120dBm - +11dBm (AV1464A);
  -120dBm - +8dBm (AV1464B); - 90dBm - +3dBm (AV1464C/AV1464)
- Modulation type: AM, FM, PM

Visit us at

emv

Internationale Fachmesse mit Workshops
für Elektromagnetische Verträglichkeit
Stuttgart, 28. – 30.03.2017

Hall C2 - Boothe 312, 313, 314, 315

ar deutschland

AR Deutschland GmbH | Theodor-Heuss-Str. 38, 61118 Bad Vilbel | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com
In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000

Richtiger Verstärker-Entwurf mit integrierten Schaltungen

Dieser Applikationsbericht beleuchtet die am häufigsten auftretenden Designprobleme und beschreibt anhand von Operations- und Instrumentationsverstärkern praktische Lösungen, die allgemein anwendbar sind.

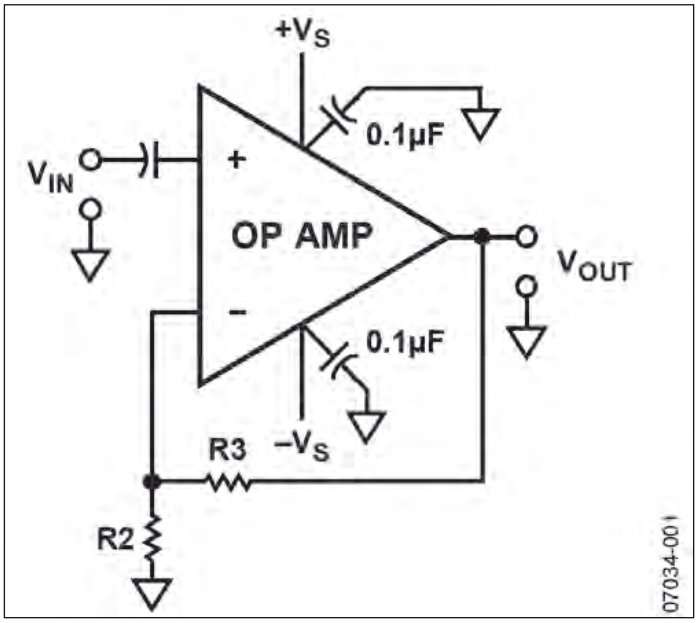


Bild 1: Nicht richtig gekoppelter Operationsverstärker

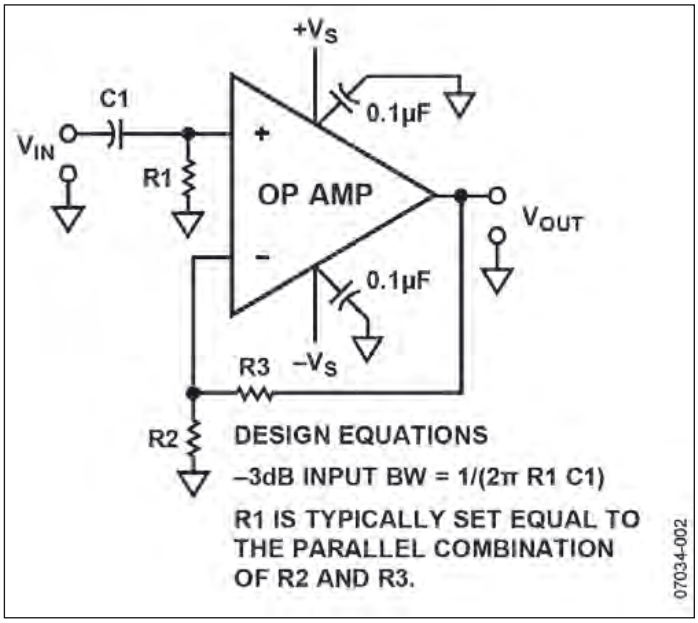


Bild 2: Korrekte Kopplung mit Ableitwiderstand R1

Quelle: Designing Amplifier Circuits: How to Avoid Common Problems by Charles Kitchin, Analog Devices Application Note AN-937, www.analog.com frei übersetzt und gekürzt von FS

Im Vergleich zu diskreten Halbleitern bieten moderne Operationsverstärker bis hin zu Highspeed Op Amps dem Schaltungsdesigner viele Vorteile.

Über die Anwendungen solcher Bausteine gibt es viele Veröffentlichungen. Leider werden dabei oft gewisse Grundsätze für die Beschaltung vernachlässigt oder übersehen. Daher funktionieren die Schaltungen dann nicht selten anders, als erwartet.

Fehlender DC-Bias-Rückstrompfad

Eines der am meisten zu verzeichnenden Applikationsprobleme ist ein nicht vorhandener Bias-Rückstrompfad in AC-gekoppelten Schaltungen. In Bild 1 wurde ein Trennkondensator direkt an den nichtinvertierenden Eingang gelegt, um die Gleichspannung am Ausgang der vorangehenden Stufe fernzuhalten. Dies ist besonders üblich bei hochverstärkenden Applikationen, wo bereits eine sehr geringe Gleichspannung am Verstärkereingang den Dynamikbereich einengen oder den Verstärker in die Sättigung bringen kann. Ohne DC-Pfad am betreffenden Eingangspin ist dies also besonders problematisch. Denn der meist sehr geringe, aber dennoch erforderliche Bias-Strom in den Eingang kann nun nicht dauerhaft fließen. Im Einschaltmoment lädt sich der Koppelkondensator auf. Als Resultat leidet die Gleichtakt-Unterdrückung und/oder der Arbeitspunkt am Ausgang ist mehr oder weniger stark verschoben. In Abhängigkeit von der Flussrichtung des Eingangs-Bias-Stroms polarisiert sich der Kondensator. Entsprechend verschiebt sich der Arbeitspunkt in Richtung positiver oder negativer Betriebsspannung. Ist die Gegenkopplung mit Trennkondensatoren ausgeführt (es gibt eine untere Grenzfrequenz), dann wird die Eingangsfehlspannung mit der vollen Verstärkung (Open-Loop Gain) des Verstärkers verstärkt, ansonsten, wie in Bild 1, nur mit der programmierten Verstärkung (Closed-Loop Gain).

Als Beispiel sei ein Amplifier mit FET Input angenommen; er habe 1 pA Bias-Strom. Ein 100-nF-Kondensator lädt sich dann mit einer I/C-Rate von 10E-12/10E-7 = 10 µV/s auf. Das ergibt 600 µV pro Minute. Bei einer wirksamen Verstärkung von 100 ändert sich die Ausgangsspannung mit 60 mV pro Minute. Daher kann dieses Problem in einem üblichen Labortest, der in wenigen Minuten

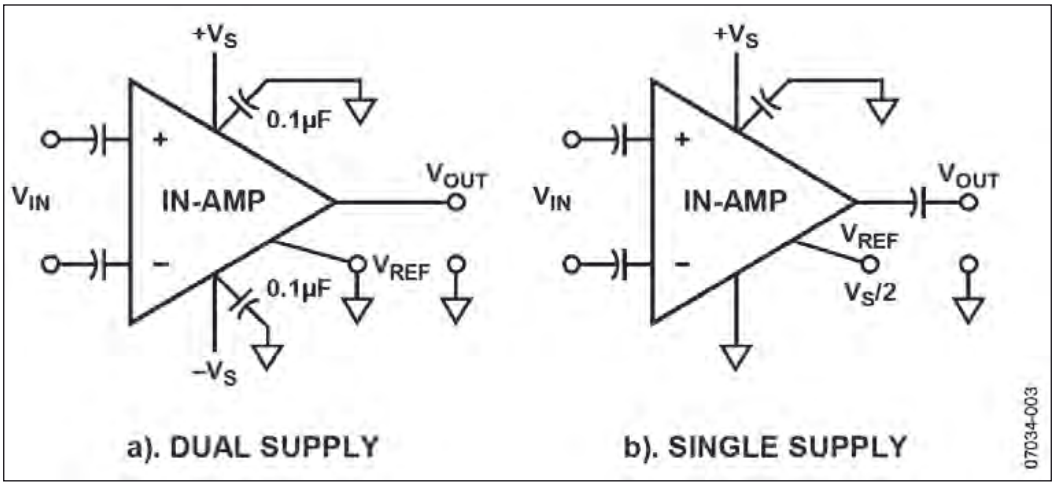


Bild 3: Instrumentationsverstärker mit falscher Kopplung

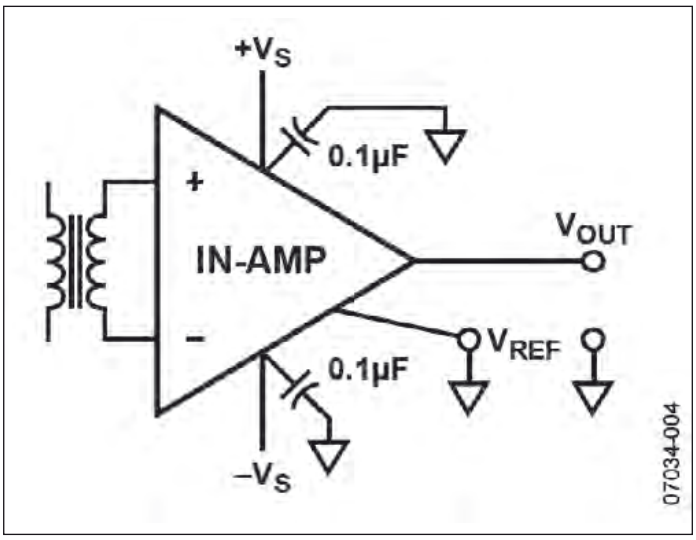


Bild 4: Falsche transformatorische Kopplung

vonstatten geht und mit einem AC-gekoppelten Scope durchgeführt wird, praktisch nicht erkant werden. Die Schaltung wird erst Stunden später mangelhaft oder gar nicht mehr funktionieren!

Es ist sehr wichtig, diese Problematik zu kennen! Bild 2 zeigt, wie einfach dies möglich ist. Für eine maximale Kompensation der Bias-Ströme in beide Eingänge ohne Messung und Abgleich muss R1 so groß bemessen werden wie die Parallelschaltung von R2 und R3; wenn, wie oft, R3 deutlich größer ist als R2, dann ist R1 = R2. Je kleiner die Widerstände, umso geringer sind die Auswirkungen bei Verstoß gegen diese Regel, da dann auch die Fehlspannung geringer ist.

Ein ähnliches Problem gibt es bei Instrumentationsverstärkern (Bild 3), deren Eingänge AC-gekoppelt sind, ohne dass je ein Ableitwiderstand vorgesehen wurde. Daher sind hier ähnliche Auswirkungen wie beim Operationsverstärker zu befürchten. Es spielt dabei keine Rolle, ob der In-Amp mit dualer oder einfacher Stromquelle betrieben wird. Im Prinzip das gleiche Problem kann mit Transformatorkopplung auftreten (Bild 4). Auch hier gibt es keine dauerhafte Zu- bzw. Abflussmöglichkeit für die Bias-Ströme, welche ja gleiche Richtungen aufweisen. Der Transformator wirkt wie eine AC-Kopplung und beschert der Schaltung eine untere Grenzfrequenz.

Recht einfach lässt sich auch dieses Problem durch zwei Ableitwiderstände lösen (Bilder 5 und 6). Sie haben gleiche Werte im Bereich 100 kOhm bis 1 MOhm. Dies ist eine einfache und praktische Lösung auch für die Transformatorkopplung. Besitzt dieser eine Anzapfung, so legt man einfach diese auf Masse (duale Versorgung), an eine Vorspannung oder an die Betriebsspannung (einfache Versorgung). Bei einfacher Versorgung können die Widerstände generell auch an

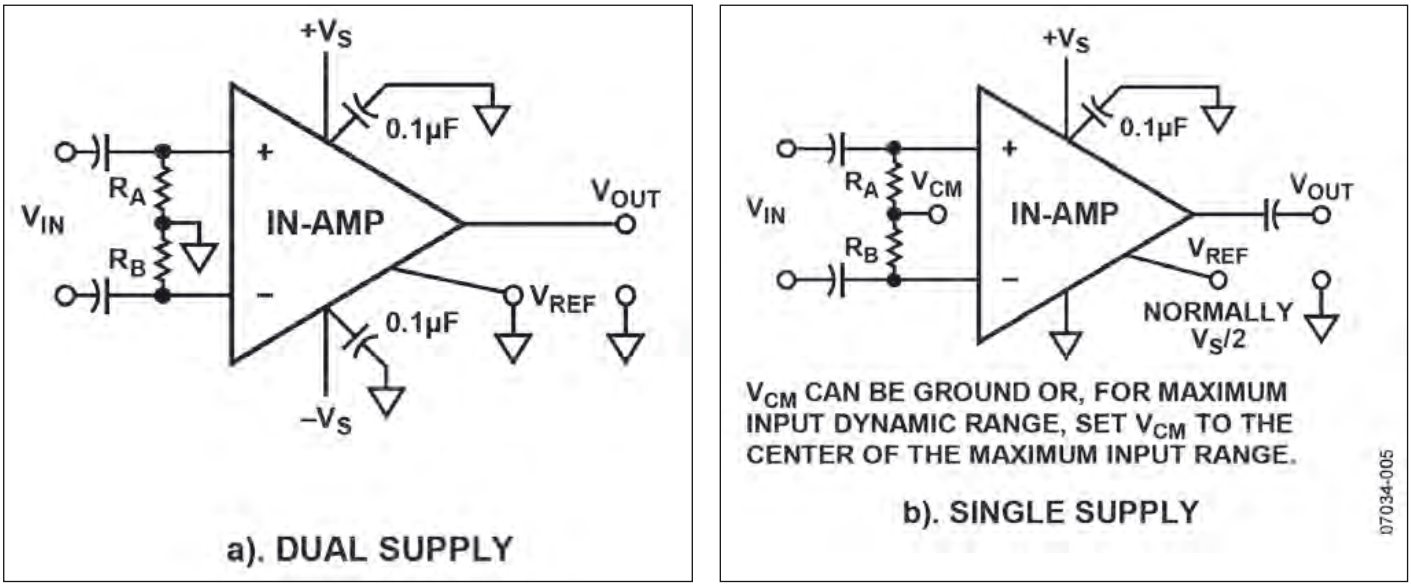


Bild 5: Instrumentationsverstärker mit korrekter Kopplung

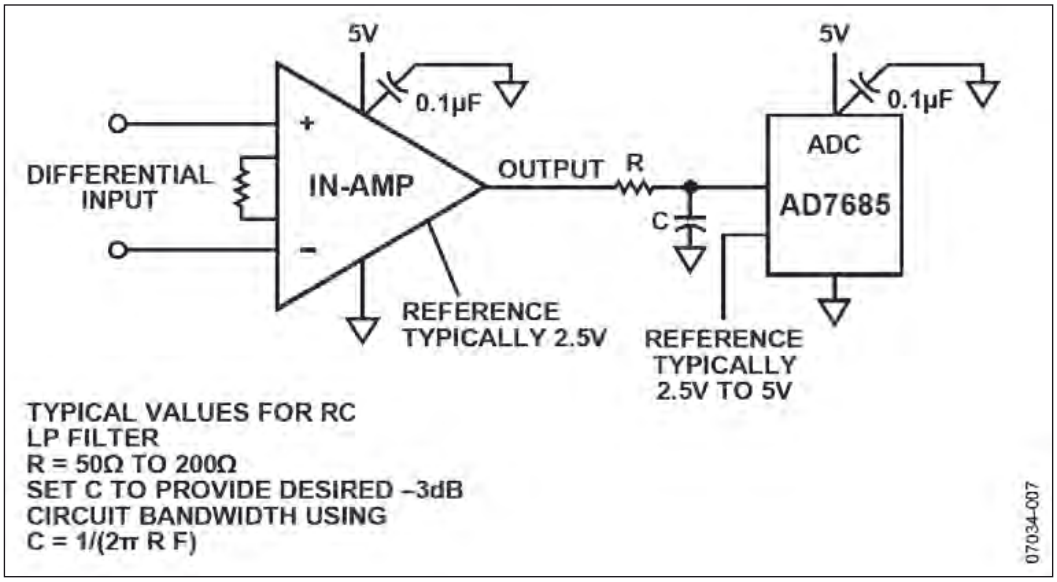


Bild 6: Typische Kombination In-Amp und ADC

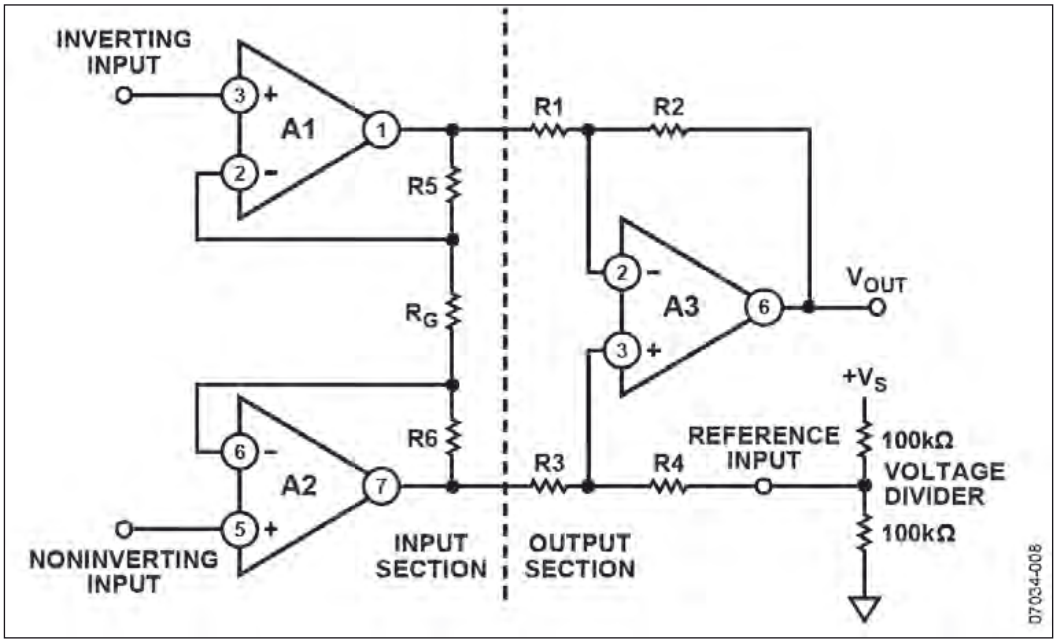


Bild 7: Sehr unvorteilhafte Referenzspannungserzeugung

Masse gelegt werden oder an eine Vorspannung. Dies richtet sich nach dem speziellen IC und dessen genauer Verwendung.

Richtige Zuführung von Referenzspannungen

Bild 6 zeigt eine einfach versorgte Schaltung. Ein In-Amp liefert das Eingangssignal für einen Analog/Digital-Wandler. Der Eingang für die Referenzspannung des Verstärkers kann herangezogen werden, um eine folgende Differenzstufe vorzuspannen. Die ADC-Referenz legt den Skalenfaktor fest. Ein simples RC-Tiefpassfilter (Antialiasingfilter) wird oft zwischen In-Amp und ADC geschaltet, um Außerbandstörungen zu reduzieren. Oft neigen Designer dazu, einfache Lösungen, wie Spannungsteiler an der Versorgung, anzuwenden, um die Referenzspannung für In-Amp und ADC zu erzeugen. Dies kann zu Fehlern bei einigen In-Amps führen.

Wie ist es richtig? Eine allgemeine Annahme ist, dass der In-Amp-Referenzeingang hochohmig wäre. Daher berechnet der Designer einen unbelasteten Spannungsteiler. In Wirklichkeit kann der Eingang den Spannungsteiler so belasten, dass die Spannung bedeutend geringer ausfällt als geplant. Der Referenzspannungseingang stellt sich nämlich oft wie in Bild 7 gezeigt dar, ist also nicht gepuffert. Daher reduzieren hochohmige Quellwiderstände die Gleichtakt-Unterdrückung und die Genauigkeit der Verstärkung. Man kann dies durch einen niederohmigen Spannungsteiler und/oder die kapazitive Entkopplung des Referenzeingangs (z.B. 10 µF gegen Masse) weitgehend vermeiden. Ist es leicht möglich einen Puffer einzusetzen, so sollte man dies tun.

Ein Puffer hat jedoch auch einen Nachteil: Ein oft übersehener Sachverhalt ist, dass jedes Rauschen, jede Störung und jeder Transient und natürlich auch jede Drift der Versorgung um die Spannungsteilung reduziert am Referenzeingang auftritt, mit oder ohne Puffer. Praktische Lösungen sind das Bypassing und die Filterung. Aber man sieht, wie sinnvoll es erscheint, gleich eine Referenzspannungsquelle, etwa den IC ADR 121, einzusetzen, statt die Betriebsspannung direkt zu nutzen.

Diese Entscheindung ist besonders vorteilhaft, wenn sowohl In-Amps als auch Op Amps vorzuspannen sind. Die gesamte Betriebsspannungs-Unterdrückung (Power Supply Rejection, PSR) wird maximal, wenn es gelingt, den Verstärker von Störungen auf der Betriebsspannung zu isolieren. Dies ist wichtig, weil über die Betriebsspannung eingekoppelte Störungen zur Selbstoszillation mancher Schaltungen führen können.

Moderne Op Amps und In-Amps haben selbst eine PSR, die hoch ist, aber nur bei geringen Frequenzen. Daher verzichten die meisten Ingenieure auf zusätzliche Maßnahmen. Viele moderne Op Amps und In-Amps erreichen eine PSR von 80 bis über 100 dB, reduzieren also den Effekt von Betriebsspannungsänderungen um den Faktor 10.000 bis über 100.000. Dennoch sollte man für hohe Frequenzen taugliche Bypass-Kondensatoren vorsehen, diese sind immer zu empfehlen und oft essentiell. Sie werden auch an einem Referenzspannungsteiler benötigt, denn ohne sie erfolgt dort keine Filterung, und das nominelle exzellente PSR des ICs selbst nützt gar nichts.

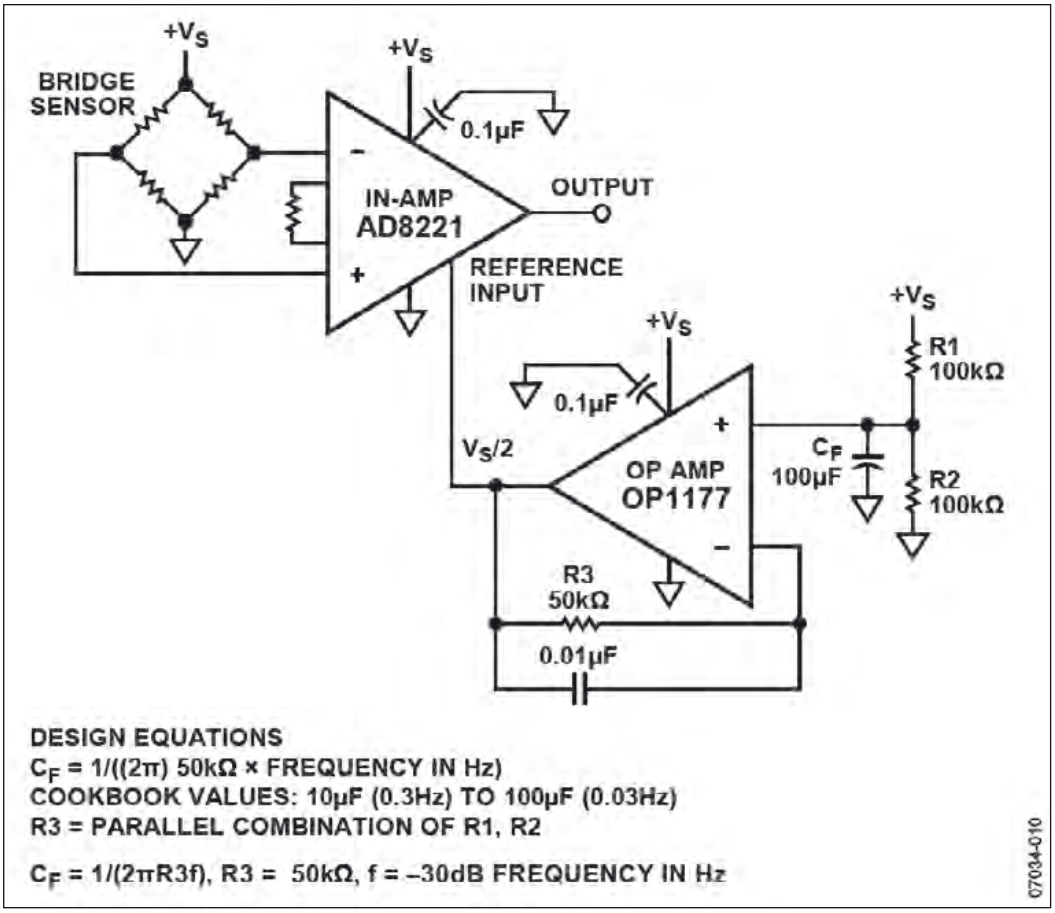


Bild 8: Gut entkoppelte Referenzspannung

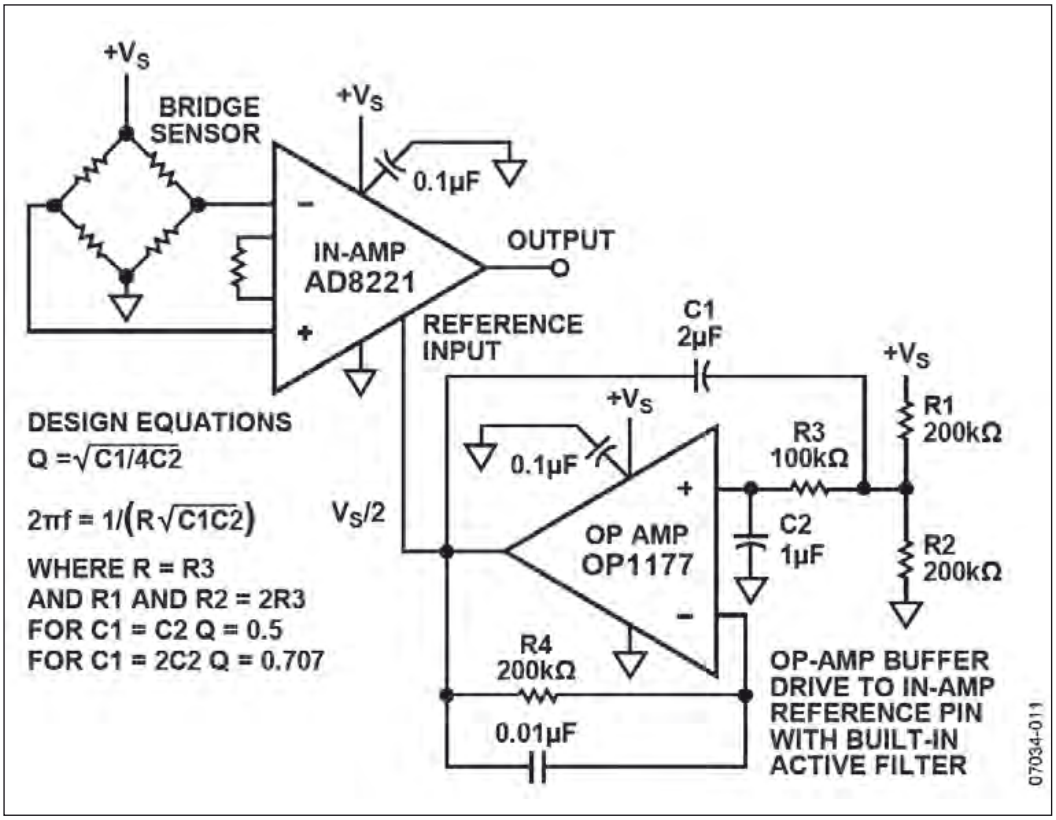


Bild 9: Sehr gut entkoppelte Referenzspannung

In Bild 8 sieht man einen großen Kondensator am Spannungsteiler und einen kapazitiv überbrückten Gegenkopplungswiderstand. Damit ergeben sich zwei obere -3-dB-Grenzefrequenzen bzw. Zeitkonstanten, nämlich Cp x R1 // R2 und 0,01 µF x R3. Es dominiert die erste Grenzfrequenz von etwa 0,03 Hz. Der kleine Kondensator 0,01 µF reduziert Rauschen im Gegenkopplungspfad. Das Filter benötigt Zeit zum Aufladen. Die Zeitkonstante für 100 µF und 100 kOhm beträgt 10 s.

Die Schaltung in Bild 9 ist eine Verfeinerung/Weiterentwicklung. Der Puffer wurde hier zum aktiven Filter erweitert. Damit werden wesentlich kleinere Kapazitäten möglich als 100 µF. ein aktives Filter kann für eine hohe Güte ausgelegt werden, sodass sich eine gute Unterdrückung mit einer kurzen Einschwingzeit paart. Die Schaltung wurde an 12 V bzw. mit 6 V gefilterter Referenzspannung getestet. Eine Sinusspannung von 1 V Spitze-Spitze mit verschiedenen Frequenzen wurde der Versorgungsspannung überlagert. Mit dem Oszilloskop konnte bis zu 8 Hz herab kein Störsignal auf der Referenz oder am In-Amp-Ausgang nachgewiesen werden. Dabei wurde auch die Versorgungsspannung im Bereich 4 bis 25 V verändert. Die Einschwingzeit der Schaltung betrug etwa 2 s.

Entkopplung bei einfacher Versorgung

Einfach versorgte Operationsverstärkerschaltungen mit Op Amps für duale Versorgung (keine speziellen Single-Supply-Typen) erfordern das Vorspannen eines der Operationsverstärker-Eingänge. Wenn diese Vorspannung direkt von der Versorgungsspannung abgeleitet wird, ergeben sich die oben genannten Probleme auch hier. Eine gebräuchliche und leider mangelhafte Praxis besteht im Einsatz eines Teilers 100 kOhm/100 kOhm mit einem 0,1-µF-Bypass-Kondensator. Dabei liegt die Polfrequenz aber bereits bei 32 Hz. Ein 50-Hz-Brumm wird kaum unterdrückt.

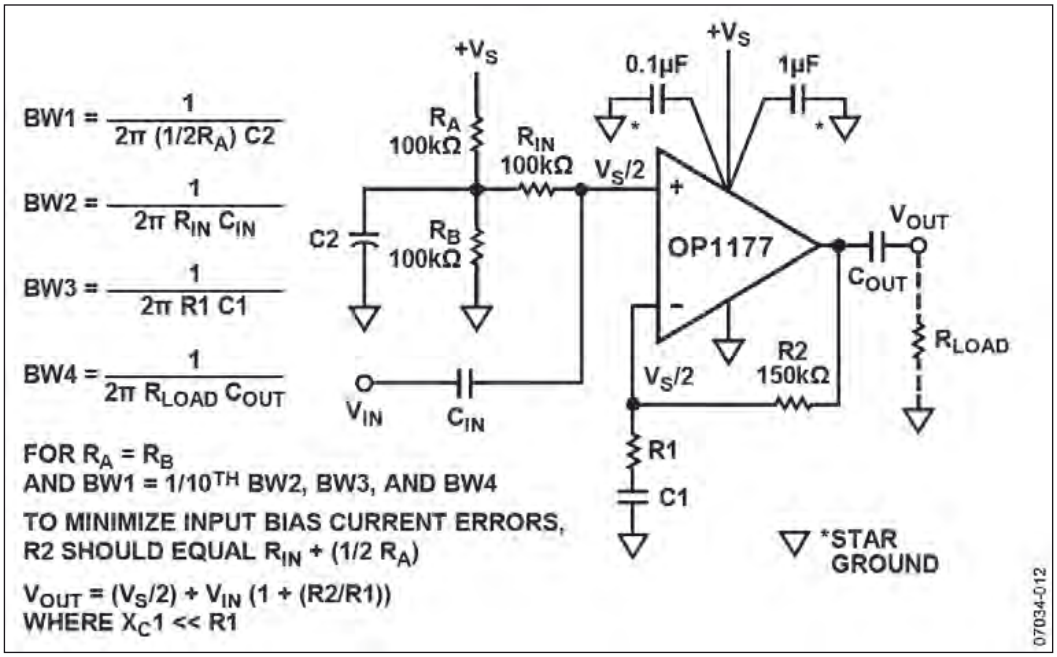


Bild 10: Nichtinvertierender Op Amp an einfacher Betriebsspannung

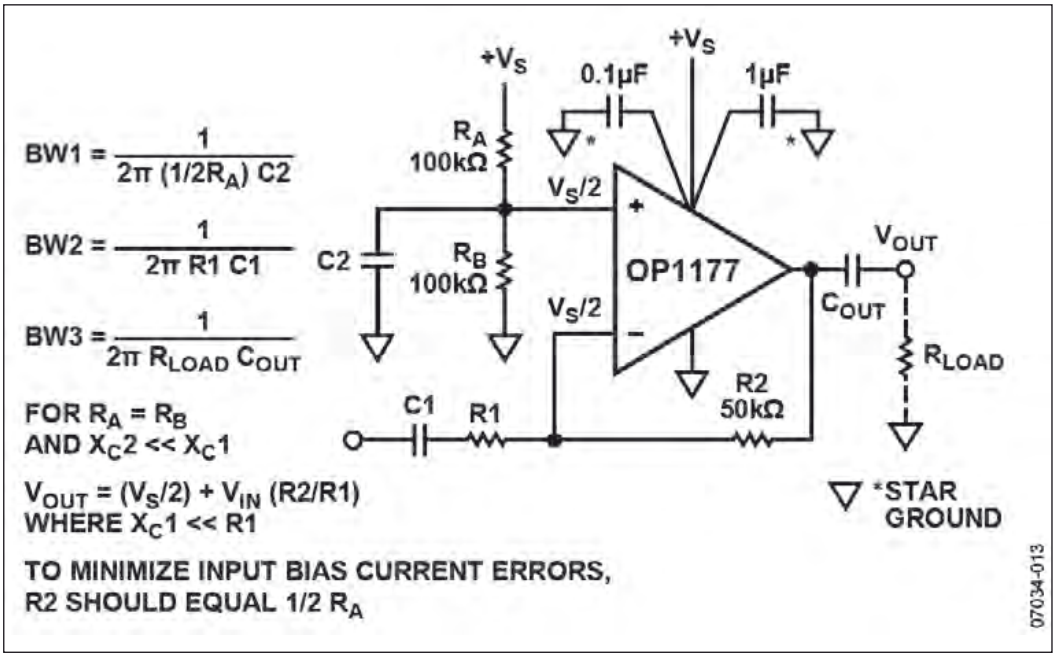


Bild 11: Invertierender Op Amp an einfacher Betriebsspannung

Bild 10 und 11 zeigen Lösungen für bessere Ergebnisse. In beiden Fälle wird am nichtinvertierenden Eingang vorgespannt. Eine Daumenregel bei Nutzung des Teilers 100 kOhm/100 kOhm lautet: C2 mindestens mit 10 µF für etwa 0,3 Hz Grenzfrequenz zu bemessen.

Bypass-Kondensatoren

Der Grund des Einsatzes von Bypass-Kondensatoren ist die Schaffung von Impedanzen mit sehr geringem Wert an kritischen Stellen. Von der Stromversorgung her ist dies nicht möglich, in erster Linie durch die Induktivität der Zuleitungen. Das Problem steigt mit der Frequenz. Es muss entkoppelt werden. Je höher die Grenzfrequenz der Schaltung, umso mehr gewinnen aber auch die parasitären Anteile des Bypass-Kondensators an Bedeutung. Verschiedene Punkte bestimmen, welcher Bypass-Kondensator für eine Applikation optimal ist. Dazu gehören Frequenzbereich, Platzverhältnisse und Kosten. Das Ersatzschaltbild eines Kondensators mit parasitären Anteilen besteht vereinfacht aus einer Längs-Induktivität, einem Längs-Verlustwiderstand und einem Quer-Verlustwiderstand (Leckstrom). Eine hohe Kapazität schützt nicht vor dem Einfluss der Parasiten. Bewährt hat sich die Parallelschaltung von Bypass-Kondensatoren stark verschiedener Werte wie 1 µF und 10 nF oder 10 µF, 100 nF und 1 nF. Einige dieser parallelen Kombinationen können aber auch die frequenzselektive Selbstoszillation (Ringing, Klingeln) befördern. Besonders bewährt hat sich die Kombination 10 µF Aluminium-Elko und 10 nF Keramik. Tantal-Elkos sind nicht auf minimale parasitäre Anteile ausgelegt und liefern daher oft schlechtere Resultate als gewöhnliche Elkos. ◄

Design-Tipps

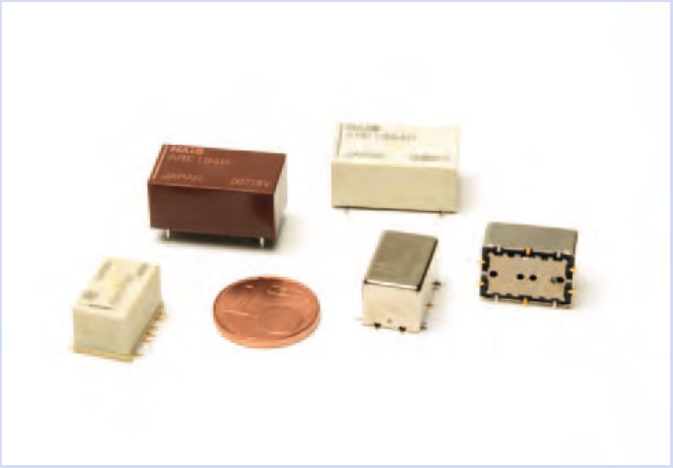
- Beachte das thermische Verhalten gleich von Beginn an!
- Nutze wo möglich gut bemessene Übertragungsleitungen!
- Führe den Versorgungsstrom über möglichst solide Leiter(bahnen)!
- Halte alle Leitungen so kurz wie möglich!
- Nutze gesplittete Versorgungen, wo/wenn sie verfügbar sind!
- Nutze die optimale Betriebsspannung und entkopple diese gut!
- Überlege, auf welchen Wegen Störsignale eindringen können!
- Wähle Bauelemente mit sinnvollen Toleranzen!

Einlötbare HF-Relais mit beeindruckendem Frequenzbereich

Die Auswahl an einlötbaren HF-Relais von Telemeter Electronic zeichnet sich durch Ausführungen mit großer Leistung und einem hohen Frequenzbereich von DC bis 8 GHz aus. Die Vorteile liegen in der kleinen Baugröße sowie der hohen Zuverlässigkeit der Relais. Die Impedanz beträgt 50 bzw. 75 Ohm. Die HF-Schalter sind in SMD- und PCB-Bauweise erhältlich. Teilweise sind die Relais auch für ein "Hot-Switching" geeignet. Die Betriebsspannung (DC) beträgt bis zu 48 V, und die maximale Schaltspannung liegt bei 30 V_{DC}.

Diese elektromechanischen HF-Schalter kommen beispielsweise in industriellen Anwendungen, Medizintechnik, Messgerätebau und generell bei Anwendungen im Platinenbau/-bestückung zum Einsatz. Weitere Informationen, Beratung und Verkauf durch Telemeter.

■ *Telemeter Electronic GmbH*
www.telemeter.info



Halbleiter für die Kommunikation über Versorgungsleitungen

Der SIG60-Halbleiter von Yamar Electronics wird in den Bereichen Automobilelektronik, Luftfahrt, Industriebeleuchtung und Batteriemanagement eingesetzt. Er ersetzt Kabelbäume aus Kupfer und reduziert dadurch Kosten, Gewicht und Platzbedarf bei gleichzeitiger Erhöhung der Systemzuverlässigkeit.

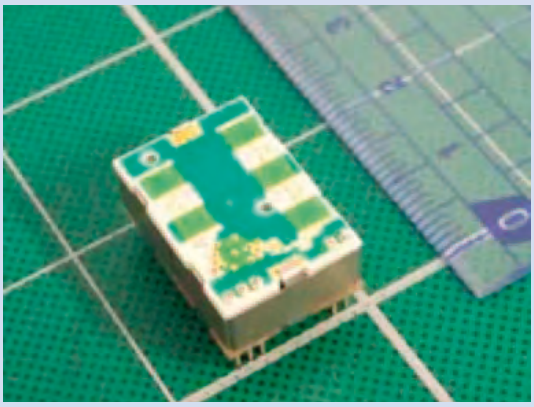
Der SIG60 ist speziell entwickelt für die Übertragung von UART/LIN-Daten über DC- und AC-Leitungen mit hohen Störimpulsen. Durch eine spezielle Modulations- und Kodierungstechnik ist eine Datenrate bis zu 115,2 Kbps möglich. Die Geräteschnittstelle des SIG60 kommuniziert mit den UART- oder LIN- Schnittstellen der gängigen Mikroprozessoren. Die geringe Größe des 28-Pin-QFN-Gehäuses minimiert die gesamte Schaltung auf die Größe einer Ein-Euro-Münze.

Der SIG60 ist eine hervorragende Kommunikationslösung für eine große Anzahl von Anwendungen bei denen eine Reduktion der Leitungen, weniger Gewicht oder eine Erhöhung der Zuverlässigkeit eine Rolle spielen. Kunden in 34 Ländern nutzen die Halbleiter in den Bereichen Automotive, Luft- und Raumfahrt, Industrie, Erneuerbare Energiemanagement, BMS, um nur einige zu nennen.

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

Embedded World
Halle 1, Stand 650

24-GHz-Radarsensor



Der 24-GHz-Radarsensor von New Japan Radio vom Typ NJR4262 ist ein Doppler-Modul. Es basiert auf 24-GHz-Microwave-Doppler-Effekt-Technologien und vereint Antenne, HF-Schaltung, IF Amp, MCU und Spannungsregulator in einem Gehäuse. Damit ergeben sich vielfältige Applikationen:

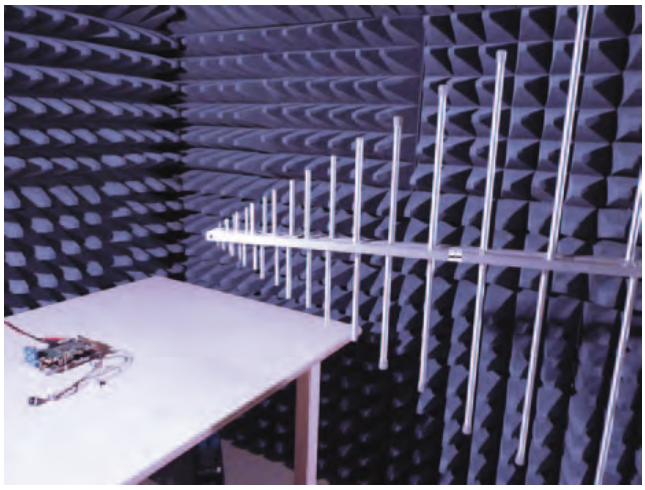
- medizinische Anwendungen, wie Herzfrequenzmessung, Atemmessung, Schlaftherapie
- Aufzüge (Positionserkennung)
- Klimaanlagen
- Positionserkennung im Transportwesen

■ *MEV Elektronik Service GmbH*
www.mev-elektronik.de

Embedded World
Halle 3, Stand 341

SEMATRON DEUTSCHLAND GmbH
www.sematron.de
SEMATRON DEUTSCHLAND GmbH
Nußstr. 49
53340 Meckenheim
Telefon: +49 22 25 / 70 45 1 87
Telefax: +49 22 25 / 70 20 51
E-Mail: info@sematron.de
Ihr Partner für
SYSTEME/GERÄTE
SATELLITENKOMMUNIKATION
RF- und mmW-KOMPONENTEN
ENTWICKLUNG bis 240 GHz

Entwicklungsbegleitende EMV-Messungen



In der EU-Richtlinie 2014/30/EU sind die Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) geregelt, die einen störungsfreien Betrieb von elektrischen Geräten, Funk- und Telekommunikationsanlagen beschreibt. Hersteller von elektrischen Geräten müssen diesen Anforderungen nachkommen, damit sich die Geräte nicht durch Aussendung von Störstrahlungen gegenseitig in ihrem Betrieb behindern oder im schlimmsten Fall zu Fehlfunktionen führen. Um Aufwand und Kosten zu minimieren ist es empfehlenswert, schon während der Entwicklungsphase EMV-Messungen durchzuführen.

Die straschu Elektronikgruppe in Stuhr hat deshalb ihr Dienstleistungspaket erweitert und bietet ab sofort entwicklungsbegleitende EMV-Messungen und die Vermietung ihrer Absorberkammer mit dem dazugehörigen Messequipment an. Es können somit schon während der Entstehung eines Produktes Precompliance-Messungen durchgeführt werden, um die Qualität des Störspektrums und die Höhe der Störung zu beurteilen oder um zu überprüfen, ob Grenzwertverletzungen vorliegen. Damit besteht die Möglichkeit während der Entwicklungsphase sowohl die Schaltung als auch die Software zu optimieren, um letztendlich die EU-Konformität zu erreichen. Auf Kundenwunsch steht ein erfahrenes Entwicklerteam zur technischen Beratung bei Layoutentwicklung und Design zur Verfügung.

Die Prüfungen erfolgen nach den EN-Normen 61000, 55011, 55022, in denen die Grenzwerte zu Störaussendungen und Störfestigkeit für Haushalt und Industrie festgelegt sind. Die Durchführung von EMV-Tests nach anderen Normen kann auf Anfrage geprüft werden. Zum Leistungsumfang gehören gestrahlte Störaussendungen bis 3 GHz sowie leitungsgeführte Störaussendungen. Gestrahlte Störaussendungen können in der Messkammer der straschu Elektronikgruppe bis zu einer Messstrecke von 3 m realisiert werden. Mit 106-dB-Schirmungsmaß und der spektralen Absorptionsfestigkeit der Inneneinrichtung erfüllt die Messkammer alle Normvorgaben.

Für die gestrahlte Störaussendung wird eine Antenne als Messaufnehmer und ein klassischer Messempfänger zur Durchführung von selektiven Messungen eingesetzt. Die Messungen bei leitungsgeführten Störaussendungen erfolgen mit einem Messempfänger und einer Netzwerknachbildung als Messaufnehmer im Frequenzbereich 10 kHz-30 MHz. Des Weiteren können leitungsgeführte Störbeeinflussungen erzeugt werden. Für diese Prüfung kommt ein Immunity-Tester mit einem integrierten Koppelnetzwerk zum Einsatz, um Störungen auf die Versorgungsleitungen zu bringen. Für Störungen auf Datenleitungen werden Koppelzangen verwendet und zum Schutz nicht zu prüfender Bereiche werden Sperrzangen eingesetzt. Es können Burst-, Surge- und Voltage-Dips-Tests durchgeführt werden. Um Geräte und Systeme vor elektrostatischer Entladung zu schützen, bietet die straschu Elektronikgruppe zusätzlich elektrostatische Störbeeinflussung bis 16 kV an. Die Tests werden mit einem ESD-Generator (Electrostatic Discharge) mit auswechselbaren Prüfspitzen und einstellbaren Impulsen ausgeführt.

Auf der Internetseite www.straschu.de steht im Downloadbereich ein Anfrageformular mit Fragen zur Spezifikation des Prüflings.

■ *straschu Elektronikgruppe*
www.straschu-ie.de

EMCO ELEKTRONIK GMBH

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

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

HF- & MIKROWELLEN-KOMPONENTEN
optische Strecken bis 40 GHz
kundenspezifische Lösungen
passive Komponenten
aktive Komponenten
Subsysteme
Absorber
DC - 100 GHz

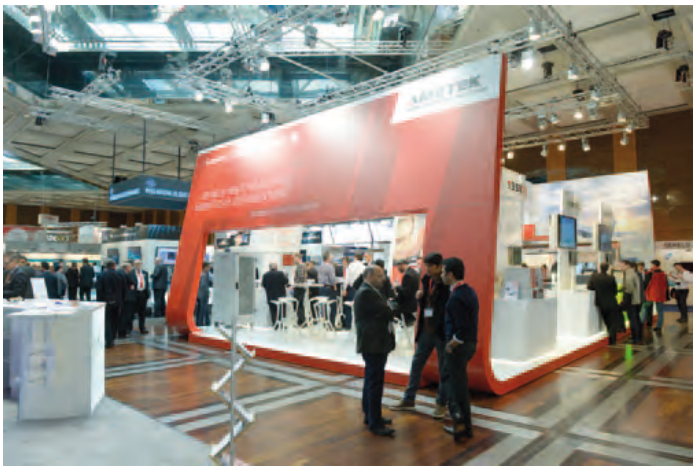
HF- & MIKROWELLEN-MESSTECHNIK
AVIONIK Mess- & Prüfgeräte
Wireless- & Mobilfunktester
Zeit- & Frequenzstandards
Funkmessplätze (RTS)
Netzwerkanalysatoren
GNNS-Simulatoren
Signalgeneratoren
Pulsgeneratoren
Kalibrierkits

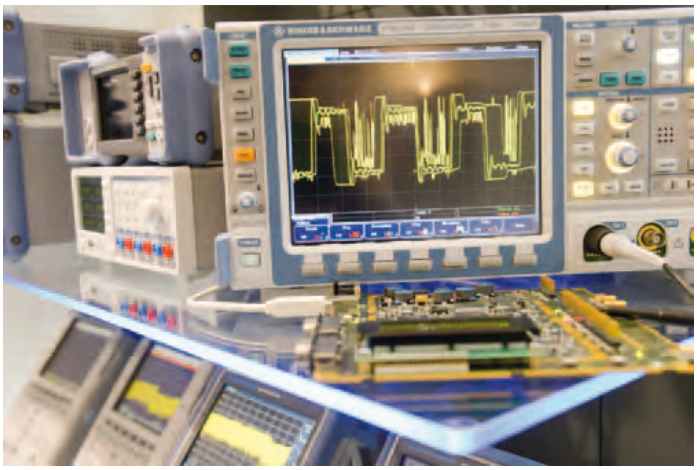
25 Jahre

Wir verstehen die Welle

Tel. 089-895 565 0 * Fax 089-895 90 376
Email: info@emco-elektronik.de
Internet: www.emco-elektronik.de

EMV 2017 - Internationale Fachmesse mit Workshops für Elektromagnetische Verträglichkeit





„Produktsicherheit“ erweitert Themenspektrum

Die EMV 2017 hat ihr Veranstaltungskonzept mit Blick auf „EMV und Produktsicherheit“ ergänzt. Der Vorschlag dazu kam von Seiten des EMV-Komitees. Ziel ist es, Synergieeffekte zu nutzen und Schnittpunkte für beide Bereiche zu erkennen. Detlef Hoffmann, Komitee-Mitglied der EMV und Business Development Manager bei SGS Germany GmbH weist darauf hin, dass die Produktsicherheit – wie auch das Feld der elektromagnetischen Verträglichkeit – praktisch alle elektrischen und elektronischen Geräte betrifft. Er fügt hinzu:

„Produktsicherheit gehört zu den gesetzlichen Anforderungen und ist, wie die elektromagnetische Verträglichkeit, Bestandteil der CE-Konformitätserklärung und der Fahrzeugzulassung. Viele EMV-Fachleute haben technische Berührpunkte zur Produktsicherheit. Vor allem bei kleineren und mittelständischen Unternehmen gibt es Fachleute, die EMV und Produktsicherheit in einer Person abdecken.

Daher wird das Thema auf wechselseitiges Interesse stoßen und sich gut in die EMV 2017 einbinden lassen.“

Attraktives Angebot: Teilnahme am Gemeinschaftsstand

Der neue Bereich „EMV und Produktsicherheit“ wird unter anderem in Form eines Gemeinschaftsstandes in der Messehalle abgebildet. Entscheiden sich Unternehmen für eine Teilnahme an einem Gemeinschaftsstand, erwartet sie ein unkompliziertes Komplettpaket: Das Angebot umfasst die Standfläche, den Messestandbau sowie Einträge in allen Ausstellerverzeichnissen. Weitere Informationen und das Anmeldeformular zum Gemeinschaftsstand sind unter e-emv.com abrufbar.

EMV Workshop: Wissen aus der Praxis

Die Workshop-Agenda ist ebenfalls überarbeitet und durch den Punkt „EMV und Produktsicherheit“ ergänzt. Interessierte können aktuelles und praxisnahes Wissen aus beiden Anwendungsgebieten finden. Unter anderem erlangen sie Kenntnisse über den aktuellen Stand von Normung und Technik, zum Beispiel bezüglich Konformitätserklärung und Konformitätsnachweise. Darüber hinaus sind auch haftungsrechtliche Aspekte der Produktzulassung Bestandteil des Workshops.

„Expertenwissen aus erster Hand konzentriert auf drei Stunden“

Parallel zur internationalen Fachmesse bietet die EMV 2017 mit 39 Workshops ein facettenreiches Programmangebot. Altbewährte und neue Referenten geben vom 28. – 30.03.2017 in Stuttgart ihr fachspezifisches EMV-Wissen für die Anwendung in der Praxis weiter.

Im Fokus: Grundlagenthemen und Neuerungen in der Branche

Die Workshops der EMV informieren über Grundlagenthemen, technische, methodische und gesetzliche Neuerungen sowie aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse aus dem Arbeitsalltag. Workshop-Teilnehmer erhalten „Expertenwissen aus erster Hand konzentriert auf drei Stunden“, so bringt Manfred Stecher, ehemaliger Entwickler bei dem Münchner Unternehmen Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG und langjähriger Referent der EMV, die Veranstaltung auf den Punkt.

Manfred Stecher (Bildquelle: Manfred Stecher)

Englischsprachiges Workshopangebot ergänzt

Das englischsprachige Workshopangebot wird im nächsten Jahr um zwei neue Referenten ergänzt: Lee Hill, Gründungsmitglied von SILENT Solutions LLC, einer Consulting Firma im Silicon Valley, USA, bietet die Workshops „What Electronic Designers Want to Know: Mastering the Details of EMI Suppression Ferrites“ sowie „Simplified Theory, Applications, and Demonstrations of Precompliance Probes and EUT Cables for EMC“ an. Eine weitere Informationsquelle stellt Davy Pissoort, Professor an der belgischen Hochschule KU Leuven mit dem Workshop „EMI Risk Management: a Necessity for Safe and Reliable Electronic Systems!” bereit.

Darüber hinaus hat die EMV 2017 ihr Veranstaltungskonzept um den Bereich „EMV und Produktsicherheit“ erweitert. Dies spiegelt sich nicht nur in Form eines geplanten Gemeinschaftsstandes auf der Messe wider, sondern auch in zwei zusätzlichen Workshops. Einen umfassenden Überblick über die Richtlinien, produktrechtlichen Zusammenhänge und aktuelle Rechtsprechungen erhalten Teilnehmer in dem Workshop „EMV und Produktsicherheit: Die neuen Pflichten in der Praxis“. Der Workshop „EMV- und Produktsicherheit – Anforderungen für den internationalen Marktzugang“ beleuchtet in diesem Zusammenhang den weltweiten Vertrieb von Produkten.

Zukunftsweisender Plenarvortrag zum Stromnetz von morgen

Wie sieht die Energieversorgung von morgen aus? Welche Herausforderungen und Chancen bietet sie? Diese und weitere Fragen werden in einem zukunftsweisenden Plenarvortrag auf der EMV 2017 am zweiten Veranstaltungstag näher beleuchtet. Die EMV 2017 ist die Internationale Fachmesse mit Workshops für Elektromagnetische Verträglichkeit und findet Ende März in Stuttgart statt.

Im Fokus des Vortrags steht das Thema: „Alles strömt zum Strom – Herausforderungen und Perspektiven für das Stromnetz von morgen“. Referent Dr. Hendrik Adolphi ist Leiter des Technischen Anlagenmanagements der Netze BW aus Stuttgart, dem größten Verteilnetzbetreiber in Baden-Württemberg.

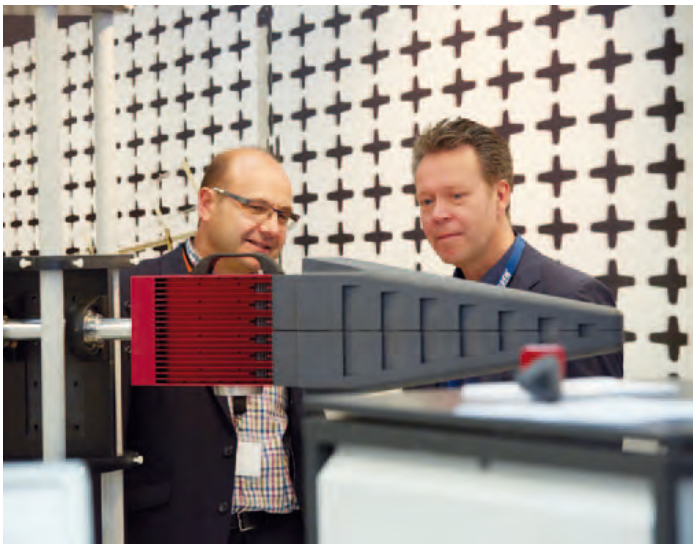
Dr. Adolphi spricht über die Herausforderungen und Perspektiven, die der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung für die Energieversorgung der nächsten Jahrzehnte mit sich bringt. Darüber hinaus geht er auf drei zentrale Herausforderungen der Zukunft ein, denen sich ihm zufolge die Netzbetreiber stellen müssten. Gemeint sind erneuerbare Energien, der Ein- bzw. Umstieg in die Elektromobilität sowie der verstärkte Einsatz von Strom im Wärmebereich.

Dr. Hendrik Adolphi (Bild: Netze BW GmbH)

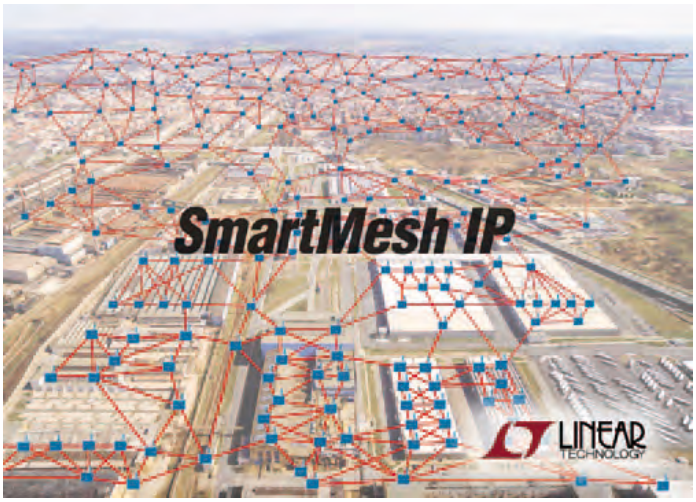
Die EMV 2017 findet vom 28. bis 30.3.2017 in der Messe Stuttgart statt und bietet ein umfangreiches Programm aus insgesamt 39 Workshops. Die Anmeldung zu den EMV Workshops ist noch bis zum 13.2.2017 zu attraktiven Frühbucherpreisen möglich. Der Plenarvortrag ist für Aussteller, Kongressteilnehmer und Besucher kostenfrei. Die Workshops können je nach individuellem Interesse entweder getrennt voneinander oder kombiniert gebucht werden. Sind Teilnehmer an mehreren Workshops interessiert, gelten Sonderkonditionen.

Weitere Hintergrundinformationen über das ausführliche Workshopprogramm, die Anmeldung und eine aktuelle Ausstellerliste der parallel stattfindenden EMV Messe sind online auf www.e-emv.com verfügbar.

■ *Mesago Messe Frankfurt GmbH*
www.mesago.de



Funknetze auf Basis von SmartMesh-IP unterstützen tausende Knoten



Linear Technologys Funksensor-Netzwerk-Produktlinie (WSN, Wireless Sensor Network) SmartMesh IP wurde erweitert, um dem zunehmenden Bedarf an industriellen IoT-Lösungen gerecht zu werden.

Hinzu gekommen ist u.a. die Vernetzungssoftware SmartMesh VManager, die die Kapazität von Mesh-Netzwerken nahtlos auf tausende Knoten vergrößert. Der neue Blinkmodus, eine auf Roaming-Knoten mit ultrageringem Energiebedarf zugeschnittene Funktion, reduziert den mittleren Stromverbrauch von Funksensorknoten auf weniger als 3 µA.

Hohe Zuverlässigkeit

Das auf 6LoWPAN basierende SmartMesh-IP bietet die gleiche Zuverlässigkeit wie drahtgebundene Netzwerke und ermöglicht Mesh-Funknetze mit ultrageringem Energiebedarf. Dies ermöglicht im rauen industriellen Umfeld den sicheren Einsatz batteriebetriebener IoT-Sensoren mit einer Batterielaufzeit von über zehn Jahren.

„SmartMesh IP umfasst drahtlose Hardware und Software, die speziell auf die hohen Anforderungen industrieller IoT-Anwendungen zugeschnitten sind“, sagte Joy Weiss, President der Dust Networks Produktgruppe bei Linear Technology. „Unser WSN-Produkt ermöglicht es den Anwendern, Lösungen für alle nur denkbaren Indoor-, Outdoor-, lokalen und Cloud-basierten IoT-Anwendungen zu entwickeln, die hinsichtlich Zuverlässigkeit mit drahtgebundenen Netzwerken mithalten können, die in der Industrie geforderte Sicherheit bieten und extrem wenig Strom verbrauchen.“

SmartMesh IP bietet jetzt noch mehr Funktionalität, insbesondere:

- skalierbares Netzwerk- und Sicherheitsmanagement: SmartMesh-Netzwerke organisieren, reparieren und optimieren sich selbstständig und bieten NIST-zertifizierte Sicherheit. Der Network Manager kann durch Optionen wie den kostengünstigen Onchip EManager für Netzwerke mit weniger als 100 Knoten und den neuen VManager erweitert werden. Die VManager-Software unterstützt in einem einzigen, sicheren Netzwerk über 1000 Knoten und läuft auf einer X86-basierten virtuellen Maschine (VM), die an einem beliebigen Ort (auch in der Cloud) platziert sein kann, an dem Zugriff auf eine IP-Verbindung besteht.
- Roaming-Knoten mit ultrageringem Energiebedarf: Der neue Blinkmodus ist auf Anwendungen zugeschnitten, in denen Knoten mehrmals am Tag zum Netzwerk hinzugefügt und aus dem Netzwerk herausgenommen werden und Daten senden. Tausende von SmartMesh-IP-Blinkknoten können Daten zuverlässig und sicher in ein Mesh-Mode-SmartMesh-Netzwerk senden und begnügen sich dabei mit nur 3 µA.

SmartMesh-IP-Produkte sind Funkchips und vorzertifizierte Leiterplattenmodule, zusammen mit gebrauchsfertiger Mesh-Vernetzungssoftware auf der Basis der Standards 6LoWPAN und IEEE 802.15.4e. SmartMesh ist die einzige Netzwerktechnologie, die speziell auf die sehr hohen Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen industrieller IoT-Anwendungen hinentwickelt wurde. Sie umfasst eine vollständige Netzwerk-Software, die die Markteinführung beschleunigt, und ist für jahrelangen, problemlosen Betrieb ausgelegt. Weitere Informationen über SmartMesh finden Sie unter www.linear.com/smartmesh.

Die von Linear Technologys Dust-Networks-Produktgruppe entwickelten Produkte sind die energieeffizientesten, zuverlässigsten und sichersten standardbasierten Funksensor-Netzwerk-Produkte am Markt. Die SmartMesh-Produkte von Dust Networks sind praxisbewährt – sie sind bereits in über 50.000 Netzwerken in 120 Ländern der Welt im Einsatz. Mesh-Funknetze von Dust Networks bieten auch in störsignalverseuchten HF-Umgebungen eine Datenzuverlässigkeit von >99,999% und genießen das Vertrauen von Herstellern industrieller IoT-Lösungen, die ohne menschliches Eingreifen über viele Jahre hinweg kritische Sensor- und Überwachungsdaten liefern. SmartMesh-IP- und SmartMesh-WirelessHART-Produkte verbrauchen im Mittel weniger als 50 µA und haben dadurch eine Batterielaufzeit von über zehn Jahren. Das bedeutet, dass sie überall platziert werden können, wo Daten erfasst werden müssen – auch an schwer zugänglichen Stellen.

Die wichtigsten Neuerungen bei SmartMesh IP:

- Die Vernetzungssoftware SmartMesh IP VManager ermöglicht tausende von Knoten in einem einzigen, sicheren Netzwerk, und dank drahtloser Technologie können Knoten an beliebiger Stelle platziert werden.
- Der SmartMesh-IP-Blinkmodus unterstützt Roaming-Knoten und ermöglicht die sichere und zuverlässige Kommunikation bei <3 µA mittlerem Stromverbrauch. ◄

Linear Technology Corp.
www.linear.com

Optisch isolierter Hochspannungs-Tastkopf

Teledyne LeCroy kündigte den neuen HVFO-Oszilloskoptastkopf (High-Voltage Fiber-Optically Isolated) an. Der HVFO-Tastkopf verstärkt Teledyne LeCroy's Messtechniklösungen, wie z.B. dem einzigen Hochspannungs-Differenztastkopf, der für 1500V_{DC} Common Mode Tests ausgelegt ist, dem 8-Kanal-Oszilloskop mit 12 Bit Vertikalauflösung und dem Motor Drive Analyzer für elektrische und mechanische Leistungsmessungen an dreiphasigen Systemen.

Der HVFO ist ein erschwinglicher und zur Messung kleiner, auf der hohen Zwischenkreisspannung von Leistungselektroniken "floatenden" Spannungen optimierter Tastkopf. Die optische Isolation zwischen der Tastkopfspitze und dem Oszilloskop verringert eine unerwünschte Belastung des Messobjekts und verringert zusätzlich das Rauschen, Verzerrungen, Overshoot, Ringing und transiente Störungen auf dem Messsignal. Er übertrifft bei weitem die Messmöglichkeiten und Signalqualität sowohl von herkömmlichen Hochspannungs-Differenztastköpfen als auch von Erfassungssystemen, die auf der galvanischen Hochspannungsisolation zwischen den Messkanälen und den Kanälen gegenüber Masse basieren. Darüber hinaus kann man auf gefährliche Testaufbauten, bei denen ein Oszilloskop und Tastkopf „floatend" betrieben werden müssen, oder auf die Investition in ein spezielles isoliertes Oszilloskop oder Datenerfassungs-System, bei dem man wiederum andere Kompromisse eingehen muss, verzichten.

Der Aufbau des HVFO

ist mit einem einzigen Laser und einem Lichtwellenleiter, über die man die optische Isolation erreicht und sowohl das modulierte Messsignal als auch die restlichen Steuerdaten überträgt, sehr einfach gehalten. Mit verschiedenen Messspitzen erhält man unterschiedliche Eingangsspannungsbereiche. Der HVFO ist klein genug, um auch bei beengten Platzverhältnissen eingesetzt werden zu können, verfügt für die meisten Anwendungen über ausreichende Leistung und ist preisgünstig genug, um in die engsten Messgeräte-Budgets zu passen.

Die Gate-Treiber-Schaltung

einer Leistungselektronik ist eine RLC-Reihenschaltung mit parasitären Kapazitäten am Leistungshalbleiter. Die Gate-Spannung des oberen Leistungshalbleiters floatet gegenüber Masse. Jeder Tastkopf mit einer hohen Kapazität an der Tastkopfspitze, die dann parallel zu der parasitären Kapazität der Gate-Emitter- oder Gate-Source-Strecke liegt, und/oder der hohen Impedanz und niedrigen Schleifeninduktivität in Reihe zur Impedanz des Gate-Treibers, belastet im günstigsten Falle lediglich das Gate-Treiber Signale oder sorgt im schlimmsten Fall für eine Fehlfunktion der Schaltung. Zudem können die Schaltvorgänge des Lowside-Halbleiters durch die Messanordnung die eigentlich korrekte Messung des Highside-Halbleiters störend beeinflussen.

Niedrige Kapazität bei hoher Eingangsimpedanz

Der HVFO hat eine niedrige Kapazität und eine hohe Eingangsimpedanz. Und da der Verstärker optisch isoliert ist, muss an der Tastkopfspitze nur das relativ kleine Gate-Treiber-Signal gemessen werden. Da die Belastung nur ungefähr ein Hundertstel, verglichen mit der Belastung durch einen herkömmlichen Hochspannungs-Differenztastkopf, beträgt, mit der hervorragenden Rausch- und Gleichtakt-Unterdrückung, niedrigen Leitungsinduktivität und der sehr niedrigen Abschwächung können Gate-Treiber-Signale auch in anspruchsvollen Umgebungen sicher und zuverlässig gemessen werden. Es ist schwierig, floatende Steuer- oder Sensorsignale mit herkömmlichen Geräten zu messen, da ein Tastkopf mit niedriger Eingangsimpedanz oder hoher Abschwächung das Messobjekt belastet und damit die System-Performance und/oder Signalgenauigkeit durch starkes Rauschen der Messsignale beeinträchtigt. Mit der HVFO erhält man auch bei schnelleren Signalen einen genaueren Signalverlauf, da die geringe Eingangskapazität nur auf das kleine floatende Sensorsignal und nicht auf die hohe Gleichtaktspannung aufgeladen werden muss. ◄

Teledyne LeCroy
www.teledyne.com

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

Vielkanal-LXI-Digitizer mit hoher Auflösung

Spectrum hat eine neue Reihe von schnellen 14- und 16-Bit-Digitizern auf LXI-Basis vorgestellt, passend für Anwendungen bei denen eine große Anzahl Kanäle aufgezeichnet und analysiert werden muss: Zwölf neue Instrumente mit bis zu 24 vollsynchronen Kanälen erweitern Spectrums digitizerNetbox-Familie. Die 16 Bit Modelle sind mit Abtastraten von 130 und 250 MS/s verfügbar, während die 14-Bit-Modelle mit einer Abtastrate von 500 MS/s auftrumpfen.

Diese hohen Abtastraten und Auflösungen machen die DN6.44x-Serie zu einer guten Wahl für Breitbandaufzeichnungen. Um einen exzellenten Phasenbezug zwischen den Kanälen mit minimalem Phasenversatz zu erreichen, werden alle ADCs absolut synchron getaktet. Jeder Kanal hat dabei seinen eigenen programmierbaren Vorverstärker mit sechs Eingangsbereichen von ±200 mV bis ±10 V, eine schaltbare Eingangsterminierung von 50 Ohm und 1 MOhm sowie einen programmierbaren positiven Signaloffset für Unipolar-Signale.

Die Analogbandbreite geht bis 250 MHz für das 500 MS/s Modell und erlaubt so, elektrische Signale im Frequenzbereich zwischen DC und etwa 200 MHz aufzuzeichnen. Jedes DN6.44x ist mit einem Signalspeicher von 512 MS/Kanal sowie einer fortschrittlichen Triggererkennung ausgestattet. Dabei können jeder Eingangskanal sowie zwei externe Triggereingänge als Triggerquellen einzeln genutzt oder auch mit AND/OR-Logik kombiniert 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), können mit einer internen Zeitstempel-Funktion kombiniert werden.

Die Geräte sind mit einem industriellen Gehäuse mit integrierter Kühlung, austauschbarem Staubfilter sowie einem störungsarmen Netzteil ausgestattet. Alle Anschlüsse sind SMA-Buchsen. Verschiedene LEDs signalisieren den Zustand von Stromversorgung, Trigger und LAN. Basierend auf der LXI-Device-Spezifikation 2011 rev 1.4, ist die digitizerNetbox eine optimale Plattform für Ingenieure und Wissenschaftler, die elektrische Signale in automatisierten oder ferngesteuerten Anwendungen aufzeichnen wollen. Voller Zugriff wird über eine handelsübliche GBit-Ethernet-Buchse zur Verfügung gestellt, was den Anschluss an beliebige PCs oder ein LANa ermöglicht.

Der umfangreiche Lieferumfang

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 Hardware-Einstellungen mit einer einfach zu nutzenden graphischen Oberfläche.

■ *Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH*
www.spectrum-instrumentation.com

Bitfehlerraten-Testlösung für 100G-Ethernet-PON

Die Anritsu Corp. hat die 100G-EPON-Testlösung des Signalqualitätsanalysators der MP1800A-Baureihe auf den Markt gebracht. Die neuentwickelte 100G-EPON-Anwendungssoftware MX180014A und der Signalqualitätsanalysator MP1800A unterstützen Bitfehlerraten-Messungen von OLT (Optical Line Terminal) und ONU (Optical Network Unit) für den neusten 100G-EPON-Standard.

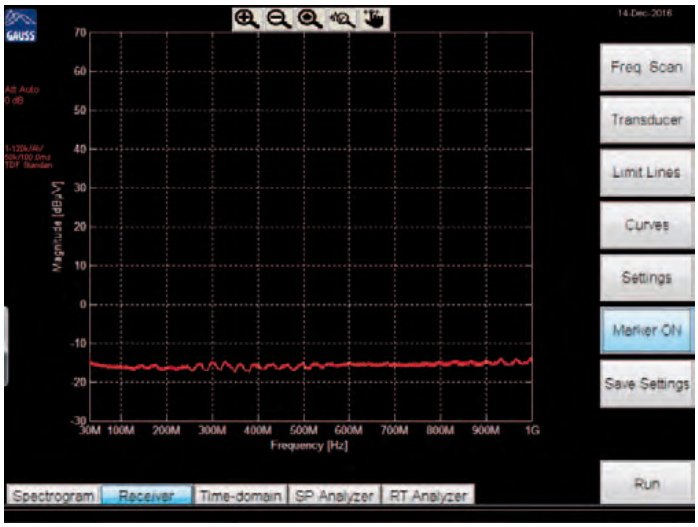
Die explosionsartige Zunahme von Breitbanddiensten, die 4K/8K-Videoübertragung unterstützen, ist nur einer der zahlreichen Faktoren für die Expansion von optischen Zugangsnetzen, die Passive Optische Netzwerke (PON) nutzen. Ein solch rasches Wachstum im Bereich des Datenverkehrs treibt die Umstellung dieser optischen Zugangsnetze in Hochgeschwindigkeitsnetze mit 10-Gbit/s-PON-Technologie voran. Gleichzeitig muss die

Einführung der nächsten Generation, dem 100G-EPON-Standard (IEEE802.3ca), der Bitraten von 25 Gbit/s pro Signal bietet, bewertet werden. Im Ergebnis erfordert die Entwicklung von OLT- und ONU-Einheiten für PON-Systeme sowohl Breitband-Übertragungsleistungen mit 25 Gbit/s als auch präzisere Zeit- und Toleranzmessungen aufgrund der kürzeren Zeit pro Bit.

Der MP1800A ist ein modular aufgebauter Bitfehlerraten-Tester zum Messen an einer breiten Palette von Schnittstellen bis hin zu Mehrkanal 64 Gbit/s. Die Mehrkanalsynchronisation und die Funktionen zur Skew-Anpassung des MP1800A sind optimal für OLT-Tests, die eine hochpräzise Zeiteinstellung erfordern. Außerdem werden BER-Messungen mit hoher Wiederholgenauigkeit durch ein Ausgangssignal höchster Qualität sowie durch eine hohe Eingangsempfindlichkeit erreicht. Die MX180014A-Software steuert den MP1800A, um ein Zweikanal-Prüfsignal mit Burstmustern und entsprechend eingestellter Skew zu erzeugen. Bei der OLT-Evaluierung, der Eingangsempfindlichkeit und den Timingtests werden die Einstellungen der Püfmusterlänge und der zeitlichen Lage durch die grafische Benutzeroberfläche (GUI) erleichtert.

■ *Anritsu Corp.*
www.anritsu.com

Messempfänger setzte neue Maßstäbe beim Rauschflur



Eigenrauschen des TDEMI X mit entsprechend ausgestatteter Option ULNA-UG1G

Die nach Herstellermeinung weltweit schnellsten Messempfänger der Serie TDEMI eXtreme (TDEMI X) von Gauss Instruments mit einzigartigen Features, wie einem Frequenzbereich von DC bis 40 GHz, 645 MHz Echtzeitbandbreite, Multi-GHz-Realtime Scanning und niedrigstem Eigenrauschen bei 40 GHz, können ab sofort mit einem weiteren ultrarauscharmen Vorverstärker ausgestattet werden. Dieser Vorverstärker ist speziell für die Anforderungen im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz entwickelt und optimiert. Der neuartige Vorverstärker verfügt über extrem niedriges Eigenrauschen sowie einen sehr hohen Dynamikbereich. Die Kombination aus einem patentierten Verfahren zur Überwachung der Linearitätsreserve des Vorverstärkers sowie einer Vorselektion ermöglicht es, Emissionsmessungen auch mit höchsten Anforderungen hinsichtlich Dynamik und Rauschboden schnell und zuverlässig durchzuführen.

Der erreichte Rauschboden mit Mittelwertdetektor und 120 kHz ZF-Bandbreite liegt über den gesamten Frequenzbereich bis 1 GHz bei -15 dBµV, wie anhand der Messung in der Abbildung zu sehen ist. Dies entspricht einer Verbesserung von 5 bis 10 dB gegenüber allen anderen aktuell am Markt verfügbaren Lösungen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Messung in 3 bis 4 s über den gesamten Bereich von 30 MHz bis 1 GHz mit Quasispitzenwert und CISPR Average gleichzeitig erfolgen kann. Damit kombiniert das TDEMI X höchste Messgeschwindigkeit mit dem besten Rauschboden.

HJöchste Empfindlichkeit

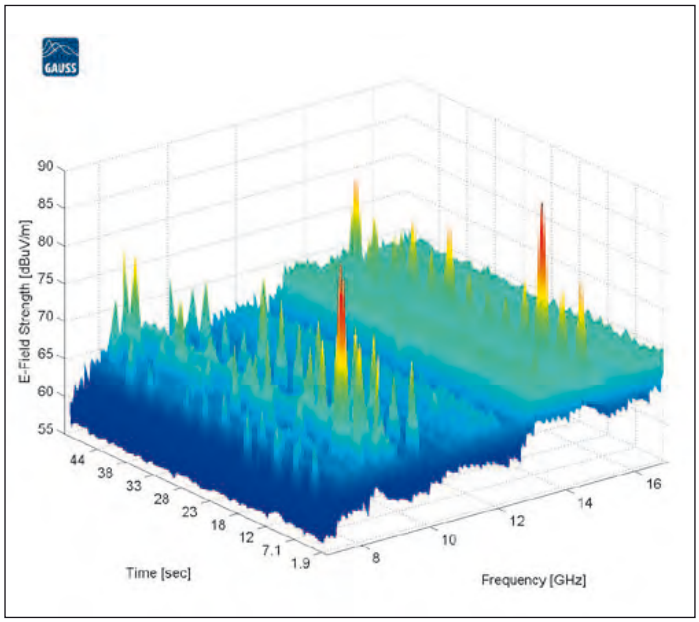
In der Praxis bedeutet dies, dass EMV-Messungen in einer 10-m-Absorberhalle ab sofort mit höchster Empfindlichkeit erfolgen können. Die Performance steht sowohl im Receiver-Modus mit 325-MHz-Segmenten, im klassischen Empfängermodus als auch im Spektrogrammmodus mit 645-MHz-Echtzeitbandbreite zur Verfügung. Die Verwendung eines zusätzlichen externen Vorverstärkers ist für typische Messungen in einer 10-m-Halle damit nicht mehr notwendig. Einerseits wird somit die Messunsicherheit weiter reduziert und auch die Zuverlässigkeit und die Messgenauigkeit nochmals weiter erhöht, zum anderen werden die laufenden Kosten wie auch Kalibrierkosten weiter gesenkt, und die Auslastung der Halle bzw. der Durchsatz an Messungen kann weiter verbessert werden.

Zusammen mit der Automatisierungssoftware EMI64k lassen sich die vielfältigen Möglichkeiten nahezu beliebig kombinieren. So können Messungen selbstverständlich mit Vormessung und Nachmessung mit finaler Maximierung auf klassische Weise erfolgen. Sollen die Messabläufe jedoch effizienter, schneller und mit höherer Qualität durchgeführt werden, so ist die Messung mit dem TDEMI X direkt mit dem Quasispitzenwert an sämtlichen Frequenzpunkten möglich. Aufgrund des exzellenten Rauschbodens ohne jegliche Eigenstörungen kann das Messsystem hervorragend für Emissionsmessungen nach CISPR 25 oder diversen OEM-Standards sowie VG-Normen eingesetzt werden. Erstmalig wird für diesen Frequenzbereich bei CISPR-konformen Messempfängern ein DANL von ca. -171 dBm/Hz erreicht.

Die Produktfamilie TDEMI X setzt somit nun auch im Bereich 30 MHz bis 1 GHz neue Maßstäbe hinsichtlich des Eigenrauschens. Selbstverständlich kann die Option mit allen weiteren Optionen kombiniert und jederzeit nachgerüstet werden. Damit erhält man das geringste Eigenrauschen von DC bis 40 GHz, welches derzeit am Markt für Messempfänger verfügbar ist. Bei den TDEMI-X-Messempfängern werden führende Technologien und patentierte Verfahren sowie höchstperformante Bauteile, wie z.B. solche ultrarauscharmen Verstärker eingesetzt, welche es erlauben, höchste Empfindlichkeit mit höchster Messgeschwindigkeit zu kombinieren.

Der Einsatz der TDEMI-X-Geräte reicht von konventionellen EMV-Messungen nach CISPR oder MIL-461-Normen über den automobilen Einsatzbereich oder VG-Normen bis hin zu Messungen nach Funkstandards. Insbesondere die Messung der Nebenaussendungen von Sendemodulen nach ETSI sowie die Messung von ISM-Geräten, z.B. Mikrowellenherden, können nun ohne externen Vorverstärker und ohne externe Vorselektion erfolgen. Ein derartiges Beispiel einer Messung ist in der zweiten Abbildung zu sehen.

■ *Gauss Instruments GmbH*
www.tdemi.com



Beispiel einer „puren“ Messung

Phasenrauschen messen mit dem Echtzeit-Sampling-Oszilloskop, Teil 2

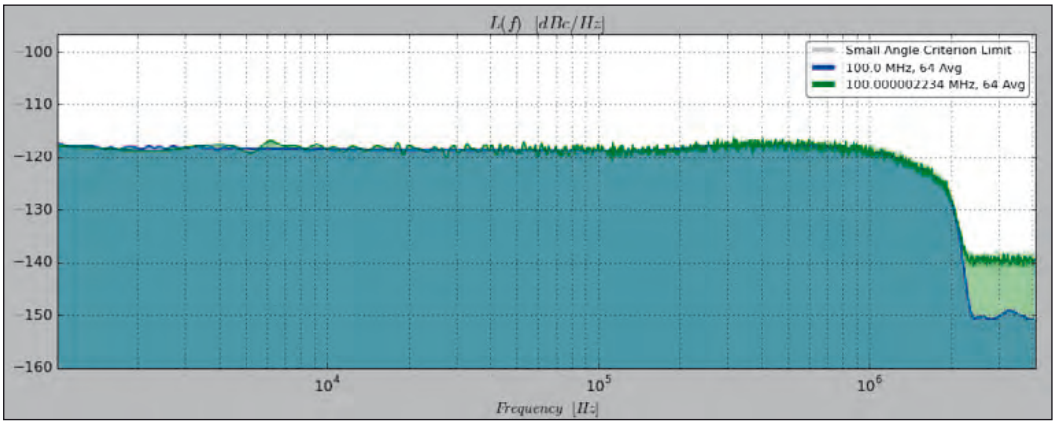


Bild 1: Messung des Grundrauschens

$$TIE = \sqrt{\left(\frac{Noise}{SlewRate}\right)^2 + Intrinsicjitter^2} [seconds peak]$$

Formel 1: Das Grundrauschen eines Oszilloskops bezüglich Jittermessungen könnte beispielsweise so spezifiziert sein

Im ersten Teil dieses Artikels in Heft 1/2017 wurde dargestellt, wie man die Messwerte für das Phasenrauschen aus den Datenaufzeichnungen eines Echtzeit-Oszilloskops herausrechnen kann. Dabei kann man die Phase auf zwei Wegen demodulieren. Im vorliegenden zweiten Teil des Artikels betrachten wir die Genauigkeit, die man mit Taktrückgewinnung aus einem seriellen Datensignal erreichen kann und welche Signale man auf diese Weise sinnvoll analysieren kann; außerdem besprechen wir einige Methoden zur Verbesserung solcher Messungen.

Genauigkeit

Will man überprüfen, wie genau die Messung des Phasenrauschens mit dem Oszilloskop ist, kann man dazu eine saubere Signalquelle mit einer eingebauten, breitbandigen Phasenrauschquelle verwenden. Man phasenmoduliert die Trägerfrequenz relativ stark, misst das Phasenrauschen mit dem Oszilloskop und einem Signalquellenanalysator (beispielsweise einem E5052B von Keysight) und vergleicht beide Messwerte.

Bild 1 zeigt das Ergebnis einer solchen Doppelmessung. Die Messkurve des Signalquellenanalysators ist blau dargestellt, die Messkurve des Oszilloskops (eines Keysight Mixed-Signal-Oszilloskops S804A) grün. Beide Kurven stimmen im Frequenzbereich der zugeführten Phasenmodulation sehr gut miteinander überein. Oberhalb von 2 MHz weichen die Kurven voneinander ab. Das liegt daran, dass der Signalquellenanalysator ein niedrigeres Grundphasenrauschen hat als das Oszilloskop.

Messung des Grundrauschens

Die Messgenauigkeit einer Jittermessung mit einem Echtzeit-Oszilloskop wird von der Genauigkeit seiner Vertikalauflösung (also der Auflösung bei der Spannungsmessung) und der Genauigkeit der Zeitauflösung beeinflusst. Mehrere Faktoren tragen zu Messfehlern bei Jittermessungen und Messung des Phasenrauschens bei, namentlich: Rauschen im Signalpfad für die Vertikalablenkung, Stabilität der Zeitbasis, Phasenrauschen des Oszillators des Oszilloskops und Ungenauigkeiten beim Interleaving (siehe Formel 1).

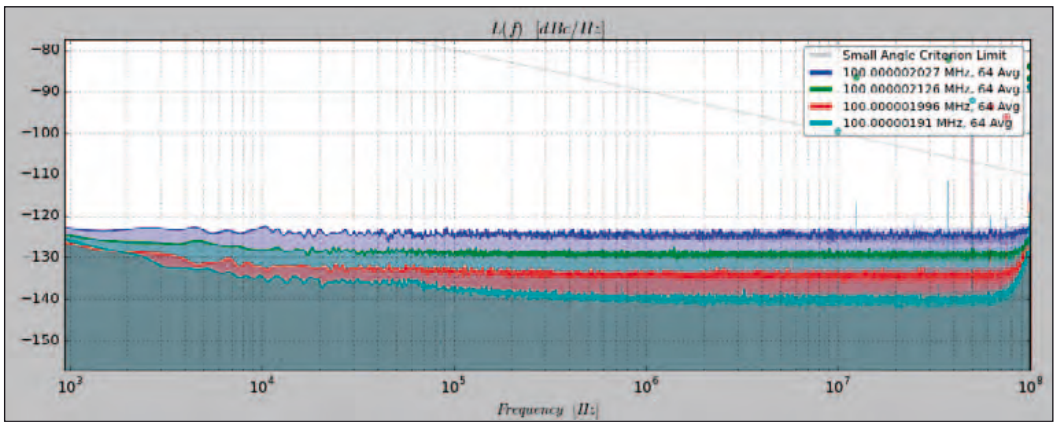


Bild 2: Mehrere Messungen des Phasenrauschens

Keysight Technologies Inc.
www.keysight.com

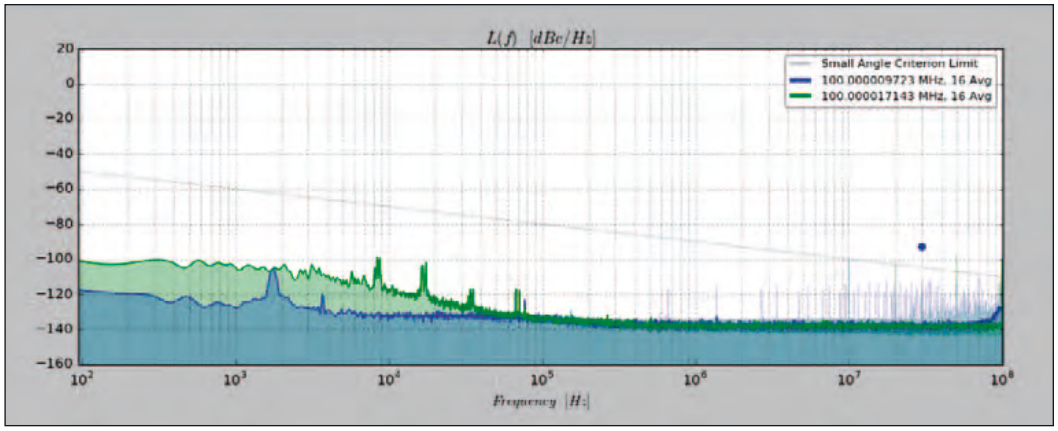


Bild 3: Die Messkurve zeigt, dass ein älteres Oszilloskop (grüne Kurve) bei kleinen Frequenzabständen ein höheres Phasenrauschen aufweist als ein neueres Gerät (blaue Kurve)

Der Eigenjitter eines Oszilloskops hängt primär von der Stabilität der internen Zeitbasis ab. Er kann bei den leistungsfähigsten Oszilloskopen Werte bis herunter zu 50 fs annehmen (etwa bei den 63-GHz-Oszilloskopen der Z-Serie von Keysight). Allerdings muss man anmerken, dass dieser geringe Wert nur für kurze Erfassungszeiten gilt. Will man aber Phasenrauschen in geringem Frequenzabstand messen, braucht man lange Erfassungszeiten, und bei denen liegt der Eigenjitter des Oszilloskops etwas höher.

Grundrauschen und Anstiegszeiten

In den meisten Fällen spielt der erste Term der Gleichung die größte Rolle beim Phasengrundrauschen. Das Rauschen des Signals und das Eigenrauschen des Oszilloskops überlagern sich; zusammen mit der endlichen Anstiegszeit des Signals sorgen sie für einen horizontalen Versatz von Flanken. Dieses Phänomen nennt sich „Jitter“. Aus diesem Grund ist es wesentlich, dass man ein Oszilloskop mit einem möglichst niedrigen Eigenrauschen wählt. Eine weitere Verbesserung der Jittermessung kann man erreichen, wenn man die Messbandbreite des Oszilloskops auf einen gewünschten Wert begrenzt. Die Information über das Phasenrauschen steckt in einem Frequenzband von $2*f_c$ Breite. Durch eine Begrenzung der Bandbreite kann man in vielen Fällen das Rauschen der Messung drastisch reduzieren.

Bild 2 zeigt mehrere Messungen des Phasenrauschen, die mit einem 8-GHz-Oszilloskop der S-Serie von Keysight gemacht wurden. Das Messsignal war eine Sinusfrequenz von 100 MHz aus einem Hochleistungssignalgenerator E8267D, einem Gerät mit extrem niedrigem Phasenrauschen. Das Eigenphasenrauschen der Signalquelle (nachgemessen mit einem Signalquellenanalysator oder einem anderen Messgerät mit passend niedrigem Eigenphasenrauschen) liegt deutlich unter dem Eigenphasenrauschen eines Oszilloskops. Was man in den Messkurven sieht, ist also das Eigenphasenrauschen des Oszilloskops.

Für die folgenden Messungen wurde die Bandbreite des Oszilloskops begrenzt auf: blau = 8 GHz, grün = 4 GHz, rot = 1 GHz, türkis = 200 MHz.

Mit der Begrenzung der Bandbreite von 8 GHz auf 200 MHz fällt das Eigenphasenrauschen bei Frequenzabständen von 1 bis 10 MHz von etwa -124 dBc/Hz auf –140 dBc/Hz. Man kann diese Reduktion erklären durch die Verringerung der Bandbreite im Verhältnis 200 MHz / 8 GHz. Wenn das Rauschen des Oszilloskops einigermaßen direkt von der Bandbreite abhängt, sollte man eine Verringerung von etwa

$10*\lg(0{,}2/8) = -16$ dB

sehen. Dies gilt allerdings nicht für alle Frequenzen. Bei niedrigen Frequenzen dominiert das Rauschen der internen Referenz des Oszilloskops. Bei höheren Frequenzen erkennt man, dass kein Filter oberhalb seiner Eckfrequenz alles komplett abschneidet. Man bekommt bei der Beispielmessung daher einiges Rauschen von über 200 MHz in die Messung hinein.

Der Vorteil, den man durch eine Bandbreitenbegrenzung erreichen kann, hängt stark von der Anstiegszeit des Messsignals ab und vom Verhältnis der Signalfrequenz zur Nennbandbreite des Oszilloskops.

Grundrauschen und interne PLL / interner Oszillator des Oszilloskops

Oftmals interessiert man sich bei Messungen des Phasenrau-

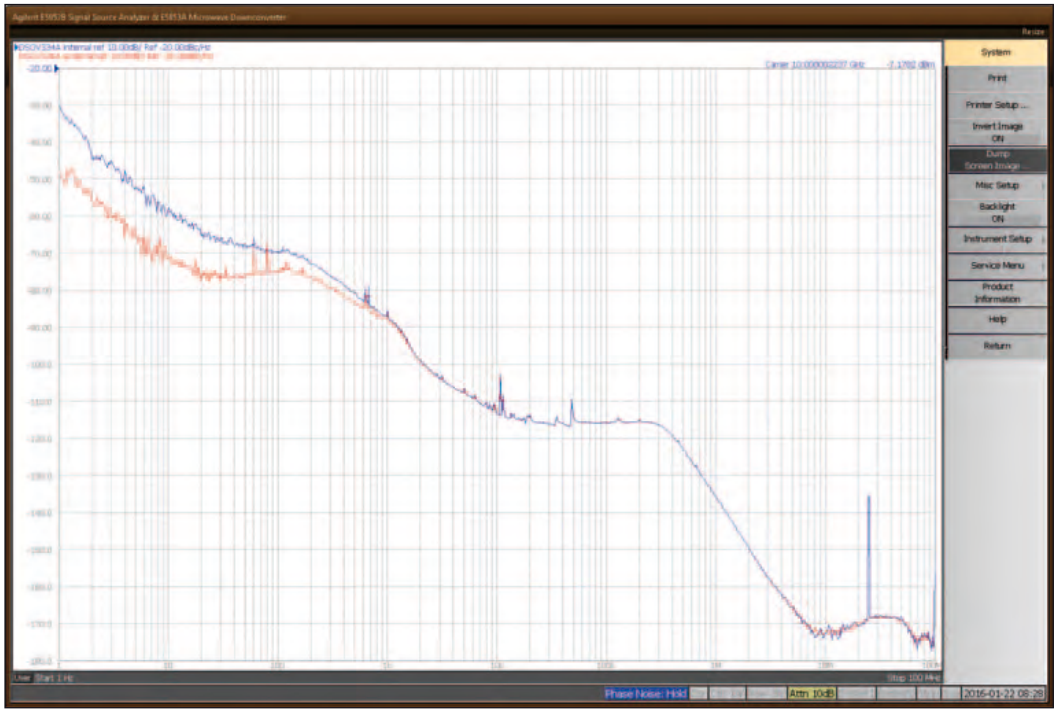


Bild 4: Eigenrauschen und Abtastrate

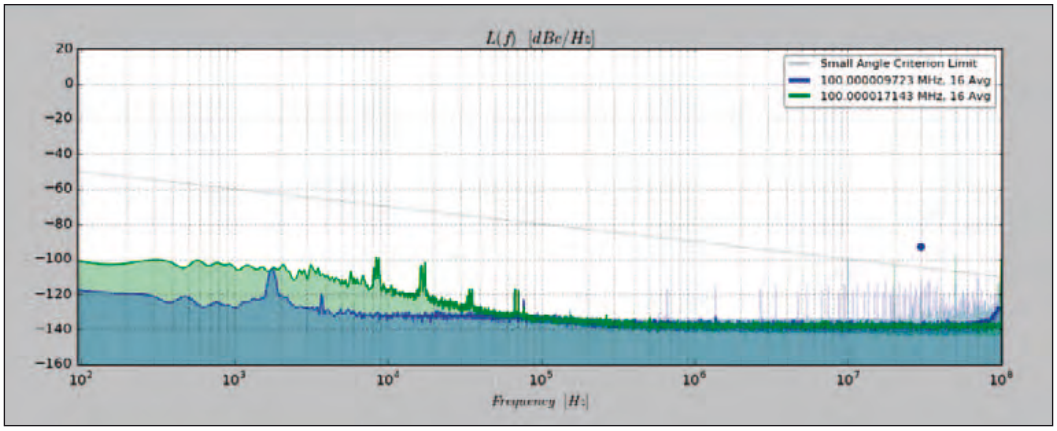


Bild 5: Auswirkung einer Reduktion der Abtastrate auf das Phasenrauschen des jeweils gleichen, sauberen 100-MHz-Sinussignals.

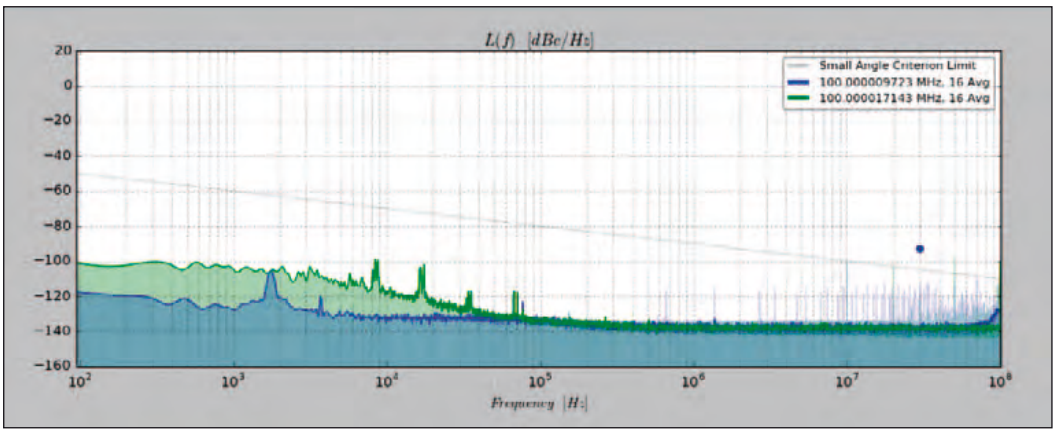


Bild 6: Bei großen Frequenzabständen zeigt sich beim Phasenrauschen ein gewisser Unterschied, der in der Natur des Generators liegt

schens besonders für Modulationen mit niedrigen Frequenzen. Für eine solche Messung braucht das Oszilloskop nicht nur einen sehr großen und dennoch schnell reagierenden Speicher (wie im ersten Teil des Artikels näher erläutert), sondern auch eine extrem stabile Zeitbasis und eine gut ausgelegte PLL, denn diese Funktionsblöcke bestimmen hauptsächlich die Messgenauigkeit bei niedrigen Frequenzen.

Die Messkurve in Bild 3 zeigt, dass ein älteres Oszilloskop (grüne Kurve) bei kleinen Frequenzabständen ein höheres Phasenrauschen aufweist als ein neueres Gerät (blaue Kurve).

Man kann Messungen des trägernahen Phasenrauschens weiter verbessern, wenn man statt des internen Oszillators des Oszilloskop eine externe Referenz verwendet. Bild 4 zeigt zwei Messungen des Eigenphasenrauschens eines Oszilloskops der V-Serie von Keysight, einmal mit dem internen Oszillator (blaue Kurve) aufgenommen, einmal mit einer externen 10-MHz-Referenzquelle von Wenzel (rote Kurve).

Im ersten Teil des Artikels wurde bereits erwähnt, dass die Abtastrate hoch genug sein muss, um das Timing der Flanken möglichst genau zu erfassen. Dennoch wäre es nützlich, wenn man die Abtastrate niedriger wählen könnte, weil man dann weniger Erfassungspunkte aufzeichnen muss. Damit bekäme man entweder schnellere Messungen, könnte über mehr Messungen mitteln oder könnte Phasenrauschen mit niedrigeren Frequenzabständen messen. Man darf die Reduktion der Abtastrate aber nicht übertreiben, denn das würde die Messgenauigkeit erheblich beeinträchtigen.

Bild 5 zeigt die Auswirkung einer Reduktion der Abtastrate auf das Phasenrauschen des jeweils gleichen, sauberen 100-MHz-Sinussignals. Die Bandbreite betrug für alle Messungen jeweils 200 MHz.

blau = 1 GSa/s, grün = 5 GSa/s, rot = 10 GSa/s, türkis = 20 GSa/s.

Wie man sieht, beeinflusst die Reduktion der Abtastrate das Eigenphasenrauschen des Oszilloskops. Zwischen 20 GSa/s und 10 GSa/s ist kaum ein Unterschied zu erkennen, aber darunter steigen die Werte an. Das Ausmaß des Anstiegs hängt auch von Form und Anstiegszeit der Signalflanken ab.

Phasenrauschen auf einem Datensignal

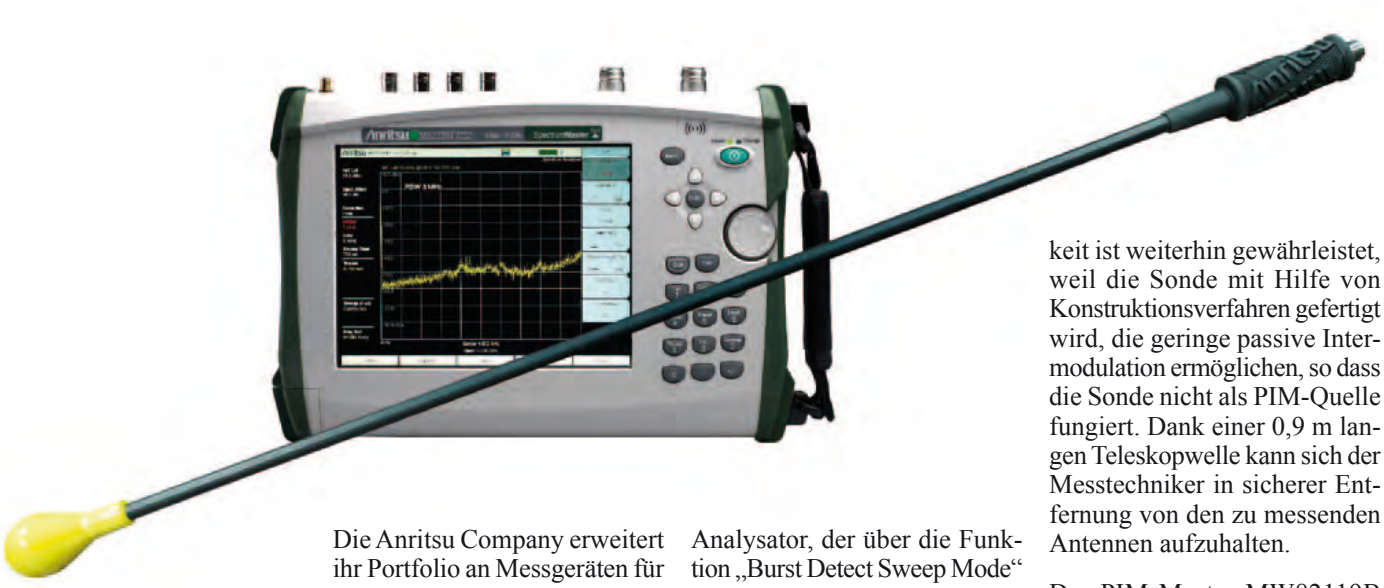
Das Oszilloskop arbeitet mit einem Taktrückgewinnungsalgorithmus, der den Zeitfehler aus Signal herausrechnet. Ein Vorteil dieses Messansatzes ist, dass man mit damit das Phasenrauschen eines Datensignals ermitteln kann. In der Beispielmessung in Bild 6 wird das Phasenrauschen eines schnellen Bitmustergenerators gemessen. Der einzige Unterschied zwischen den Messungen ist das verwendete Muster. Blau gezeigt ist eine pseudozufällige Bitsequenz, grün gezeigt ein Bitmuster, in dem sich Nullen und Einsen abwechseln.

Zusammenfassung

Man kann – je nach Anforderung an die Messung – mit einem Echtzeit-Oszilloskop durchaus ordentliche Messungen des Phasenrauschens durchführen, obwohl ein Oszilloskop für diese Art Messung nicht das optimal geeignete Messgerät ist. Bei kleinen Frequenzabständen (typisch 1 kHz oder weniger) misst ein dedizierter Phasenrauschanalysator oder ein Spektrum-Analysator allerdings schneller und liefert genauere Messwerte. Für Messungen an relativ einfachen Oszillatoren und PLL-Schaltungen oder wenn man eine große Bandbreite braucht, kann man mit einem Oszilloskop mit einer einwandfreien Zeitbasis und einer rauscharmen Eingangsstufe solche Messungen durchaus durchführen. Gegenüber einem Signalquellenanalysator hat ein Echtzeit-Oszilloskop den Vorteil, dass man mit ihm das Phasenrauschen auf einem seriellen Datensignal messen kann, wenn man die Messmethode mit der Taktrückgewinnung wählt. ◄

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

„PIM Hunter“-Prüfsonde ermöglicht effizientere und effektivere Ortung externer PIM-Quellen



Die Anritsu Company erweitert ihr Portfolio an Messgeräten für Feldtests mit der Einführung des PIM Hunter. Hierbei handelt es sich um eine Prüfsonde zum Aufspüren passiver Intermodulation (PIM), die Technikern im Feldeinsatz hilft, den genauen Ort externer PIM-Quellen an Funkzellenstandorten besser zu erfassen. Konzipiert für den Einsatz mit den Anritsu Handheld-Analysatoren der Baureihen PIM Master, Spectrum Master und BTS Master, ermöglicht die Prüfsonde PIM Hunter den Fachleuten im Feldeinsatz, herkömmliche Verfahren zum Aufspüren von PIM anzuwenden, um externe PIM-Quellen exakt zu lokalisieren, damit eine optimale Leistung von Drahtlosnetzwerken gewährleistet ist.

Der PIM Hunter erfüllt den Bedarf des Weltmarkts nach einer einfachen und effizienten Methode, mit der einer wachsenden Besorgnis der Mobilfunkbetreiber entgegengewirkt werden kann. Er ergänzt die patentierte Distance-to-PIM (DTP)-Technologie von Anritsu, mit der die Entfernung zwischen Antenne und der externen PIM ermittelt wird. Ein Techniker kann mit dem PIM Hunter diese Entfernung im Kreisbogen abschreiten, um die exakte Quelle der externen PIM zu ermitteln. Zusammen mit einem beliebigen kompatiblen Anritsu Handheld-Analysator, der über die Funktion „Burst Detect Sweep Mode“ verfügt, wird der PIM Hunter zu einem Kompaktwerkzeug, das benötigt wird, um externe PIM-Quellen punktgenau ausmachen zu können, um die Reparatur vor Ort zu beschleunigen. Der PIM Hunter eignet sich insbesondere zum Erfassen von PIM auf Gebäudedächern, dem am meisten anzutreffenden Ort für Netzverdichtung in bewohnten Gebieten.

Der PIM Hunter wurde in seiner Bauweise kundenspezifisch gestaltet, so dass mit ihm externe PIM über den Frequenzbereich von 600 MHz bis 2.700 MHz festgestellt werden kann. Wird die Prüfsonde im Burst Detect-Modus an einen Spektrumanalysator angeschlossen und ist ein geeignetes Bandpassfilter installiert, können Techniker IM3-Signalquellen, die PIM verursachen, nachverfolgen und lokalisieren. Wenn die Sondenspitze in die unmittelbare Nähe einer PIM-Quelle gelangt, steigt der PIM-Wert um gut 30 dB, was den exakten Ort des Störers angibt.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Nahfeldsonden nutzt der PIM Hunter eine zum Patent angemeldete Technologie, um unabhängig von der Ausrichtung der Sonde zur PIM-Quelle ein Signal auf einem konstanten Pegel zurückzusenden. Genauigkeit ist weiterhin gewährleistet, weil die Sonde mit Hilfe von Konstruktionsverfahren gefertigt wird, die geringe passive Intermodulation ermöglichen, so dass die Sonde nicht als PIM-Quelle fungiert. Dank einer 0,9 m langen Teleskopwelle kann sich der Messtechniker in sicherer Entfernung von den zu messenden Antennen aufzuhalten.

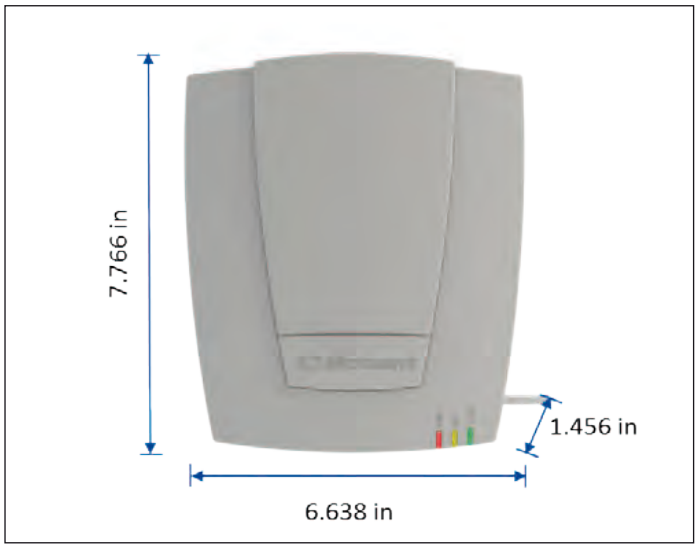
Der PIM Master MW82119B ist ein batteriebetriebener PIM-Analysator mit einer Leistung von 40 Watt, der über die Leitungsabtastfunktion des Site Master verfügt. Mit der Site Master-Option ist der PIM Master in der Lage, die Leistung von Kabel- und Antennensystemen in vollem Umfang zu zertifizieren, PIM-Messungen, Distance-to-PIM-Messungen durchzuführen, die Rückflussdämpfung zu ermitteln, Vektorielle Transmissions- und Reflexionsmessungen (VSWR-Messungen) auszuführen, die Kabeldämpfung zu ermitteln und Distance-to-Fault-Messungen durchzuführen.

Die Spectrum Master-Gerätefamilie von Anritsu besteht aus vier Modellen, die eine exzellente Flexibilität in den Bereichen Lokalisierung, Ermittlung, Erfassung und Behebung von Problemen in Kommunikationssystemen bieten, ohne dass Abstriche bei der Messgenauigkeit gemacht werden müssen. Die Hochleistungs-Analysatoren der Baureihe BTS Master für Basisstationen, die in Handheld-Ausführung konzipiert sind, wurden speziell für den Einsatz in 4G/3G/2G- und WiMAX-Netzen entwickelt, aber auch für die CPRI-HF- und BBU-Emulation. ◄

Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Verbesserte Software-Fähigkeiten für Integrated-GNSS-Master-Portfolio für mobile Edge-Implementierungen

Drei IGM-Geräte sind ab sofort mit neuer Software verfügbar, um präzise Timing-Lösungen anzubieten, die eine Reihe von Herausforderungen für Mobilfunkanbieter adressieren



Microsemi Corporation kündigte signifikante Erweiterungen seiner Integrated Global Navigation Satellite System (GNSS) Master (IGM) Software an und erweitert damit die Fähigkeiten und Schlüsselfunktionen seiner neuen Version 2 (v2). Das IGM-Produktportfolio des Unternehmens ermöglicht Netzabdeckung und Kapazität an der äußersten Peripherie von Mobilfunknetzwerken, um Mobilfunkanbietern zu helfen, sich mit Verdichtung auf 5G vorzubereiten. Außerdem unterstützt das IGM-Produktportfolio Unternehmen, welche die Übertragungskapazität in Gebäuden sowie die Netzabdeckung von LTE- und LTE-Advanced (LTE-A) Netzwerken verbessern möchten.

Mobilfunkanbieter sind in der Implementierungsphase für LTE und verdichten ihre Netzwerke mit Small Cells, um 4.5G-, 4.9G- und 5G-Fähigkeiten zu ermöglichen. LTE-A und Video treiben die Notwendigkeit für präzise Time-Anforderungen, die sehr streng sind. Das Potential für Interferenzen in dichten Implementierungen bedeutet auch strenge Phasenspezifikationen zur Abschwächung. Die neue IGM-Software ermöglicht Mobilfunkanbietern die Implementierung dieser kleineren GrandMaster an der Peripherie ihrer Netzwerke. Dies senkt die damit verbundenen Kosten und ermöglicht ihnen, Kunden eine verbesserte Netzabdeckung und Performance anzubieten. Laut der Global Mobile Suppliers Association (GMSA) ist LTE die am schnellsten wachsende Technologie für Mobilfunk-Infrastrukturen geworden. Bis jetzt wurden 503 Mobilfunknetze in 167 Ländern in Betrieb genommen. Bis Ende 2016 soll diese Zahl auf 550 Netze steigen.

Die neue Software kann auf jede der drei Hardware-Versionen von Microsemis IGM-Produktportfolio

- IGM-1100o (Outdoor-Version)
- IGM-1100x (mit Support durch externe Antennen)
- IGM-1100i (Indoor-Version)

geladen werden, um die neuesten Anforderungen zu unterstützen. Zu den Leistungsmerkmalen gehören Unterstützung für IPv6, Unterstützung für die neuesten Precision Time Protocol (PTP) Profile (G.8275.2) und erhöhte Client-Anzahl von 16 bis 32. Die Software bietet auch die einzigartige Fähigkeit, im Falle von Unterbrechungen oder Jamming Backup für GPS sicherzustellen, indem sie einen PTP (1588v2) Input akzeptiert, der eine Quelle für Zeit von der bereits implementierten Timing-Infrastruktur bietet. Konformität zur Primary Reference Time Clock (PRTC) ist verfügbar für IGM 1100x und 1100o gemäß der Forderung der ITU. Das System beinhaltet Kabel-Kompensation zur Berücksichtigung der Länge von GPS-Kabeln.

Verfügbarkeit der IGM-1100o Outdoor-Version

Zusätzlich zur Vorstellung des Software-Updates kündigt Microsemi auch die Verfügbarkeit seines IGM-1100o zur Ergänzung von IGM-1100i und IGM-1100x an. IGM 1100o ist der erste Carrier-grade 1588 PTP GrandMaster auf dem Markt, der eine GNSS-Antenne enthält und in einem Formfaktor für den Einsatz im Außenbereich angeboten wird. Der IGM1100o ist ideal für den Einsatz im Außenbereich, wo erweiterte Temperaturbereiche von -40 bis +70 °C ausschlaggebende Faktoren sind.

Die IGM-1100o kann einfach an einem Standort im Freien, zum Beispiel auf dem Dach einer Hütte, installiert werden, um als Cluster von eNodeBs zu dienen. IGM-1100o wird wie alle Modelle im Portfolio durch Power-over-Ethernet (PoE) versorgt. Das integrierte Gerät wird über ein Ethernet-Kabel statt mit einem GPS-Kabel mit dem Netzwerk verbunden, um Implementierungen zu vereinfachen und die Kosten zu senken. Ferner bietet die IGM-1100o ein hohes Maß an Integration sowie Plug-&-Play-Fähigkeiten.

Microsemis neues Gerät ergänzt die vor kurzem vorgestellte Indoor-Versionen IGM-1100x und IGM-1100i. Jedes Modell liefert eine Lösung, wenn ein kosteneffizienter und präziser Timing-Master an der mobilen Peripherie benötigt wird. Das gesamte IGM-Portfolio nutzt die gleiche v2-Software und bietet konsistentes Verhalten und Performance für jeden Formfaktor.

Das IGM-Produkt nutzt Microsemis breites Portfolio für Mobilfunk-Implementierungen. Dazu zählen

- TimePictra, ein modulares, Web-basierendes Synchronisierungs-Management-System, das sich entsprechend betriebseitiger Anforderungen skalieren und entwickeln lässt und die IGM-Familie sowie andere Microsemi IEEE 1588 Grand Master überwacht.
- Indoor-managed PoE-Midspans, die eine Erweiterung des Netzwerks ermöglichen, um PoE mit praktisch Null Ausfallzeit zu unterstützen. Die Familie beinhaltet Produkte mit Port-Dichten von bis zu 24 Ports und 60 W pro Port, um Small Cells und das IGM-1100i zu versorgen, und
- Outdoor PoE-Switches, Hubs, Midspans und Surge Protectors, ein komplettes Outdoor-PoE-Portfolio, unerlässlich für den Einsatz des IGM-1100o.

Microsemis IGM-1100o, IGM-1100x und IGM-1100i sind ab sofort verfügbar mit Software der Version 2. ◄

Microsemi Corporation
www.microsemi.com/applications/communication

Modulare PXIe Digitizer für breitbandige Anwendungen

Vielseitige 5-GS/s Digitizer für die Aufzeichnung und Analyse von Signalen von DC bis in den GHz-Bereich kommen von der Spectrum GmbH.

Die Spectrum GmbH hat neun ultraschnelle Digitizer-Karten, basierend auf dem populären modularen PXIe-Format (PXI Express) auf den Markt gebracht. Die neue M4x.22xx-Serie beinhaltet Modelle mit einem, zwei oder vier synchronen Kanälen. Jeder Kanal ist mit einem eigenen Analog/Digital-Umsetzer mit Abtastraten von 1,25 bis 5 GS/s ausgestattet. Der Eingangsverstärker ermöglicht die individuelle Programmierung von Verstärkung, Offset und Kopplung pro Kanal. Mit der Signalbandbreite von bis zu 1,5 GHz eignen sich die Produkte für automatisierte Testanwendungen, bei denen breitbandige Signale im Bereich DC bis GHz erfasst und analysiert werden müssen. Typische Anwendungsbereiche sind Halbleiter- und Komponententest, Radar, drahtlose sowie digitale Kommunikation, Laser und optische Systeme, Physik, Überwachung, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt sowie Verteidigung.

Vielfältige Trigger- und Aufzeichnungsmodi

erlauben eine einfache Signalerfassung. Der flexible Eingangsverstärker wird durch ein leistungsstarkes Triggersystem, einen 4-GSample-Datenspeicher und eine Reiche von Erfassungs- und Auslesemodi ergänzt. Diese Kombination erlaubt es auch, komplexeste Signale zu erfassen und ohne größeren Aufwand mit anderen Modulen in einem Testsystem zu kooperieren. So kann z.B. die Triggerquelle jeder der Digitizerkanäle, einer de beiden externe Trigger, einer der acht Leitungen des PXI-Trigger-Busses oder der PXI-Star-Trigger sein. Zusätzlich zu dieser Auswahl können die verschiedenen Triggerquellen logisch verknüpft werden.

Zu den verfügbaren Aufzeichnungsmodi gehören 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). Alle Triggerereignisse können mit einem Zeitstempel versehen werden, was die Zuordnung vereinfacht und die Berechnung der Differenzen zwischen den Ereignissen erlaubt.

Die Vorzüge der PXIe-Plattform-Modularität

sind unübersehbar: Alle M4x.22xx-Karten basieren auf einem zwei Slot breiten Modul mit einem 4-Lane PCIe Gen 2 Interface. Dieses erlaubt die Datenübertragung mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1,7 GB/s, perfekt passend zu aktuellen High-Performance-PXIe-Systemen. Für die schnelle Datenanzeige und -weiterverarbeitung können die erfassten Signalformen schnell zur integrierten CPU-Karte übertragen werden. Genauso bietet sich eine Kombination mit anderen Modulen, wie z.B. Arbitrary-Waveform-Generatoren, an, um anspruchsvolle Aufzeichnungs- und Wiedergabe- oder Stimulus-Response-Testsysteme zu erstellen.

Für eine hohe Messqualität ist die M4x.22xx-Serie optimiert für dynamische Leistung. Integrierte Kalibrierung ist Standard und eine optimierte, hochqualitative Takterzeugung steuert die 8-Bit ADCs synchron an, sodass präzise Zeitmessungen möglich sind und Phasenfehler zwischen den Kanälen minimiert werden. Die dynamischen Parameter sind führend in der Messgeräteklasse und schlagen mit bis zu 7,5 ENOB (effective Number of Bits), bis zu 46,9 dB SNR (Signal-to-Noise Ratio) sowie mehr als 62 dB SFDR (Spurious Free Dynamic Range) sogar viele 10-Bit-Geräte.

Die PXIe-Module sind ebenso mit der neusten FPGA-basierten Firmware ausgestattet, die eine Vorverarbeitung der Daten auf der Karte erlaubt. Die Module Block Average und Block Statistik sind mit einer Totzeit von nur 64 ns prädestiniert für hohe Triggerarten. Mit der Option Block Average kann Signalrauschen minimiert und die Messauflösung dramatisch erhöht werden. Dahingegen erzeugt das Block-Statistik-Modul eine Zusammenfassung der Segment mit Minimum, Maximum, Mittelwert und Zeitstempeln.

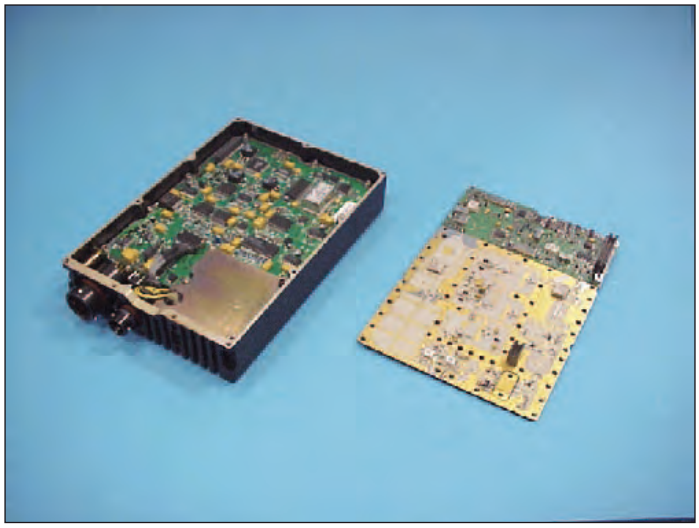
Die einfache Integration in Testsysteme erfolgt mithilfe der bewährten SPCM-Treiber für Windows und Linux; sie werden von Spectrum mitgeliefert. Neben den Treibern gibt es eine Reihe von Beispielen, die verschiedene Aufzeichnungsfunktionen zeigen. Die mitgelieferten Beispiele stehen in Visual C++, Borland C++, Gnu C++, Visual Basic, VB.NET, Delphi, C#, J#, Java und Python zur Verfügung.

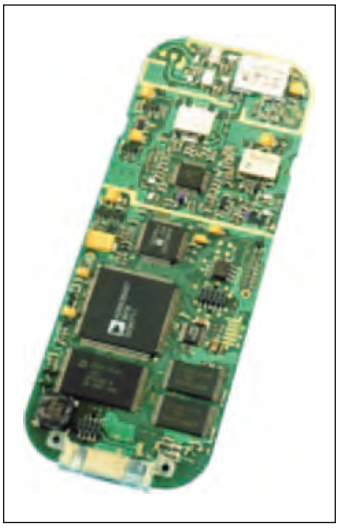
Zur Parametrierung und Steuerung der M4x-Digitizer bietet Spectrum die hauseigene leistungsstarke Software SBench 6 an. SBench 6 unterstützt alle Schlüsselfunktionen des Digitizers zusammen mit Datenanzeige, -speicherung und -analyse. Das Programm kann genauso Signalparameter vermessen, FFTs durchführen sowie eine Reihe von Mathematikfunktionen auf die aufgenommenen Signale anwenden. Die Daten lassen sich in verschiedene Formate exportieren, sodass eine einfache Schnittstelle zu weiterführenden Analyseprodukten besteht.

Die neuen Karten der M4x.22xx-Serie sind ab sofort verfügbar und werden komplett mit Treibern und Beispielen sowie einer zweijährigen Herstellergarantie geliefert. Die Lieferzeit beträgt zwei bis vier Wochen. Technischer Support sowie die Software und Firmware-Updates sind kostenlos verfügbar.

■ *Spectrum Systementwicklung GmbH*
www.spectrum-instrumentation.com

Optimale Platinen für HF- und Funk-Technik





Die elektrischen Eigenschaften der Platine haben im HF-Bereich einen signifikanten Einfluss auf die Funktion und das Leistungsvermögen der Schaltung. Dieser Einfluss steigt mit der Frequenz, da sich die dielektrischen Eigenschaften sukzessive verschlechtern und die Blindwiderstände der parasitären Elemente sich ungünstig verändern. Dies zwingt zu einer entsprechenden Einbindung der genannten elektrischen Eigenschaften in das Modell der Leiterplatte bei der Entwicklung der Baugruppe und bei deren Simulation. In der Praxis der Funkkomponenten-Entwicklung kann es dabei leicht zu einem Konflikt mit wirtschaftlichen oder räumlichen Anforderungen (der sogenannten Best-Manufacturing-Praxis) kommen. Daraus folgt, dass während des Entwicklungsprozesses sowohl der Funk-Designer als auch der PCB-Designer und der Fertigungsingenieur die Erfordernisse der anderen Seiten im Auge behalten sollten.

PCB-Materialien

Recht verschiedene Materialien werden zur Herstellung von PCBs eingesetzt. Diese Materialien können auch auf verschiedene Arten miteinander verbunden werden, was dann wieder entsprechend angepasste Laminate und verschiedenartige Durchverbindungen/Durchführungen (Vias) nach sich zieht. Eine Reihe von Abschlussschichten kann genutzt werden, etwa unter Verwendung solcher Materialien wie Gold, Nickel, Zinn und Blei. Die üblichen Board-Materialien für HF- und funktechnische Baugruppen sind FR4, Rogers R04003 und Rogers RT/Duroid. Man erhält sie in vielen Graduierungen und Formen mit verschiedenen elektrischen Eigenschaften und zu unterschiedlichen Kosten.

Hybride Strukturen kombinieren zwei verschiedene Materialien, sodass bestimmten Schaltungsbereichen eigene (optimale) physikalische Grundlagen zugeordnet werden. Einige Beispiele für hybride Strukturen findet man schon lange in kommerziellen Produkten; dazu gehören die FR4/Duroid-LNC-Konstruktion für Mikrowellen-Satelliten-Receiver oder eine FR4/Rodgers-Hybridkonstruktion in einem Formel-1-Telemetriesystem.

Eine Zusammenfassung der hauptsächlichen elektrischen Eigenschaften von drei häufig genutzten Board-Materialien für Funkprodukte bringt die Tabelle 1. Die Kosten steigen mit der dielektrischen Toleranz und sinken mit den elektrischen Verlusten.

Die üblichen Prozessschritte bei der Herstellung von PCBs sind Bohren, Zerteilen (Plating), Verbinden/Kleben (Bonding) und Beschichten/Verkupfern/Ätzen (Etching). Neuere Entwicklungen nutzen die Laser-Technik, um hervorragende Verbindungen zu schaffen ,bei Leiterbahnbreiten bis herab zu 0,05 mm. Ausgenommen die billigsten Funkprodukte, werden in aller Regel Multilayer-PCBs eingesetzt. Hierbei wird eine Anzahl von Laminaten von Board-Materialien individuell zerteilt und verbunden. Der prinzipielle Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Möglichkeit, mehr als zwei Leitschichten einzusetzen, um den Platzbedarf auf dem Board zu reduzieren. Von Nachteil sind die erhöhten Kosten.

Eine typische PCB-Struktur bei der Volumenproduktion funktechnischer Produkte, wie Mobiltelefonen, weist vier bis sechs Layer mit FR4-Material auf. Eine solche Multilayer-Konstruktion kann, neben verschiedenen Strukturen der Laminate, auch recht verschiedene Strukturen der Vias aufweisen. Im übersichtlichsten Fall gehen alle Löcher durch alle Layer

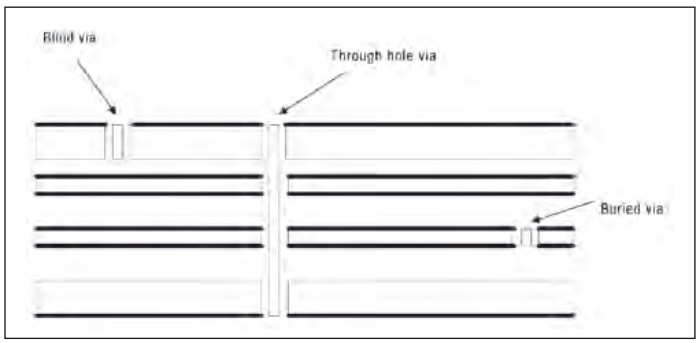


Bild 1: Verschiedene Durchkontaktierungsarten

Quelle: Geoff Smithson, Plextek Ltd., Practical RF Printed Circuit Board Design, übersetzt von FS

Material	typ. Dielektrizitätskonstante	Toleranz	Verlustfaktor
FR4	4	+/-5...25%	0,01
Rogers R04003	3,38	+/-0,05	0,0027
Rogers RT/Duroid	2,2	+/-0,03	0,0009

Tabelle 1: Verschiedene für HF geeignete PCB-Materialien und ihre Eigenschaften

des Boards. Daher lassen sich beliebige Leiterzüge in der Vertikalen durchverbinden. Der Vorteil dieses Konzepts liegt in der minimierten Herstellungszeit, da alle Vias in einem Prozessschritt hergestellt werden können. Von Nachteil ist der Platzbedarf der Vias an Punkten, wo sie nicht genutzt werden. Etwas komplexere Strukturen sind möglich, wenn man blinde oder vergrabene Vias vorsieht. Ein blindes Via meint ein von oben und unten sichtbares Via zwischen einer Anzahl von Layern, wobei aber nicht alle erfasst werden. Ein vergrabenes Via ist ein Via zwischen einer Anzahl von Layern, das von mindestens einer Seite nicht erkennbar ist, da es diesen Layer nicht erfasst. Die Art und Weise der gewählten Via-Struktur hat einen beträchtlichen Einfluss auf den Herstellungsprozess des PCBs und auf die gesamten Herstellungskosten. Bild 1 skizziert diese drei Via-Typen beispielhaft.

Beschränkungen der PCB-Herstellung

Im Interesse des optimalen Designs eines Produkts auf Basis eines PCBs ist es wichtig, die praktischen Begrenzungen beim Herstellungsprozess zu kennen und zu verstehen. Die hierbei erfolgenden Schritte, etwa das Ätzen der Leiterzüge, das Bohren der Löcher und das Aufbringen der Laminate unterliegen Beschränkungen. Werden diese Grenzen überschritten, dann gehen die Kosten der PCB-Herstellung beträchtlich in die Höhe, und die Ertragsaussichten der Produktion sinken.

Das typische Limit der Leiterbreite nach unten für die High-Volume-Fertigung eines komplexen Produkts liegt bei 0,2 mm. Ähnlich groß ist der minimale Abstand zwischen zwei verschiedenen Leiterbahnen. (Je größer man die minimale Leiterbahnbreite und den minimalen Leiterbahnabstand definiert, umso kostengünstiger wird das PCB.)

Einige PCB-Hersteller bieten das Ätzen ab Leiterbahnbreiten von 0,125 mm an. Das ist eigentlich eine kostspielige Spezialleistung, die man nur dann in Anspruch nehmen sollte, wenn es absolut notwendig ist. Die typische Toleranz der Breite geätzter Leiterzüge beträgt +/-0,025 mm.

Die minimale Via-Lochgröße übt ebenfalls einen bemerkenswerten Einfluss auf die Kosten des Boards aus und limitiert die Anzahl der PCBs, die mit einem Mal gestapelt gebohrt werden können. Die Auswirkungen von kleinen Via-Durchmessern auf die HF-Performance außer acht lassend, werden typisch minimale Größen von 0,25 mm genutzt. Jedoch ergeben sich geringere Kosten, wenn man sich auf 0,5 mm beschränkt.

Eine Zusammenfassung der typischen Beschränkungen gibt Tabelle 2 für FR4-PCBs. Drei Kostenkategorien wurden eingerichtet, um die Toleranzbereiche besser zu etablieren.

Parasitäre Elemente von PCB und Komponenten

Die physikalischen PCB-Eigenheiten haben einen Einfluss auf die HF-Performance der darauf realisierten Schaltung. Bei hohen Frequenzen wirken lange, dünne Leitungen auch als Induktivitäten und relativ großflächige Pads über der Massefläche als Kapazitäten. So kann man beispielsweise einen Kondensator der Bauform 0805 auf einem 0,25 mm dicken doppelseitig beschichteten FR4 PCB über einer Massefläche als Bandpass auffassen, wobei die Anschlüsse gegen Masse eine bemerkenswerte parasitäre Kapazität aufweisen. Auch der Kondensator selbst weist, neben seiner eigentlichen Kapazität, zwei serielle parasitäre Induktivitäten auf, hervorgerufen durch die Pad-Metallisierung und die PCB-Leitung. Hinzu kommt sein Verlustwiderstand. Will man noch mehr ins Detail gehen, ist auch die Impedanz der Verbindungen zwischen Schaltungskomponenten und der Massefläche zu berücksichtigen. Auch eine Durchverbindung (Via) hat eine bemerkenswerte Induktivität von z.B. typisch 0,75 nH bei 1,6 mm Länge und 0,2 mm Durchmesser. Diese mag zunächst als recht klein erscheinen, zeigt sich jedoch in einer Simulation als beachtliches parasitäres Element. Durch die SMT, welche kleinste Abmessungen und Leitungslängen erlaubt, werden also parasitäre Einflüsse zwar minimiert, jedoch nicht beseitigt. In gleicher Weise kann man die Bauelemente selbst betrachten. Auch diese zeigen kein ideales Verhalten.

Der Gütefaktor Q eines Bauelements kennzeichnet die Qualität eines reaktiven Bauteils. Q ist das Verhältnis von gespeicherter zu verlorener Energie im Bauteil oder von Betrag des Blindwiderstands zu Längs-Verlustwiderstand. Typische Werte für eine SMD-Spule liegen bei 50 und für einen keramischen Kondensator mit COG-Dielektrikum bei 200 (Q ist frequenzabhängig).

Masseflächengestaltung

Für ein HF- oder Funk-Produkt sind verschiedene Strategien der Masseflächengestaltung anwendbar. Es gibt keine eindeutige Antwort auf die Frage nach der besten Strategie für ein bestimmtes Produkt. Einige Designer sind ausgesprochene Vertreter der Strategie, die Massefläche konsequent in Bereiche für analoge und digitale und/oder HF- und NF-Bereiche einzuteilen. Erfahrungen mit einer Anzahl von Funkprodukten bei Plextek haben gezeigt, dass eine einfache niederinduktive Massefläche für alle Teile der Schaltung im Allgemeinen bereits einen guten Ausgangspunkt darstellt. Oft hat sich herausgestellt, dass das Aufsplitten der Massefläche in verschiedene Bereiche mehr Probleme schafft als löst. Eine sorgfältige Betrachtung der Stromflüsse (RF, AC, DC) innerhalb der Schaltung ist jedoch unabdingbare Voraus-

Kriterium	Low-Cost-HF-PCB	Medium-Cost-HF-PCB	High-Cost-HF-PCB
min. Track & Gap	0,25 mm	0,2 mm	0,125 mm
Cu-Ätztoleranz	+/-0,05 mm	+/-0,025 mm	+/-0,01 mm
min. Lochdurchmesser	0,7 mm	0,5 mm	0,2 mm
max. Anzahl der Layer	2	4	6
Via-Struktur	Through Hole	Through Hole & blind	Through Hole, blind & buried
Board Finish	Hot Air solder levelled	Gold flash	Gold plated

Tabelle 2: Zusammenstellung typischer PCB-Herstellungs-Limitationen

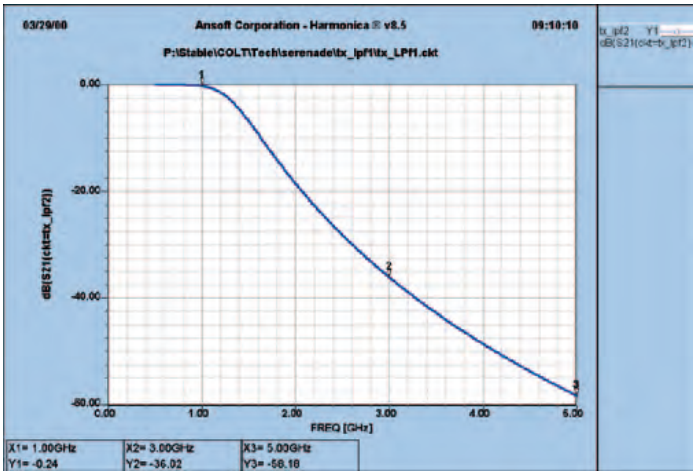


Bild 2: Kennlinie für ein Butterworth-Lowpass-Filter ohne parasitäre Elemente

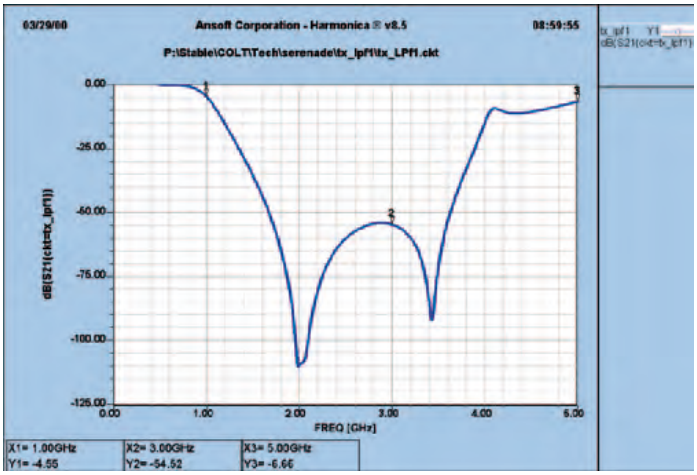


Bild 3: Kennlinie für ein Butterworth-Lowpass-Filter mit parasitären Elementen

setzung, um z.B. Beeinträchtigungen zwischen digitalen und hochfrequenten Bereichen zu minimieren. Vorausgesetzt, man beherrscht den Einsatz von DSP und Mikroprozessoren in HF- und funktechnischen Produkten, ist dies ein wesentlicher Erfolgsfaktor.

Ein Schaltungsbeispiel

Die potentielle Bedeutung der parasitären PCB- und Bauteil-Elemente soll nun anhand eines Beispiels demonstriert werden. Angenommen sei ein Tiefpassfilter für den Ausgang eines HF-Leistungsverstärkers, um Harmonische zu reduzieren. Die genaueren Daten:

- HF-Ausgangsleistung: 30 dBm
- 3. Harmonische im ungefilterten Ausgang: -40 dBc
- 5. Harmonische dto. -50 dBc
- geforderte maximale unerwünschte Emissionen -30 dBm
- Trägerfrequenz 1 GHz
- Systemimpedanz 50 Ohm

Somit sind mindestens 20 dB Unterdrückung für die 3. Harmonische (3 GHz) und mindestens 10 dB für die 5. Harmonische (5 GHz) erforderlich. Betrachtet man die Standard-Kennlinie eines Butterworth-Filters 5. Ordnung (2x L, 3x C), so bieten sich deutlich höhere Dämpfungen als erforderlich, nämlich >30 dB @ 3rd Harmonic und >50 dB @ 5th Harmonic. Die dazu passende Kennlinie aus der Simulation dieses von Parasiten freien Filters zeigt Bild 2. Versieht man diese Struktur umfassend mit parasitären Elementen von PCB und Bauteilen, dann springt die Anzahl der Schaltungselemente von fünf auf 18. Die entsprechende simulierte Performance zeigt Bild 3. Der Unterschied zum Ideal ist klar ersichtlich. Der Wert für die 3rd Harmonic hat sich um etwa 20 dB verbessert, während der Wert für die 5th Harmonic sich um über 50 dB verschlechtert hat! Zusätzlich ist die Durchgangsdämpfung von 0,25 dB auf kaum vertretbare 4,5 dB angestiegen.

Zusammengefasst

Es wurden die Eigenschaften von drei PCB-Materialien betrachtet, die häufig für HF- und Funk-Produkte gewählt werden. Darüber hinaus stehen dem PCB Designer weitere Materialien mit verschiedenen Laminaten und Stärken zur Verfügung. Damit ist die Basis gegeben, um die Unterbringung verschiedener Schaltungsblöcke, wie Basisband-Block und HF-Signalverarbeitung, auf einem gemeinsamen Board zu bewerkstelligen. Bei der Festlegung von flachen Durchführungen (Vias) muss der Designer die Kostenfrage in den Fokus stellen, besonders bei Hybrid- und Multilayer-Konstruktionen.

Die Begrenzungen durch den PCB-Herstellungsprozess wurden erläutert und das Problemfeld der parasitären Effekte allgemein dargestellt sowie beispielhaft illustriert. Für ein optimales kommerzielles Funkprodukt ist es wichtig, dass der PCB-Layout-Entwickler und der Schaltungsdesigner jeweils diese Problemkreise verstehen. ◄

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 Applikationsschaltungen.

Aus dem Inhalt:

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

Smith-Diagramm Einführung und Praxisleitfaden

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

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

Aus dem Inhalt:

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

Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

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

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

Aus dem Inhalt:

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

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter

www.beam-verlag.de

oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de

rf & wireless EUROPE

Antennas

Free Transmission Line Calculator Tool

Antenova Ltd. is launching a series of tools and resources to help product designers successfully integrate antennas onto new PCB designs, with the aim of making antenna integration simpler and faster for all designers. The company is offering a free Antenna Transmission Line Calculator tool to help designers calculate the Grounded Coplanar Wave Guide trace and optimise antenna performance, based on the key parameters of a PCB design. This is available for download at www.antenova-m2m.com/free-download-antenova-transmission-line-design-tool/.

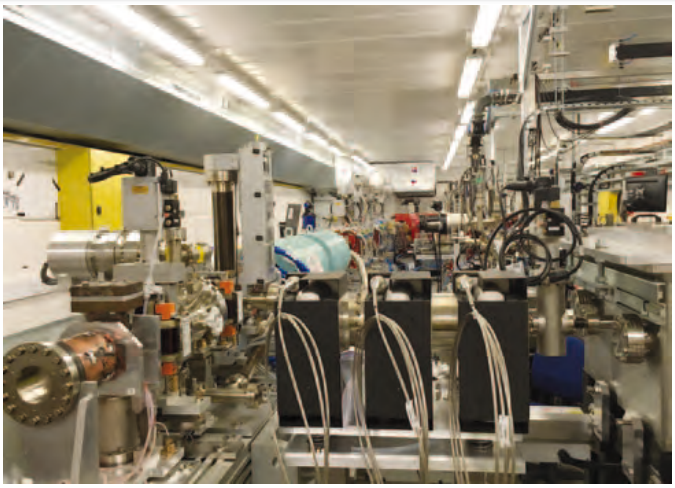
Antenova's CEO, Colin Newman explains: "A growing number of manufacturers are creating designs for the Internet of Things and need to integrate antennas into devices which have not been connected until now, however the factors affecting antenna performance are not always well understood. We want to help minimize these challenges for our customers. We are providing resources to explain the fundamentals of antenna integration, to assist them with the process of 'designing-in' the antenna. We also provide in depth engineering support for architecture

News

Link Microtek Wins Contract to Supply High-Power Microwave Circulator

Link Microtek, a manufacturer and supplier of RF and microwave components and subsystems, has been awarded a contract by the Science & Technology Facilities Council to supply a high-power microwave circulator assembly for a new particle accelerator project that is currently under development.

The high-power S-band circulator, which is being designed and manufactured by US firm Ferrite Microwave Technologies, will be used in the RF front-end section of the next-generation light source test facility known as CLARA (compact linear accelerator for research and applications). More specifically, the circulator will be



installed between the klystron and cavity of CLARA Linac 1 and will be able to handle a maximum of 45 MW of peak RF power for extended periods.

Commenting on the order, Link Microtek's sales director Stuart Hendry said: "Having been appointed as the UK representative for Ferrite Microwave Technologies early in 2016, we are delighted to have been awarded the contract and hope that we will be able to build on this success with further orders from the high-energy physics sector in the coming months." Scheduled for delivery in October 2017, the circulator will be made up of waveguide isolators and splitters, with the finished assembly measuring 1.11 m in length. Water cooling will be used to keep the circulator within normal operating temperature range to help to stabilise phase and amplitude characteristics, which is key to the operation of the CLARA frontend. The use of particle accelerators to generate electromagnetic radiation has proved to be an invaluable tool for scientific experiments, and the ultimate aim of the CLARA project is to develop a test accelerator capable of delivering 250 MeV electron beam energy, enabling it to produce stable, synchronised, ultra-short photon pulses of coherent light from a singlepass FEL (free electron laser).

■ *Link Microtek Ltd*
www.linkmicrotek.com

and Gerber reviews, and passive and active OTE testing, using our state-of-the-art anechoic chambers and test equipment, so that our customers can create high performing wireless products and get them to market faster."

Antenova is offering product designers the following resources on-line:

- Technical data to enable faster, more successful integration of an antenna. Antenova's datasheets detail radiation patterns for each antenna and provide suggestions for PCB layouts.
- Antenova has placed CAD and STEP footprint files for all the company's embedded antennas on the website, for anyone to download as required.
- A series of papers containing facts about antenna performance and design tips, to help antenna selection and PCB design decisions, such as determining distances from other surfaces and ground plane sizes.
- Detailed videos covering the issues around antenna design and implementation, presented by Antenova's own experienced design engineers.

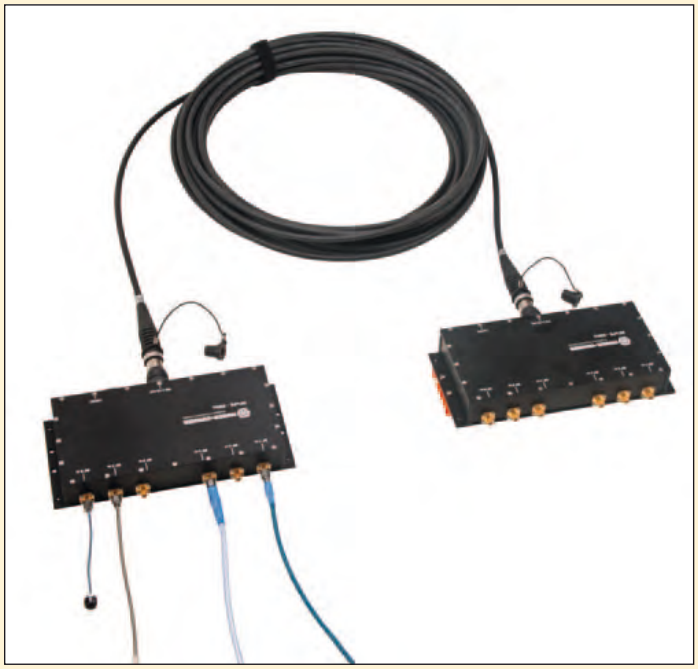
All of Antenova's antennas are "Designed For Integration" ie the antennas are designed to perform well in situ on the PCB – and the antennas have pin markers and soldering data to make product assembly easier. Antenova will present a seminar on antenna integration at Embedded World Nuremberg, Germany (14. - 16.3.), and during 2017, the company will add more free online resources to help designers who are embedding antennas into designs.

Colin Newman adds, "We want to make antenna integration straightforward and 'frictionless' for all product designers and enable them to work successfully with their RF design. This will be a theme in our marketing during 2017."

■ *Antenova Limited*
www.antenova-m2m.com

Products

Modules Allow RF Over Fibre in a Single System

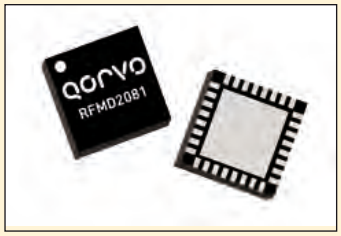


Huber+Suhner has combined two of its core technologies in a series of modules that allow the use of Radio Frequency over Fibre Optics in a single system. These RFoF modules are said to offer best in class conversion technology and feature frequency ranges that will satisfy a wide range of applications.
According to Huber+Suhner there are many benefits to be gained by combining RF and Fibre in a single solution. Apart from flexible connectivity options, these include the fact that distances covered can be greater than 100 km with less loss and frequency ranges that extend from 1 MHz to 20 GHz with a 40 GHz soon to be released. In addition, no changes are required to existing RF infrastructures and the system is secure, lightweight and, by its nature, it is future proof.

The standard RFoF modules are available in 6 and 12 ports – the 12 port module comes in a 1HE 19in chassis. All standard modules are designed for single mode connectivity and feature QMA and Q-ODC12 connectors.

■ *Huber+Suhner Group*
www.hubersuhner.co.uk

Synthesizer/ Modulator Offers Programmable Bandwidth

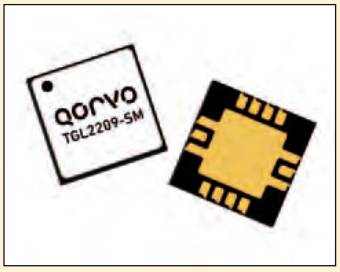


RFMW, Ltd. announced design and sales support for a low power, highly integrated, wideband IQ modulator with integrated fractional-N synthesizer and voltage controlled oscillator (VCO). Qorvo's RFMD2081 modulator features an input 3 dB bandwidth of 100 MHz, and can generate output frequencies of between 45 and 2700 MHz, making it suitable for a wide range of applications such as satellite communications, QPSK/QAM modulators, wireless broadband, point to point radios and Software Defined Radios (SDR).

The RFMD2081's fractional-N synthesizer offers very low spurious levels with typical step size of 1,5 Hz. Typical noise floor is -162 dBm/Hz. Programable via serial interface, P1dB is 4 dBm and the device runs from a 2.7-3.3 V supply consuming 135 mA. Qorvo offers this I/Q modulator in a compact 5 x 5 mm QFN package.

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

50 W Power Limiter for X-Band



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 50 W power handling VPIN limiter from Qorvo. The TGL2209-SM protects receiver chains in commercial and military radar and communications systems.

Providing frequency coverage from 8 to 12 GHz, flat leakage power is <18.5 dBm. Both input and output ports are matched to 50 ohms with return loss of >17 dB. This Qorvo limiter does not require a bias voltage thereby minimizing prime power requirements. Insertion loss is <0.5 dB. The TGL2209-SM is offered in a 4 x 4 mm QFN package. A die version is available as the TGL2209 with similar performance.

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

Test & Measurement

A Product Development Flow for 5G/LTE Envelope Tracking Power Amplifiers, Part 1

Figure 1: Goals for high-performance 5G

Next-generation communication systems, made possible through innovative high-frequency electronics, will be responsible for a rich ecosystem of future wireless connectivity.

The technologies being introduced to achieve anywhere, anytime instantaneous data will rely on complex system architectures that will lead to design challenges at the component level. NI AWR software is continually advancing to help RF/microwave engineers meet these challenges with system/circuit/electromagnetic co-simulation and a streamlined path to NI's test solutions for design verification. This white paper examines the use of envelope tracking (ET), digital pre-distortion, and impedance matching via load pull to improve the efficiency and linearity performance of RF power amplifiers (PAs) targeting 4G and 5G applications.

LTE PA Design Challenges

5G represents the next big milestone in the evolution of mobile communications, targeting more traffic (10,000x), increased capacity (1,000x), substantially lower latency (<1 ms), and lower energy consumption (10% reduction) by the year 2020 (Figure 1). Until then, operators have been addressing immediate demand for greater data capacity and throughput with various medium-term technologies, such as multiple-input multiple-output (MIMO), beamforming, and carrier aggregation (CA), a feature first introduced with LTE Advanced (3GPP Release 10).

Carrier Aggregation

With CA, operators can make better use of available fragmented spectrum allocations by combining component carriers (CCs) from a single band (intra-band CA) or multiple bands (inter-band CA), allowing a combination of up to five separate carriers to enable bandwidths up to 100 MHz, although current LTE-A implementations target an aggregate bandwidth of 40 MHz (two carriers, each with 20 MHz bandwidth for the uplink and 4 CA (80 MHz) on the downlink).

The earliest and most straightforward CA implementations, as defined by release 11 of the 3GPP LTE-A standard, call for aggregated contiguous CCs within the same frequency band (intra-band) for time-division LTE (TD-LTE) in the uplink. Inter-band CA configurations refer to the aggregation of component carriers in different operating bands, where the carriers aggregated in each band can be contiguous or non-contiguous

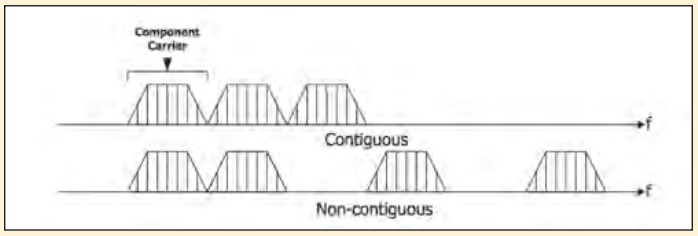


Figure 2: Contiguous and noncontiguous carrier bands

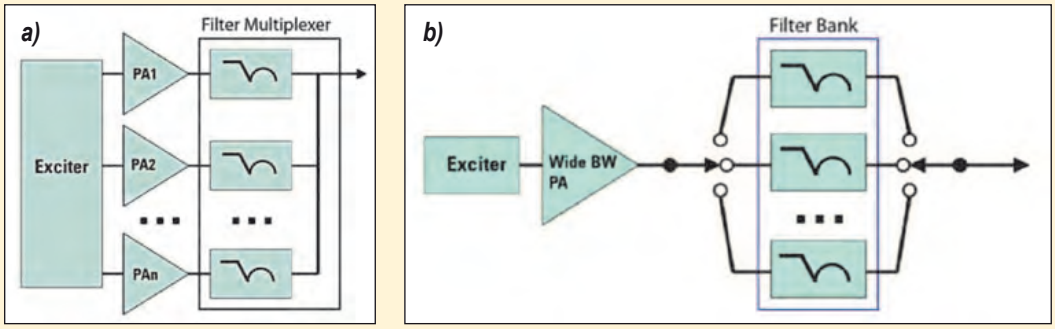


Figure 3: Multi-and front-end configurations based on (a) narrowband PA/filter chains and (b) wideband PA/switch filter bank

National Instruments
ni.com/awr

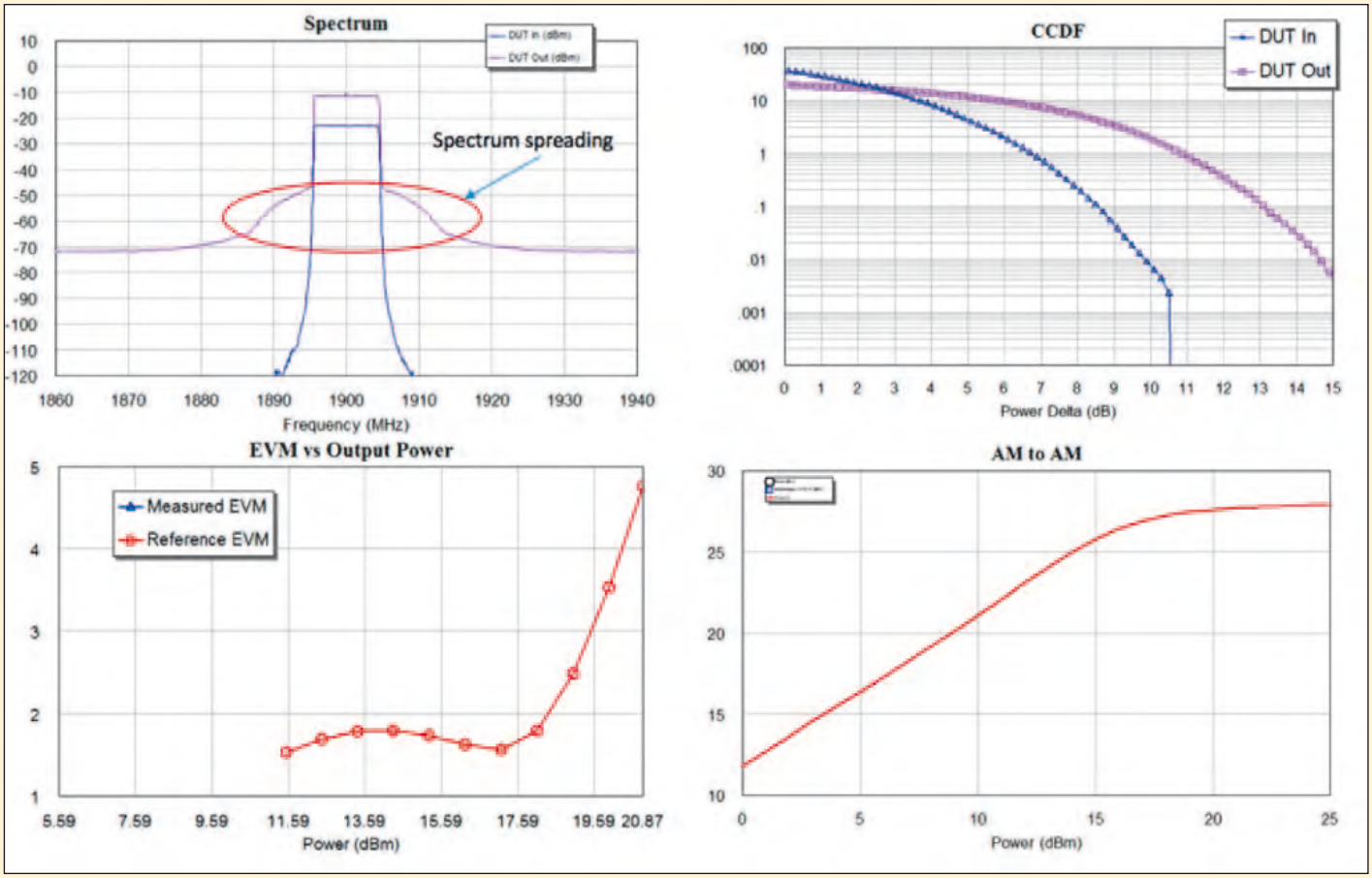


Figure 4: Various aspects of signal distortion and its impact on the system arising from nonlinearities. Spectral regrowth, CCDF, EVM and AM-AM conversion vs. input power are simulated in VSS

(Figure 2). This can lead to CA combinations that cover a broad spectrum and is clearly a more challenging PA design problem.

Operation across two or more bands has historically required separate amplifiers and an assembly of low-pass filters and a multiplexer (Figure 3a). A single wideband amplifier and a low-loss switch (Figure 3b) could replace multiple amplifiers, offering a lower cost solution than multiple band-specific amplifiers and consuming less circuit-board area. However, the configuration based on a wideband PA must offer higher power and efficiency to offset increased insertion loss of the switch. CA also requires higher power output to enable simultaneous transmission on multiple component carriers. In addition to high power and wideband requirements, PAs must offer sufficient linearity and power efficiency to reduce operating costs for the base station and extend operating time while reducing battery size and weight for the mobile device. Beyond carrier aggregation, operators are researching additional methods, informally referred to as 4.5G or pre-5G, to provide higher data rates. 3rd Generation Partnership Project (3GPP) has introduced an "LTE-Advanced Pro" standard that extends LTE to unlicensed bands, evolves LTE time-division duplex (TDD) and frequency-division duplex (FDD) frame structures, aggregates across more carriers, diverse spectrum types, and different cells, and enables more MIMO-based antennas at the base station (up to 64 antenna elements). MIMO increases data rates and network capacity by transmitting multiple spatially-separated data streams over the same frequency band, using multiple antennas on the base station and the user's device. 4.5 G will introduce higher-order MIMO in 2.5 to 2.7 GHz, 3.4 to 3.8 GHz, and 5 to 6 GHz bands to further enhance network capacity with up to 256 simultaneous data streams.

OFDMA, SC-FDMA, PAPR and Efficiency

Maintaining signal integrity (low distortion) in a crowded frequency spectrum allocation is especially critical as the increasing demand for higher data rates has been met with the use of larger-signal bandwidth and modulation schemes with non-constant envelope and high peak-to-average signal ratio (PAR). High linearity is required in these communication systems in order to minimize signal distortion, reduce bit error rate (BER), improve spectral efficiency, and reduce adjacent channel interference (ACI). Linearization techniques such as digital predistortion (DPD), discussed later in more detail, are being employed to reduce signal distortion

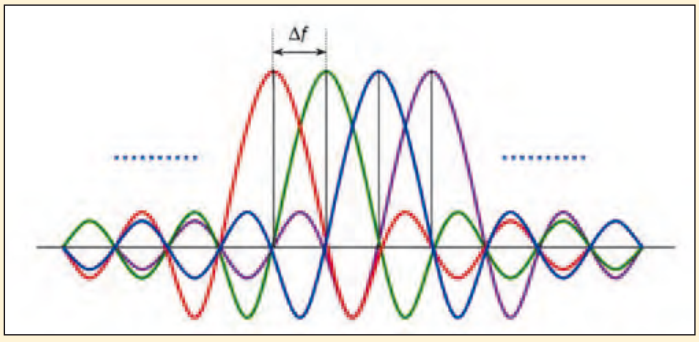


Figure 5: OFDM subcarrier spacing

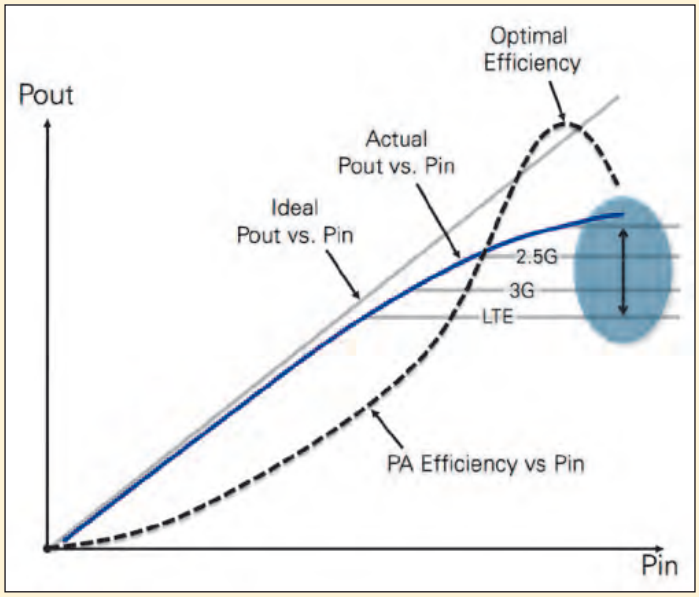


Figure 6: P_{out} and P_{AE} vs. P_{in} for RF power amplifier showing the power compression and optimal efficiency for saturated amplifier

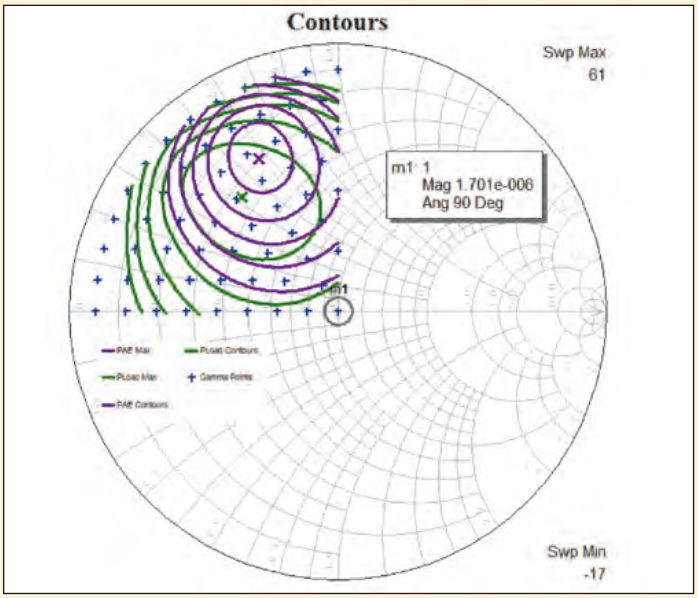


Figure 7: Gamma Points, PLoad and PAE contours

that leads to spectral regrowth (Figure 4).

The efficiency of the PA determines the power consumption, size, and battery lifetime of the radio. Various techniques, including ET, have been explored to increase the efficiency of PAs for high peak-to-average power ratio (PAPR) signals such as those utilizing orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM). In LTE, the base station uses orthogonal frequency division multiplexing access (OFDMA) for downlink, transmitting the data over a large number of narrow subchannels (15 kHz each) or 180 kHz channels with logical groupings of 12 subcarriers (12 x 15 kHz = 180 kHz) as opposed to spreading one signal over the complete 5 MHz carrier bandwidth (Figure 5). This multicarrier approach enables better spectral efficiency and reduces the impact of multipath reflections on the receiver's ability to demodulate the signal.

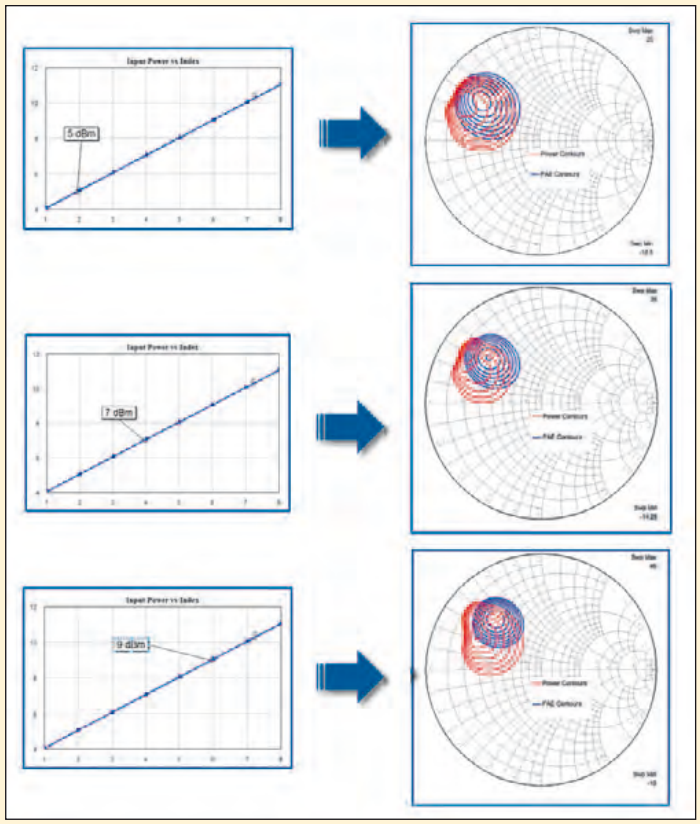


Figure 8: Swept load-pull data sets and linked data plots (shown: P_{in}/P_{out} and P_{out}/P_{AE} contour graphs) allow designers to dynamically view changing load-pull contours as a function of operating conditions (P_{in}) simply by dragging the marker in one plot and observing the changes in the linked plots

Multiple access is achieved by assigning subsets of subcarriers to individual users, which are transmitted in parallel, thereby increasing the symbol duration and lowering the symbol rate. This allows the use of a guard interval between symbols, making it possible to eliminate intersymbol interference (ISI). Channel equalization is simplified because OFDM uses many slowly-modulated narrowband signals rather than one rapidly-modulated wideband signal. In addition, OFDMA offers robustness against severe channel conditions compared to single-carrier schemes. Despite its many benefits for high data-rate transmission, OFDMA transmit signals can have high peak values in the time domain since many subcarrier components are added via an inverse fast Fourier transformation (IFFT) operation. As a result, OFDM systems are prone to have a high PAPR or envelope fluctuations when compared to the single-carrier FDMA (SC-FDMA) used for uplink by the mobile unit.

High PAPR can drive a power amplifier deep into saturation (nonlinear operating region), leading to distortion that results in spectral spreading of the signal, which causes ACI. The linearity problem can be overcome with a variety of methods, including the use of high compression-point PAs and/or amplifier linearization techniques. PAPR dictates the PA's minimum output back-off (OBO) from saturated power to ensure that the maximum power stays within the linear region of the PA (Figure 6).

This results in a reduction in the mean transmission power and directly impacts (lowers) the amplifier efficiency, since the PA spends less time in "efficient" saturated mode. The energy consumed by the backed-off PA during transmission increases dramatically due to the lower efficiency, in turn raising the

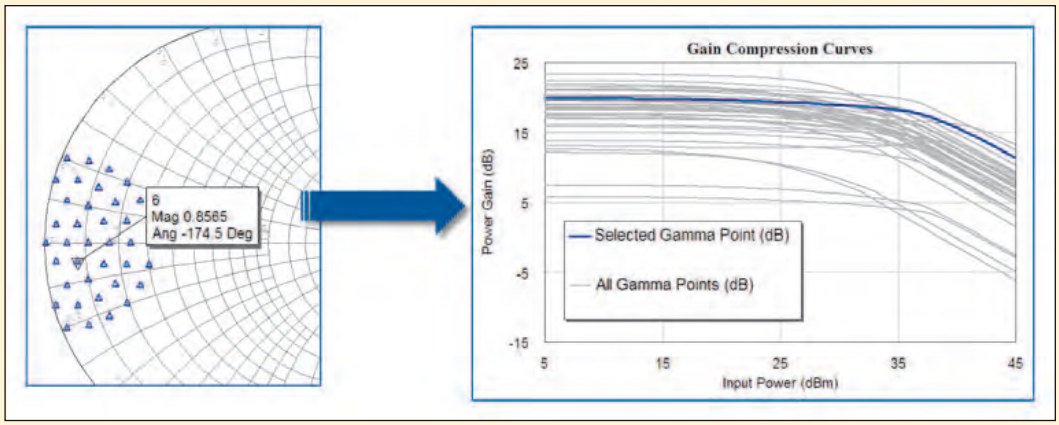


Figure 9: Gain compression curves (vs. input power) for discrete load impedances, allowing designers to directly observe amplifier compression for a given load impedance

operating costs for the base station. If a PA operates at only 35 percent efficiency, 65 percent of the energy is wasted as heat. The heat produced also causes reliability issues and requires large heat sinks, which increases the overall product size.

Load-Pull and Matching Network Design

Engineers developing PAs must incorporate a wide breadth of simulated and/or measured data into their analysis and design verification in order to explore their design options in pursuit of optimum performance. Simulation data must accurately predict critical circuit metrics such as gain, linearity, efficiency, output power, and more as a function of operating conditions such as frequency, input power, bias, and source/load impedances.

After determining an appropriate semiconductor technology such as gallium arsenide (GaAs), gallium nitride (GaN), silicon germanium (SiGe), or laterally-diffused metal-oxide semiconductor (LDMOS) and circuit architecture and/or class of operation, the design effort typically turns to developing the impedance matching network. PA circuit design often starts with development of a nonlinear (compact) transistor model that can be used to create load-pull performance contours, which map a specific performance metric such as power out (P_{out}), power-added efficiency (P_{AE}), or adjacent channel power ratio (ACPR) to corresponding source/load impedances. Alternatively, direct measurement of the transistor (or PA) using a load-pull measurement system can be used to generate these contours (Figure 7).

Standard	Modulation Type	Typical Uplink PAPR
General OFDM	Various (OFDM)	10-13 dB
LTE	Various (SC-FDMA)	6-8 dB
HSUPA	16-QAM and 64-QAM	5-7 dB
UMTS	QPSK	3-5 dB
EDGE	8-PSK	3-4 dB
GSM	GMSK	0 dB

Table 1: PAPR for various cellular technologies

NI AWR Design Environment supports the generation of load-pull contours from either compact models or through importing multidimensional load-pull measurements in the form of SPL and CST files from Maury Microwave and LPD files from Focus Microwaves. The design environment's load-pull formats offer engineers access to an extensive array of data-manipulation functions and intuitive post-processing of data. This unique capability in NI AWR software, specifically Microwave Office circuit design software, enables PA designers to work with dense data sets, such as multiple gamma points, frequencies, and power steps, for greater understanding of design trade-offs and performance across operating conditions.

PAs for LTE, LTE-A/Pro, and 5G must address stringent power, efficiency, and linearity requirements. For the high PAPR of these systems, the PA will have to be backed off from compression, possibly in addition to other linearization techniques, in order to achieve the necessary linearity requirements. Designers need to keep this in mind when they specify the operating conditions under which they characterize the active device to determine its optimum load. The load-pull data sets used in Microwave Office software support multi-dimensional load-pull data across swept operating conditions such as frequency, power, and bias. This allows designers to directly observe optimum termination impedances for a range of potential output back-off operating conditions.

With simulated or measurement-based plots generated in the design environment, designers can dynamically track changing contour plots as a function of operating conditions. In Figure 8, a marker points to a specific input power level, with the contours for that power level plotted on the right. When the marker is moved, another set of contours will be shown corresponding to that power level. If the marker is moved again, a third set of contours is obtained, and so on, providing designers with multiple views of the one aspect of a PA circuit design's behavior - a much more comprehensive analysis tool than is possible with older single-point local files. Alternatively, the same link could exist for any simulated/measured data, including gain compression, current/voltage output waveforms, spectral regrowth, adjacent channel leakage ratio (ACLR), and more. Conversely, instead of choosing an input power level and plotting contours, users can choose a gamma point or impedance value and plot swept data for that data point. Figure 9 shows how gain compression curves can be plotted by choosing a gamma point from the impedances in a data file. The plots show both gain-compression curves for all the gamma points in the file as well as the gain-compression behavior for a gamma point selected with the marker. If the marker is moved to another gamma point, the gain-compression curve changes to reflect the performance at the new impedance.

The input and output matching networks are then designed based on the target impedance(s) indicated by the load-pull data. By comparing the simulated performance data with the design goals for the circuit, a circuit designer can adjust the matching networks to achieve optimized performance levels that are as close as possible to the design goals.

System Simulation Defines PA Requirements

In LTE-A, carrier aggregation will drive up the PAPR by another 2.5 to 3 dB, pushing PAPR demands higher than the levels currently required by LTE. Different output back-off (OBO)

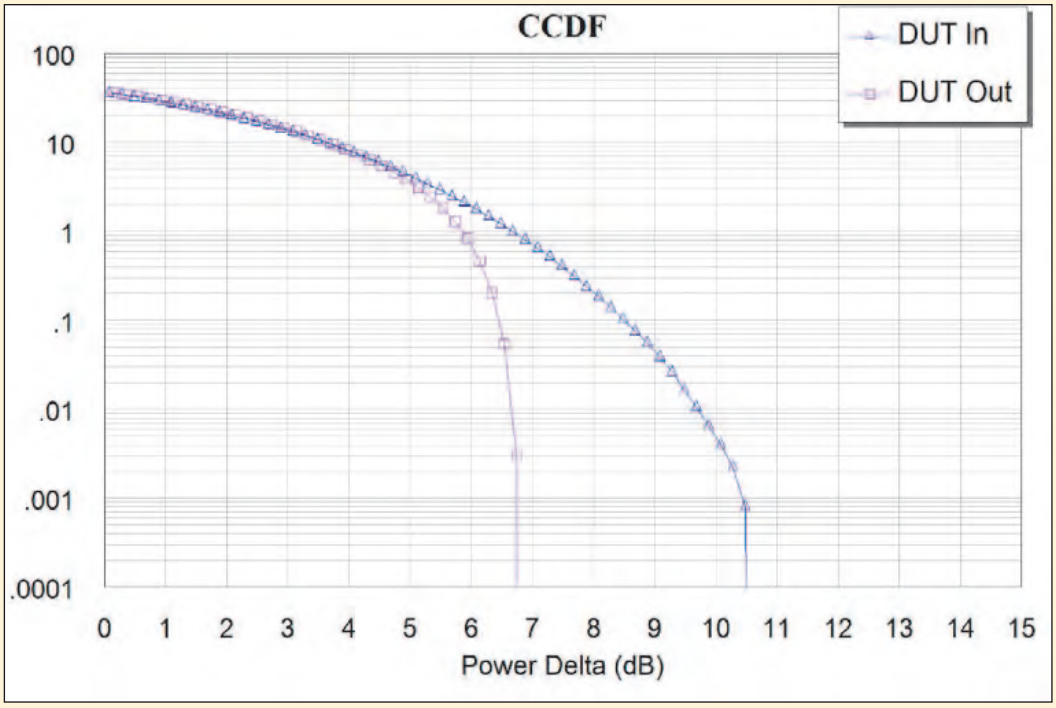


Figure 10: Simulated CCDF vs. input power for LTE DL TDD transmitter.

levels related to PAPR requirements are necessary, depending on the number of aggregated component carriers (CCs) and the CA configuration.

The probability that the PAPR of a certain data block exceeds the given threshold is known as the complementary cumulative distribution function (CCDF). To calculate OBO specification, it is normally sufficient to apply 0.01 percent CCDF of the waveform. For a random signal, PAPR is a statistical quantity. In OFDM systems, the large number of subcarriers periodically (and somewhat randomly) add to or subtract from one another, thus creating waveforms with a nearly Gaussian distribution of power variation. As a result, OFDM signals tend to have a PAPR ranging from 10 to 13 dB (Table 1).

NI AWR software, specifically Visual System Simulator (VSS) can be used to calculate CCDF and determine PAPR and OBO specifications (Figure 10). Also, by simulating complex digital waveforms directly applied to an RF PA circuit model, designers can optimize performance based upon PAPR, ACLR, error vector magnitude (EVM), or any number of performance metrics.

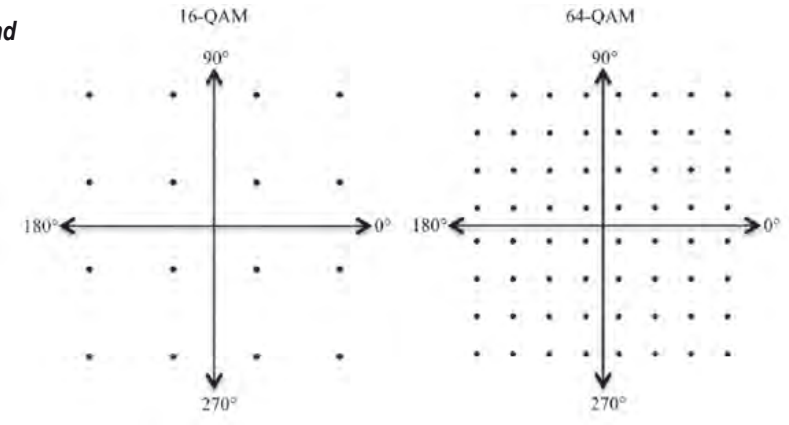
EVM measurements can be made for individual subcarriers, Resource Blocks, OFDM symbol and/or a full time slot. This allows designers to effectively evaluate the in-situ performance of the PA within the end-to-end system. Alternatively, PAs can be represented with various behavioral models to determine design goals such as AM-AM / AM-PM requirements.

LTE supports three modulation schemes in both the downlink and the uplink: quadrature phase-shift keying (QPSK), 16-quadrature amplitude modulation (16-QAM), and 64-QAM. The constellation diagram of the 16- and 64-QAM modulation schemes are shown in Figure 11. As the figure illustrates, 16-QAM has 16 discrete combinations of phase and amplitude, while 64-QAM has 64. As a result, LTE transmissions achieve the highest data rate when using 64-QAM.

The LTE standard uses adaptive modulation techniques, which allow the eNodeB to choose the specific modulation scheme depending on the channel conditions. Depending on those channel conditions, some user equipment (UE) might receive a more robust transmission (QPSK), and others might receive higher data-rate transmissions (64-QAM or 16-QAM). These modulators are offered in VSS along with modulators found in virtually all communication standards, including newer modulation schemes being considered for 5G (filter bank multicarrier [FBMC] and generalized frequency-division multiplexing [GFDM]). In addition, VSS has LTE downlink (DL) and uplink (UL) signal sources with parameter settings that are self-explanatory, allowing RF engineers to set up their simulations immediately without having to manually set up sources. The DL and UL sources are built from the ground up as subcircuits using easy-to-understand building blocks, enabling baseband engineers to "drill into" sources to verify and possibly modify physical layer (PHY) 1 specifications.

Critical performance measurements can be performed without the use of difficult-to-understand test benches, extending simulation analysis directly to PA circuit designs via circuit/system co-simulation or to a physical device under test (DUT) in the laboratory via the use of LabVIEW and/or TestWave software. NI design software and test solutions were used in the development of a PA utilizing ET and DPD technology for improving the efficiency and linearity of a reference design targeting LTE Band 1 (2.14 GHz) microcell base station applications, to be discussed in Part 2. ◄

Figure 11: 16-QAM and 64-QAM symbol map



High-Performance USB-Controlled PLL Synthesizers

Pasternack has launched a new line of USB-controlled Phase Locked Loop (PLL) frequency synthesizers. In RF & Microwave communications systems where signal integrity is of prime importance, PLL synthesizers offer high levels of frequency stability and accuracy with exceptional phase noise characteristics that allows components in the signal chain to perform at their optimum levels. These new PLL synthesizers can be useful in applications involving signal generators, benchtop test and measurement, electronic warfare, and microwave radios. Pasternack's six new models of PLL frequency synthesizers cover a broad range of frequency bands from 25 MHz to 27 GHz. The compact and rugged SMA-connectorized designs support a USB 2.0 interface with a PC computer that supplies DC power and GUI command control. Models offer high output power levels that range from 10 to 19 dBm typical, and output attenuation is adjustable up to 50 dB in 1 dB steps. Phase locked speed is 1 msec typical and phase noise is as low as -108 dBc/Hz at 100 MHz offset.

Additional features include a 50 MHz internal frequency source and optional external reference with supplied cable. Frequency resolution can be adjusted using either Integer (default) or fractional modes with resolution to a step size down to 1 MHz. Modules support functional LED indicators that confirm a USB connection, phase locking and unlocking, and RF power disable. All models are RoHS and Reach compliant and are classified as EAR99. A comprehensive user manual and VISA compliant software package can be downloaded from the Pasternack website. "Pasternack's six new models of USB-controlled PLL Frequency Synthesizers offer a wealth of desirable features for designers and are ideal for test and measurement applications. Each model comes complete with accessory cables, downloadable user manual and command control software that's ready to ship direct from stock with no MOQ," said Tim Galla, Active Component Product Manager at Pasternack. Pasternack's USB-controlled PLL synthesizers are in-stock and ready for immediate shipment.

■ *Pasternack*
www.pasternack.com

25 W GaN Power Amp for VSAT and Data Links

RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 25 W GaN power amplifier. The Qorvo TGA2219-CP serves commercial VSAT, military satellite communications, data links and radar in the 13.4 to 16.5 GHz range. Driven from a 28 V supply drawing 450 mA, power added efficiency is >31%. Large signal gain is 28 dB @16 dBm input. Small signal gain is over 30 dB. The TGA2219-CP is offered in a bolt-down, pure copper based package measuring 15.2 x 15.2 mm for superior thermal performance. Qorvo offers the TGA2219 in die form for chip and wire implementation.

■ *RFMW, Ltd.*
www.rfmw.com

Software

Infineon supports LTE-A LNA customers with band-specific application notes generated with NI AWR software

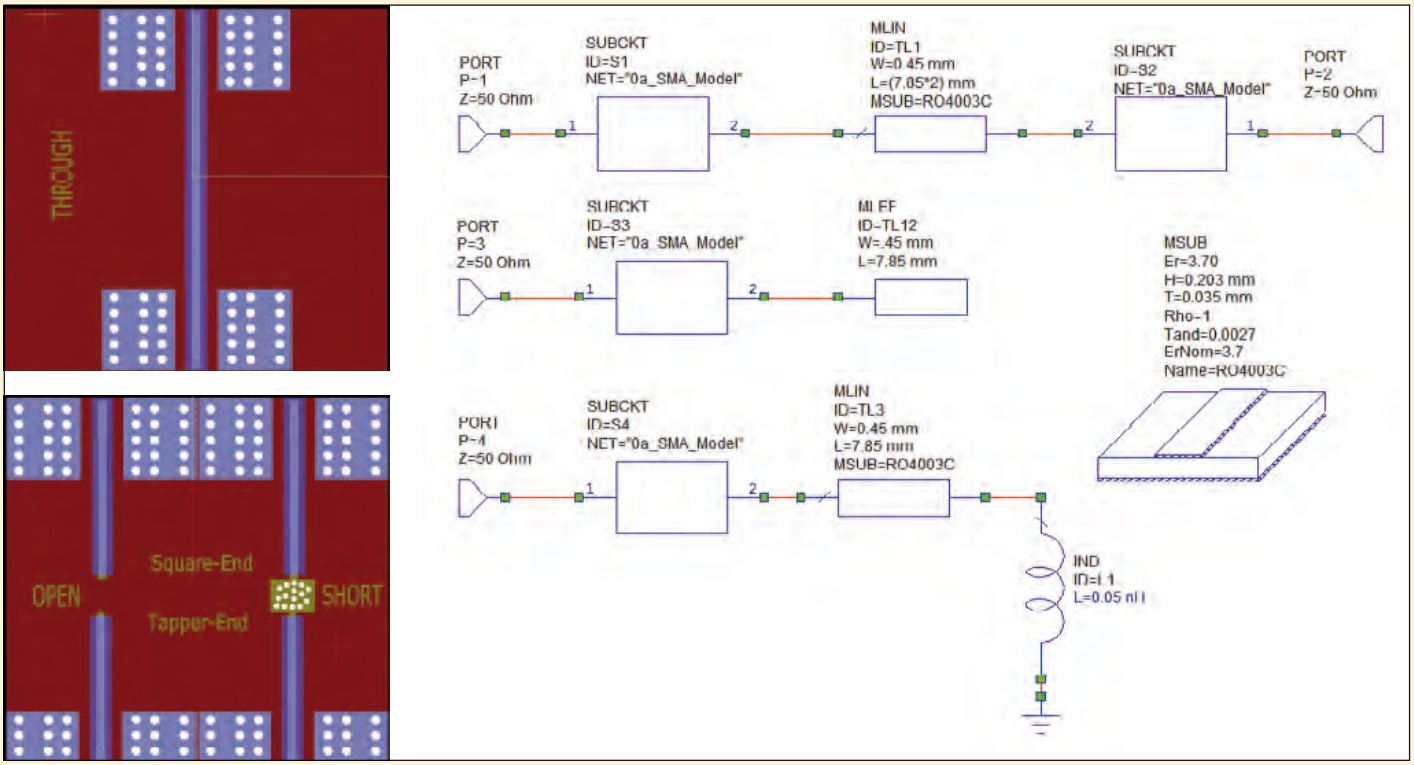


Figure 1: Actual layout of the PCB (left) and Microwave Office schematic diagram for PCB characterization (right)

Company Profile

Infineon Technologies AG is a German semiconductor manufacturer spin off of Siemens AG. The company has more than 50 years of experience in developing RF devices for a wide range of wireless applications, leading the market with high-performance, yet cost-effective products.

To support its customers, Infineon developed a solution finder tool that provides easy access to the application notes, datasheets, device models, and evaluation boards that help designers quickly and easily identify the right product for the right application.

The Design Challenge

The complexity of mobile phone design has increased significantly in order to support higher data rates and more functionality, while the window for bringing new devices to market has decreased from years to months. Consequently, phone manufacturers require microwave semiconductor vendors to offer highly integrated devices with linear performance.

Infineon is addressing this need with 3G/4G, LTE, and LTE-Advanced low-noise amplifier (LNA) microwave monolithic integrated circuits (MMICs) and multiplexer modules designed to optimize the sensitivity of mobile cellular devices and systems. These modules extend the coverage area for the highest data traffic and provide the greatest network efficiency through support of reduced transmission power and lower bit-error rates.

LNAs that are located in the antenna paths of the phone improve the system noise figure on the receive path, enabling increased data rates nearly double that of solutions without LNAs, especially under very weak signal strength. Infineon LNAs have high linearity, which assures optimal signal reception even with poorly isolated antennas and losses between antennas and transceivers. In addition, their extremely low noise figure enhances the sensitivity of the RF modem by about 3 dB, offering system layout flexibility by suppressing noise contribution from losses of signal lines and the surface acoustic wave filters, as well as the receiver.

To deliver best-in-class linearity and noise-figure performance, Infineon designers rely on the robust, accurate circuit simulation and precise modeling of all the components used in their MMIC and module designs, including printed-circuit board test boards. Precise linear models enable faster verification of system-level performance for the application circuits supporting different bands of 4G LTE-A, currently numbering more than 44 LTE bands worldwide. By using powerful scripting capabilities built into NI AWR Design Environment, the time for designing and documenting new application circuits has been reduced from days to hours.

The Solution

Infineon chose NI AWR software for its exacting device modeling needs, which at the application level begin with the characterization of the printed circuit board used for LNA/module measurements. The LNA and LNA/multiplexer PCB test structure include an RF input and output transmission line of predefined length and width. S-parameter and noise figure measurements of any device at the calibrated test equipment port will include

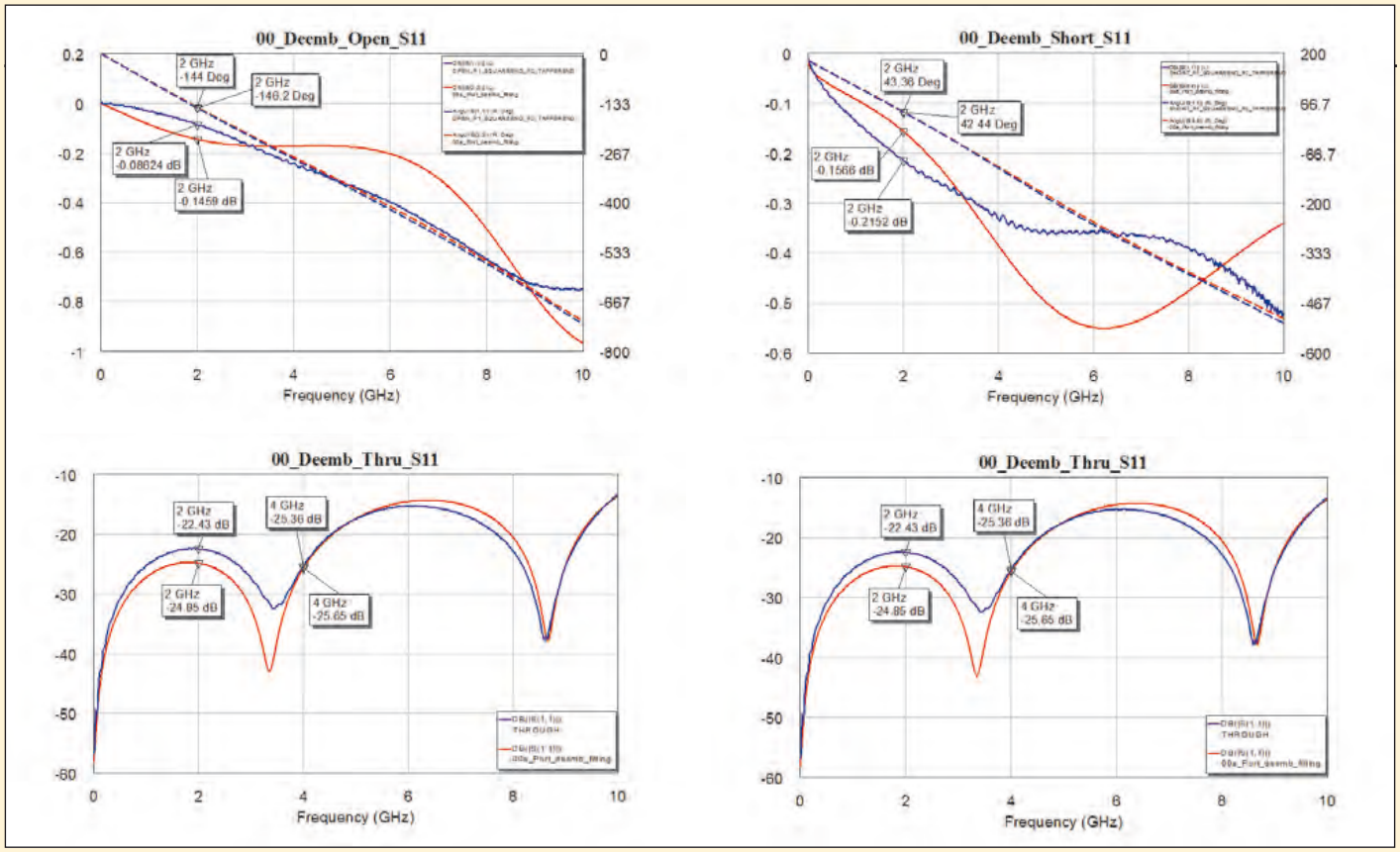


Figure 2: Simulation versus measured results for short, open and through PCB using Microwave Office software

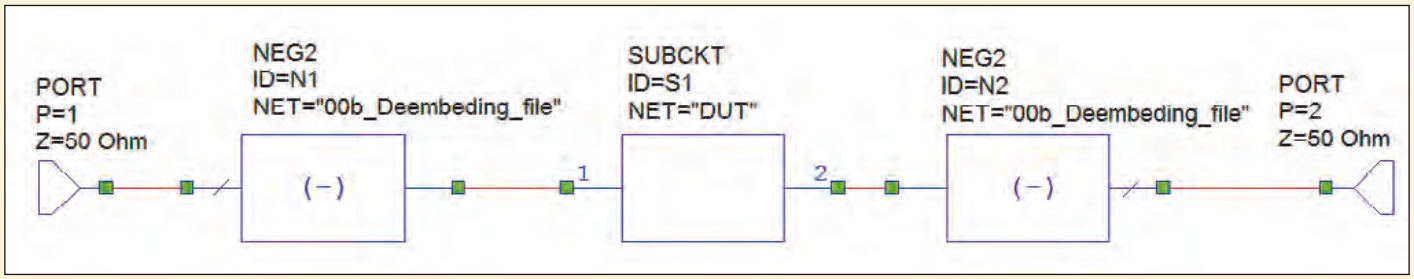
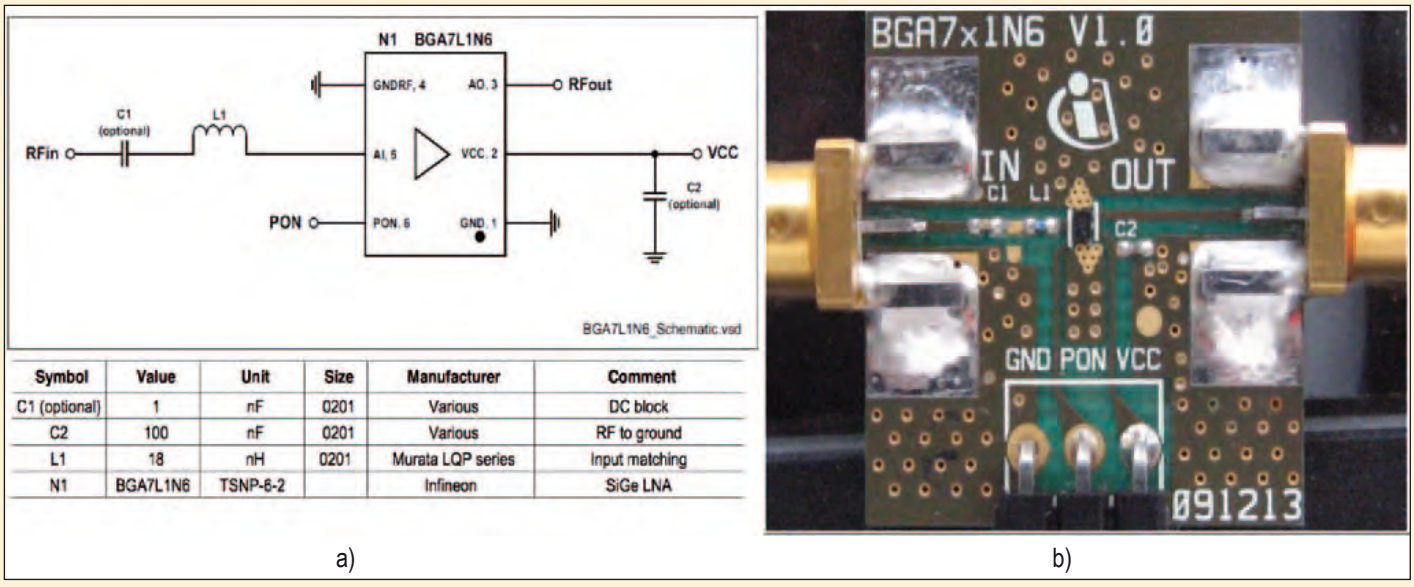


Figure 3: Microwave Office schematic diagram showing NEG blocks for de-embedding the measurement result



Symbol	Value	Unit	Size	Manufacturer	Comment
C1 (optional)	1	nF	0201	Various	DC block
C2	100	nF	0201	Various	RF to ground
L1	18	nH	0201	Murata LQP series	Input matching
N1	BGA7L1N6	TSNP-6-2		Infineon	SiGe LNA

a) b)

Figure 4: a) Schematics and bill of materials (BOM) for the BGA7L1N6 LTE Band 5 application board. b) Photo of the BGA7L1N6

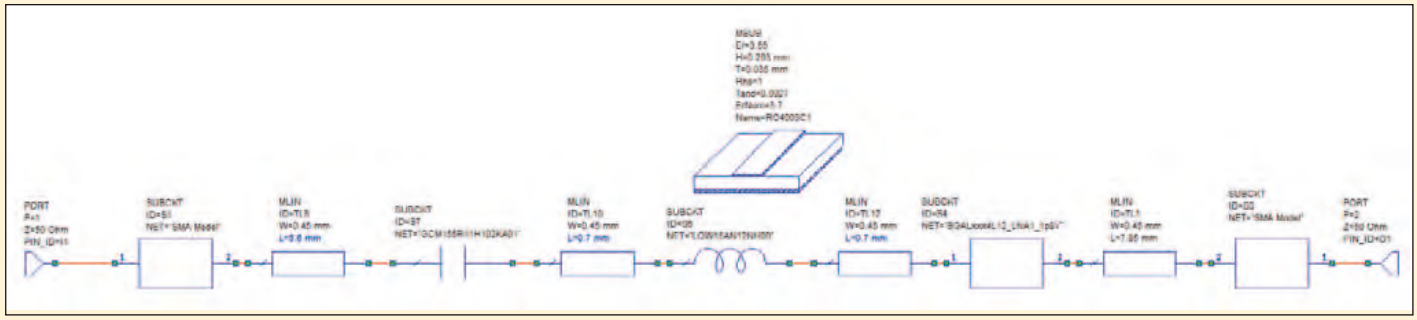


Figure 5: Schematic diagram for LTE application circuit used in simulations for generating application note data

this transmission line, as well as the Sub-Miniature Version A (SMA) connector launches on the test boards input/output. The response of the test structure can be removed from the measurement through de-embedding, resulting in a more accurate measurement of the isolated device response. The test structure can be characterized through a variety of measurement-based methods or rigorous electromagnetic (EM) simulation. In this case, engineers used the closed-form transmission line and SMA models in NI AWR Design Environment, specifically Microwave Office circuit design software, to compare to three different calibration standards: namely a short, open, and through transmission line, as shown in Figure 1.

A comparison of the measured response of these three structures to the closed-form models (Figure 2) shows reasonable agreement at the band of interest with the variation between the simulation and measurement results being less than five percent at 10 GHz, well above the carrier frequency.

These PCB and connector models were used later in the development of the application circuits to reconcile the device measurements on the evaluation board with the simulated results.

To de-embed the device under test (DUT) from the test fixture, designers used the NEG block from Microwave Office software to subtract the effects of the transmission line and SMA connectors from the raw measured data. The negative block contained a sub circuit comprising a serially connected SMA launch and microstrip transmission lines with PCB substrate definition that includes metal and dielectric stackup information (physical dimensions and electrical properties). The de-embedding

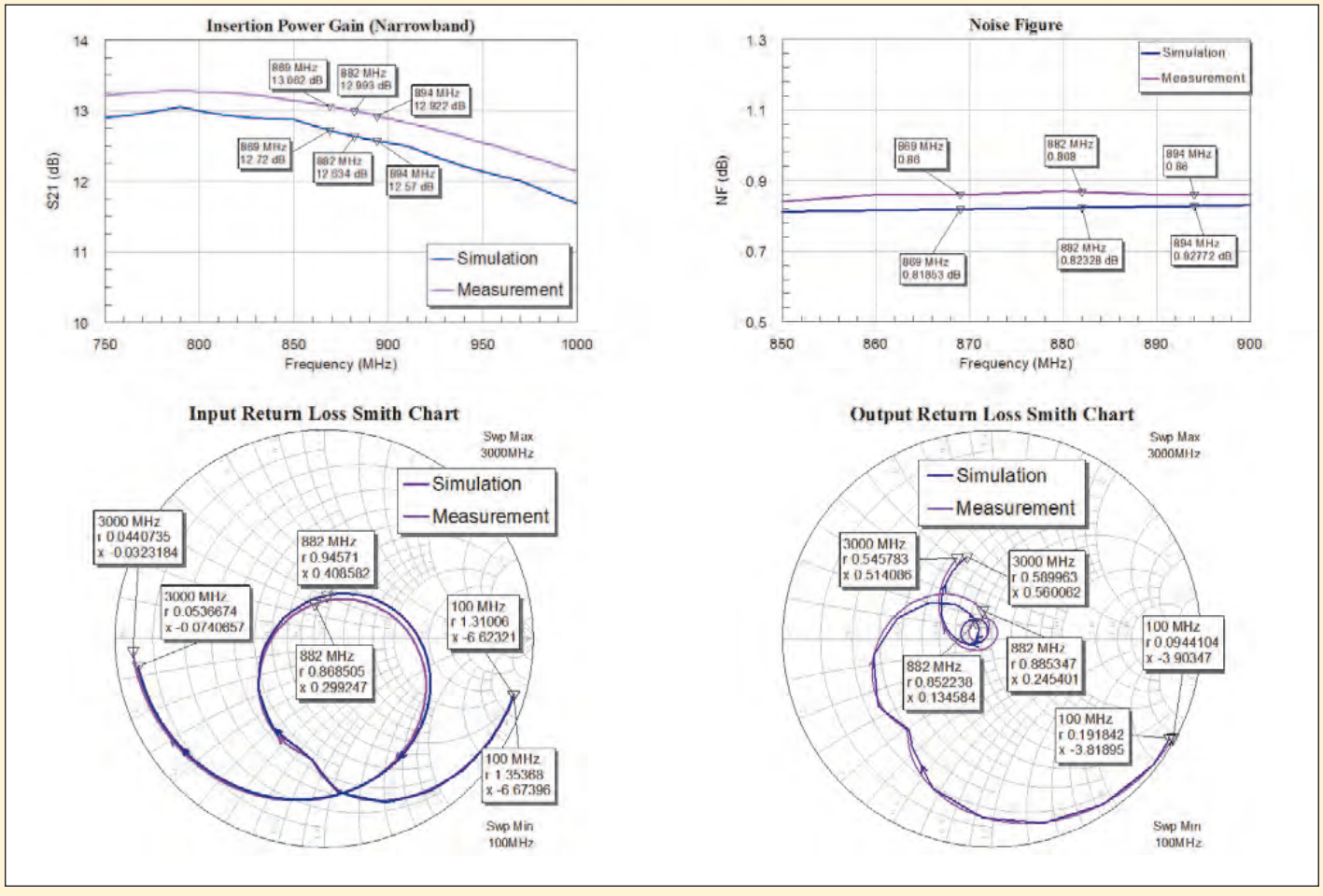


Figure 6: LNA simulation versus measured results for LTE Band 5 application circuit

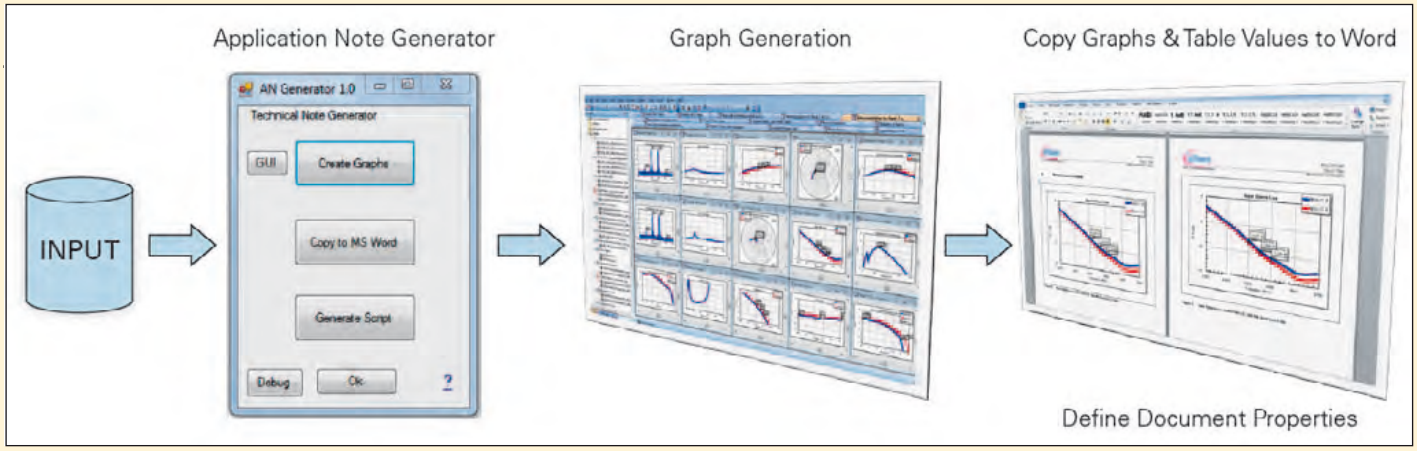


Figure 7: Automatic report generation process (illustrated)

blocks were added to the input and output of the measured data block, as shown in the schematic in Figure 3.

After generating a linear device model from de-embedded measurement data, the LNA data was incorporated into an application circuit for the various LTE bands. The application circuit schematic from Infineon Application Note AN351 [1] and test board for Infineon's BGA7L1N6, covering LTE Band-5, are shown in Figures 4a and 4b, respectively. Subsequent designs, including the LNA and application circuit, were simulated with the transmission lines, SMA connectors, and PCB information included.

Simulating the device, application circuit, and test fixture together enabled the engineers to make a direct comparison to the application circuit's measured results (in the test fixture). If the simulation and measurement results showed equivalent responses, then the model was accepted. Figure 5 shows the schematic diagram used for the simulation of an application circuit designed for LTE Band 5 and figure 6 shows the simulation results versus measurements.

As the simulation and measurement results of the application boards demonstrated an acceptable level of agreement, the LNA model was used in hundreds of simulation circuits for different wireless applications, especially for different LTE bands. Generating the documentation (datasheets and application notes) for the hundreds of application circuits is very time consuming, however, the Infineon RF & Sensors Business Unit was able to develop an application note generator add-on tool for Microwave Office software. Using this tool, the documentation for each application circuit was completed in a few minutes.

The generator tool is based on a custom script file that automates the entire operation, reducing the time and effort considerably. By running the script file first, all the necessary graphs were generated with proper annotations, axis definition, title, and markers. Then all the graphs were verified by the applications engineers. If the graphs were approved, the script was used again and all the graphs were copied from Microwave Office software to the appointed document file. The script was also used to complete the table in the document file by finding the proper values from the generated graphs.

The work flow for application note generation is shown in Figure 7, with the specific graphs generated for Infineon Application Note AN351 [1] shown in Figure 8.

Why NI AWR Design Environment

With proper device modeling that resulted in repeatable agreement between measured and simulated results, Infineon was able to develop new application circuits and associated documentation quickly and easily. NI AWR Design Environment enabled Infineon designers to develop accurate models that closely matched measurement results, generate the on-board RF design to address the application/LTE band performance requirements, and report all the data necessary to serve their customers' information needs.

References

[1] http://www.infineon.com/dgdl/AN351.pdf?fileId=db3a304344e406b50144e46e4b3802ef

■ *National Instruments AWR www.ni.com/awr*

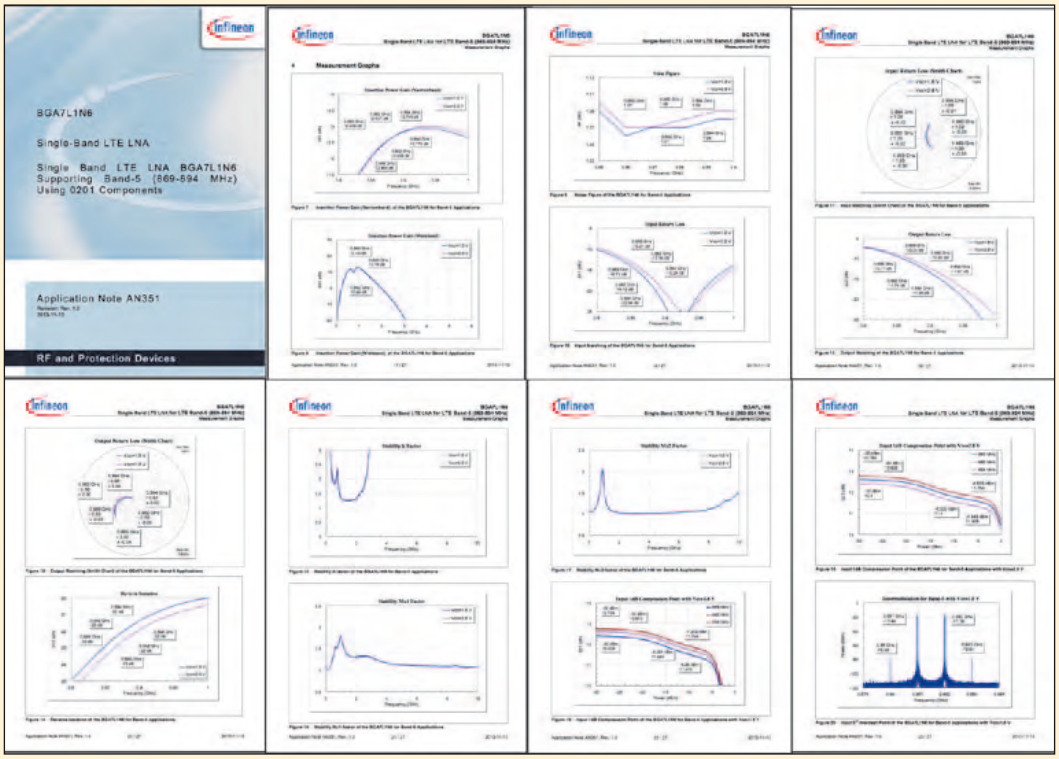
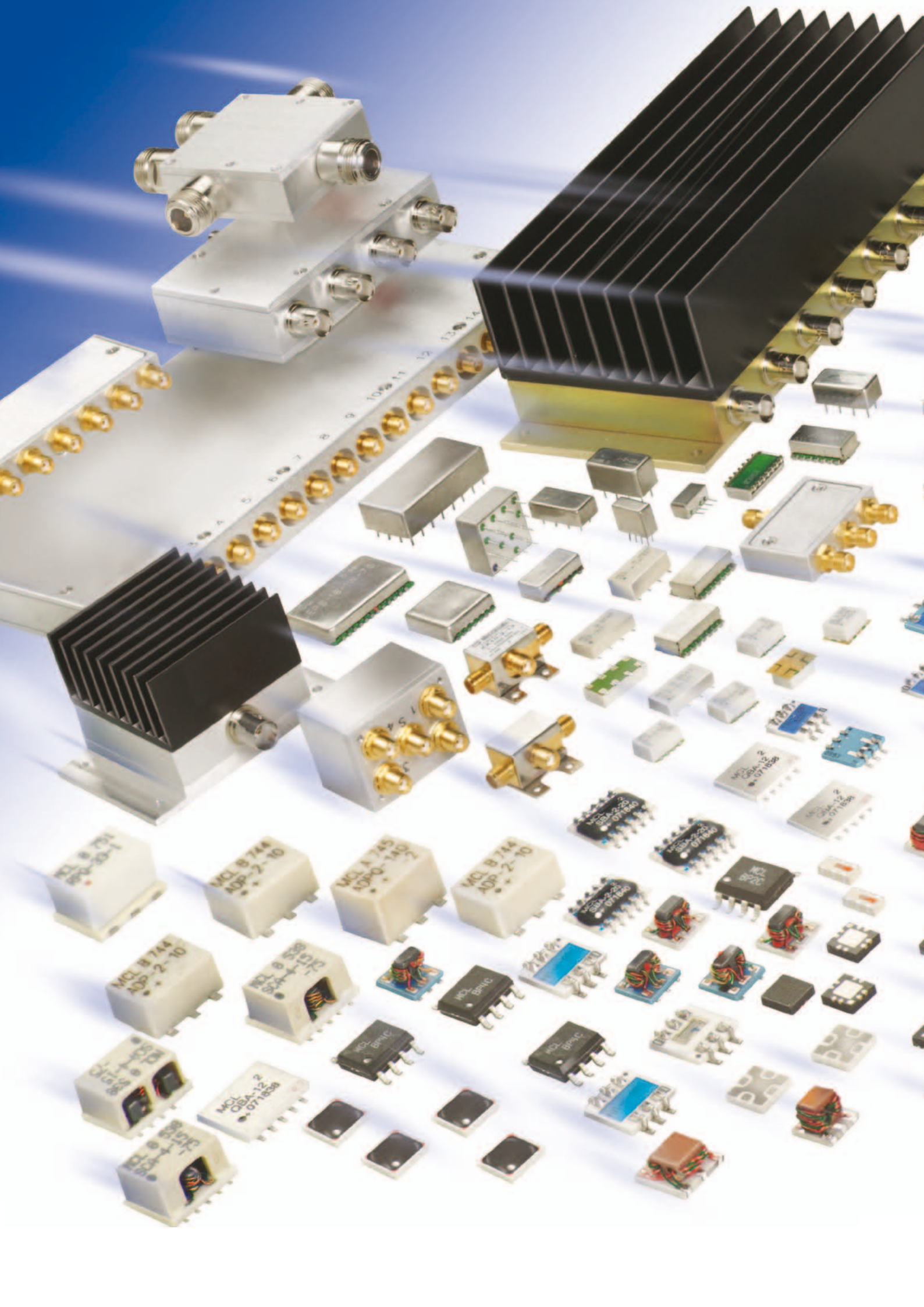
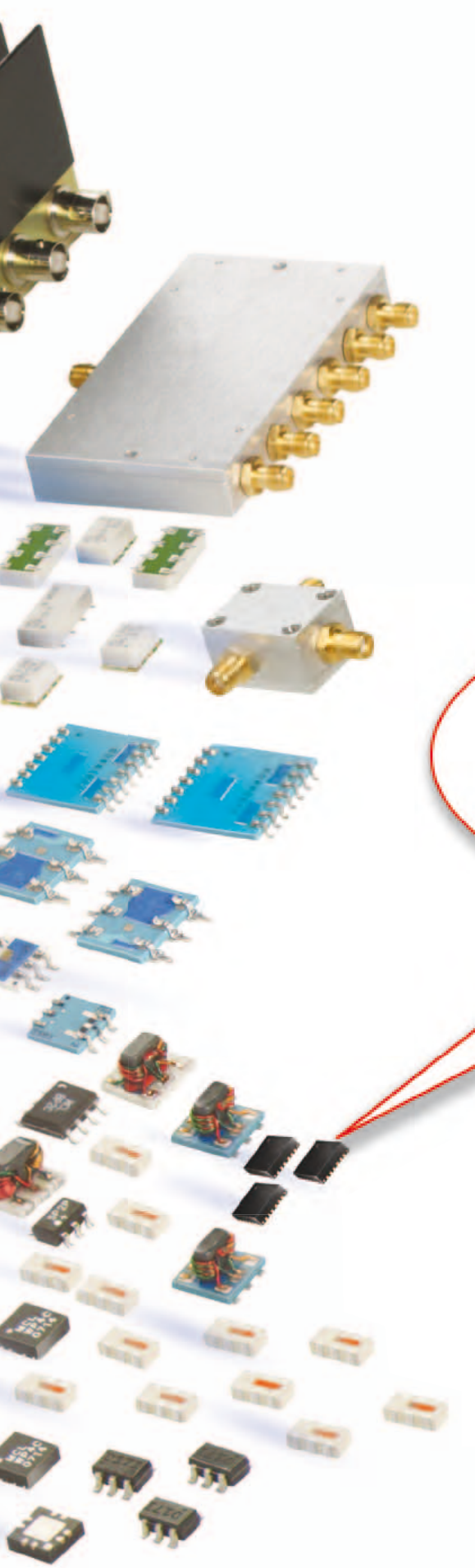


Figure 8: Application note generator tool created within NI AWR Design Environment through customized scripting by the Infineon applications team





POWER SPLITTERS/ COMBINERS

from **2 kHz to 40 GHz** as low as **94¢** 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 und HF-Leistungen bis zu 300 W mit 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°.
Sie sehen: Mini-Circuits Power Splitter/Combiner offerieren Anwendern äußerst vielfältige Möglichkeiten bei der Features-Auswahl und bieten Fähigkeiten, um allen Ansprüchen zwischen ultrakleinen LTCC-Lösungen bis hin zu High-Power- und Low-Insertion-Loss-Applikationen zu genügen.

Wenn Sie schnell Ihr optimales Modell finden wollen, gehen Sie auch zu www.minicircuits.com und nutzen Sie Yoni2!
Das ist unsere patentierte Suchmaschine, die Ihnen zielgenau aktuelle Testdaten, Spezifikationen und Applikationshinweise liefert, die 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!

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 S

DISTRIBUTORS

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

Products

New 30...88 MHz Tunable Bandpass Filter

Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for a new 30...88 MHz tunable bandpass filter and associated evaluation board from NewEdge Signal Solutions, Inc. The SAX248 is designed for tactical communications applications and operates from a single 3.3 V supply. It is capable of handling 2 W of power, while featuring a low power consumption (DC power <80 mW) that allows for a small footprint. An associated evaluation board includes the filter and the interface required to allow control from any PC.

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

Two New 50 V GaN RF Transistors

Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for two new GaN on SiC RF transistors from Qorvo. The new discrete GaN on SiC HEMTs operate from DC to 4 GHz. The QPD1009 is a 15 W, 50 V device with an output power level of 17 W at 2 GHz, and a linear gain of 24 dB at 2 GHz. The 10 W, 50 V QPD1010 features an output power of 11 W at 2 GHz and a linear gain of 24.7 dB at 2 GHz.

The QPD1009 and QPD1010 are Qorvo's newest additions to its growing GaN family of devices that are tailored for wideband defense and commercial radar, communications and avionics applications. The new transistors offer significant operational and system cost savings by achieving greater system-level efficiency and are available in lowcost 3 x 3 mm plastic QFN packages.

Additional key features include:

- Typical PAE3dB: QPD1009 72%, QPD1010 70% at 2 GHz
- CW and pulse capable
- Evaluation boards available

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

1960 MHz, 0.5 W Small Cell PA

RFMW Ltd. announced design and sales support for Qorvo's QPA9419, a 0.5 watt power amplifier for small cell radios. Spanning the 1930 to 1995 MHz frequency band, this internally matched amplifier covers band 2, band 25 and band 36 wireless infrastructure applications. The QPA9419 has 30 dB of gain and -47 dBc ACLR at 27 dBm. Recommended supply voltage is 4.5 V with 455 mA current draw but it can be operated at 5 V if higher power is needed. Qorvo offers this adjustable bias, multistage module in a 7 x 7 mm SMT package.

■ *RFMW Ltd.*
www.rfmw.com

Low PIM Bias Tees

Low PIM (-165 dBc typical), high power (7 amp), bias tees for DAS applications, with rugged construction and excellent performance across all wireless bands from 0.698 to 2.7 GHz make them ideal for in-building or tower top systems. Available in various Type N configurations as well as custom. Weatherproof IP67 standard, IP68 available. Made in USA, 36 month warranty.

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

Commercial Space Products

MECA is pleased to expand its low altitude and space program with products available specifically for commercial space applications where a higher reliability is needed but with varying levels of test criteria. Such as: operational temperature -45 to +85 ºC, storage temperature -55 to 125 ºC, altitude 30,000 ft, 60,000 ft 1.0 psi, Vibration 25 g rms (15 degree 2 kHz) endurance, 1 hour per axis, humidity 100% rh at 35 °C, 95% RH at 40 ºC, shock 20 g for 11 msc half sin wave, 3 axis both directions. Made in USA & 36 month warranty.

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

L Band Isolator/ Circulators

Isolators & Circulators covering L band (1 to 2 GHz) with SMA and Type N-Female connectors are available from MECA. With typical ratings of 50 watts (fwd), 1.25 SWR, 0.4 dB insertion loss and 20 dB isolation. Available from stock to 4 weeks ARO. Made is USA, 36 month warranty.

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

Low PIM Termination Brackets

MECA offers mounting brackets for a full line of low PIM terminations. From 10 watt through 250 watt models in all connector styles/configurations, designed for in-building, tower top or desktop configurations. Available in various weatherproof IP67 standard, IP68 available. Made in USA – 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc.*
www.e-meca.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 Birchel (RB)
Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

- **Anzeigen:**
Frank Wege
Tel.: 06421/9614-25
Fax: 06421/9614-23
frank.wege@beam-verlag.de

- **English Contact:**
Myrjam Weide
Fon.: +49-6421/9614-16
m.weide@beam-verlag.de

- **Erscheinungsweise:**
monatlich

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

- **Druck & Auslieferung:**
Brühlsche Universitätsdruckerei

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.

HEB AB MIT SPECTRUM PRODUKTEN

Verkaufs-ingenieur (m/w)

Sie verfügen über ein abgeschlossenes Hochschulstudium oder eine vergleichbare Ausbildung, sind eine engagierte Persönlichkeit, die es gewohnt ist, selbständig und zielgerichtet zu arbeiten. Sie haben Eigeninitiative, die englische Sprache ist Ihnen nicht fremd und Sie haben Freude am Umgang mit Menschen. Ihr Auftreten ist sicher und Sie sind interessiert, sich Herausforderungen und neuen Aufgaben zu stellen! Wir bieten eine kreative Tätigkeit mit leistungsbezogener Dotierung, einem Firmenwagen, etc.. Bewerbung unter Nennung Ihrer Gehaltsvorstellung an pvn@spectrum-et.de

Spectrum
Elektrotechnik GmbH

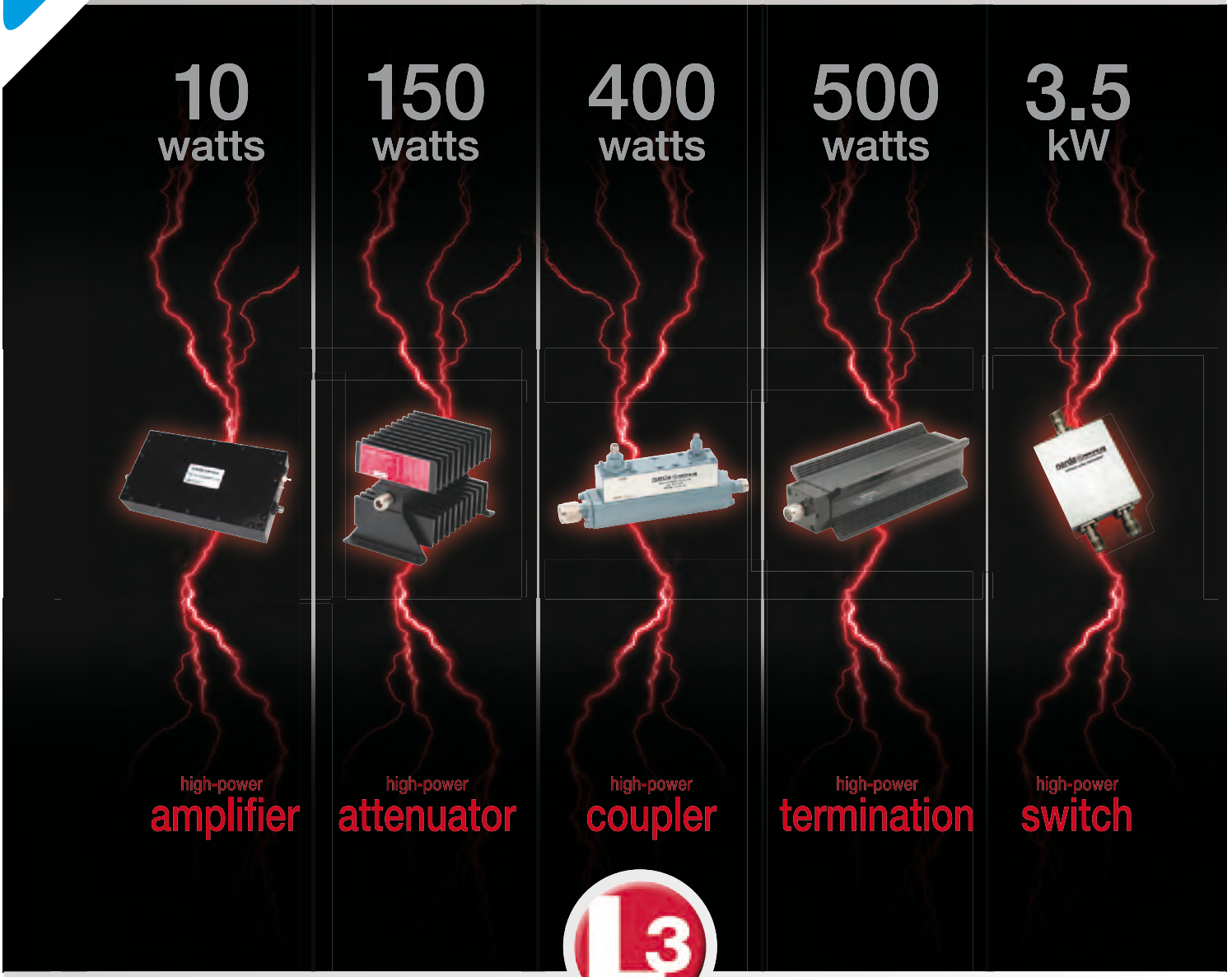
wenn Qualität benötigt wird

Fax: +49-89-3548-0490
Telefon: +49-89-3548-040
Email: pvn@Spectrum-et.de
www.Spectrum-et.com

Verkaufsing

L-3 NARDA-MITEQ...

YOUR ULTIMATE POWER SOURCE



narda MITEQ

Your Source for High-Power Microwave and RF Components

L-3 Narda-MITEQ offers the most extensive line of standard catalog high-power microwave and RF components today. With over 60 years of technological innovation and expertise, L-3 Narda-MITEQ can modify or customize a unique high-power solution to meet any specific requirements you may have. So count on L-3 Narda-MITEQ – *your best resource for high-power components.*

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