NEUES

202/10

ROHDE&SCHWARZ

Einzigartig am Markt:

Echtzeit-Spektrumanalysator und vollwertiger Spektrum- und Signalanalysator in einem Gerät – nichts bleibt ihm verborgen, auch nicht seltene oder ultrakurze Einzelereignisse

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Spitze in jeder Hinsicht: 40-GHz-Breitband-Leistungssensoren für universelle Anwendungen

RUNDFUNK

Qualität digitaler TV-Signale überwachen – unkompliziert und preisattraktiv

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

Nachfolger: Schneller digitaler Verkehrspeiler löst weltweit bewährte Dopplerpeilerfamilie ab

Impressum

Herausgeber: Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG
Mühldorfstraße 15 · 81671 München
Postfach 801469 · 81614 München
Support-Center: Tel. +49 89 4129 123 45
E-Mail: customersupport@rohde-schwarz.com
Fax +49 89 4129 137 77
www.rohde-schwarz.com

Redaktion und Layout: Redaktion Drexl&Knobloch GmbH (München)
Fotos: Rohde&Schwarz
Printed in Germany
50. Jahrgang; Auflage 75000 (deutsch, englisch, französisch, spanisch und japanisch)
Erscheinungsweise: ca. zweimal pro Jahr
ISSN 0548-3093
Bezug kostenlos über die Rohde&Schwarz-Vertretungen
Nachdruck mit Quellenangabe und gegen Beleg gern gestattet.

PD 5214.3775.71

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG. Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer. CDMA2000® ist eingetragenes Warenzeichen der Telecommunications Industry Association (TIA USA). Die Bluetooth®-Wortmarke und -Logos sind Eigentum von Bluetooth SIG, Inc., und ihre Verwendung ist für Rohde&Schwarz lizenziert. „WiMAX Forum" ist ein eingetragenes Warenzeichen des WiMAX-Forums. „WiMAX", das WiMAX-Forum-Logo, „WiMAX Forum Certified" sowie das WiMAX-Forum-Certified-Logo sind Warenzeichen des WiMAX-Forums. Alle anderen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Besitzer.

Titelthema

„Die Suche nach Ursachen sporadischer Fehler ist mit einem herkömmlichen gesweepten Spektrumanalysator oft zeitraubend und aufwendig. Hier hilft ein Echtzeit-Spektrumanalysator enorm. Unser Ziel war es, die Vorzüge beider Analyseverfahren in einem Gerät anzubieten“ – so Josef Wolf, Leiter des Fachgebiets Spektrumanalysatoren.

Dass diese weltweit erste Integration eines Echtzeit-Spektrumanalysators und eines vollwertigen Spektrum- und Signalanalysators in ein Gerät rundum gelungen ist, zeigt der Artikel ab Seite 14. Vom Messen ohne Blindzeiten mit diesem Doppeltalent profitieren Entwickler von HF-Komponenten für kommerzielle Übertragungssysteme wie LTE, WiMAX™, WLAN, Bluetooth® oder RFID sowie für allgemeine HF-Anwendungen wie Radar oder Frequenzsprung-Übertragungsverfahren.

Überblick
NEUES 202/10

Nicht im Heft abgedruckte Artikel finden Sie in Deutsch, Englisch, Französisch und Spanisch als PDF-Datei unter der Internet-Adresse **http://www.newsmag.rohde-schwarz.com**.

WIRELESS-TECHNOLOGIEN

Konformitäts-Testsysteme

■ **Testsystem-Familie R&S®TS8980 für LTE und WCDMA/HSPA+**

Mit den neuen skalierbaren HF-Conformance-Testsystemen R&S®TS8980 für LTE und WCDMA/HSPA+ ebnet Rohde&Schwarz seinen Kunden den Weg von der Konzeption von Broadband-Wireless-Endgeräten bis zu deren schnellstmöglicher Markteinführung. Durch extrem hohe Flexibilität in der Konfigurier- und Skalierbarkeit sind sie einfach und schnell an individuelle Anforderungen angepasst.
.....PDF-Datei **N202_TS8980_d**

Das Testsystem R&S®TS8980FTA.

Signalgeneratoren / -analysatoren

■ **Schnittstellenmodul R&S®EX-IQ-Box**

Umfassende Messungen an Basisstations-Modulen über die CPRI™-Schnittstelle..... **Seite 6**

Tester

■ **R&S®CMW500 / R&S®CMW270**

Kurze Testzeiten bei WLAN-MIMO-Sendermessungen in der Produktion..... **Seite 9**
Ausführliche Fassung (4 Seiten)
..PDF-Datei **N202_CMW500_WLAN_d**

■ **GSM-Erweiterungen EDGE Evolution und VAMOS für den R&S®CMW500**

Der R&S®CMW500 beherrscht nun die beiden Erweiterungen des GSM-Standards: EDGE Evolution und VAMOS. Er simuliert entsprechende Basisstationen und führt die notwendigen Messungen aus. Dabei unterstützt er sämtliche Empfängertests wie BER, FER, BLER für EDGE Evolution und VAMOS sowie Sendertests für EDGE Evolution.
... PDF-Datei **N202_CMW500_EDGE_d**

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Datenrekorder

■ **I/Q-Datenrekorder R&S®IQR**

Digitale I/Q-Daten in Echtzeit aufnehmen und wiedergeben ..... **Seite 11**

Spektrum- / Signalanalysatoren

■ **Echtzeit-Spektrumanalysator R&S®FSVR**

Nichts bleibt ihm verborgen.... **Seite 14**

Oszilloskope

■ **R&S®RTO**

Fehler schnell gefunden und analysiert – dank minimierter Blindzeiten... **Seite 18**

Leistungs- / Spannungsmesser

■ **Leistungsmessköpfe R&S®NRP-Z85 und R&S®NRP-Z86**

40-GHz-Breitband-Leistungssensoren für universelle Anwendungen..... **Seite 22**

Testsysteme

■ **Offene Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP**

Module mit terminierten HF-Relais für die R&S®OSP ..... **Seite 24**
Ausführliche Fassung (4 Seiten)
.....PDF-Datei **N202_OSP_d**

EMV / FELDSTÄRKE

Signalgeneratoren

■ **Stimulussignale für EMV-Messungen an Fernsehgeräten – kostengünstig erzeugt**

Für Störaussendung und Störfestigkeit sind in internationalen Normen strenge Grenzwerte definiert, damit sich elektronische Geräte nicht gegenseitig beeinflussen. Während der relevanten EMV-Messungen müssen die Schnittstellen der Endgeräte mit definierten Stimulussignalen versorgt werden. Diese Signale können kostengünstige Signalgeneratoren von Rohde&Schwarz mit neuen Optionen normgerecht erzeugen.
..... PDF-Datei **N202_EMV_d**

RUNDFUNK

Broadcast-Monitoring-Systeme

■ **DTV-Monitoring-Systeme R&S®DVMS**

Qualität digitaler TV-Signale überwachen – unkompliziert und preisattraktiv..... **Seite 26**

TV-Analysatoren

■ **R&S®ETL**

Analysieren von DVB-T2-Signalen in Echtzeit..... **Seite 30**

Systemtechnik Sender

■ **ATSC-M/H Emission Multiplexer R&S®AEM100**

Multiplexer sichert den problemlosen Einstieg in ATSC Mobile DTV
..... **Seite 32**

Fernseh- / Hörfunksender

■ **Kompakte Senderfamilie R&S®SCx8000**

Jetzt auch für VHF und L-Band ..... **Seite 35**

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

Empfänger

■ **Breitbandüberwachungsempfänger R&S®ESMD**

Das Spektrum in neuem Licht – mit Breitband-Optionen zum R&S®ESMD..... **Seite 36**

Peiler

■ **Digitaler Verkehrspeiler R&S®DDF04E**

Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung: Peiler R&S®DDF04E löst R&S®PA100 ab..... **Seite 39**

WEITERE RUBRIKEN

■ **Impressum**.....**Seite 2**

■ **Kurznachrichten**..... **Seite 42**

Umfassende Messungen an Basisstations-Modulen über die CPRI™-Schnittstelle

Mit neuen Optionen für das digitale Schnittstellenmodul R&S®EX-IQ-Box sind umfassende Messungen an HF- und Basisband-Modulen von Basisstationen über die CPRI™-Schnittstelle durchführbar.

Digitale Schnittstellen im Trend

Wie in vielen anderen Bereichen, so werden auch im Mobilfunk zunehmend digitale Schnittstellen eingesetzt. Anstatt mit analogen I/Q-Signalen kommunizieren Basisband- und HF-Module von Basisstationen mittels digitaler Basisbandsignale. Insbesondere Mobilfunk-Netzbetreiber fordern, Basisstations-Module verschiedener Hersteller kombinieren zu können, um nicht komplett von einem Lieferanten abhängig zu sein. Die Schnittstellen müssen also standardisiert sein.

Mit dem Standard CPRI (Common Public Radio Interface) wird versucht, eine einheitliche Plattform für die digitale Kommunikation zwischen Basisband und HF zu schaffen. Er definiert die Schnittstelle zwischen dem Basisbandteil einer Basisstation (dem REC – Radio Equipment Control) und dem HF-Teil (dem RE – Radio Equipment). Mit dem Trend zu digitalen Schnittstellen entstehen auch neue Anforderungen an Messverfahren und Messtechnik für Basisstationen. Denn nun sind RE und REC unabhängig voneinander zu testen, da ein RE mit jedem REC und umgekehrt zu funktionieren hat. Die verwendete Messtechnik muss dazu geeignete Testsignale über die CPRI™-Schnittstelle an das Messobjekt senden bzw. sie von diesem empfangen können.

R&S®EX-IQ-Box – die universelle I/Q-Schnittstelle

Die R&S®EX-IQ-Box* stellt vielseitige digitale Basisbandeingänge- und -ausgänge für Messgeräte von Rohde&Schwarz zur Verfügung, z. B. für die Vektorsignalgeneratoren R&S®SMU200A, R&S®SMBV100A und die Signal- und Spektrumanalysatoren R&S®FSQ und R&S®FSV. Mit neuen Optionen kann die Box nun – zusammen mit diesen Messgeräten oder auch selbstständig – Tests an Basisstations-Modulen über die CPRI™-Schnittstelle durchführen. Die erforderliche Hardware steht als CPRI™-konformes Breakout Board mit der Option R&S®EXBOX-B85 bereit. Die Optionen R&S®EXBOX-K10 und -K11 beinhalten die Funktionalität, die zum Testen von REs bzw. RECs erforderlich ist. Derzeit unterstützt die R&S®EX-IQ-Box den CPRI™-Standard Version 4.0 mit Line Bit Rates bis 3072 Mbit/s. Es stehen fertige Schnittstellen-Settings für die von CPRI™ primär unterstützten Standards 3GPP FDD / HSPA / HSPA+, 3GPP LTE und WiMAX™ zur Verfügung. Die Box erlaubt aber auch nutzerdefinierte Konfigurationen, was den Anwendern maximale Flexibilität an die Hand gibt.

* Vielseitig konfigurierbare, bidirektionale digitale I/Q-Schnittstelle. NEUES (2008) Nr. 196, S. 28–30.

Messungen am CPRI™ RE

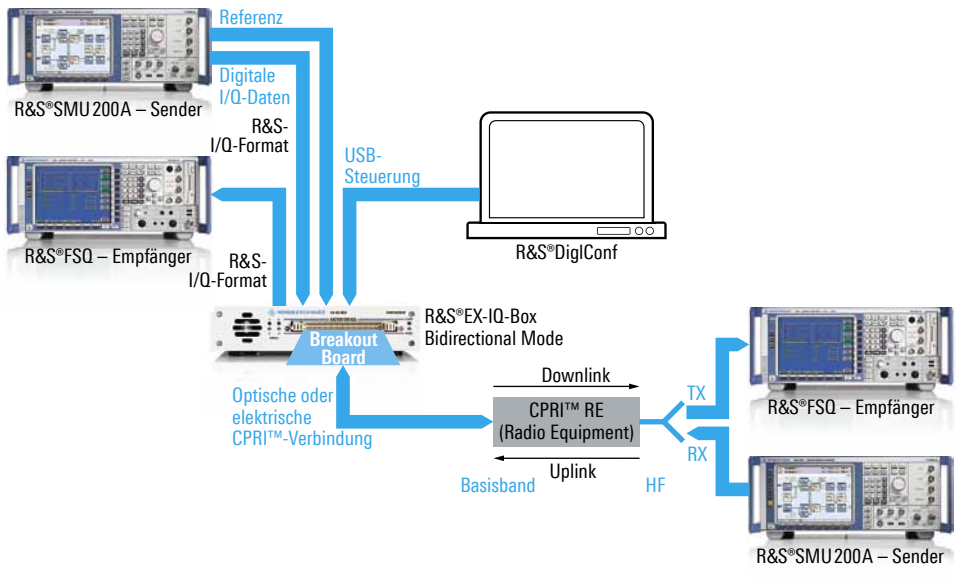


BILD 1 Messaufbau für Tests am CPRI™ Radio Equipment: voll duplexfähig, Uplink und Downlink können simultan oder nacheinander getestet werden.

Tests am RE

BILD 1 zeigt den Messaufbau für umfassende Tests am RE, bestehend aus einer R&S®EX-IQ-Box mit entsprechenden Optionen für CPRI™ sowie aus Vektorsignalgeneratoren (R&S®SMU200A) und Signalanalysatoren (R&S®FSQ) mit Optionen zum Erzeugen und Analysieren der Basisband- oder HF-Signale. Damit kann man beispielsweise Sendertests am RE (Downlink-Richtung) auf die gleiche Weise durchführen wie an einer kompletten Basisstation. Der Basisbandteil des Generators erzeugt die erforderlichen digitalen I/Q-Signale, spielt also die Rolle eines „idealen" REC. Die R&S®EX-IQ-Box fungiert als CPRI™-Schnittstelle des REC und sendet die I/Q-Daten vom Generator, eingebettet in das CPRI™-Protokoll und zusammen mit den nötigen CPRI™-Kontrolldaten, an das RE.

Alle Parameter der Box sind bequem über die PC-Software R&S®DigIConf einstellbar (BILD 2). Die Software ist in gleicher Weise wie die Messgeräte über ein LAN fernsteuerbar, sodass das gesamte System in existierende Testumgebungen eingebettet werden kann. Die Qualität der vom RE ausgegebenen HF-Signale lässt sich dann, auf die gleiche Weise wie bei einer kompletten Basisstation, mit einem geeigneten Signalanalysator wie dem R&S®FSQ messen.

Für Tests im Uplink sendet der Generator R&S®SMU200A HF-Testsignale an den RX-Port des RE. Die resultierenden digitalen I/Q-Signale werden vom RE über die CPRI™-Schnittstelle an die R&S®EX-IQ-Box gesendet. Der Signalanalysator ist über seine optionale digitale Basisbandschnittstelle mit der Box verbunden und analysiert die I/Q-Signale. Über Messgrößen wie Noise Figure oder EVM lässt sich so die Performance des RE ermitteln.

Der große Vorteil dieses Konzeptes ist, dass die gleichen Messgeräte – und weitgehend auch die gleichen Messverfahren – verwendet werden können, wie sie auch beim Test der gesamten Basisstation zum Einsatz kommen. Das erspart

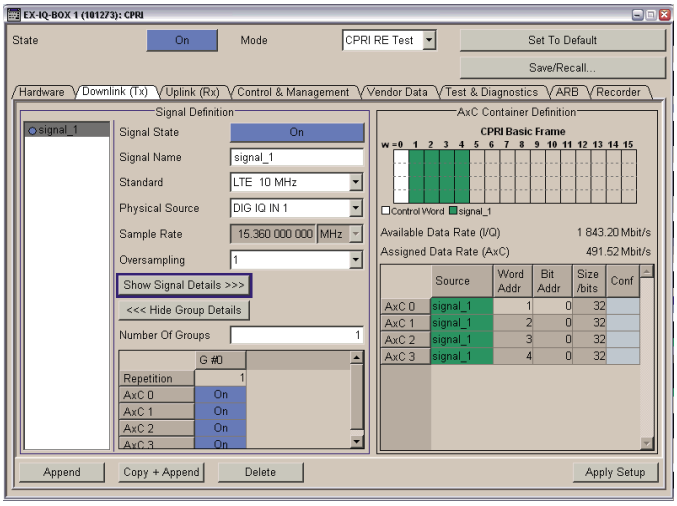


BILD 2 CPRI™-Menü der Software R&S®DigIConf. Alle Parameter der R&S®EX-IQ-Box lassen sich damit komfortabel einstellen.

in vielen Fällen teure Neuinvestitionen. Außerdem werden so Messungen an den Modulen und an der gesamten Basisstation besser vergleichbar – was die Optimierung des DUT und die Fehlerbeseitigung erheblich beschleunigen kann.

Zudem können Anwender den Messaufbau genau auf ihre Anforderungen zuschneiden, indem sie einfach die passenden Geräte von Rohde&Schwarz auswählen. Der gezeigte Messaufbau ist voll duplex-fähig, es können also Up- und Downlink simultan getestet werden. Falls nur eine Richtung benötigt wird, oder Uplink und Downlink nacheinander getestet werden, kommt man mit einem Generator- / Analysator-Paar aus. Ist die Performance der High-End-Geräte R&S®FSQ und R&S®SMU200A so nicht erforderlich, kann man diese auch durch die kostengünstigeren R&S®FSV beziehungsweise R&S®SMJ100A oder R&S®SMBV100A ersetzen.

Test am CPRI™ RE im Downlink

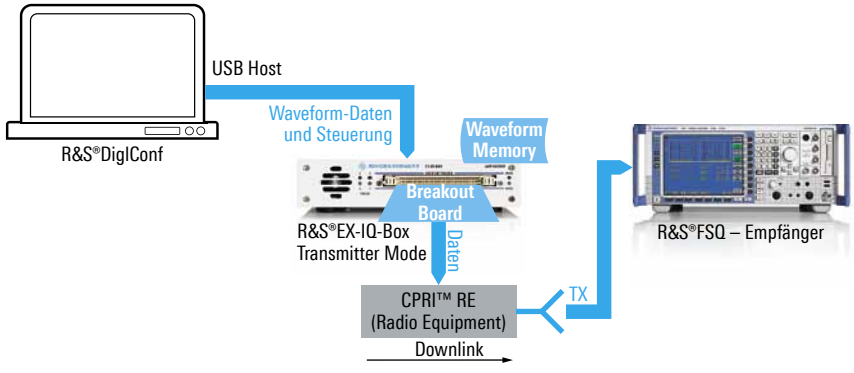


BILD 3 Reduzierter Messaufbau für Tests am CPRI™ Radio Equipment in Downlink-Richtung. Die R&S®EX-IQ-Box stellt die erforderlichen I/Q-Signale mit Hilfe ihres eingebauten ARBs zur Verfügung.

Messaufbau für Tests am CPRI™ REC

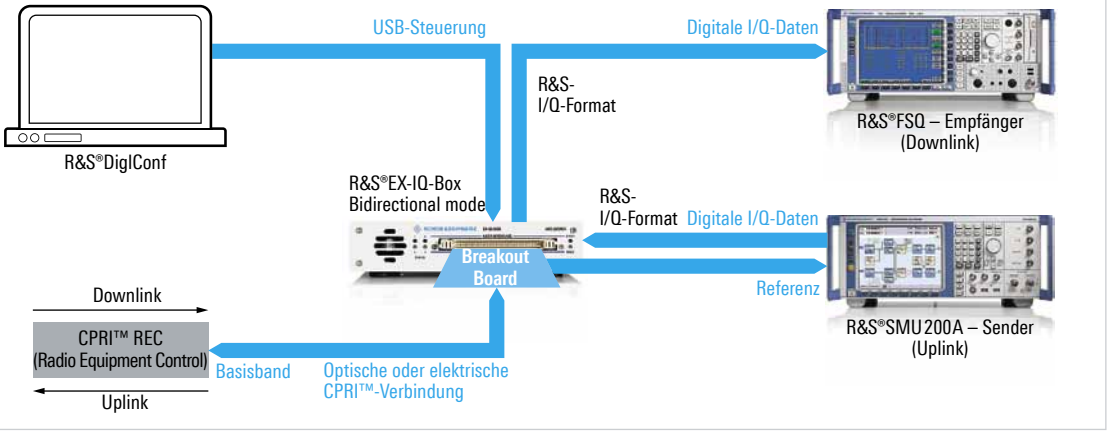


BILD 4 Messaufbau für Tests am CPRI™ Radio Equipment Control.

Optionaler ARB-Generator

Falls nur in Downlink-Richtung getestet werden muss, kann man eventuell sogar ganz auf einen Signalgenerator verzichten, da die Arbitrary(ARB)-Waveform-Generator-Option R&S®EXBOX-K90 zur R&S®EX-IQ-Box selbst digitale I/Q-Signale erzeugt. Außerdem wird sie von der Simulationssoftware R&S®WinIQSIM2™ unterstützt. Zusammen mit den Optionen R&S®EXBOX-K240 bis -K259 können damit schnell und komfortabel digitale I/Q-Signale für alle wichtigen Mobilfunkstandards erzeugt werden (BILD 3).

Der ARB-Waveform-Generator der R&S®EX-IQ-Box ist auch für komplexe Signalszenarien einsetzbar. Die Option Multi Waveform Playback (R&S®EXBOX-K91) gibt bis zu vier Waveforms simultan aus. Damit können zum Beispiel bis zu vier TX-Signale für den Test von REs mit Sende-Diversität, d.h. mehreren Sendeantennen, erzeugt und über die CPRI™-Schnittstelle an den RE übertragen werden. Eine weitere Anwendung ist der Test von modernen Multistandard-Basisstationen, wobei Signale verschiedener Standards simultan über ein- und dieselbe CPRI™-Schnittstelle übertragen werden. Mit der Recorder-Option R&S®EXBOX-K94 kann der Anwender überdies vom DUT eingehende I/Q-Signale aufzeichnen und an den Steuer-PC transferieren, sodass die Signale für eigene Auswertungen zur Verfügung stehen.

Tests am REC

Auch bei Tests am REC spielt das Konzept von Rohde&Schwarz seine Vorteile aus. BILD 4 zeigt einen entsprechenden Messaufbau. Der bei Basisstationstests vielfach bewährte Signalgenerator R&S®SMU200A stellt die Signale zum Test des REC-Empfängers zur Verfügung, in diesem Fall nicht als HF-Signale, sondern als digitale I/Q-Signale. Die R&S®EX-IQ-Box agiert dabei als CPRI™-Schnittstelle eines RE und gibt die Signale aus dem Generator an den Empfänger des REC. Der R&S®SMU200A bietet nicht nur Optionen für alle wichtigen digitalen Kommunikationsstandards wie 3GPP FDD / HSPA / HSPA+, 3GPP LTE FDD und TDD, WiMAX™, TD-SCDMA und CDMA2000®, sondern auch herausragende Signalverarbeitungs- und Echtzeitfähigkeiten wie Fading, MIMO oder HARQ-Feedback. Alle diese Funktionen sind so auch gewinnbringend für REC-Tests nutzbar. Für Tests im Downlink kann die R&S®EX-IQ-Box die Sendesignale des REC mit der Recorder-Option aufzeichnen oder an den Basisbandeingang eines R&S®FSQ oder R&S®FSV senden, und dessen umfangreiche Fähigkeiten zur Signalanalyse nutzen.

Fazit

Mit den neuen Optionen für das digitale Schnittstellenmodul R&S®EX-IQ-Box sind vielseitige Tests an Basisband- und HF-Modulen über die CPRI™-Schnittstelle durchführbar. Die Box kann sowohl zusammen mit Vektorsignalgeneratoren und Signalanalysatoren von Rohde&Schwarz als auch selbstständig eingesetzt werden und ermöglicht die umfassende Charakterisierung von REs und RECs.

Dr. René Desquiotz

Optionen zur R&S®EX-IQ-Box für CPRI™

R&S®EXBOX-B85	CPRI Breakout Board
R&S®EXBOX-K10	CPRI RE Test
R&S®EXBOX-K11	CPRI REC Test
R&S®EXBOX-K90	Waveform Memory
R&S®EXBOX-K91	Multi Waveform Playback
R&S®EXBOX-K94	Recording Memory
R&S®EXBOX-K240 bis -K259	Digitale Standards wie 3GPP FDD / HSPA / HSPA+, 3GPP LTE, CDMA2000® etc.

Kurze Testzeiten bei WLAN-MIMO-Sendermessungen in der Produktion

Die WLAN-Technik nutzt zur Steigerung der Übertragungsrate neben den herkömmlichen Ressourcen Bandbreite, Zeit und Codierung auch den (Funk-)Raum als Teil der Luftschnittstelle. Dies setzt mehrere Antennen auf Sende- und Empfangsseite voraus – komplexe Systeme mit eigenen Testanforderungen. Die Option R&S®CMW-KM652 zu den Testern R&S®CMW500 / R&S®CMW270 deckt diese Tests in der Produktion umfassend ab, zusätzliche Hardware ist nicht erforderlich.

Messanforderungen in Entwicklung und Produktion unterschiedlich

Bei WLAN-MIMO-Geräten sind sowohl die herkömmlichen Sendereigenschaften als auch die MIMO-spezifischen Parameter zu überprüfen (Grundlagen zu WLAN und MIMO siehe Kasten Seite 10). Abhängig von der gewünschten Messtiefe sind dafür ein oder mehrere Vektor-Signalanalysatoren und Vektor-Signalgeneratoren bzw. ein Funkmessplatz mit einem oder mehreren Kanälen erforderlich.

Durch den Einsatz mehrerer Analysatoren und Generatoren können während der Entwicklung und des Designs von WLAN-MIMO-Geräten neben Leistungs- und Spektrumsmessungen auch die Sendereigenschaften wie Error Vector Magnitude (EVM), Trägerfrequenz-Offset, Carrier Leakage und Spectral Flatness gemessen sowie MIMO-spezifische Parameter ermittelt werden. Letztere sind beispielsweise das Kanalübersprechen bzw. die Isolierung, die während der zeitgleichen Übertragung über mehrere Sendeantennen vorherrscht und sich in den einzelnen Elementen der Kanalmatrix H widerspiegeln.

Dieser mit entsprechenden Kosten verbundene Geräteaufwand ist für die Entwicklung angemessen, für die speziellen Anforderungen in der Produktion jedoch nicht erforderlich. Berücksichtigt man Testzeit, Anschaffungskosten und notwendige Messtiefe, so zeigt sich, dass hier der Einsatz eines einkanaligen Messgeräts schon ausreicht. Denn in der Produktion wird in erster Linie verifiziert, ob die gesendeten Signale die relevanten Standards einhalten und die physikalischen Eigenschaften innerhalb der spezifizierten Grenzen liegen, die den reibungslosen Betrieb sicherstellen.

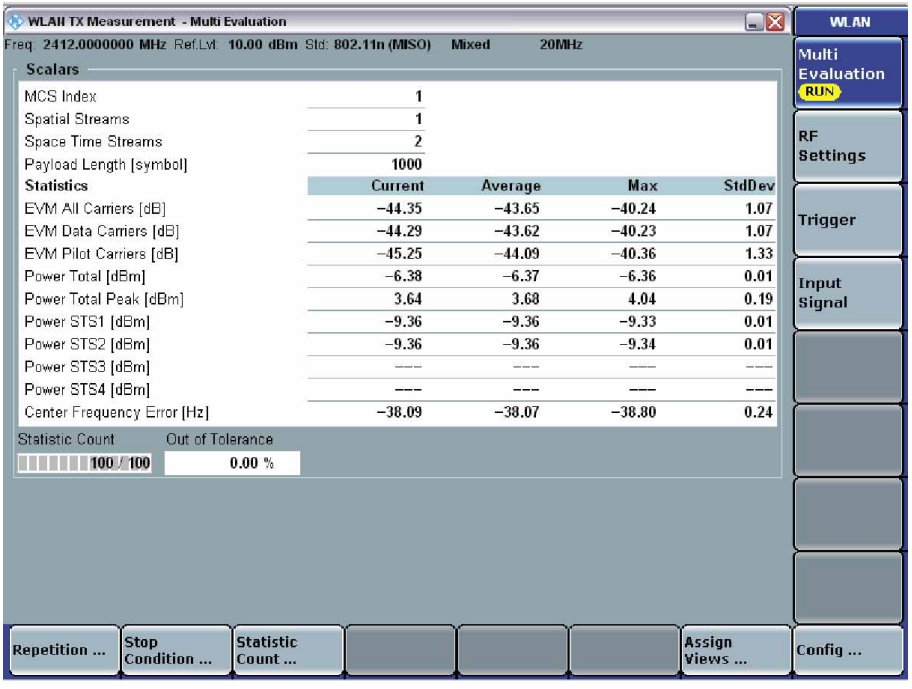


BILD 1 Mit nur einer Messung ermittelt die Option R&S®CMW-KM652 aus dem Summensignal der maximal vier Sendeantennen alle für die Produktion notwendigen TX-Messwerte. Dies sind neben EVM und Trägerfrequenz-Offset auch die Ausgangsleistung aller Space Time Streams. Dadurch sind in der Fertigung beispielsweise etwaige Mängel bei der Antennenkontaktierung sofort erkennbar.

Maßgeschneiderte Option für die Produktion

Die Option R&S®CMW-KM652 (BILD 1) ermöglicht Vielfach-Sendermessungen an WLAN-MIMO-Geräten mit einem einkanaligen Tester R&S®CMW500 bzw. R&S®CMW270. Selbst der Maximalausbau mit gleichzeitigem Betrieb von bis zu vier Sendeantennen lässt sich damit prüfen. Dazu werten die Tester das Summensignal aus, das aus verschiedenen Sendesignalen entsteht, beispielsweise bei der Übertragung über die Luftschnittstelle oder durch den Einsatz eines Power Combiners. Die Messtiefe und die ermittelten Ergebnisse sind dabei auf die Anforderungen in der Produktion abgestimmt.

Entscheidend für den erfolgreichen MIMO-Betrieb ist u.a. die gleichmäßige Verteilung der Gesamtsignalleistung auf alle Sendeantennen. Grundvoraussetzung dafür ist, dass in der Fertigung alle Sendeantennen korrekt kontaktiert und eingebaut sind. Die Option R&S®CMW-KM652 kann etwaige Mängel bei der Antennenkontaktierung aufdecken und die Leistung aller Sendeantennen bestimmen. Zusätzlich berechnet sie den Center Frequency Error und den EVM-Wert der Pilotsequenzen. Bei 2×1 MIMO (= MISO; Multiple Input Single Output) wird der zu übertragende Datenstrom bei Sende-Diversität unter Anwendung des Alamouti-Verfahrens gleichzeitig über zwei Sendeantennen ausgestrahlt. In diesem Fall liefert die Option R&S®CMW-KM652 EVM-Messwerte, die nicht nur die Piloten, sondern das gesamte OFDM-Signal inklusive aller Datenträger einschließt.

Composite EVM

In der Produktion ist besonders die Modulationsgenauigkeit des Gesamtsignals von Interesse. Die EVM-Messung fasst Amplituden- und Phasenfehler zusammen und ist generell ein guter Indikator für die Signalqualität eines Senders. Die sogenannte Composite-EVM-Messung mit der Option R&S®CMW-KM652 bezieht sich auf das Summensignal aller gleichzeitig empfangenen Sender und nicht speziell auf einen einzelnen. Sie ist praxisbezogen, für die Produktion optimiert und gewährleistet kurze Testdurchlaufzeiten.

Fazit

Dank der sehr kurzen Testzeit und guten Testabdeckung ist die Option R&S®CMW-KM652 bestens auf die Messanforderungen an Sender von WLAN-MIMO-Geräten in der Produktion abgestimmt – und insgesamt preisgünstig, denn zusätzliche Hardware ist nicht erforderlich.

Thomas A. Kneidel

Unter der Internet-Adresse
http://www.newsmag.rohde-schwarz.com
ist dieser Artikel als PDF-Datei mit einer ausführlicheren Version der Grundlagen im Kasten unten (zwei Seiten zusätzlich) verfügbar.

Grundlagen WLAN und MIMO

Mehrwegeausbreitung

Die WLAN-Technik nutzt Mehrwegeausbreitung zur Vergrößerung des Datendurchsatzes und zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses, wodurch sich die Datenrate und Übertragungsqualität steigern lassen, ohne dass die Bandbreite oder Sendeleistung vergrößert werden muss.

MIMO-Technik

Im Vergleich zu konventionellen SISO-Systemen (Single Input Single Output) mit nur einer Sende- und nur einer Empfangsantenne bringt die MIMO-Technik (Multiple Input Multiple Output) – bei der gleichzeitig mehrere Sende- und Empfangsantennen eingesetzt werden –, deutliche Gewinne. Ein MIMO-System mit M Sende- und N Empfangsantennen wird auch als M×N-System bezeichnet. Durch geeignete Gewichtung und Codierung werden die zu übertragenden Signale adaptiv an die jeweiligen Eigenschaften des Ausbreitungskanals angepasst und auf die Sendeantennen verteilt. Die Empfangsseite verarbeitet die Signale aus der Mehrwegeausbreitung so, dass das Übersprechen möglichst kompensiert, die Signale getrennt und die Datenübertragung im Idealfall fehlerfrei abläuft.

Mehrfachempfang

Gelingt es durch geeignete Anordnung und Konfiguration der Empfangsantennen, Signale auf unabhängigen Übertragungspfaden zu empfangen (BILD 2), dann sind gleichzeitige Fading-Einbrüche auf allen Kanälen unwahrscheinlich und können ggf. kompensiert werden.

Die über die verschiedenen Antennen empfangenen Signale werden gewichtet aufsummiert und zu einem Gesamtsignal kombiniert. Mit Hilfe des Verfahrens Maximum Ratio Combining ist dabei ein deutlich gesteigertes Signal/Rausch-Verhältnis erzielbar, das sich mit jedem zusätzlichen, unabhängigen Übertragungspfad weiter verbessert (BILD 3).

BILD 2 Im Idealfall werden über verschiedene Antennen Signale empfangen, die auf unterschiedlichen, möglichst unabhängigen Übertragungspfaden den Empfänger erreichen.

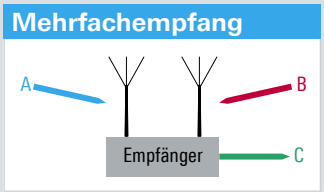
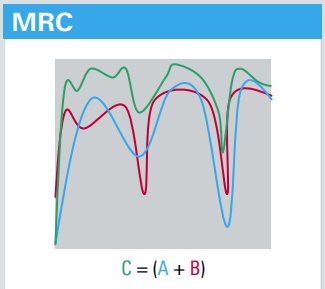


BILD 3 Maximum Ration Combining bei einem Empfänger mit zwei Antennen. Durch Summieren der empfangenen, möglichst unkorreliert gestörten Signale lassen sich Fading-Einbrüche meist kompensieren und damit die Empfangsqualität insgesamt verbessern.



Digitale I/Q-Daten in Echtzeit aufnehmen und wiedergeben

Der I/Q-Datenrekorder R&S®IQR kann in Verbindung mit zahlreichen Rohde&Schwarz-Geräten mit digitaler I/Q-Schnittstelle in Echtzeit I/Q-Daten aufnehmen und wiedergeben. Dies erschließt Nutzern dieser Geräte neue Einsatzgebiete, z. B. die mobile Datenerfassung sowie Anwendungen in Forschung und Entwicklung.

I/Q-Datenrekorder – vielfach einsetzbar

Digitale I/Q-Daten eignen sich durch ihren realen und imaginären Signalanteil zur vollständigen Beschreibung komplexer HF-Signale. Zahlreiche Rohde&Schwarz-Messgeräte haben für diese I/Q-Signale eine Schnittstelle, über die HF-Signale analysiert oder generiert sowie Mess- und Analyseergebnisse ausgegeben werden können. Der I/Q-Datenrekorder R&S®IQR (BILD 1) ist für die schnelle Aufnahme und Wiedergabe digitalisierter HF-Daten über diese Rohde&Schwarz-spezifische I/Q-Schnittstelle konzipiert. Er kann Stör- oder Testsignale bereitstellen, dient als Datenspeicher im mobilen Einsatz (Drive-Test), archiviert Daten von HF-Signalen in Echtzeit und kann aufgenommene I/Q-Signale wiedergeben. Die Einsatzgebiete sind z. B. Forschung und Entwicklung, mobile Datenerfassung von Mobilfunk- und Rundfunksignalen sowie militärische Anwendungen.

Kompakt und robust

Der kompakte Rekorder ist äußerst robust, sein System- und Arbeitsspeicher in Halbleitertechnik prädestinieren ihn für den mobilen Einsatz. Über den farbigen Touchscreen und die flache Menüstruktur ist er komfortabel zu bedienen. Je nach Anwendung wählt man den normalen oder den Expertenmodus. Softkeys simulieren die Tasten eines Rekorders für die Steuerung der Aufnahme und Wiedergabe von Hand. Selbstverständlich lässt sich der I/Q-Rekorder auch per LAN oder über externe Triggerereignisse fernsteuern.

Das I/Q-Ein- / Ausgabe-Modul im R&S®IQR konvertiert die I/Q-Datenströme, synchronisiert die Daten und steuert die Aufnahme bzw. Wiedergabe entsprechend den Triggerbedingungen. Das Design der digitalen I/Q-Schnittstelle und der internen Datenverarbeitung ist offen für Weiterentwicklungen hinsichtlich Datenrate und -breite.

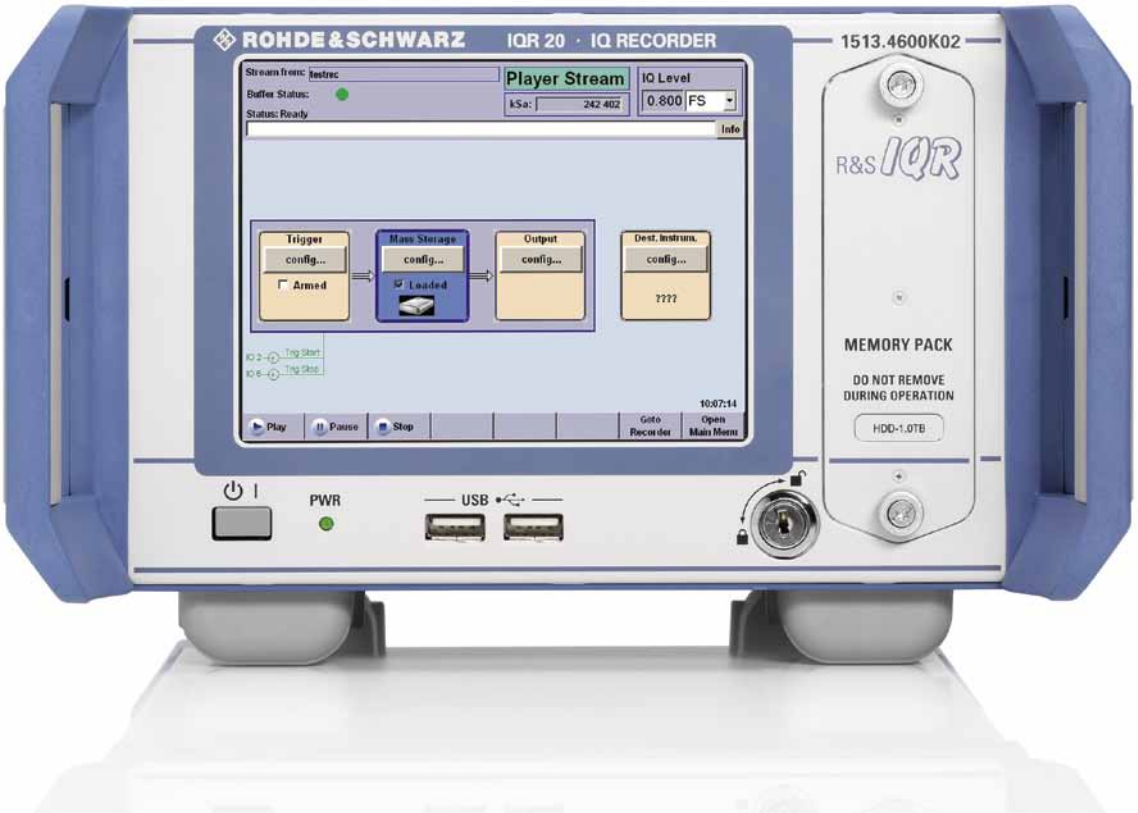


BILD 1 Der digitale I/Q-Datenrekorder R&S®IQR ermöglicht in Verbindung mit Rohde&Schwarz-Geräten mit digitaler I/Q-Schnittstelle neue Anwendungen im Bereich der HF-Datenspeicherung, -auswertung und -bereitstellung.

Das an der Frontseite herausnehmbare Speichermodul für die I/Q-Daten, das je nach Gerätemodell mit Festplatten- bzw. Halbleiterspeicher ausgestattet ist, erlaubt die einfache Handhabung großer Datenmengen, zeitraubendes Kopieren ist nicht erforderlich. Dies ist besonders für die mobile Datenerfassung und anschließende zentrale Auswertung von Nutzen.

Touchscreen-Bedienung und ausgefeilte Triggermöglichkeiten

Das Bedienkonzept unterscheidet zwischen dem Hauptmenü für Konfiguration und Selbsttest sowie dem Aufnahme- und Wiedergabemenü. Die unterschiedliche farbliche Gestaltung der Menüs für die Aufnahme- und Wiedergabesteuerung erleichtert die Orientierung der ansonsten ähnlich

R&S®IQR im Zusammenspiel mit anderen Geräten von Rohde&Schwarz

Stimulation von Prüflingen und Fehleranalyse mittels digitaler I/Q-Daten

Über das Schnittstellenmodul R&S®EX-IQ-Box – das digitale I/Q-Daten in das Rohde&Schwarz-spezifische I/Q-Datenformat konvertiert und umgekehrt – kann der R&S®IQR parallele oder serielle digitale I/Q-Daten in Echtzeit aufnehmen bzw. wiedergeben (BILD 2). Dadurch ist auch der Austausch kundenspezifischer digitaler I/Q-Daten möglich. Die im Rekorder gespeicherten I/Q-Daten eines Prüflings sind zur späteren Fehleranalyse verwendbar. Umgekehrt lassen sich im Rekorder generierte Datenströme über die R&S®EX-IQ-Box zum Stimulieren eines Prüflings einsetzen.

Aufnahme- und Wiedergabe von HF-Breitbandspektren für Tests an Rundfunkempfänger-Modulen

Für die Entwicklung von Rundfunkempfängern sind Tests unter realen Bedingungen unabdingbar. So können z. B. Hersteller in Asien ihre Geräte mit in Europa aufgenommenen Breitbandspektren unter „europäischen Standortbedingungen" testen. Dazu ist die Aufnahme entsprechender Rundfunksignale vor Ort erforderlich. BILD 3 zeigt als Beispiel ein in München aufgenommenes UKW-Spektrum. Solche Aufnahmen können stationär über einen längeren Zeitraum oder mobil während eines Fahrtests (Drive-Test) erfolgen.

Hervorragend geeignet als HF-Frontend für mobile Anwendungen bis 2 × 20 MHz Bandbreite ist der Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW, auch wegen seiner geringen Abmessungen und der 12 V Stromversorgung. Der über die digitale I/Q-Schnittstelle angeschlossene R&S®IQR speichert die vom R&S®TSMW empfangenen Daten in Echtzeit (BILD 4). Später kann der Rekorder die aufgenommenen Daten wiedergeben, die dann – beispielsweise moduliert durch den Broadcast Tester R&S®SFE – zum Parametrisieren oder Testen von Rundfunkmodulen verwendet werden.

Aufnahme / Wiedergabe digitaler I/Q-Daten

BILD 2 Aufnahme (rot) und Wiedergabe (grün) digitaler I/Q-Daten. Die R&S®EX-IQ-Box konvertiert die I/Q-Daten in das Rohde&Schwarz-spezifische Format.

UKW-Frequenzspektrum

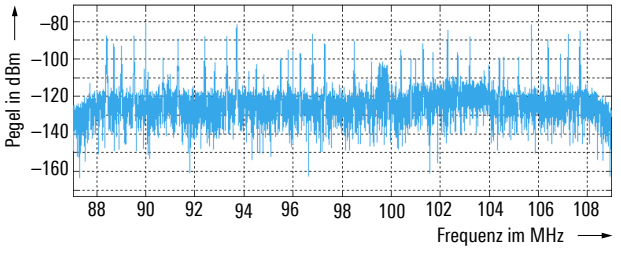


BILD 3 Aufgenommenes UKW-Breitband-Frequenzspektrum für den Test von Rundfunkempfänger-Modulen.

Aufnahme / Wiedergabe von HF-Spektren

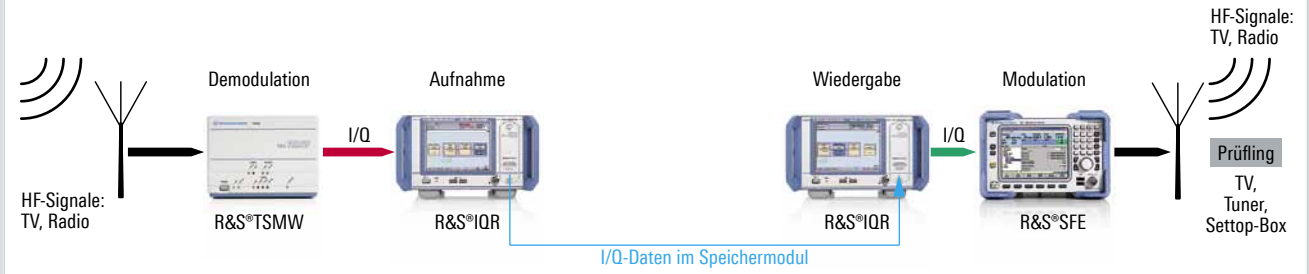


BILD 4 Örtlich getrennte Aufnahme und Wiedergabe von Broadcast-Signalen.

strukturierten Menüs. Das Informationsfeld zeigt Parameter wie Dateinamen, Sample-Rate und I/Q-Pegel. Über die Funktionsblöcke im mittleren Teil des Touchscreens definiert man z. B. die Triggerbedingungen und die Dateinamen.

Das umfangreiche Triggermenü bietet zahlreiche Steuerungsmöglichkeiten für den Start bzw. Stopp von Aufnahme und Wiedergabe. Je nach Triggerquelle stehen die Modi Kontinuierlich, Einmalig (Single) sowie Wiederholend (Retrigger) bereit. Es gibt folgende Triggervarianten:

- Triggerung auf I/Q-Pegel. Dies verhindert die Aufnahme nicht relevanter Daten
- Triggerung durch externe Signale an den BNC-Buchsen, z. B. in einem Versuchsaufbau
- Zeitliche Steuerung für die Aufnahme und Wiedergabe ohne Bedienpersonal
- Fernsteuerung per Ethernet zur Integration in Systeme
- Manuelle Steuerung für den einfachen direkten Zugriff über virtuelle Bedientasten

Rohde&Schwarz-spezifische digitale I/Q-Schnittstelle
Da es keine genormte digitale I/Q-Schnittstelle gibt, definierte Rohde&Schwarz eine proprietäre I/Q- und Info-Schnittstelle für den schnellen Datenaustausch von HF-Signalen zwischen Rohde&Schwarz-Geräten. Über die I/Q-Schnittstelle werden Enables, Samples, Trigger und Marker übertragen. Die Kommunikation der Geräte erfolgt über die Info-Schnittstelle, sie unterstützt die Einrichtung der angeschlossenen Geräte. Die Konvertierung paralleler oder serieller digitaler I/Q-Signale in das Rohde&Schwarz-Format kann die R&S®EX-IQ-Box übernehmen.

Modell	Datenspeicher	Erreichbare Datenrate
R&S®IQR20	R&S®IQR-B010, 1 TByte Festplatte	Max. 20 Msample/s, max. 80 MByte/s
R&S®IQR100	R&S®IQR-B110, 1 TByte Halbleiterspeicher	Max. 66 Msample/s, max. 270 MByte/s

BILD 5 Modelle des R&S®IQR mit den Speichermodulen.

Gerätemodelle und Speichermodule

Für die unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Datenrate und Einsatzgebiet stehen entsprechende Gerätemodelle und Speichermodule zur Verfügung (BILD 5):

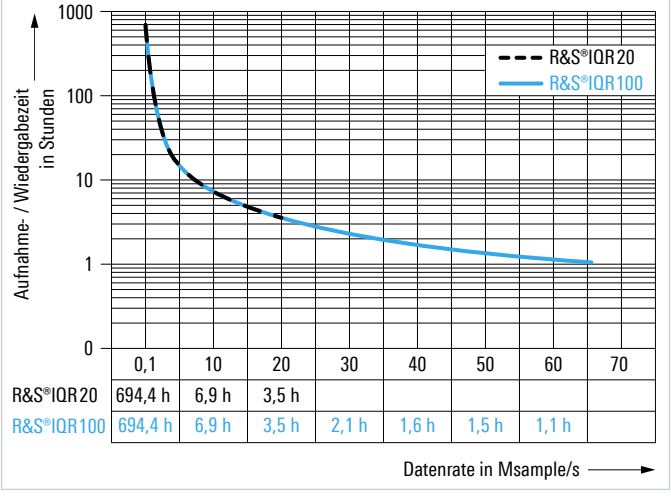
- Das Basisgerät R&S®IQR20 bietet Abtastraten bis 20 Msample/s bzw. eine max. Datenrate von 80 MByte/s und ist für den stationären Betrieb geeignet.
- Der R&S®IQR100 ist vorbereitet für Abtastraten bis 100 Msample/s. Mit den derzeit verfügbaren Halbleiter-Speichermodulen R&S®IQR-B110 sind 66,6 Msample/s bzw. Datenraten von 270 MByte/s erreichbar.

Die auf einem FPGA basierte Datenaufbereitung im I/Q-Ein- / Ausgabe-Modul ist für die Weiterentwicklung der I/Q-Schnittstelle bezüglich Datenbreite und Datenrate vorbereitet.

Mit zwei alternativen Speichermodulen sind die Rekorder kostengünstig für die jeweilige Anwendung konfigurierbar:

- Die preiswerteren Festplatten-Speichermodule R&S®IQR-B010 sind für den stationären Einsatz mit geringeren Datenraten bis 80 MByte/s geeignet und passen deshalb sehr gut zur Leistungsfähigkeit des R&S®IQR20.
- Die robusten Halbleiter-Speichermodule R&S®IQR-B110 bieten wesentlich höhere Datenraten und empfehlen sich für Anwendungen mit höheren Anforderungen an die mechanische Stabilität, wie es z. B. bei der mobilen Datenerfassung (Drive-Test) der Fall ist.

Aufnahmezeit versus Datenrate



Datenrate in Msample/s	0,1	10	20	30	40	50	60	70
R&S®IQR20	694,4 h	6,9 h	3,5 h					
R&S®IQR100	694,4 h	6,9 h	3,5 h	2,1 h	1,6 h	1,5 h	1,1 h	

BILD 6 Aufnahmezeit in Abhängigkeit von der Datenrate (Speichermodul 1 TByte, I/Q-Daten 32 bit).

Aufnahme- und Wiedergabezeiten

Entscheidend für die Einsetzbarkeit eines Aufnahme- / Wiedergabesystems ist neben der Bandbreite des Frontends die Datenrate und die nutzbare Aufnahmezeit. Letztere ist direkt abhängig von der verwendeten Abtastrate. So ist z. B. mit einem Speichermodul mit 1 TByte Kapazität die Aufnahme des gesamten UKW-Frequenzspektrums bei einer Bandbreite von 20 MHz über den Zeitraum bis zu drei Stunden möglich (BILD 6).

Fazit

Der digitale I/Q-Datenrekorder R&S®IQR ermöglicht in Verbindung mit Geräten mit digitaler I/Q-Schnittstelle von Rohde&Schwarz neue Anwendungen im Bereich der HF-Datenspeicherung, -auswertung und -bereitstellung.

Gert Heuer; Joachim Stegmaier

Nichts bleibt ihm verborgen: Echtzeit-Spektrumanalysator R&S®FSVR

Premiere: Mit dem R&S®FSVR kommt das erste Gerät auf den Markt, das einen vollwertigen Spektrum- und Signalanalysator mit einem Echtzeit-Spektrumanalysator vereint. Er misst das Frequenzspektrum ohne zeitliche Lücke und zeigt es mit einem Darstellbereich bis 40 MHz an. Auch seltene oder ultrakurze Einzelereignisse bleiben nicht verborgen, dafür sorgen die Spektrogramm-Darstellung und der Nachleuchtmodus. Mit seinem frequenzselektiven Trigger lassen sich sporadisch auftretende Signale im Spektrum sicher detektieren und untersuchen.

Echtzeit-Spektrumanalyse bis 40 GHz

Störungen durch sporadische und kurzzeitige Ereignisse im Frequenzbereich, spektrales Verhalten von Signalquellen bei Frequenzumschaltung oder Digitalschaltungen, die HF-Signale beeinflussen – das sind Probleme, die den mit Hochfrequenz befassten Entwicklern nur zu sehr bekannt sind. Die Fehlerursachen waren bisher meist schwer und nur mit viel Zeitaufwand zu finden. Mit dem R&S®FSVR (BILD 1) – der auf dem R&S®FSV* basiert – ist das nun vorbei, denn im Echtzeitbetrieb entgeht ihm nichts. In diesem Modus zeichnet er HF-Signale mit einer Bandbreite bis 40 MHz lückenlos im Zeitbereich auf, transformiert sie in den Frequenzbereich und stellt ihr Spektrum dar. Um eine hohe zeitliche Auflösung und damit entsprechend genaue Pegelmessungen auch an kurzzeitigen oder impulsartigen Signalen zu gewährleisten, lässt der Analysator die Zeitabschnitte für die Fast-Fourier-Transformation (FFT) um mindestens 80 Prozent überlappen. Da alle Daten ohne Unterbrechung verarbeitet werden, entgeht dem Anwender kein auch noch so kurzes Signal. Diese Echtzeit-Funktion steht mit dem R&S®FSVR erstmals bis zu einer Eingangsfrequenz von 40 GHz zur Verfügung, mit externen Mischern sogar bis 110 GHz.

BILD 1 Den Echtzeit-Spektrumanalysator R&S®FSVR gibt es in vier Modellen bis 7 GHz, 13 GHz, 30 GHz oder 40 GHz.

* Schnellster und genauester Mittelklasse-Signalanalysator. NEUES (2008) Nr. 197, S. 18–23.

Der Analysator digitalisiert das HF-Signal mit 100 MHz Abtastrate und transformiert es quasi in Echtzeit in den Frequenzbereich. Er berechnet dabei bis zu 250000 Spektren pro Sekunde. Da das menschliche Auge mit dieser Vielzahl überfordert ist, fasst er die Messdaten in einem Detektor zusammen und stellt das Ergebnis ca. 30 mal pro Sekunde am Bildschirm dar. Dies ist etwa die Bildwiederholrate, die das menschliche Auge noch verarbeiten kann. Der Spitzenwert-Detektor sorgt dafür, dass kein HF-Signal im beobachteten Frequenzbereich verloren geht und jedes während der Beobachtungszeit vorkommende Signal auch dargestellt wird.

Da der R&S®FSVR in dieser Betriebsart mehrere Spektren zu einer Messkurve zusammenfasst, verringert sich die zeitliche Auflösung deutlich. Um dennoch einen klaren Eindruck vom zeitlichen Verlauf zu bieten, ist der Analysator mit verschiedenen Darstell- und Messfunktionen ausgestattet.

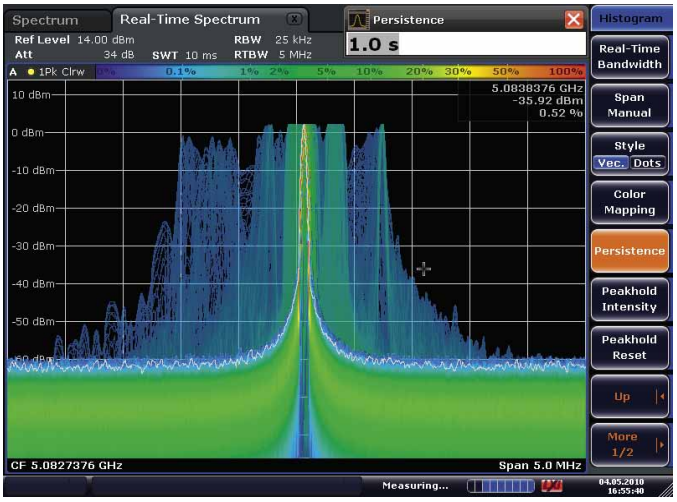


BILD 2 Das Einschwingverhalten eines VCOs für WLAN-Anwendungen im Nachleuchtmodus.

Nachleuchtmodus visualisiert Auftrittswahrscheinlichkeit von Signalen

Ein probates Mittel, um ultrakurzzeitige Signale sichtbar zu machen, ist der Nachleuchtmodus. Der R&S®FSVR schreibt die lückenlosen Spektren in einem Diagramm übereinander. Je nach Häufigkeit, mit der ein bestimmtes Signal mit einem Amplitudenwert auftritt, ändert er die Farbe des betreffenden Bildpunktes. Signale, die kontinuierlich vorhanden sind, stellt er beispielsweise in Rot, sehr seltene in Blau dar. Kommen bestimmte Signale nicht mehr vor, verschwinden sie nach der gewählten Nachleuchtzeit. Der Nachleuchtmodus stellt gewissermaßen ein spektrales Histogramm dar. Er ist eine unschlagbare Hilfe beim Untersuchen zeitlich veränderlicher Signale. Anwender sind nun zum Beispiel in der Lage, schnelle Einschwingvorgänge von PLLs zu analysieren. Die lückenlose Darstellung sämtlicher auftretender Frequenzen und Amplituden mit Wahrscheinlichkeitsgewichtung vermittelt einen völlig neuen Eindruck vom dynamischen Verhalten des Systems im Frequenzraum. Der Anwender sieht, ob bei einem Sender schnelle Frequenzsprünge vorkommen oder ob sich die Amplitude kurzzeitig stark verändert. Effekte wie diese können das Verhalten eines Gesamtsystems stark beeinflussen, sind aber mit konventionellen Analysatoren nur schwer zu detektieren.

BILD 2 zeigt eine typische Messung. Erst die Darstellung von sehr kurzzeitig vorhandenen Signalen gibt einen vollständigen Eindruck über den zeitlichen Verlauf der auftretenden Frequenzen und Amplituden im Frequenzraum. Außerdem kann man in dieser Darstellungsart sich überlagernde Signale trennen, wenn sie unterschiedliche Frequenz-Pegel-Wahrscheinlichkeiten haben – deren Ursache z. B. unterschiedliche Modulationsarten oder Symbolraten sein können (BILD 3).

BILD 3 Überlagerung eines WLAN- und Bluetooth®-Signals im ISM-Band. Der Nachleuchtmodus ermöglicht klares Identifizieren der unterschiedlichen Signale.

Spektrogrammfunktion zeichnet Spektren lückenlos auf

Der Nachleuchtmodus eröffnet Anwendern neue Möglichkeiten für die Fehleranalyse, da er unter anderem einen Eindruck vom zeitlichen Verlauf des Signals im Frequenzbereich vermittelt. Um den zeitlichen Verlauf genau zu erfassen, nutzt der R&S®FSVR die Spektrogrammfunktion. Dabei ordnet er der Signalamplitude eine Farbe zu, sodass eine horizontale Linie zur Darstellung des Spektrums ausreicht. Durch kontinuierliches Aneinanderreihen der horizontalen Linien entsteht das Spektrogramm. Es zeigt im Echtzeit-Betrieb lückenlos das Spektrum über der Zeit. In diesem Betriebsmodus kann der R&S®FSVR bis zu 10000 Messkurven pro Sekunde aufzeichnen, die er in einen Ringspeicher schreibt. Auch hier

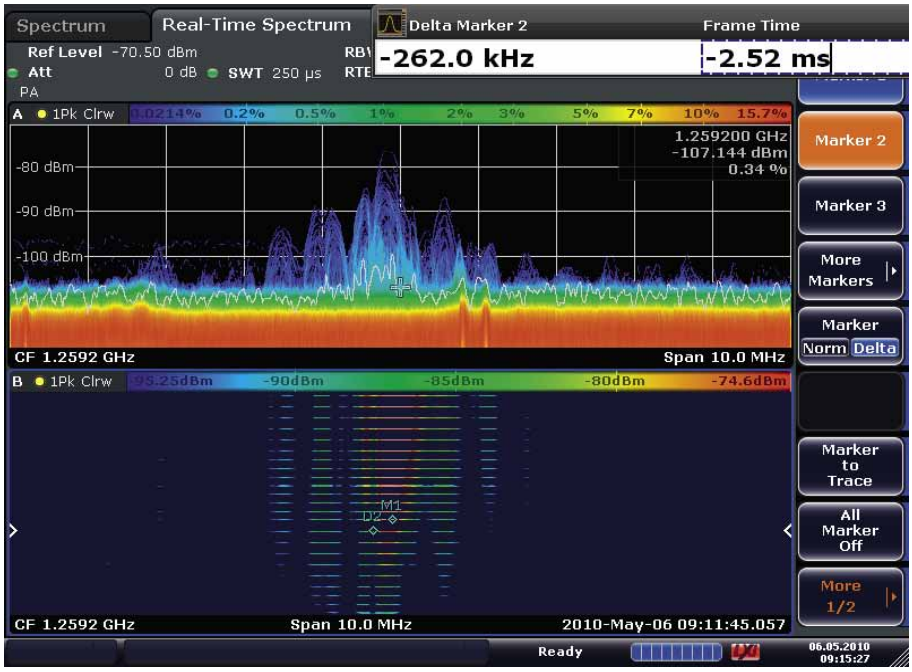


BILD 4 Signal eines Flughafen-Radars. Das Spektrogramm zeigt die gepulste Struktur des Signals und ermöglicht das Messen der Pulswiederholrate, in diesem Beispiel 2,5 ms.

verwendet er zur Datenreduktion für die Anzeige einen Detektor. Die Speichertiefe für das Spektrogramm umfasst bis zu 100000 Messkurven (Traces). Je nach gewählter Update-Rate kann man damit einen Zeitraum bis fünf Stunden messen.

Zur nachträglichen detaillierten Untersuchung stehen Marker zur Verfügung, die in der Zeit- und Frequenzachse bewegbar sind. Damit lassen sich z.B. die Dauer von Ereignissen oder Zeitabstände zwischen Ereignissen bei einer bestimmten Frequenz komfortabel messen (BILD 4). Frequenzbänder sind damit lückenlos und einfach zu überwachen. Dies ist auch für die Suche nach sporadisch auftretenden Störsignalen nützlich. Ebenso bei Funkübertragungen mit häufigen Frequenzwechseln, wie sie beispielsweise bei RFID- oder Bluetooth®-Anwendungen vorkommen, ist der R&S®FSVR ein unschätzbares Werkzeug, das Frequenzsprünge verfolgt und Sendereigenschaften charakterisiert. Die Suche nach sporadisch auftretenden Fehlern in der Frequenzaufbereitung von Sendern oder Störern aus Digitalschaltungen wird dadurch einfacher und die Suchzeit erheblich verkürzt.

Triggerung auf Ereignisse im Signalspektrum

Die mit dem Spektrogramm gesammelten Informationen können anschließend auch zur Definition eines Triggers im Spektralbereich genutzt werden. Dieser sogenannte Frequency Mask Trigger (FMT) reagiert auf Ereignisse im Spektrum. Der R&S®FSVR wertet jedes einzelne Spektrum – bis zu 250000 pro Sekunde – aus und vergleicht es mit einer definierten, frequenzabhängigen Maske. Verletzt eine Messkurve diese Maske, generiert er ein Triggerereignis, zeigt das aktuelle Spektrum an oder stellt die aufgezeichneten Daten zur Weiterverarbeitung, beispielsweise in einer Messapplikation, zur Verfügung. Damit analysiert der Analysator Einflüsse von Störsignalen bei HF-Sendern oder Frequenzwechsel sehr schnell und

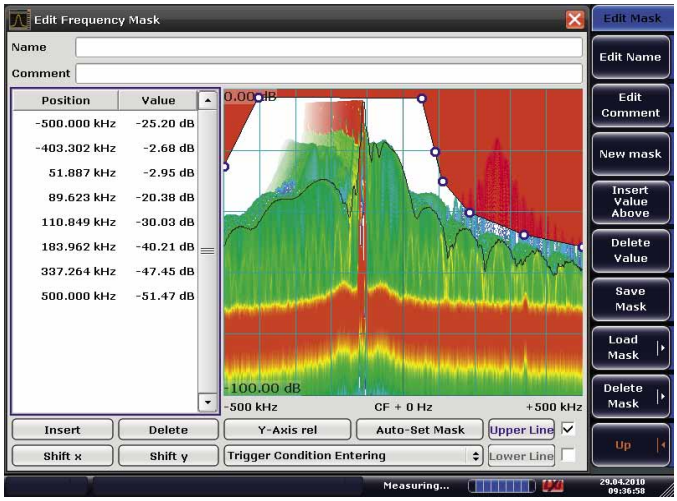


BILD 5 Eingabefenster für die Grenzwertlinie des Frequenzmaskentriggers (FMT). Die aktuelle Messkurve wird angezeigt und die einzelnen Punkte für die Grenzwertlinie können entweder eingegeben, am Bildschirm an die gewünschte Position geschoben oder automatisch angepasst werden. Der Anwender triggert hier auf ein Fehlersignal etwa 400 kHz oberhalb der eigentlichen Signalfrequenz einer gesweepten Quelle, das extrem kurz und somit von herkömmlichen Analysatoren schwer zu detektieren ist.

zielgerichtet. Über einen Triggerausgang kann er zudem auch andere Messgeräte bei einem bestimmten Frequenzereignis triggern, falls diese zur Fehleranalyse erforderlich sind.

Die Maske für den spektralen Trigger lässt sich komfortabel am Touchscreen des R&S®FSVR definieren, sie kann aber auch automatisch generiert werden. Übersichtliche Tabellen und Grafiken geben dem Anwender die Möglichkeit, die Maske schnell an neue Gegebenheiten anzupassen. BILD 5 gibt einen Eindruck davon, wie einfach und übersichtlich das Gerät zu bedienen ist. Außer einer oberen Grenzwertlinie lässt sich auch eine Untergrenze definieren. Diese Triggerbedingungen sind vor allem dann nützlich, wenn das überwachte Signal einen Toleranzschlauch einhalten muss.

Der R&S®FSVR kann Spektren mit seiner I/Q-Speichertiefe von 200 MSamples selbst bei großen Bandbreiten und somit hohen Sample-Raten über einen längeren Zeitraum lückenlos aufzeichnen. In einer Nachbearbeitung lässt sich dann das Signal genauer analysieren.

Vollwertiger Signal- und Spektrumanalysator

Ist der Echtzeit-Betrieb nicht aktiv, verhält sich der R&S®FSVR wie ein normaler Signal- oder Spektrumanalysator. Er sweept über den gewählten Frequenzbereich – je nach Modell bis zu 40 GHz – und stellt das Spektrum dar. Mit weniger als einer Zehntelsekunde minimaler Sweep-Zeit bei vollem Darstellbereich ist er sehr schnell. Die Auflösebandbreiten sind dabei frei wählbar. Anders als im Echtzeit-Betrieb ist der Anwender nicht an die Anzahl der FFT-Punkte und die Echtzeitbandbreite gebunden. Neben den für maximale Geschwindigkeit einschwingoptimierten Sweep-Filtern stehen auch Kanalfilter und Filter für Mobilfunkstandards zur Verfügung.

Wie alle Spektrumanalysatoren von Rohde&Schwarz bietet der R&S®FSVR standardmäßig eine Vielzahl spezieller Messfunktionen. Dazu gehören Nachbarkanalleistungsmessung, Spectrum Emission Mask, Intermodulationsmessung, CCDF oder Spurious-Emission-Messung. Mit einer Pegelmessunsicherheit von 0,4 dB bis 7 GHz sorgt der R&S®FSVR für genaue und verlässliche Messergebnisse. In Bezug auf die niedrige Gesamtmessunsicherheit ist er – wie auch der Signal- und Spektrumanalysator R&S®FSV – führend. Mit der Option R&S®FSV-K9 können Leistungsmessköpfe der Familie R&S®NRP-Z angeschlossen werden, was bei besonders hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit ein separates Leistungsmessgerät erspart. Für einen General-Purpose-Spektrumanalysator bietet der R&S®FSVR herausragende HF-Eigenschaften (siehe Kasten).

Mit mehr als 1000 Sweeps/s ist der R&S®FSVR im Spektrumanalysemodus bis zu fünfmal schneller als andere Spektrum- oder Signalanalysatoren. Diese hohe Messrate beschleunigt nicht nur Systeme in der Fertigung. Sie verkürzt auch die Messzeit, wenn, wie in vielen Standards vorgeschrieben, über eine große Anzahl von Messungen gemittelt werden muss.

HF-Eigenschaften des R&S®FSVR

- Eigenrauschen (DANL) –155 dBm (1 Hz) bei 1 GHz, –147 dBm (1 Hz) bei 30 GHz
- DANL mit Vorverstärker: –165 dBm (1 Hz) bei 1 GHz, –162 dBm (1 Hz) bei 30 GHz
- Eigenrauschen bereits ab 9 kHz nur –140 dBm (1 Hz)
- Intercept-Punkt dritter Ordnung (T.O.I.) typ. +16 dBm (f < 3,6 GHz)
- Phasenrauschen in 10 kHz Abstand vom Träger: –106 dBc (1 Hz), typ. –110 dBc (1 Hz)
- ACLR-Dynamikbereich für 3GPP WCDMA: 73 dB
- Auflösebandbreiten von 1 Hz bis 10 MHz, 20 / 40 MHz im Zero Span

Außer den zahlreichen zur Grundausstattung gehörenden Funktionen bietet der R&S®FSVR Optionen für die grundlegenden physikalischen Untersuchungen wie die Messung des Phasenrauschens (R&S®FSV-K40), des Rauschmaßes (R&S®FSV-K30), der Parameter von analog modulierten Signalen (AM / FM / ΦM) sowie der Modulationsparameter digital modulierter Signale (R&S®FSV-K70).

Und neben den klassischen Applikationsfeldern für Spektrumanalysatoren ist der R&S®FSVR auch für die Analyse von Signalen zahlreicher Mobilfunkstandards einsetzbar. Derzeit unterstützt er folgende Standards:

- GSM / EDGE / EDGE Evolution
- WCDMA
- TD-SCDMA
- CDMA2000®
- 1xEV-DO
- WLAN 802.11 a/b/g/n
- WiMAX™
- LTE (TDD / FDD)

Fazit

Der R&S®FSVR ist eine am Markt einzigartige Kombination aus Echtzeit-Analysator und vollwertigem Signal- und Spektrumanalysator. Die umfangreichen und einfach zu bedienenden Echtzeit-Funktionen geben dem Anwender neue leistungsstarke Analysemöglichkeiten. Gleichzeitig muss er nicht auf gewohnte Arbeitsmittel für allgemeine Signal- oder Spektrumanalyse verzichten. Die intuitive Bedienoberfläche, die sich an Spektrumanalysatoren orientiert, vereinfacht den Umgang mit dem Instrument und integriert die Echtzeitanalyse als Teil eines schlüssigen Gesamtkonzepts.

Dr. Wolfgang Wendler

R&S®RTO: Fehler schnell gefunden und analysiert – dank minimierter Blindzeiten

Hohe Erfassungsraten und damit verbundene kurze Blindzeiten – das sind einige der besonderen Eigenschaften der digitalen Oszilloskope R&S®RTO. Deshalb finden sie auch selten auftretende Fehler schnell und ihre tiefgehende Messkurvenanalyse liefert in kurzer Zeit statistisch zuverlässige Ergebnisse.

Blindzeit – die Achillesferse digitaler Oszilloskope

Anwender analoger Oszilloskope waren es gewohnt, dass sie fast alle Details eines Signals angezeigt bekamen, denn die vom Elektronenstrahl beschriebene Phosphorschicht des Bildschirms „speicherte" dank ihrer Nachleuchtdauer auch selten auftretende Signalfehler. Digitale Oszilloskope dagegen benötigen wegen der großen Datenmenge viel Zeit für deren Berechnung und bis zur Darstellung der erfassten Abtastpunkte. Während dieser Zeit sind sie blind gegenüber dem Messsignal und verpassen eventuell wichtige Signaländerungen, die die Ursache für Fehler in einer Anwendung sein können.

Diese Datenmengen kommen nicht von Ungefähr: So erzeugt beispielsweise ein 8-bit-A/D-Umsetzer mit einer Abtastrate von 10 Gsample/s einen kontinuierlichen Datenstrom von 80 Gbit/s. Dieser muss in Echtzeit erfasst und im Speicher abgelegt werden (BILD 1). Die einzelnen Messpunkte aus dem Speicher durchlaufen Bearbeitungs-, Mess- und Analysefunktionen, bis sie endlich am Display dargestellt werden können. Die dadurch verursachten Blindzeiten sind trotz anhaltender Innovation und Verbesserung der Prozessoren im Moment bei digitalen Oszilloskopen, wie sie z. B. in Entwicklungslabors eingesetzt werden, unvermeidbar.

Den typischen Erfassungszyklus einer Messkurve zeigt BILD 2. Er besteht aus der aktiven Erfassungszeit und der Blindzeit. Während der aktiven Erfassungszeit zeichnet das Oszilloskop eine definierte Anzahl an Messpunkten auf und legt sie im Speicher ab. Die Länge der Erfassungszeit ist abhängig von der Anzahl der Messpunkte und der gewählten Abtastrate. Während der Blindzeit werden die Daten verarbeitet und dargestellt, sie besteht aus einem architekturbedingten konstanten und einem variablen Zeitanteil. Die variable Blindzeit ist abhängig von der Anzahl der zu verarbeitenden Messpunkte und dem Rechenaufwand für die gewählten Verarbeitungsprozesse wie Interpolation, Mathematikoperationen, Mess- und Analysefunktionen. Im letzten Schritt der Blindzeitperiode bereitet das Oszilloskop die Messkurven grafisch auf und stellt sie am Display dar.

Ein wichtiges Merkmal digitaler Oszilloskope ist das Verhältnis von Blindzeit zur Zeit für einen Erfassungszyklus. Es kann als Blindzeitverhältnis oder Messkurven-Erfassungsrate definiert werden:

Typischer Datenfluss in digitalen Oszilloskopen

BILD 1 Der Zeitbedarf von der Verarbeitung der großen Datenmengen bis zur Darstellung der Messkurven hat bei digitalen Oszilloskopen Blindzeiten zur Folge, während der sie eventuell wichtige Signaländerungen nicht registrieren können.

Erfassungszyklus für eine Messkurve

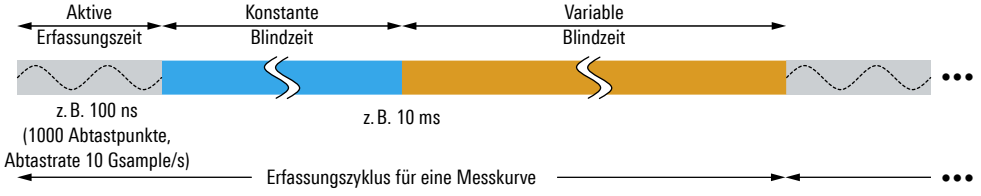


BILD 2 Der Erfassungszyklus digitaler Oszilloskope setzt sich aus der aktiven Erfassungszeit und der Blindzeit zusammen.

$$Blindzeitverhältnis = \frac{Blindzeit}{Zeit\ Erfassungszyklus}$$

$$Erfassungsrate = \frac{1}{Zeit\ Erfassungszyklus}$$

In einem Beispiel für übliche Oszilloskope ist die aktive Erfassungszeit 100 ns (1000 Abtastpunkte bei 10 Gsample/s Abtastrate) und die Blindzeit 10 ms (BILD 2). Der Erfassungszyklus dauert dann 10,0001 ms, der Blindzeitanteil ist 99,999 % und die Erfassungsrate beträgt 100 Messkurven pro Sekunde. Da so lange Blindzeiten für viele Anwendungen unzureichend sind, entwickelte Rohde&Schwarz für die R&S®RTO-Oszilloskope eine Architektur, die auf kurze Blindzeit optimiert ist.

Ziel: hohe Erfassungsrate und kurze Blindzeit

Sind die Parameter von Signalfehlern bekannt, so können für die genauere Analyse spezielle Triggerbedingungen genutzt werden. Andernfalls muss man einen Standardtrigger wie den Typ „Edge“ einsetzen und das Signal über längere Zeit im Nachleuchtmodus (BILD 3) beobachten.

Bei einem typischen Blindzeitanteil von über 99 % ist der Anwender auf sich wiederholende Signalfehler angewiesen, denn je länger die Messzeit ist, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler während einer aktiven Aufzeichnungsperiode auftritt. Die durchschnittliche notwendige Messzeit lässt sich anhand statistischer Berechnungen ermitteln. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler erkannt und dargestellt wird, hängt von Erfassungsrate, Fehlerrate, aktiver Erfassungszeit und Messzeit ab:

$$P = 100 - 100 \times (1 - Fehlerrate \times T)^{Erfassungsrate \times t_{Messung}}$$

P	Fehler-Erfassungswahrscheinlichkeit in %
$Fehlerrate$	Fehlerwiederholrate in 1/s
T	Aktive Erfassungszeit oder Messkurvendarstellungszeit (Messpunkte/Abtastrate oder Messpunkte × Auflösung oder 10 × Zeitbasis) in s
$Erfassungsrate$	Erfassungsrate des Oszilloskops in Messkurven/s
$t_{Messung}$	Mess- oder Beobachtungszeit in s

BILD 4 zeigt für unterschiedliche Erfassungsraten die Fehler-Erfassungswahrscheinlichkeit bei einer Fehlerwiederholrate von 10/s und der Aufzeichnung von 1000 Messpunkten bei einer Abtastrate von 10 Gsample/s.

Die statistisch erforderliche Messzeit für eine bestimmte Wahrscheinlichkeit ermittelt folgende Gleichung:

$$t_{Messung} = \frac{\lg(1 - \frac{P}{100})}{Erfassungsrate \times \lg(1 - Fehlerrate \times T)}$$

BILD 5 zeigt für das obige Beispiel die Messzeiten, die für verschiedene Erfassungsraten erforderlich sind.

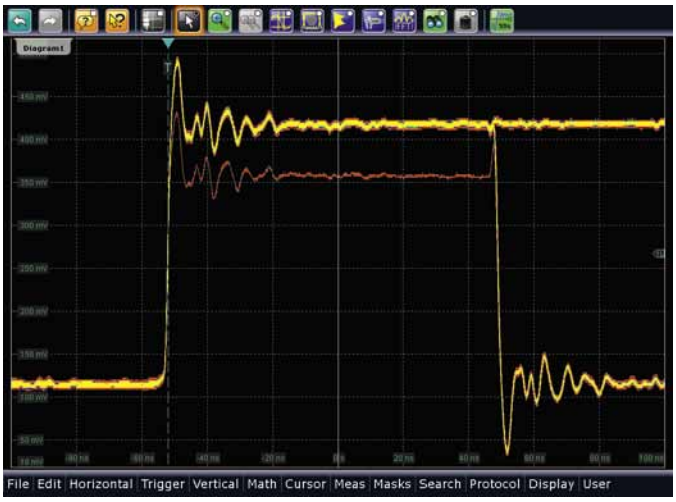


BILD 3 Bei einer hohen Erfassungsrate werden seltene Signalfehler schnell gefunden. Im Nachleuchtemodus sind sie durch die farbliche Hervorhebung leicht zu identifizieren.

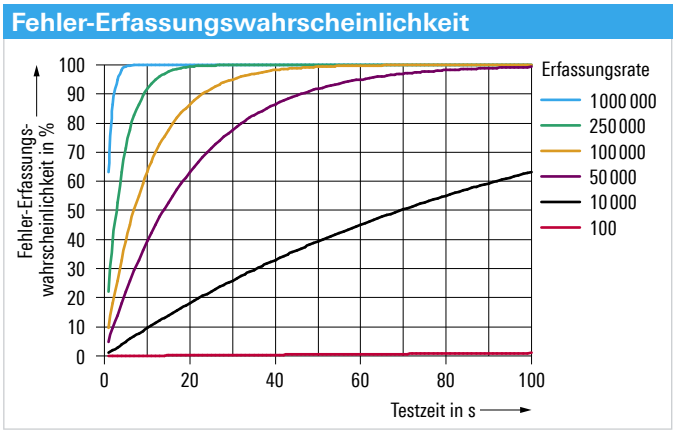


BILD 4 Wahrscheinlichkeit für das Detektieren eines Signalfehlers bei unterschiedlichen Erfassungsraten (10 Fehler/s, T = 100 ns; Aufzeichnungslänge 1 ksample; 10 ns/Div.).

BILD 5 Durchschnittliche Messzeit zum Detektieren eines Messfehlers mit 99,9 % Wahrscheinlichkeit (T = 100 ns, Fehlerwiederholrate = 10/s).

Erfassungsrate (Messkurven/s)	Messzeit
100	19 h : 11 min : 08 s
10000	11 min : 31 s
100000	1 min : 09 s
1000000	7 s

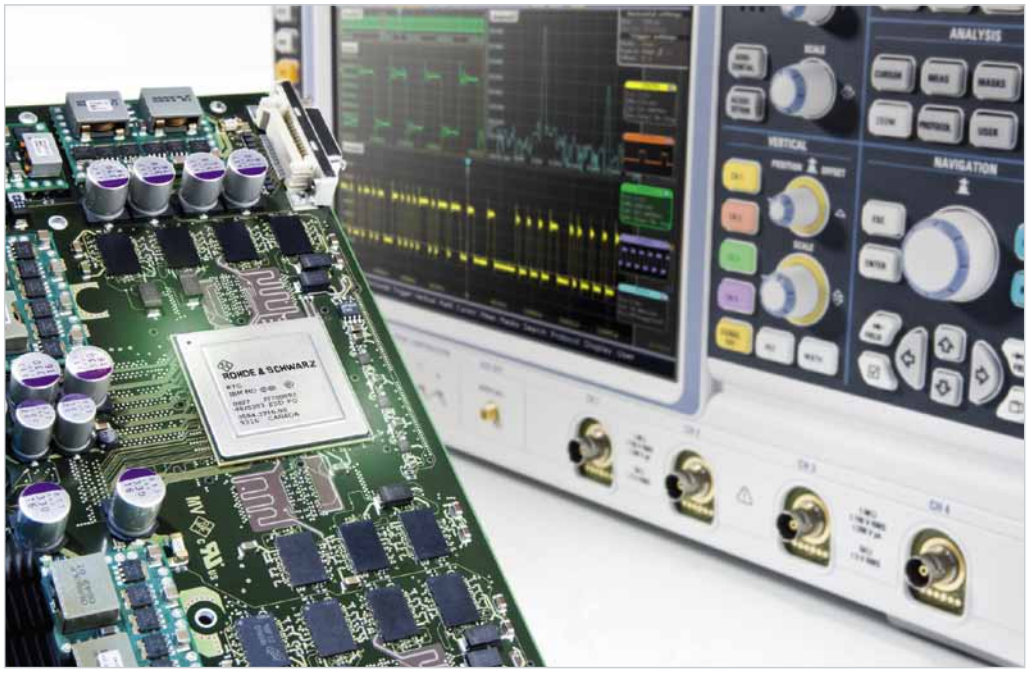


BILD 6 Der Hochgeschwindigkeits-ASIC in den R&S®RTO-Oszilloskopen von Rohde&Schwarz.

Blockschaltbild R&S®RTO-Oszilloskop

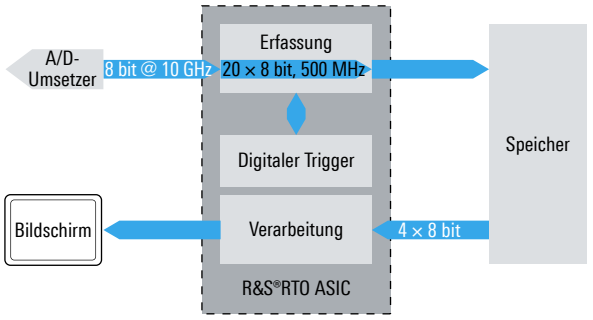


BILD 7 Die Architektur der R&S®RTO-Oszilloskope minimiert die Blindzeit aufgrund der Integration von Erfassungs- und Verarbeitungsfunktionen in einen Hochgeschwindigkeits-ASIC.

R&S®RTO: 1 Million Messkurven pro Sekunde

Oszilloskope mit hoher Erfassungsrate wie das R&S®RTO von Rohde&Schwarz haben den Vorteil, dass auch seltene Signalereignisse gefunden werden können (oft sind das die kritischen Fehler) und dass Messkurvenanalysen wie z. B. Histogramm- oder Maskentests bereits in kurzer Zeit statistisch zuverlässige Ergebnisse liefern. Der Grund: Im Gegensatz zu anderen Oszilloskopen am Markt ist bei R&S®RTO-Oszilloskopen erstmals ein Großteil der Analyse- und Messfunktionen in einem hochintegrierten ASIC implementiert (BILD 6). Außerdem reduzieren mehrfach parallel geschaltete Verarbeitungspfade die Blindzeit drastisch.

Der ASIC unterstützt vielfältige Datenverarbeitungsaufgaben bei der Erfassung sowie bei der Analyse der Messkurvenpunkte aus dem Speicher (BILD 7). Dazu muss der Erfassungsblock im ASIC die Daten aus dem A/D-Umsetzer in Echtzeit im Speicher ablegen. Der Erfassungsgasblock beinhaltet zusätzliche neue Funktionen wie flexible Filtereinstellungen, einfache Mathematikfunktionen wie ADD, SUB und INV, und erlaubt pro Eingangskanal bis zu drei parallel ablaufende Dezimationsfunktionen (Sample, PeakDetect, HiRes, RMS).

Ein Großteil der Analysefunktionen des Oszilloskops ist in der Verarbeitungsstufe des ASIC implementiert. Dazu gehören Messkurveninterpolation und -arithmetik, Mathematikfunktionen und Mess- und Analysefunktionen wie Cursor, Histogramm und Masken. Leistungsfähige Memory Controller, ein echtzeitfähiges, erstmalig digitales Triggersystem sowie mehre Grafik-Controller runden das Funktionsspektrum des ASICs ab.

Die Integration solch zahlreicher Funktionen in den ASIC ist der Schlüssel für die in der Industrie führende maximale Erfassungsrate von 1 Million Messkurven pro Sekunde. Der in 90-nm-Technologie gefertigte Schaltkreis besteht aus 15 Millionen Gattern, hat 1295 Anschlüsse und arbeitet mit einer Taktfrequenz von 500 MHz.

Analysefunktion	Max. Erfassungsrate (Messkurven/s)
Keine	> 1 000 000
Histogramm	> 1 000 000
Maskentest	> 600 000
Cursor-Messung	> 1 000 000
Zoom	> 500 000

BILD 8 Maximale Erfassungsraten der R&S®RTO-Oszilloskope bei verschiedenen Analysefunktionen.

Schnelle Ergebnisse auch bei Analysefunktionen

R&S®RTO-Oszilloskope bieten die hohen Erfassungsraten ohne Einschränkungen im Standardbetrieb. Kurze Blindzeiten sind aber gerade auch beim Einsatz zusätzlicher Mess- und Analysefunktionen wichtig. Sind diese Funktionen per Software realisiert, verlängert sich die Blindzeit erheblich, das Oszilloskop braucht dann viel Zeit, um die erforderliche Anzahl an Messkurven aufzuzeichnen und zu verarbeiten, die für statistisch aussagekräftige Ergebnisse unerlässlich sind. Solche Einschränkungen gibt es bei den R&S®RTO-Oszilloskopen nicht. Ihre Analysefunktionen sind in Hardware implementiert, parallel ablaufende Rechenprozesse gewährleisten erstmals hohe Erfassungsraten auch dann, wenn diese Funktionen aktiviert sind (BILD 8).

Das zeigt sich zum Beispiel beim Maskentest, der u.a. zur Ermittlung der Güte des physikalischen Layers einer Datenschnittstelle eingesetzt wird. Für aussagekräftige Ergebnisse sind zahlreiche Messkurven einzubeziehen. Bisherige Geräte mit Erfassungsraten < 100 Messkurven/s im Maskentestbetrieb erfordern lange Testzeiten. Bei den R&S®RTO-Oszilloskopen dagegen bleibt die Erfassungsrate dank der Hardware-Implementierung der Maskentestfunktion auf einem sehr hohen Niveau und Maskenverletzungen werden schnell und zuverlässig gefunden (BILD 9).

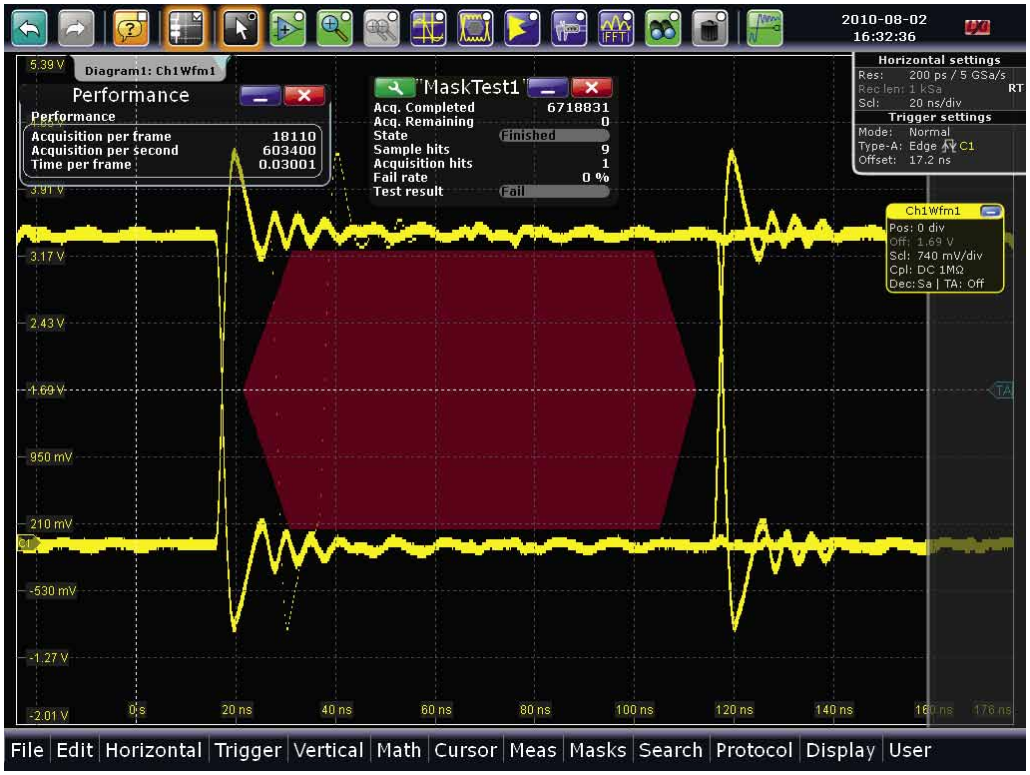
Fazit

Alle digitalen Oszilloskope sind für eine gewisse Zeit blind. Die R&S®RTO-Oszilloskope arbeiten jedoch aufgrund der Implementierung der Erfassungs- und Verarbeitungsfunktionen in Hardware mit minimierten Blindzeiten. Diese herausragende Eigenschaft bietet entscheidende Vorteile bei der Fehlersuche und ermöglicht statistisch zuverlässige Messergebnisse auch bei komplexen Analysefunktionen und innerhalb kurzer Messzeit.

Diese Vorteile, verbunden mit dem innovativen digitalen Triggersystem, der hohen Messgenauigkeit durch rauscharme Eingangsstufen und dem Single-Core-A/D-Umsetzer mit 10 GHz Abtastrate sowie der intuitiven Bedienoberfläche machen die R&S®RTO-Oszilloskope zu einem hervorragenden Werkzeug in Entwicklungslabors.

Guido Schulze

BILD 9 Die R&S®RTO-Oszilloskope ermöglichen erstmals schnelle Maskentests mit hoher statistischer Sicherheit aufgrund der maximalen Erfassungsrate von > 600 000 Messkurven/s.



40-GHz-Breitband-Leistungssensoren für universelle Anwendungen

Die zwei neuen Leistungsmessköpfe R&S®NRP-Z85 und R&S®NRP-Z86 messen alle relevanten Leistungs- und Zeitparameter modulierter Signale mit einer Videobandbreite von 30 MHz sowie den Leistungsmittelwert über einen Dynamikbereich von 80 dB. In vieler Hinsicht überbieten sie die bisher am Markt erhältlichen Dioden-Sensoren für diesen Frequenzbereich.

Leistungssensor ist nicht gleich Leistungssensor

Von den heute verfügbaren sechs Sensortechnologien dominieren drei den Markt, und die darauf basierenden Sensoren werden auch auf absehbare Zeit bevorzugt eingesetzt werden: Mehrpfad-, Breitband- und thermoelektrische Sensoren. Letztere nehmen wegen ihrer hohen Genauigkeit eine Sonderstellung ein und sind deswegen bei Referenzanwendungen, aber auch im hohen Mikrowellenbereich, momentan alternativlos.

Für alle anderen Anwendungen sind dagegen Dioden-Sensoren in Mehrpfad- oder Breitbandausführung die bessere Wahl. Sie bieten einen um ca. 30 dB höheren Dynamikbereich, eine in der Regel höhere Messgeschwindigkeit und die Möglichkeit, die Leistungshüllkurve als Funktion der Zeit darzustellen, statistisch auszuwerten oder interessierende Parameter automatisch zu ermitteln. Steht bei den Mehrpfad-Sensoren eher der sehr große Dynamikbereich im Vordergrund, bieten Breitband-Sensoren wie die neuen R&S®NRP-Z85 und R&S®NRP-Z86 dank ihrer großen Videobandbreite und Abtastrate exzellente Voraussetzungen für die Analyse modulierter Signale (BILD 2). Mit ihrer automatischen Pulsanalyse lassen sich insgesamt 13 Pulsparameter, z. B. Anstiegs- und Abfallzeiten, die Pulsbreite oder die Leistung des Pulsdachs, automatisch mit nur wenigen Voreinstellungen ermitteln (siehe Kasten).

Was die neuen Leistungssensoren auszeichnet

Die Messköpfe der Reihe R&S®NRP-Z81[1] / -Z85 / -Z86 sind die weltweit ersten Breitband-Sensoren, die nicht an ein spezielles Grundgerät gebunden sind, sondern von verschiedenen Rohde&Schwarz-Messgeräten, jeder Art von PCs – und natürlich von den universell verwendbaren Grundgeräten R&S®NRP / R&S®NRP2 – angesteuert werden können. Zu verdanken ist das der Integration eines kompletten „Spitzenleistungsmessgeräts“ in den Sensor und die Verwendung des USB als Fernsteuerschnittstelle. Auf der Host-Seite genügt damit eine grafische Bedienoberfläche, wie das kostenlos erhältliche Tool R&S®PowerViewer+, um Messungen wie an einem modernen Digital-Oszilloskop durchführen zu können.

BILD 1 Die Breitband-Leistungssensoren R&S®NRP-Z85 und R&S®NRP-Z86. Der Messkopf R&S®NRP-Z85 ist mit einem 2,92-mm-Anschlussstecker, der R&S®NRP-Z86 mit einem 2,4-mm-Anschlussstecker ausgestattet.

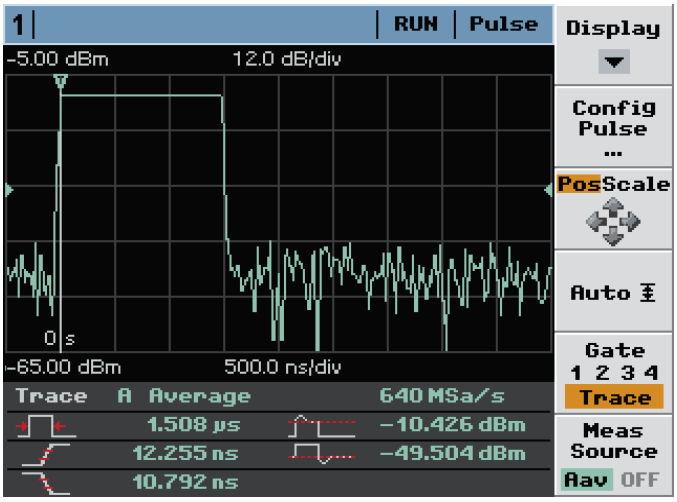


BILD 2 Leistungs-Hüllkurve eines gepulsten Mikrowellen-Signals am Grundgerät R&S®NRP2. Trace-Modus mit eingeblendeten Parametern der automatischen Pulsanalyse[2].

Hinzu kommen ein unschlagbares Preis/Leistungs-Verhältnis und Messeigenschaften, die über dem Marktüblichen liegen.

Das gilt zum Beispiel für den großen Dynamikbereich und der damit verbundenen unteren Messgrenze von –47 dBm für die Hüllkurvenleistung und von –60 dBm für den Leistungsmittelwert. Damit sind die beiden Sensoren um 12 dB bzw. beim Leistungsmittelwert sogar um 25 dB empfindlicher als der Wettbewerb. Den Anwendern bringt das bessere Reproduzierbarkeit, höhere Messgeschwindigkeit und höhere Detailtreue bei der grafischen Darstellung der Leistungshüllkurve.

Immer wichtiger bei der Analyse moderner Kommunikationssignale ist die Erfassung der statistischen Eigenschaften der Leistungshüllkurve. Hier glänzen die Sensoren der Reihe R&S®NRP-Z81 / -Z85 / -Z86 mit extrem kurzen Erfassungszeiten, weil die komplette Signalverarbeitung in Echtzeit erfolgt. Sie brauchen für eine CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function) mit 1 Million Punkten weniger als 25 ms, das ist um ein Vielfaches schneller als am Markt üblich. Die Analyse kann freilaufend oder getriggert – über ein frei definierbares Gate – erfolgen.

Die Triggerung bei der statistischen Analyse oder der Messung der Leistungshüllkurve über der Zeit erfolgt entweder über ein von außen zugeführtes Triggersignal oder signalgesteuert (interne Triggerung). Parallel zum internen Triggerereignis kann zur Synchronisation anderer Messungen ein digitales Triggersignal ausgegeben werden, beispielsweise um über den USB Sensor Hub R&S®NRP-Z5 weitere R&S®NRP-Sensoren zu triggern. Das ist sinnvoll, um eine gemeinsame Zeitbasis für die Auswertung zu haben oder um Signale erfassen zu können, von denen sich nur schwer ein internes Triggersignal ableiten lässt.

Hochauflösende automatische Pulsanalyse

Bei der **automatischen Pulsanalyse** analysieren Leistungsmessgeräte – oder eben die integrierten Sensoren der Reihe R&S®NRP-Z81 / -Z85 / -Z86 – ein gepulstes Messsignal weitgehend selbstständig hinsichtlich der wichtigsten Zeit- und Leistungsparameter. Im Vergleich zur manuellen Messung mit Cursern oder Markern ist die automatische Analyse extrem schnell und weniger fehleranfällig. Bei der Serienproduktion von Mikrowellenkomponenten, wo die Form der Hüllkurve ohnehin bekannt ist – und damit auch nicht jedes Mal neu gemessen werden muss – sind nur die Pulsparameter von Interesse.

Ausgangspunkt der automatischen Analyse mit den Messköpfen R&S®NRP-Z81 / -Z85 / -Z86 ist das Finden eines repräsentativen Werts für die Leistung des Pulsdachs (pulse top level). Bei den Breitband-Sensoren von Rohde&Schwarz kann dabei zwischen drei gebräuchlichen Definitionen ausgewählt werden, was den Anwendungsbereich erheblich erweitert: histogrammbasiert, von der Pulsenergie abgeleitet oder identisch zur absoluten Spitzenleistung. Die Histogramm-Methode ist am üblichsten, die Pulsenergie-Definition führt zu Messergebnissen wie bei einem thermischen Leistungssensor mit Tastverhältnis-Korrektur, und die letzte Methode bietet sich bei Pulsen mit rundem Pulsdach an.

Für repetierende Signale steht ein **hochauflösender Modus** zur Verfügung, bei dem mehrere Messreihen für das Pulssignal gewonnen und dabei auf der Zeitachse so gegeneinander verschoben werden, dass eine verdichtete Folge von Messpunkten entsteht (equivalent sampling). Dazwischen kann linear interpoliert werden, sodass Zeitauflösungen bis in den Bereich von 100 ps bei sehr geringem Trigger-Jitter erreichbar sind.

Weitere weltweit beispiellose Merkmale der neuen Produkte sind das Embedding vorgeschalteter Komponenten in Form ihrer S-Parameter-Datensätze, Gamma-Korrektur zur Erhöhung der Messgenauigkeit und Fixed-Noise Averaging. Bei Letzterem berechnen die Sensoren automatisch den für einen vorgegebenen Rauschanteil erforderlichen Mittelungsfaktor für den Leistungsmittelwert.

All diese Eigenschaften machen die beiden Produktneuheiten zu einer zukunftssicheren Investition für alle, die genaue Informationen über das Zeitverhalten und den Leistungsmittelwert von Mikrowellensignalen benötigen: im Bereich von Service und Wartung, Fertigung, Forschung und Produktentwicklung.

Thomas Reichel

1) Eine 18-GHz-Ausführung mit N-Anschlussstecker, der Messkopf R&S®NRP-Z81, wurde vor drei Jahren erfolgreich am Markt eingeführt (siehe „Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81: Spitzentechnologie für die drahtlose digitale Kommunikation". Neues von Rohde&Schwarz (2007) Nr. 192, S. 33–37).
2) Das R&S®NRP2 unterstützt die Farbdarstellung und die automatische Pulsanalyse ab dem ersten Quartal 2011.

Module mit terminierten HF-Relais für die Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP

Neue Module mit terminierten HF-Relais vergrößern den Einsatzbereich der Offenen Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP. Die terminierten Relais schließen geöffnete Kontakte mit ihren eingebauten 50-Ω-Widerständen ab und reduzieren damit frequenzabhängige Reflexionen an sonst offenen HF-Leitungsenden – eine Voraussetzung für zuverlässige Messergebnisse.

Terminierung sorgt für HF-technisch definierte Verhältnisse

Offene, nicht genutzte Pfade in einer Zusammenschaltung mehrerer HF-Geräte, z. B. in Testsystemen, können dazu führen, dass Eingänge von Verstärkern oder Anschlüsse von Splittern, Combinern oder Kopplern offen bleiben. Die Folge sind unerwünschte Effekte: Offene Eingänge von Verstärkern ohne Schutzschaltungen können zum Schwingen oder zu undefinierten Zuständen am Ausgang führen, solche von Splittern, Combinern oder Richtkopplern verursachen Reflexionen – also Überlagerungen von Nutzsignal mit rücklaufender Welle – und verändern dadurch auch die Parameter der anderen Anschlüsse.

Reflexionen werden vermieden, indem man HF-Leitungen wellenwiderstandsrichtig abschließt (terminiert). Dies ist im aktiven Pfad einer HF-Schaltung durch die Verwendung von 50-Ω-Kabeln und die Impedanz der Messgeräte von 50 Ω gegeben. Damit bei geänderter Verschaltung der Komponenten eines HF-Systems keine Pfade offen bleiben, setzt man terminierte HF-Umschaltrelais ein. Sie sind mit internen Widerständen ausgestattet, die offene Pfade mit 50 Ω abschließen können (BILD 1).

Die Offene Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP wurde erstmals in Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 195, S. 28–31 vorgestellt. Ein weiterer Beitrag in NEUES (2008) Nr. 197, S. 27–29 beschrieb das neue Grundgerät R&S®OSP130 mit Display (Bild unten) und die Erweiterung des Modulprogramms.

Prinzipieller Aufbau terminierter Relais

Bei terminierten Relais wird der offene Kontakt über einen internen 50-Ω-Widerstand auf Masse geschaltet. BILD 2 zeigt die prinzipielle technische Realisierung eines terminierten Umschaltrelais sowie eine Ersatzschaltung mit nicht terminierten Umschaltrelais. Die Ersatzschaltung kann erforderlich sein, wenn größere Leistungen anstehen, als es der im

Beispiel Signalverteilung

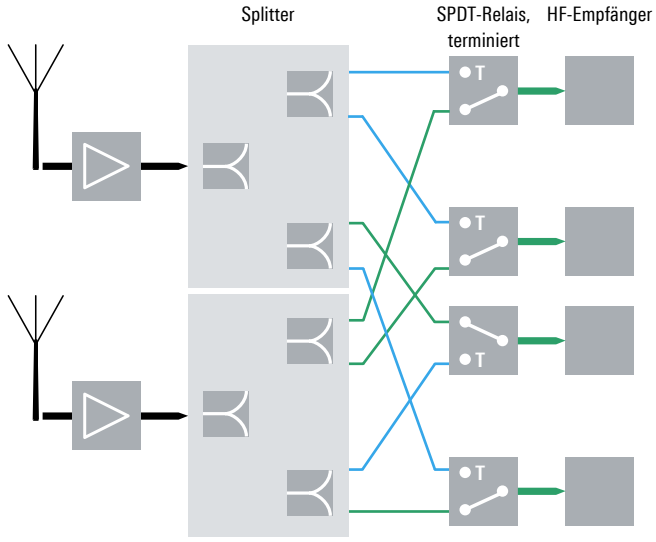


BILD 1 Verteilung zweier Antennensignale auf vier Empfänger über Splitter. Terminierte HF-Umschaltrelais schließen nicht aktive HF-Pfade beim Umschalten mit ihren eingebauten 50-Ω-Widerständen ab (blau).

Prinzip von SPDT-Relais

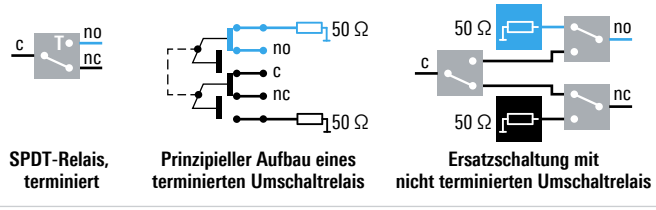


BILD 2 Prinzipielle Verschaltung terminierter Umschaltrelais (SPDT).

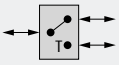
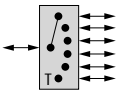
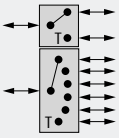
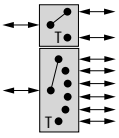
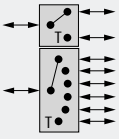
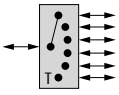
Anschlüsse	Modul	Symbol	Eigenschaften
	R&S®OSP-B121 **HF-Schaltmodul** (1515.5504.02)		3 × HF-Umschaltrelais (SPDT), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert
	R&S®OSP-B122 **HF-Schaltmodul** (1515.5510.02)		1 × HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert
	R&S®OSP-B123 **HF-Schaltmodul** (1515.5527.02)		6 × HF-Umschaltrelais (SPDT), 1 × HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert
	R&S®OSP-B124 **HF-Schaltmodul** (1515.5533.02)		3 × HF-Umschaltrelais (SPDT), 2 × HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert
	R&S®OSP-B125 **HF-Schaltmodul** (1515.5540.02)		6 × HF-Umschaltrelais (SPDT), 3 × HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert
	R&S®OSP-B126 **HF-Schaltmodul** (1515.5556.02)		3 × HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz, terminiert

BILD 3 Die neuen Module zur Offenen Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP.

Relais eingebaute Widerstand verträgt und deshalb passende externe Widerstände verwendet werden müssen. Terminierte Trommelrelais sind vergleichbar aufgebaut.

Die R&S®OSP-Module im Überblick

Zu den neuen Modulen mit terminierten Koaxialrelais (BILD 3) für die Offene Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP gehören die beiden Basismodule R&S®OSP-B121 mit drei HF-Umschaltrelais (SPDT = Single Pole Double Throw) bzw. R&S®OSP-B122 mit einem HF-Trommelschalter (SP6T = Single Pole Six Throw).

Die Relais sind monostabil, sie fallen also ohne Steuerspannung in die Ausgangsstellung zurück. Bei SPDT-Relais ist dies die Verbindung c und nc (normally closed), bei SP6T-Relais sind jedoch alle sechs Kontakte geöffnet und terminiert. Diese Eigenschaft kann u.a. für definierte Zustände bei einem Stromausfall oder beim Einschalten von Systemen genutzt werden.

Aufgrund des größeren Volumens terminierter Relais ist die Packungsdichte der Module geringer. So enthält ein Standardmodul statt sechs terminierter SPDT-Relais nur drei bzw. statt zwei terminierter SP6T-Relais nur eines. Damit in der Praxis möglichst viele Relais in der R&S®OSP Platz finden, sind gemischte Module mit terminierten SPDT- und SP6T-Relais im Angebot.

Fazit

Durch die Erweiterung der verfügbaren Schaltmodule für die Offene Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP mit terminierten Relais vergrößert sich das Einsatzspektrum und vereinfacht sich die Realisierung entsprechender Schaltmatrizen. Der weitere Ausbau des Modulangebots ist in Planung.

Gert Heuer

Unter der Internet-Adresse
http://www.newsmag.rohde-schwarz.com
ist dieser Artikel als PDF-Datei in einer ausführlicheren Version und einer Übersicht mit allen Modulen verfügbar.

Qualität digitaler TV-Signale überwachen – unkompliziert und preisattraktiv

Die neuen DTV-Monitoring-Systeme R&S®DVMS1 und R&S®DVMS4 überwachen die Qualität digitaler TV-Signale – sie erkennen alle relevanten Fehler auf HF- und Transportstrom-Ebene. Parallel zur Überwachung von bis zu vier Signalen erlauben sie tief gehende Signalanalysen. Und dass sie außerdem nur eine Höheneinheit Platz beanspruchen und auch preiswert sind, macht sie einzigartig am Markt.

Anpassbar an zahlreiche Anwendungen

Die DTV Monitoring Systeme R&S®DVMS1 und R&S®DVMS4 (BILD 1) werden je nach Bedarf mit Signaleingängen sowie mit Mess- und Analysefunktionen ausgestattet. Es stehen Module für DVB-T/-H und DVB-S/-S2 zur Verfügung. Auf Transportstromebene überwachen und analysieren sie DVB-, ATSC- und ISDB-T/-T_B-spezifische Eigenschaften.

Das R&S®DVMS4 hat vier TS-Schnittstellen und bietet Platz für vier HF-Module. Insgesamt kann es parallel bis zu vier Signale auf HF- und Transportstromeigenschaften überwachen. Die Eingänge sind über die Bedienoberfläche mit den vier Überwachungseinheiten frei verknüpfbar. Bei Bedarf sind gleichzeitig umfangreiche Signalanalysen möglich. Damit eignet sich das Gerät hervorragend für die Überwachung mehrerer Sender an einem Standort und / oder über Satellit zugeführter Signale, aber auch sehr gut für den Einsatz in Kopfstationen.

Im R&S®DVMS1 ist Platz für ein HF-Modul, zusätzlich kann es auch ein TS-Signal überwachen, das über einen separaten Anschluss auf dem HF-Modul zugeführt wird (BILD 2 und 3). Damit ist es gut einsetzbar für die gleichzeitige Überwachung an Standorten mit nur einem Sender – für das abgestrahlte HF-Signal und das dem Sender zugeführte TS-Signal.

Alle relevanten Fehler werden unmittelbar erkannt

Die Monitoring-Systeme überwachen unterbrechungsfrei mehr als 100 Eigenschaften jedes Signals. Bei HF-Eingängen sind das u.a. Pegel, MER, BER und Frequenzabweichung, auf Transportstromebene die Messungen nach TR 101 290 (Priority 1, 2 und 3). Auch servicebezogene Eigenschaften werden überwacht, wie die Datenraten jeder PID, die Verfügbarkeit von EIT- / EPG-Daten, die Namen der einzelnen Services sowie die Verfügbarkeit von Zusatzdiensten wie Subtitle, Teletext oder zusätzliche Audiosignale. Für jedes überwachte Signal lassen sich die Zusammensetzung des Transportstroms und seine Eigenschaften detailliert als Template im Gerät speichern.

BILD 1 Die DTV-Monitoring-Systeme R&S®DVMS1 und R&S®DVMS4 können je nach Bedarf mit Signaleingängen sowie mit Mess- und Analysefunktionen ausgestattet werden.

Die Systeme protokollieren die Abweichungen von definierten Grenzwerten oder einem Template, visualisieren sie auf der Bedienoberfläche durch farbige Symbole und melden sie bei Bedarf über SNMP-Traps an eine Zentrale. So sind Signalprobleme unmittelbar erkennbar, entsprechende Gegenmaßnahmen schnell eingeleitet und Ausfallzeiten werden minimiert.

Zeitgleiche Analyse und Visualisierung

Zusätzliche Funktionen geben einen guten Überblick über die gesendeten Inhalte und ermöglichen zum Beispiel im Fehlerfall eine detaillierte Signalanalyse. So zeigt die Thumbnail View alle Programme eines Transportstroms als kleines decodiertes Bild mit Zusatzinformationen (BILD 4). Die EPG View bereitet die Daten aller im Transportstrom vorhandenen EIT-Tabellen zu einer tabellarischen Ansicht auf (EITs actual und EITs other). Detailinformationen zu den einzelnen Sendungen sind per Mausklick auf die Tabellenzelle verfügbar. So lassen sich einfach Inhalt, Vollständigkeit und Konsistenz des EPG prüfen. Außerdem können Tabellenwiederholraten, Datenraten, PCR-Eigenschaften sowie Buffer-Konformität von Video- und Audioelementarströmen gemessen werden. Sogar komplette Data Carousels und Object Carousels lassen sich mit den R&S®DVMS detailliert analysieren.

Signalüberwachung am Senderstandort

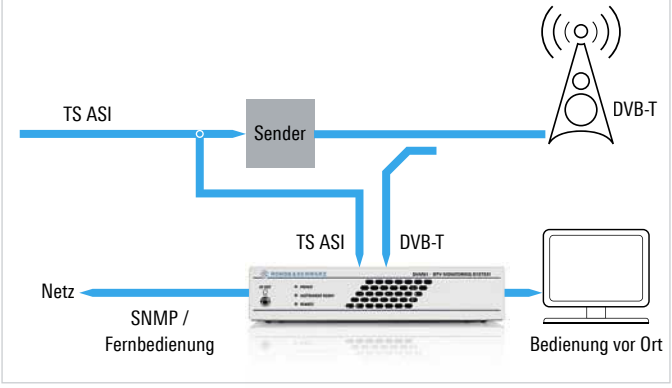
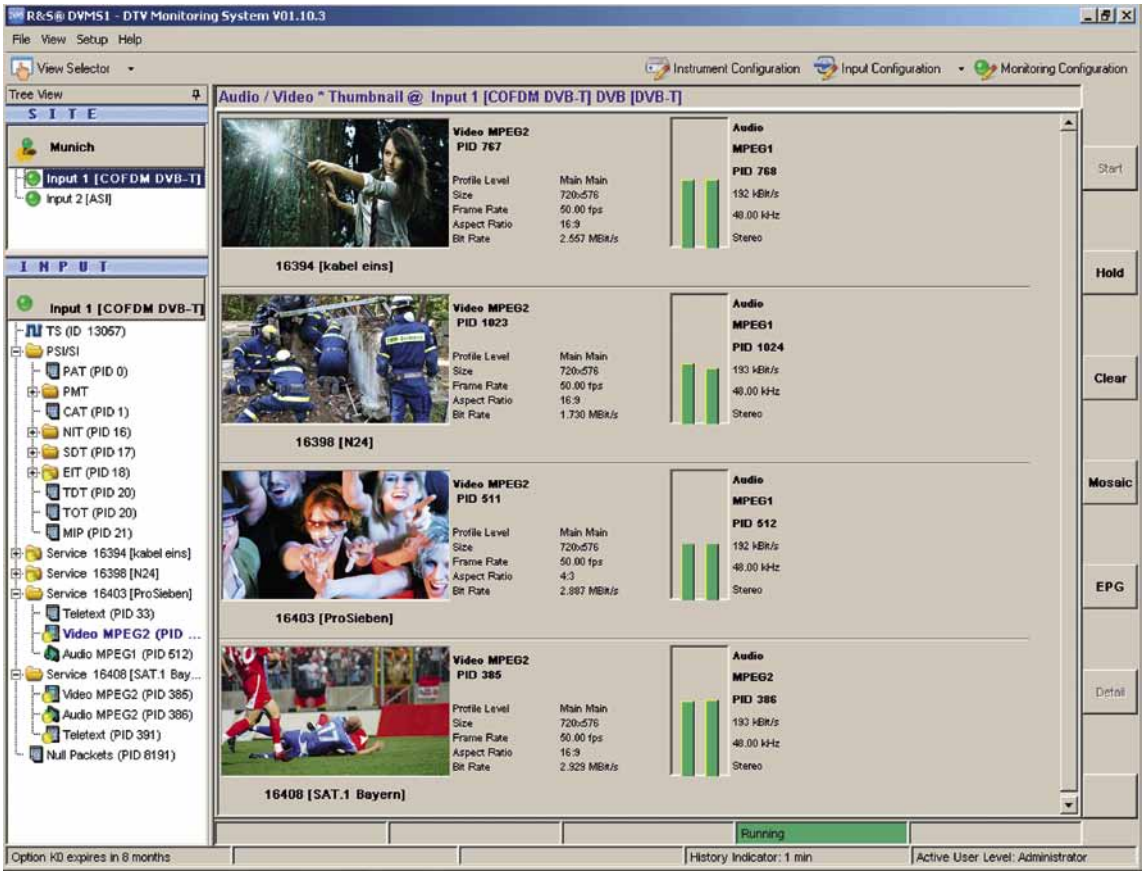


BILD 2 Überwachung eines Senders mit dem DTV-Monitoring-System R&S®DVMS1.

BILD 3 Rückseite des R&S®DVMS1 mit DVB-T / -H-Empfängermodul (HF-Eingang und TS-Eingang / -Ausgang).

BILD 4 Die Thumbnail View zeigt alle Programme eines Transportstroms als kleines Bild mit Zusatzinformationen.



Bedienung und Konfiguration klar und einfach strukturiert

Sämtliche Einstellungen sind über drei inhaltlich getrennte Fenster vorzunehmen, die über Schaltflächen in der Bedienoberfläche rechts oben aufrufbar sind (BILD 5). Die Monitoring Configuration dient zur Einstellung der Überwachung. Hier werden u.a. Grenzwerte und erforderliche Templates definiert, die Messungen klassifiziert und einzelne Messungen bei Bedarf ausgeschaltet. In der Input Configuration nimmt man alle eingangsspezifischen Einstellungen vor. Dazu gehören zum Beispiel die Frequenz des empfangenen Signals und die für den gewählten Eingang genutzte Monitoring Configuration. Alle weiteren Einstellungen erfolgen in der Instrument Configuration, z.B. die IP-Adresse, SNMP-Eigenschaften, Rechte einzelner Gerätenutzer und Anzeigeoptionen. Die klare Struktur und schnelle Erreichbarkeit der Einstellungen erleichtern die Bedienung und ermöglichen eine rasche Einarbeitung. Eingänge und einzelne TS-Elemente werden mit der Maus im linken Bereich der Bedienoberfläche ausgewählt. Der Aufruf der unterschiedlichen Messansichten geschieht über den View Selector (BILD 6). Jede Ansicht ist kategorisiert, symbolisiert und bezeichnet und damit schnell und einfach gefunden.

Gute Übersicht auch bei vielen Überwachungspunkten

Die R&S®DVMS verfügen über eine leistungsfähige SNMP-Schnittstelle, sodass sie einfach in zentrale Netzwerkmanagement-Software eingebunden werden können. Für Broadcast-Anwendungen bietet Rohde&Schwarz die Broadcast Network Monitoring and Control Software R&S®TS4570 an. Beliebige Geräte mit SNMP-Schnittstelle lassen sich einbinden. Die erforderlichen Funktionen werden anwendungsspezifisch realisiert – durch den Anwender oder durch Rohde&Schwarz.

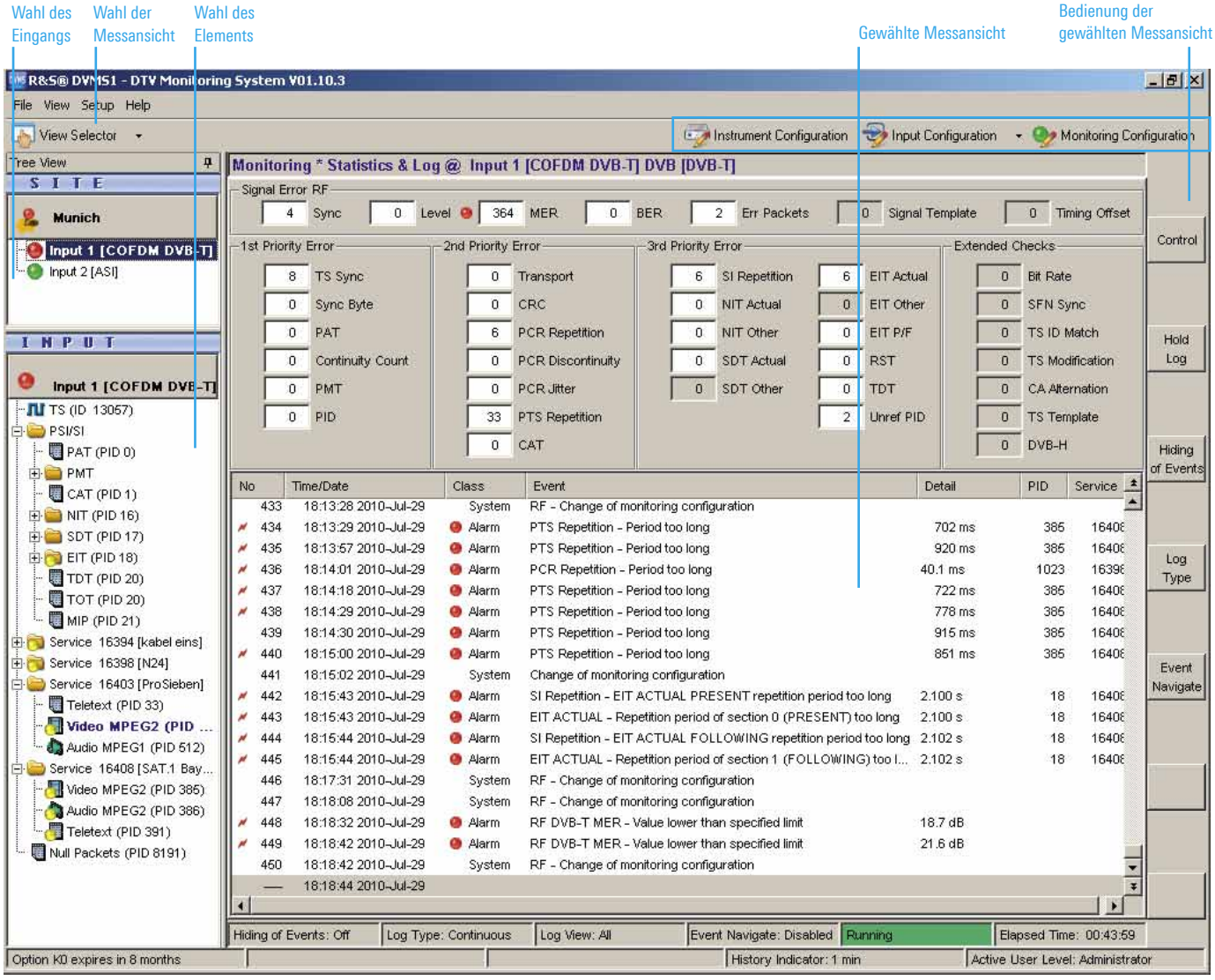
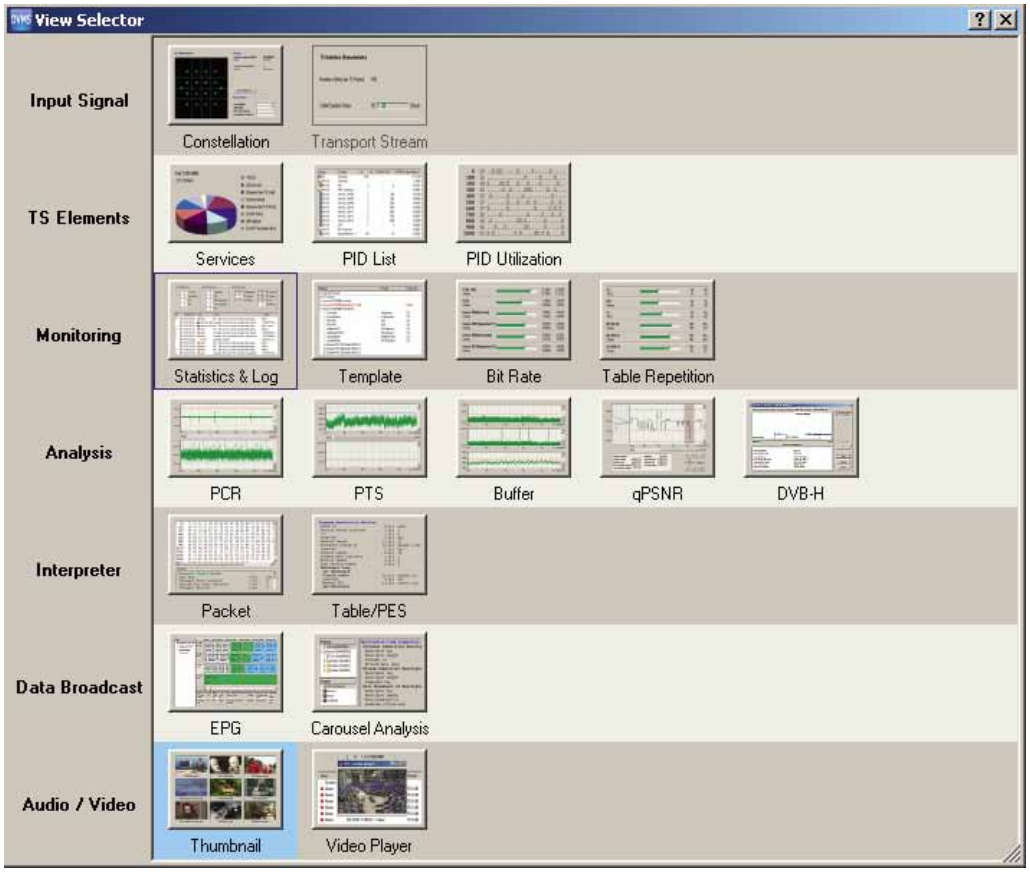


BILD 5 Bedienoberfläche des DTV Monitoring Systems R&S®DVMS.

BILD 6 Der View Selector.



Sollen lediglich Geräte der Familie R&S®DVM oder R&S®DVMS in einer Ansicht zusammengefasst werden, so bietet sich die Software R&S®DTV Monitoring Manager an (BILD 7). Sie visualisiert zentral die Überwachungsergebnisse aller Geräte, die Bedienoberfläche ausgewählter Geräte lässt sich per Mausklick auf deren Symbol einfach aufrufen. Die Nutzung der Software erfordert keine SNMP-Kenntnisse, lediglich die IP-Adressen der eingesetzten Geräte sind zur Konfiguration erforderlich.

Fazit und Ausblick

Die Neuentwicklungen R&S®DVMS1 und R&S®DVMS4 sind in der Summe ihrer Eigenschaften einzigartig am Markt. Zu einem attraktiven Preis überwachen sie gleichzeitig die Qualität bis zu vier digitaler TV-Signale. Sie erkennen alle relevanten Fehler auf HF- und Transportstrom-Ebene und beanspruchen nur eine Höheneinheit Platz. Detaillierte Analysefunktionen erlauben parallel zur Überwachung tief gehende Signalanalysen. Auf Transportstromebene unterstützen sie DVB-, ATSC- sowie ISDB-T /-T_B-spezifische Eigenschaften. Schnittstellen für DVB-T/-H sowie DVB-S/-S2 stehen zur Verfügung, solche für DVB-T2 und IP-Gigabit-Ethernet sind in Entwicklung.

Thomas Tobergte

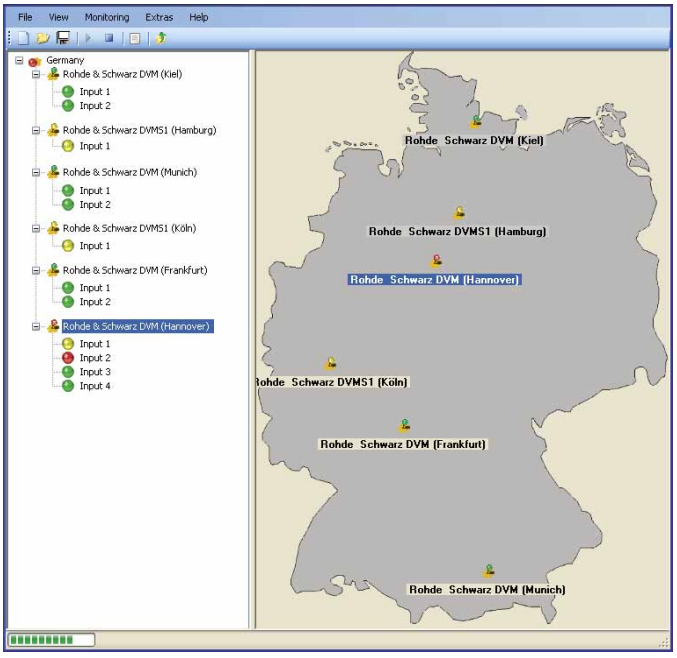


BILD 7 R&S®DTV Monitoring Manager.

Analysieren von DVB-T2-Signalen in Echtzeit

Der digitale Standard DVB-T2 zur terrestrischen Übertragung von hochauflösenden TV-Signalen setzt neue komplexe Modulations- und Fehlerschutzverfahren der 2. Generation ein, die dem Bedarf nach höherer Übertragungskapazität gerecht werden. Damit einher gehen auch neue Messverfahren, die der TV-Analysator R&S®ETL mit seinen neuen Optionen zur Analyse von DVB-T2-Signalen in Echtzeit bereitstellt. Er bietet damit sämtliche Messungen zur Installation und zum Betrieb von DVB-T2-Sendern.

Echtzeitanalyse – ein Muss für terrestrische TV-Signale der 2. Generation

Terrestrische TV-Übertragungsverfahren der 2. Generation zeichnen sich dadurch aus, dass sich digitale Inhalte für stationäre und mobile Endgeräte in nur einem Kanal kombinieren und darüber hinaus auch entsprechend unterschiedlich fehlerschützen lassen. Bei DVB-T2 wurden sogenannte Physical Layer Pipes (PLP) definiert, die jeweils einen Transportstrom aufnehmen können. Eine DVB-T2-Aussendung ist dabei wahlweise im Modus Single-PLP oder Multi-PLP durchführbar. Um die Qualität solch komplexer DVB-T2-Signale zu beurteilen, reicht eine einfache Betrachtung von Signalpegel und MER (Modulation Error Ratio) nicht mehr aus.

Der TV-Analysator R&S®ETL demoduliert und analysiert DVB-T2-Signale mit seiner neuen Option R&S®ETL-K340 in Echtzeit. So lassen sich kurzeitig auftretende Störeinflüsse nicht nur anhand einer detaillierten Bitfehlerratenmessung erfassen, sondern es können auch weiterreichende Analysen an einer demodulierten PLP vorgenommen werden, die am ASI-Ausgang des Analysators bereitsteht.

Die neue Option lässt sich auf jedem R&S®ETL installieren, der mit der neuen FPGA-Erweiterung R&S®ETL-B300 ausgestattet ist. Jeder bereits für DVB-T im Einsatz befindliche TV-Analysator R&S®ETL ist dank seines investitionssichernden Gerätekonzepts problemlos für DVB-T2 aufrüstbar.

Komplexe Signalisierung übersichtlich präsentiert

Zur zuverlässigen Synchronisation auf ein DVB-T2-Signal und zur sicheren Demodulation einer oder mehrerer PLPs wurde eine komplexe hierarchisch strukturierte Signalisierung definiert. Eine Übersicht über die L1-pre-Signalisierung (BILD 1) informiert über die gewählten Parameter des Übertragungssystems, z. B. über die Länge des Guard Intervals, das Schema der Pilote und die Modulation der L1-post-Signalisierung. Letztere wird in einer weiteren Übersicht präsentiert. Die dort aufgelisteten Informationen dienen der Demodulation einer PLP. Für die Betriebsart Multi-PLP wird es zukünftig möglich sein, eine bestimmte PLP zur Demodulation auszuwählen.

BILD 1 Übersicht über die L1-pre-Signalisierung.

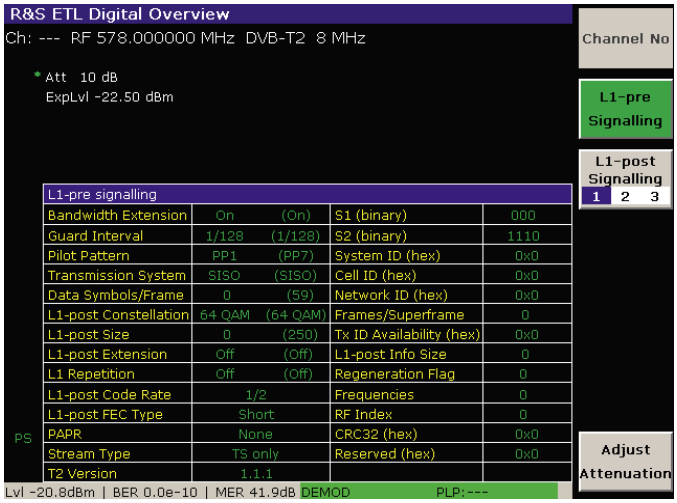
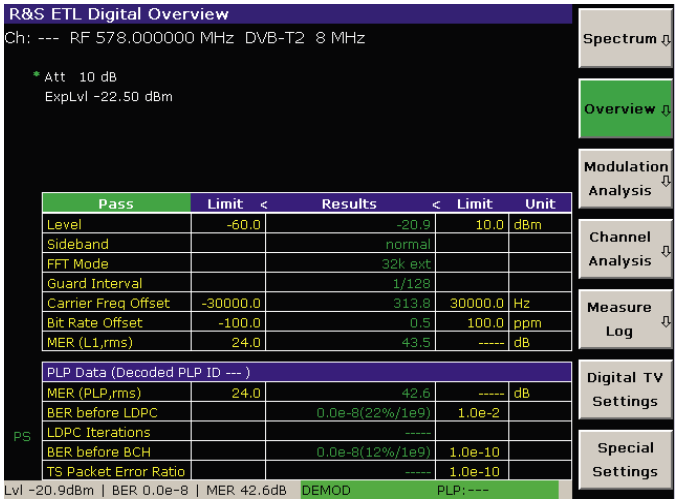


BILD 2 Überblick über DVB-T2-System und PLP.



Das Fenster „Overview“ bietet schließlich einen kompakten Überblick über die Messwerte des Übertragungssystems sowie über die einer demodulierten PLP (BILD 2). So kann sich der Anwender in nur wenigen Schritten schnell einen Eindruck über die Qualität eines DVB-T2-Signals verschaffen – sei es nach der Inbetriebnahme eines Senders oder im Rahmen einer regelmäßigen Wartung.

Einzigartige Konstellationsanalyse

Im Normalfall genügt es, die Konstellation einer demodulierten PLP zu sichten (BILD 3), um sich von einer ordnungsgemäßen Übertragung zu überzeugen. Aber was tun im Fehlerfall? Hier bietet der R&S®ETL eine einzigartige Konstellationsanalyse. In einem Auswahlmenü lassen sich Konstellationen einzelner Signalbestandteile für eine gezielte Analyse wählen. Ein Blockschaltbild erleichtert dabei die Auswahl und zeigt, an welcher Stelle des Demodulators die Konstellation aktuell abgegriffen wird (BILD 4). Kommt die mit DVB-T2 geschaffene Möglichkeit einer rotierten Konstellation zum Einsatz, kann mit dem Analysator überprüft werden, ob die Q-Anteile im Modulator richtig verzögert sind (BILD 5).

Messungen zur Sender- und Netzoptimierung

Natürlich bietet der TV-Analysator R&S®ETL auch für DVB-T2 in gewohnter Weise weitere Messungen zur Optimierung von Sendereinstellungen an. So kann mittels Messungen des Verlaufs von Amplitude und Gruppenlaufzeit die Qualität der Vorentzerrung überprüft werden. Für stationäre Messungen innerhalb von Gleichwellennetzen steht die Messung Echo-Pattern im SISO-Modus zur Verfügung, die höchst präzise die Laufzeiten aller beteiligten Sender in grafischer und tabellarischer Form aufzeigt. Die Messung Echo-Pattern im MISO-Modus ist in Vorbereitung.

Fazit

Ob am Sender oder im Versorgungsgebiet, der TV-Analysator R&S®ETL mit seinen neuen Optionen für DVB-T2 steht Sendernetzbetreibern bei dem Sprung in eine neue Ära der terrestrischen Aussendung von digitalen Fernsehsignalen zuverlässig zur Seite.

Werner Dürport

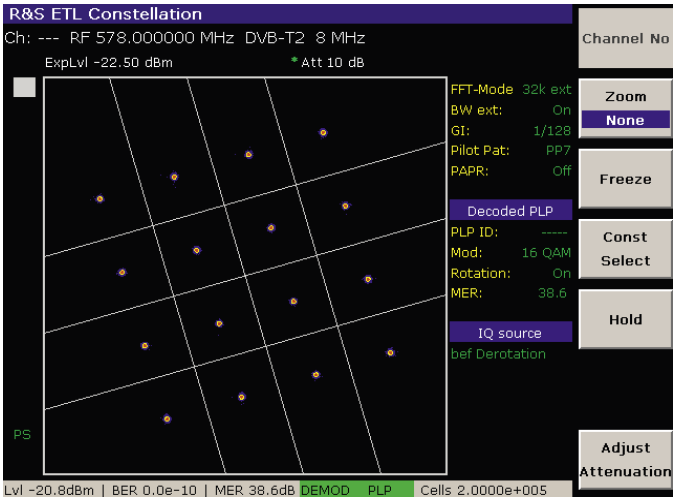


BILD 3 Rotierte Konstellation.

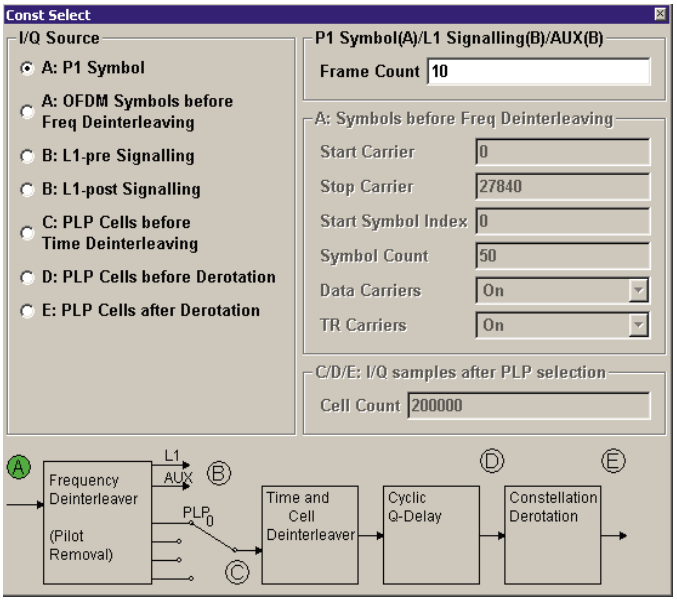
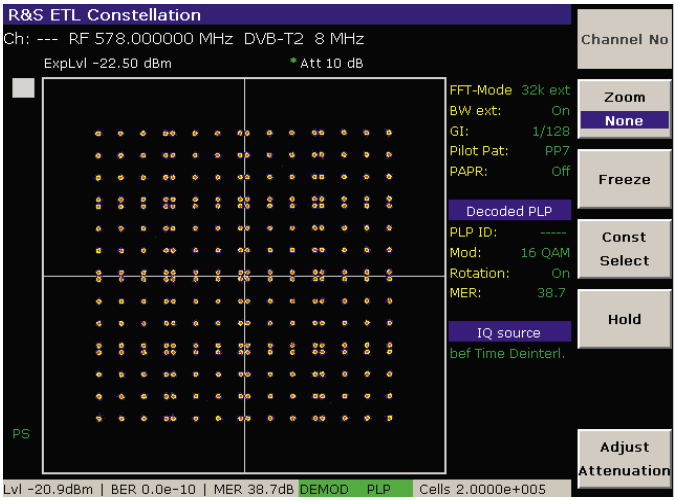


BILD 4 Konstellationsauswahl.

BILD 5 Konstellation vor Time und Cell Interleaving.



Multiplexer sichert den problemlosen Einstieg in ATSC Mobile DTV

Eine Schlüsselkomponente für ATSC Mobile DTV (MDTV) ist der ATSC-M/H Emission Multiplexer R&S®AEM100. Dank seiner Kompaktheit ist er ideal für Netzbetreiber, die ihre ATSC-Netze schnell und problemlos für die zusätzlichen mobilen Services erweitern oder neue Netze aufbauen wollen. Er bietet die volle Funktionalität gemäß Standard A/153.

Komplettprogramm für ATSC Mobile DTV

Seit über einem Jahr hat Rohde&Schwarz sein Portfolio für den Fernsehstandard ATSC Mobile DTV (MDTV – A/153) – an dessen Entwicklung es wesentlich beteiligt war – in Nordamerika am Markt. Es reicht von Encodern (R&S®AVE264) über Multiplexer (R&S®AEM100), TV-Sender (z.B. R&S®NV8600) und Steuersender (R&S®SX800) bis hin zu Messgeräten (R&S®ETL) und Signalgeneratoren (R&S®SFU).

Der neue ATSC-M/H Emission Multiplexer R&S®AEM100 (BILD 1) ist das Herzstück in der MDTV-Sendekette. Er verarbeitet den regulären ATSC-Transportstrom, fügt ihm die neuen mobilen Services hinzu und gibt ihn anschließend an den Sender weiter. Seine Standard-Schnittstellen und -Protokolle machen ihn zum guten Teamplayer, der mit vielen Encodern, Sendern und Zusatzdaten-Managementsystemen anderer Hersteller problemlos zusammenarbeitet und hervorragend in bestehende Systeme integrierbar ist. Außerdem ist er bestens in frequenzeffizienten Gleichwellennetzen einsetzbar.

Bedienung: Web-basiert und komfortabel

Dank der intuitiven und übersichtlichen grafischen Bedienoberfläche können Anwender den R&S®AEM100 sofort konfigurieren, bedienen und überwachen. Beispiel Status-Seite (BILD 2): Die wichtigsten Seiten sind über den Navigationsbaum ❶, über klassische Verlinkung innerhalb der Seiten ❷ und über Symbole ❸ zu erreichen.

Signalfarben und Symbole schaffen Überblick über den Datenfluss und den Zustand der einzelnen Ein- und Ausgänge. Grüne Komponenten signalisieren, dass alles in Ordnung ist, Gelb (Achtungszeichen) oder Rot (Störungszeichen) weisen auf Warnungen bzw. Fehler hin.

Eine weitere zentrale Seite dient dem Configuration Management (BILD 3). Sie zeigt die wichtigsten Parameter wie Konfigurationsname, Anzahl der enthaltenen Paraden und Services sowie (Live-)Datenraten. Das Konzept der gleichzeitigen Darstellung von aktueller (Current) und nächster Konfiguration (Next) auf einer Seite wird durchgängig verwendet. Änderungen nimmt man in der Next-Konfiguration vor, die sofort oder zeitgesteuert aktiviert und somit zur Current-Einstellung werden kann.

Die Services und Paraden werden auf zwei separaten Seiten in übersichtlichen Sliders angezeigt. Miniaturlogos symbolisieren die einzelnen Services (BILD 4) und können auch vom Electronic Service Guide (ESG) genutzt werden. Der Paraden-Slider ist ähnlich aufgebaut (BILD 5). Statt der Logos zeigt er den aktuellen Nutzungsgrad, ob die Parade aus einem oder zwei Ensembles zusammengesetzt ist sowie den verwendeten Fehlerschutz. Auf beiden Seiten erhält man durch Auswählen eines Elements genauere Informationen und kann Änderungen vornehmen. Der R&S®AEM100 lässt sich sowohl vor Ort als auch aus der Ferne steuern und überwachen.

BILD 1 Der ATSC-M/H Emission Multiplexer R&S®AEM100.

BILD 2 Die Statusseite in der Bedienoberfläche des R&S®AEM100: Die wichtigsten Seiten sind über den Navigationsbaum ❶, über klassische Verlinkung innerhalb der Seiten ❷ und über Symbole ❸ zu erreichen.

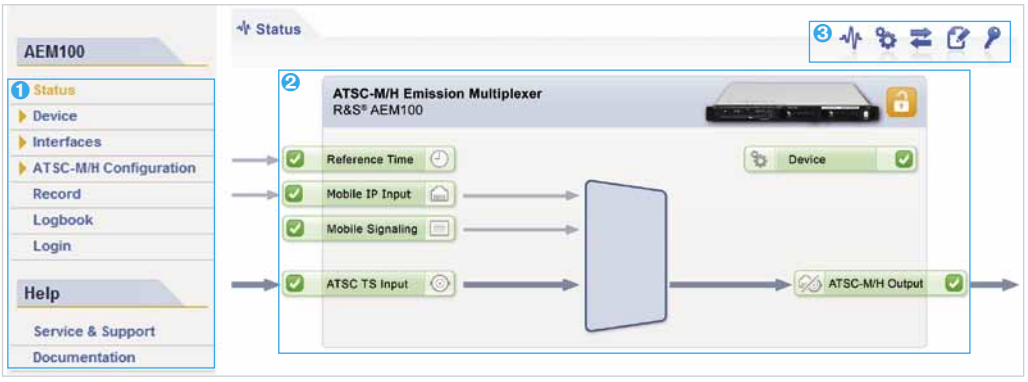


BILD 3 Im Configuration Management werden alle wichtigen Parameter eingestellt.

BILD 4 Slider für die Services. Der Servicetyp ist an den kleinen Symbolen links oben erkennbar, geänderte Services sind orange hervorgehoben.

BILD 5 Slider für die Paraden. Die Football-ähnlichen Formen im Paraden-Slider symbolisieren die enthaltenen Ensembles.

Device Cloning für die einfache und schnelle Konfiguration weiterer Multiplexer

Dieses Feature dient der schnellen Einsatzbereitschaft neuer Geräte im Netz und der Verifikation neuer Konfigurationen in einem Testsystem. Außerdem bringt es Redundanz-Geräte in kürzester Zeit on air, denn es muss nicht der komplette Setup-Vorgang für jedes Gerät erneut durchgeführt werden. Die R&S®AEM100-Geräteeinstellungen, MDTV-Konfigurationen und die Software-Version sind auf einem Lizenz-Hardlock R&S®AEM100I (USB-Dongle) abgelegt und lassen sich einfach und schnell von einem System auf ein anderes übertragen – und zwar vollautomatisch im Hintergrund und ohne explizites Synchronisieren. Steckt man den Dongle an einen zweiten R&S®AEM100 an, so lässt sich wahlweise die auf dem Dongle vorhandene Lizenz nutzen, um im normalen Betriebsmodus zu arbeiten, oder die auf dem Dongle gespeicherten Informationen werden vom ersten Multiplexer auf dieses Gerät übertragen.

Ein Mitarbeiter bereitet den Dongle entsprechend vor und sendet ihn an den neuen Multiplexerstandort. Dort muss er nur noch an das Gerät angesteckt werden, das dann die Konfiguration und Einstellungen übernimmt. Dies spart Kosten und Zeit; potenzielle Fehler werden vermieden.

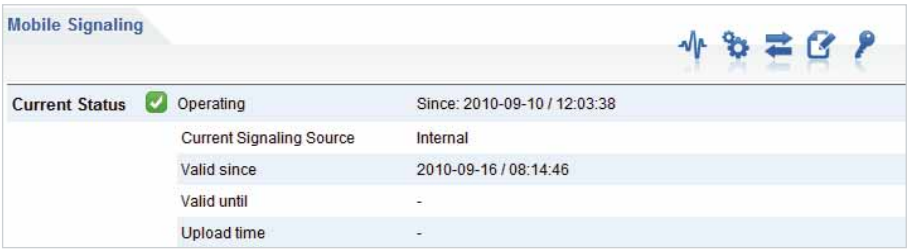


BILD 6 Steuerung und Überwachung der Signalisierung: Der Anwender hat die Wahl zwischen einem internen Signalisierungsgenerator, einer externen Quelle oder dem Auto-Modus, der auf den internen Modus umschaltet, wenn die externe Quelle nicht mehr verfügbar ist.

Offene Schnittstellen und gängige Protokolle

Da der Multiplexer ein zentraler Verknüpfungspunkt im MDTV-System ist, sind seine Schnittstellen für andere Komponenten offen und basieren auf standardisierten Protokollen.

Schnittstellen für die mühelose Integration

Der R&S®AEM100 hat zwei verschiedene physikalische Schnittstellen, über die man ihn mit dem vorgelagerten ATSC-Multiplexer und dem nachfolgenden Sender verbinden kann:

- Asynchronous Serial Interfaces (ASI, In- und Output) und
- Ethernet-Senderschnittstellen (Output).

Standardprotokolle gewährleisten Interoperabilität

Der Multiplexer arbeitet mit offenen und häufig verwendeten Protokollen für die einfache Zusammenarbeit mit weiteren Geräten im Playout Center:

- TSoverIP in drei Varianten für die Transportstromübertragung an den Sender
  - **UDP/IP**: Die Transportstrom-Pakete werden direkt hintereinander in ein UDP/IP-Paket gepackt und an eine IP-Adresse (Multicast oder Unicast) und einen UDP-Port gesendet.
  - **RTP/UDP/IP**: Damit wird zusätzlich ein RTP-Header in dem UDP/IP-Paket eingesetzt. Er enthält ergänzende Informationen wie Zeitstempel und Sequenznummern, die es ermöglichen, verlorene UDP/IP-Pakete zu erkennen und vertauschte Pakete in die korrekte Reihenfolge zu bringen.
  - **Pro-MPEG FEC**: Dieses Protokoll setzt auf dem vorgenannten Protokoll auf, erweitert dieses jedoch um die Möglichkeit, Bitfehler innerhalb der Pakete sowie komplett fehlende RTP/UDP/IP-Pakete zu erkennen und zu beheben bzw. wiederherzustellen.
- HTTP/HTML/Javascript für die Bedienoberfläche
  Für die Bedienoberfläche des R&S®AEM100 wird das verbreitete Hypertext Transfer Protocol (HTTP) in Kombination mit HTML und Javascript verwendet. Dadurch ist sie auf nahezu jedem Gerät mit Webbrowser aufrufbar und gewährleistet kurze Reaktionszeiten.
- SNMP zur Fernsteuerung
  Sämtliche Parameter, die über die Bedienoberfläche sichtbar sind, lassen sich auch per Simple Network Management Protocol (SNMP) abfragen bzw. einstellen.
- Multicast-Protokolle zum Einbinden mobiler (Zusatz-)Daten
  Der MDTV-Standard A/153 definiert, dass die Audio- / Video-Daten mittels des RTP/UDP/IP-Protokolls und die Zusatzdaten (Electronic Service Guide ESG, Datacasting, …) per UDP/IP-Protokoll im ATSC-M/H-Datenstrom vorliegen müssen. Diese Zusatzdaten gewinnen immer mehr an Bedeutung. Interaktive ESG-Funktionalitäten wie Werbe-Banner, Votings und Video on Demand werden mehr und mehr eingesetzt. Durch konsequente Implementierung dieser Schnittstellen im R&S®AEM100 ist das Gerät in der Lage, mit allen auf dem Markt verfügbaren A/V-Encodern bzw. ESG-Generatoren, die diese Protokolle beherrschen, zusammenzuarbeiten.
- NTP zur Zeitsynchronisation
  Der R&S®AEM100 nutzt das Network Time Protocol (NTP) zur Zeitsynchronisation. Damit erhält der Anwender eine kostengünstige Möglichkeit zur Verteilung des GPS-Signals auch über den Standort hinaus. Die Zeitsynchronisation ist essenziell für die im Standard beschriebene ATSC-Time und den Betrieb von Gleichwellennetzen (SFN).
- XML über http für die Signalisierung
  Zusammen mit der Firma Triveni Digital Inc., einem der führenden Anbieter für Metadatenmanagement-Systeme, implementierte Rohde&Schwarz im R&S®AEM100 eine Schnittstelle für externe Signalisierung (BILD 6). Sie nutzt das Format XML über HTTP zum Austausch von Signalisierungsdaten. Dabei werden die Daten von der ESG-Quelle (vom GuideBuilder™ von Triveni Digital Inc.) an den MDTV-Multiplexer übertragen. Dieser spielt sie dann wie ein Karussell zyklisch aus, bis sie durch neue ersetzt oder ungültig werden. Die Schnittstelle und ihre Spezifikation ist offen und wurde bereits von weiteren bedeutenden Herstellern in deren Geräte implementiert.

Fazit

Mit dem R&S®AEM100 ATSC-M/H Emission Multiplexer steht Netzbetreibern ein Baustein zur Verfügung, der sich hervorragend in ihre bestehenden Netzstrukturen einpasst und der durch seine unkomplizierte Bedienung einen raschen Einstieg in den Standard für die mobile Unterhaltung ermöglicht.

Claudia Görig; Denis Hagemeier

Kompakte Senderfamilie R&S®SCx8000: jetzt auch für VHF und L-Band

Mit den neuen Sendern für VHF und das L-Band deckt die Senderfamilie R&S®SCx8000 [1] nun alle Rundfunkfrequenzbereiche und die weltweit wichtigsten TV- und digitalen Radio-Standards ab. Auch bei diesen Sendern sind Kompaktheit und hoher Wirkungsgrad die herausragenden Eigenschaften, sie erreichen die besten Werte am Markt.

VHF-Sender R&S®SCW8000 / SCA8000

Die VHF-Sender R&S®SCW8000 für TV und R&S®SCA8000 für digitalen Hörfunk (DAB, DAB+) sind beide mit Ausgangsleistungen bis 600 W für die digitalen Standards verfügbar, die TV-Sender liefern bis 1100 W für analoges Fernsehen. Zusammen mit dem Multistandard-Steuersender R&S®SX801 [2], der auch die Sendersteuerung beinhaltet, sind die Sender – die nur vier 19"-Höheneinheiten belegen – ideal für den Einbau mehrerer Geräte in ein Gestell oder für die Unterbringung in die Lücken bereits vorhandener Systeme. Die Sender lassen sich auch in Outdoor-Gestelle einbauen. Mit ihrem Wirkungsgrad bis 24 % sind enorme Kosteneinsparungen erzielbar.

L-Band-Sender R&S®SCQ8000 / SCL8000

Für das L-Band (1452 MHz bis 1492 MHz) stehen mit den Sendern R&S®SCQ8000 für TV und R&S®SCL8000 für DAB, DAB+ und T-DMB zwei Sender zur Verfügung, die in diesem Frequenzbereich mit einem Wirkungsgrad bis 22 % das beste Ergebnis am Markt erzielen. Leistungen bis 300 W bei TV und bis 400 W bei digitalem Hörfunk sind wie bei den VHF- und UHF-Sendern mit dem Multistandard-Steuersender R&S®SX801 und einem Verstärker in nur vier 19"-Höheneinheiten realisierbar.

Für Ausgangsleistungen bis 1200 W bei TV und 1500 W bei DAB sind vier Verstärker erforderlich (Bild). Über eine im Gestell integrierte Baueinheit werden die Verstärker gekoppelt; sie beinhaltet außer dem Leistungskoppler auch einen Eingangssignal-Splitter, ein Oberwellenfilter sowie den Blitzschutz und die Leistungsabsorber. Die R&S®NetCCU800 steuert den Sender, sie ist auch für die Steuerung eines Senders mit Vorstufenreserve einsetzbar. Mit nur 20 Höheneinheiten ist auch dieser Sendertyp der kompakteste in dieser Klasse.

Christian Wachter

[1] UHF-TV-Senderfamilie R&S®SCx8000: Kompaktheit in neuer Dimension. NEUES (2009) Nr. 199, S. 66–67.
[2] Multistandard-Steuersender R&S®SX801 für ATV, DTV und digitalen Hörfunk. NEUES (2009) Nr. 199, S. 58–59.

Der L-Band-Sender R&S®SCx8000, konfiguriert als R&S®SCL8304V, eingebaut in ein 19"-Gestell mit 20 Höheneinheiten. In dieser Konfiguration sind Leistungen von 1200 W DTV oder 1500 W DAB, DAB+ und T-DMB erzielbar. Er besteht aus zwei Multistandard-Steuersendern R&S®SX801, der Sendersteuerung R&S®NetCCU800, vier Verstärkern R&S®VL8301C1 sowie der Netzverteilung R&S®ZR800Z10.

Das Spektrum in neuem Licht – mit Breitband-Optionen zum R&S®ESMD

Mit einer Fülle von Neuheiten macht der Breitbandüberwachungsempfänger R&S®ESMD auf sich aufmerksam: 80 MHz Echtzeitbandbreite, sehr hohe Suchgeschwindigkeit, digitale Absetzempfänger, neuartige Spektrumdarstellung und 10-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle zur Signalausgabe. Damit werden selbst schwierigste Überwachungsaufgaben in kürzerer Zeit und zu niedrigeren Kosten erledigt.

Immer offen für den Fortschritt

Die von Beginn an auf Erweiterbarkeit angelegte modulare Architektur des Breitbandüberwachungsempfängers R&S®ESMD erlaubt das Nachrüsten neuester Technik in bereits existierende Geräte. Einfach das neue Multifunktionsboard einbauen und der R&S®ESMD steigert zusammen mit den neuen Breitband-Optionen seine Leistungsfähigkeit:

- 80 MHz Echtzeit-Bandbreite
- Sichere Detektion kürzester Signale durch lückenlose Erfassung und Berechnung des Spektrums
- 75 GHz/s Scan-Geschwindigkeit bei kleiner Auflösebandbreite
- Polychromes ZF-Panorama zur Darstellung des Zeitverhaltens von Signalen schon im Spektrum
- Vier digitale Empfangskanäle (DDCs) innerhalb der Echtzeitbandbreite
- 10-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle zur Ausgabe breitbandiger Daten

80 MHz Echtzeitbandbreite

Kurze, unregelmäßig auftretende Störsignale sind schwierig zu erfassen, denn ihre exakte Frequenz und der genaue Zeitpunkt ihres Auftretens sind in der Regel unbekannt. Deshalb gehört die Suche nach solchen Pulssignalen zu den zeitaufwendigsten Aufgaben im Bereich der Funkerfassung und bindet die meist knappen Ressourcen überdurchschnittlich lang.

Hier sorgen die neuen Breitband-Optionen zum R&S®ESMD für Abhilfe, denn sie erhöhen drastisch die Wahrscheinlichkeit, solche Pulssignale zu erfassen. Dazu tastet ein A/D-Umsetzer auf dem neuen Multifunktionsboard das ZF-Signal mit 400 MHz ab und steigert die Echtzeitbandbreite des R&S®ESMD auf 80 MHz. Dadurch können große Frequenzbereiche, ja sogar ganze Funkbänder, auf einmal erfasst werden (BILD 1). Ein leistungsstarkes FPGA berechnet das Spektrum (FFT), es bleiben keine Lücken oder Blindzeiten und selbst kürzeste Emissionen werden sicher erfasst.

Die größere Echtzeit-Bandbreite von 80 MHz erlaubt auch das schnellere Durchsuchen großer Frequenzbereiche im Panorama Scan (PSCAN)*. Die Scan-Geschwindigkeit in einem beliebigen Frequenzbereich steigt von bisher 20 GHz/s auf 75 GHz/s. Auch bei anspruchsvollen Anwendungen wird auf Details geachtet: Durch aufwendiges Resampling sind die Kanalraster der gängigsten Funkdienste bereits direkt als Auflösebandbreiten im Spektrum wählbar, sowohl im ZF-Panorama als auch im Panorama Scan. Das lästige Nachbearbeiten von Messergebnissen aufgrund nicht angepasster Frequenzauflösung entfällt.

„Schnell beim Erfassen von Funksignalen, hochpräzise bei deren Vermessung und Demodulation sowie vielseitig im Einsatz“: Unter anderem mit diesen, seinen wichtigsten Eigenschaften wurde der Breitbandüberwachungsempfänger R&S®ESMD vorgestellt*.

Nun steht er erneut im Rampenlicht. Die neuen Breitband-Optionen machen ihn zu einem der leistungsstärksten derzeit am Markt verfügbaren Funküberwachungsempfänger.

* Neues von Rohde&Schwarz (2009) Nr. 195, S. 62–67

Polychromes ZF-Panorama (PIFPAN)

Je nach gewählter Auflösebandbreite berechnet das neue Multifunktionsboard bis zu zwei Millionen Spektren pro Sekunde. Um diese dem menschlichen Auge zugänglich zu machen, werden sie wie gewohnt durch die üblichen Bewertungsfilter MaxHold, MinHold, Average oder ClearWrite in Echtzeit zusammengefasst. Zur Erfassung pulsartiger Emissionen ist die Einstellung MaxHold am besten geeignet, wohingegen zum Untersuchen von Dauersignalen das Average-Filter von Vorteil ist.

Doch wie ist vorzugehen, wenn Kurzzeitsignale die kontinuierlichen Signale überlagern und somit keine der oben erwähnten Methoden optimal ist? Auch in einem solchen Fall bietet der R&S®ESMD eine passende Methode. Eine in der Funkerfassung neuartige Darstellung des Spektrums verbindet die Vorteile der bisher bekannten Bewertungsfilter: Das Polychrome ZF-Panorama (PIFPAN) kann Kurzzeitsignale von Dauersignalen trennen und zeigt das zeitliche Verhalten von Signalen bereits im Spektrum (BILD 2). Dazu wird das Spektrum in ein Raster von Frequenzen und Pegelwerten unterteilt. Die

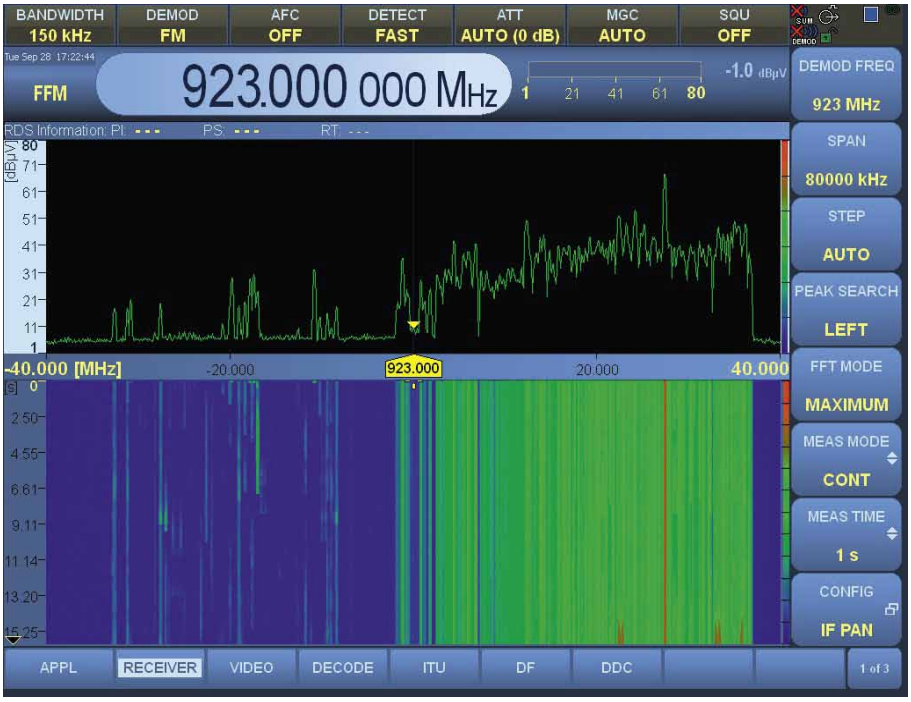


BILD 1 Das GSM900-Band im ZF-Panorama des R&S®ESMD mit 80 MHz Bandbreite. In der linken Hälfte des Spektrums ist der Uplink (Mobiltelefone) zu sehen, in der rechten Hälfte der Downlink (Basisstationen) mit deutlich höherer Signalstärke.

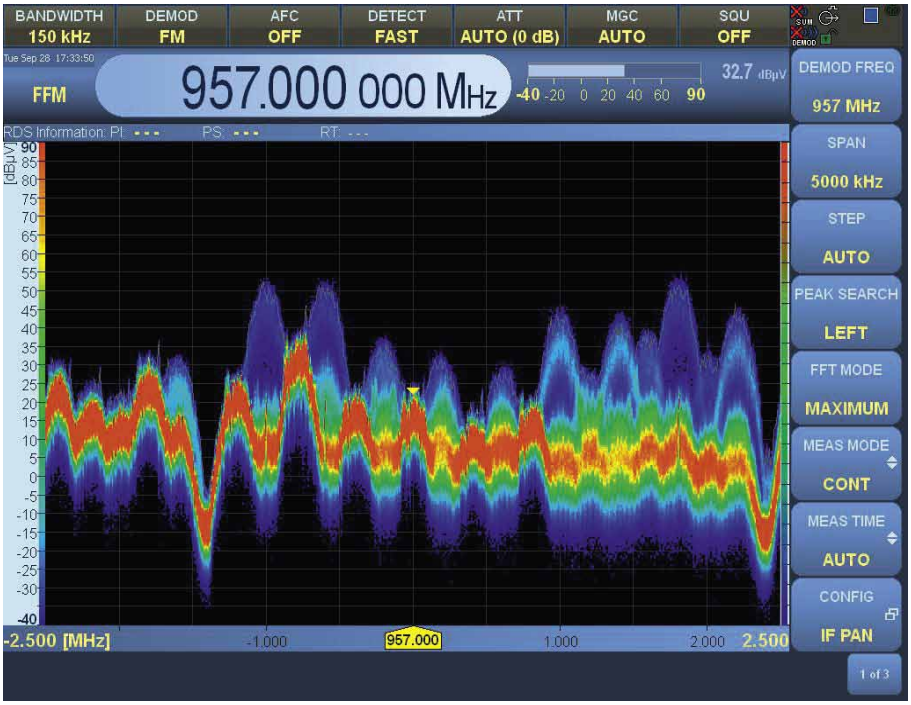


BILD 2 Ein Ausschnitt des GSM900-Downlinks in der Darstellung Polychromes ZF-Panorama. Blau dargestellte Signalanteile zeigen pulsartiges Verhalten, wohingegen die rote Färbung ein permanent vorhandenes Signal repräsentiert. Aus der Farbkodierung lässt sich somit die Belegung der Zeitschlitze in den einzelnen GSM-Kanälen nachvollziehen.

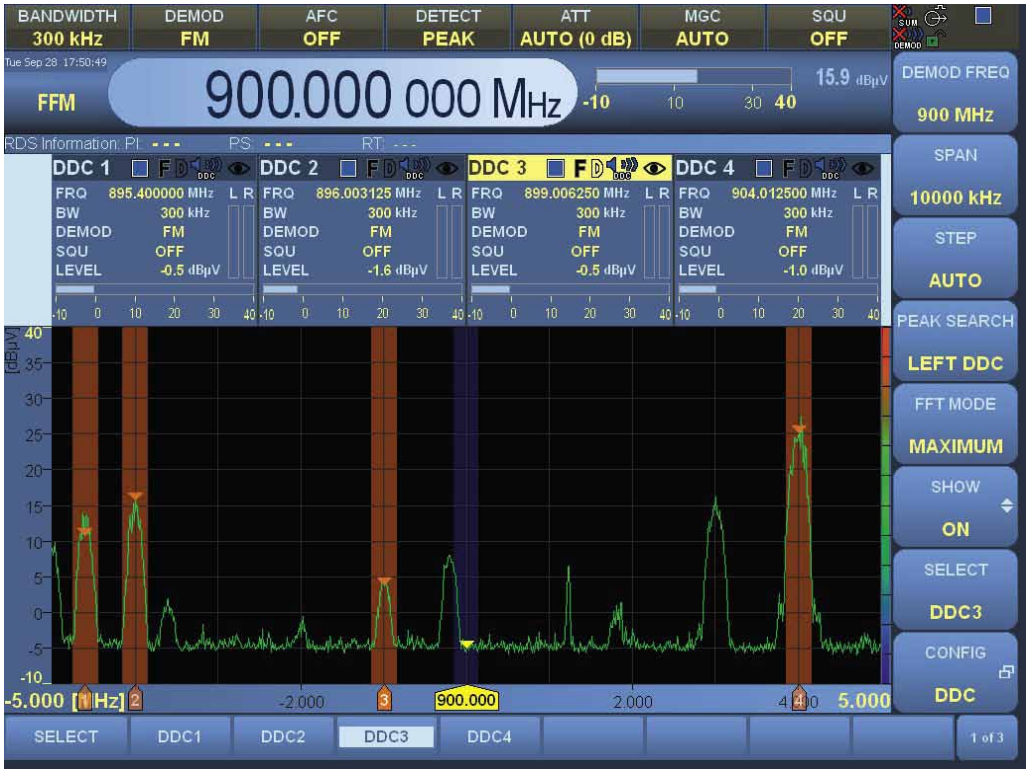


BILD 3 Die vier digitalen Empfangskanäle des R&S®ESMD im Einsatz. Jeder der orangefarbenen Balken im ZF-Panorama repräsentiert die aktuelle Position und Bandbreite eines DDCs. Deren Konfiguration kann in den vier Statusfeldern darüber abgelesen werden.

innerhalb eines einstellbaren Zeitintervalls angefallenen Einzelspektren werden auf dieses Raster abgebildet. Die Darstellung markiert farblich die Häufigkeit, mit der ein Punkt des Rasters getroffen wurde: von blau für selten über grün und gelb bis rot für permanent. Auf einen Blick macht das Polychrome ZF-Panorama dadurch Signalszenarien sichtbar, die sich früher der Erfassung gänzlich entzogen haben.

Digitale Empfangskanäle (DDCs)

Müssen mehrere Signale gleichzeitig erfasst und demoduliert werden, so kommen in vielen Systemen ein breitbandiger Suchempfänger sowie mehrere dedizierte Hand-Off-Receiver zum Einsatz. Mit den neuen Breitband-Optionen zum R&S®ESMD lassen sich solche Systeme in Zukunft erheblich vereinfachen, denn damit verfügt der Empfänger neben dem Breitband-Demodulationspfad über vier weitere digitale Empfangskanäle (DDCs). Diese arbeiten innerhalb der Echtzeitbandbreite bis 80 MHz vollkommen parallel und können unabhängig voneinander parametriert werden. Jeder dieser digitalen Empfangskanäle bietet die Demodulationsarten AM, FM, PULS, I/Q, LSB, USB und CW, einen umfangreichen Satz von 25 ZF-Bandbreiten zwischen 100 Hz und 1 MHz, eine automatische Verstärkungsregelung (AGC) sowie eine Squelch-Funktion. Darüber hinaus liefert jeder DDC das komplexe Basisband (I/Q), den dazugehörigen Signalpegel sowie ein Audiosignal (BILD 3).

10-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle

Die detaillierte Analyse unbekannter oder komplexer Signalszenarien ist aufwendig und in Echtzeit kaum zu bewältigen. Deshalb gibt der R&S®ESMD das ZF-Signal bis zur vollen Echtzeitbandbreite von 80 MHz an einer standardisierten 10-Gigabit-Ethernet Schnittstelle als komplexes Basisbandsignal aus. Von dort kann es beispielsweise auf Festplatten aufgezeichnet und später ausgewertet werden. Als Übertragungsmedien sind sowohl Kupfer- als auch Glasfaserkabel verwendbar.

Fazit

Die neuen Breitband-Optionen machen den R&S®ESMD zu einem der leistungsstärksten derzeit am Markt verfügbaren Funküberwachungsempfänger. Und dank seiner modularen Gerätearchitektur können auch weiterhin aktuelle Entwicklungen in der Funkerfassung aufgegriffen und nachgerüstet werden. Weitere Optionen befinden sich bereits in der Entwicklung.

Paul Renardy

Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung: Peiler R&S®DDF04E löst R&S®PA100 ab

Die seit Jahrzehnten weltweit in hoher Stückzahl in der Flugsicherung und maritimen Verkehrssicherung eingesetzte Dopplerpeiler-Familie R&S®PA100 wird mehr und mehr vom digitalen Verkehrspeiler R&S®DDF04E abgelöst. Diese neue Generation kann mit nur einem Peilgerät gleichzeitig bis zu 32 Frequenzkanäle peilen.

Ein einziger Peiler für bis zu 32 Frequenzkanäle – mit hoher Peilgenauigkeit und -empfindlichkeit

Die weltweit in hoher Stückzahl eingesetzte Dopplerpeiler-Familie R&S®PA100 hat einen schnellen Nachfolger bekommen: den digitalen Verkehrspeiler R&S®DDF04E (BILD 1). Herkömmliche Geräte zur Verkehrspeilung bestehen aus mehreren Peileinschüben, die an derselben Peilantenne angeschlossen sind. Jeder dieser Einschübe ist ein vollwertiges Festfrequenz-Peilgerät. Der moderne digitale Breitbandpeiler R&S®DDF04E dagegen ist schnell genug, um viele Frequenzkanäle parallel zu verarbeiten: Zwischen 100 MHz und 450 MHz kann er bis zu 32 Kanäle (optional) gleichzeitig überwachen – und auf allen Kanälen sind Peilqualität und Messgeschwindigkeit hoch. Das ermöglicht die parallele Überwachung typischer Notfrequenzen der Luftfahrt wie 121,5 MHz und 243 MHz, und eine Aktivität auf diesen führt sofort zur Alarmierung des Controllers.

Die Empfängereigenschaften des R&S®DDF04E wie Großsignalfestigkeit, Selektivität und Empfindlichkeit sind exzellent. So übertrifft er die Empfehlungen der ITU (International Telecommunication Union) für Peiler und Überwachungsempfänger in vielen Punkten und erfüllt auch die hohen Anforderungen der DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH).

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des R&S®DDF04E ist, dass er den kommenden Anforderungen in der Flugsicherung bestens gewachsen ist. So ist beispielsweise das Kanalraster

BILD 1 Der digitale Verkehrspeiler R&S®DDF04E. Zum Steuern des Peilers und zur Anzeige der Ergebnisse sind handelsübliche PCs einsetzbar, was die Kosten pro Arbeitsplatz drastisch reduziert und die Flexibilität vergrößert.

von 8,33 kHz für den Flugfunk bereits integriert. Auch lassen sich sämtliche Frequenzen der zu überwachenden Kanäle per Mausklick verändern.

Im R&S®DDF04E wird das Peilverfahren „Korrelatives Interferometer" verwendet. Dieses Verfahren basiert auf der Messung der Phasendifferenzen zwischen den Antennenelementen einer Kreisgruppen-Peilantenne und ermöglicht den Einsatz von Großbasis-Peilantennen. Besonders im Vergleich zum herkömmlichen Watson-Watt-Peilverfahren, das noch immer in der maritimen Verkehrssicherung eingesetzt wird, zeigt sich die höhere Peilgenauigkeit und Immunität gegen Reflexionen.

Weiter Frequenzbereich mit nur einer Antenne

Die Großbasis-Peilantenne R&S®ADD050SR deckt den gesamten Frequenzbereich des R&S®DDF04E von 100 MHz bis 450 MHz ab. Dank ihres Durchmessers von 3 m und ihrer neun Antennenelemente bietet sie eine hohe Peilgenauigkeit

Einsatzbeispiel Flugsicherung

R&S®DDF04E auf dem Fliegerhorst Brumowski in Österreich (ICAO-Code: LOXT)

Der Fliegerhorst Brumowski der österreichischen Luftstreitkräfte des BMLVS (Österreichisches Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport) befindet sich westlich von Wien in Langenlebarn bei Tulln. Auf dem Flugplatz ist die Fliegerwerft 1, das Luftunterstützungsgeschwader, eine Flieger- und Fliegerabwehrtruppenschule und die öffentliche Bundesfachschule für Luftfahrttechnik untergebracht.

Der auf dem Fliegerhorst installierte Peiler R&S®PA008 aus den 80er Jahren hatte bis zu seinem Ersatz all die Jahre zuverlässig gearbeitet und erheblich zur Flugsicherheit beigetragen. Die in die Jahre gekommene Anlage mit nur vier Peilkanälen veranlasste das BMLVS zur Ersatzbeschaffung.

Die Peilantenne R&S®ADD050SR wurde auf einem 5 m hohen Stahlmast zusammen mit einer LED-Flugwarnleuchte montiert (BILD 2). Diese Masthöhe ist ein Kompromiss aus gegensätzlichen technischen Forderungen: Um ausgeprägte Einzüge im Vertikaldiagramm aufgrund von Bodenreflexionen zu vermeiden, soll sie möglichst niedrig sein, für eine große Reichweite dagegen möglichst hoch. Abgesehen von einer guten Erdung der Antenne sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich, weil ihre Elemente und der Peilempfänger bereits mit einem integrierten Blitzschutz ausgestattet sind. Ein isolierter vollklimatisierter Outdoor-Schrank am Mastfuß nimmt den Peilgerätesatz und den Peilserver auf. Für die Stromversorgungs- und Datenleitungen wurden beim Gehäuseeintritt entsprechende Überspannungs-Ableitelemente installiert.

Die Datenverbindung zu den Bediengeräten für die beiden Radar-Arbeitsplätze und den Tower-Arbeitsplatz läuft über ein 4-Draht-VDSL-Datenmodem (Kupferleitungen). Ein PC im Technikraum für die Betriebsüberwachung ermöglicht den direkten Zugriff auf den Server-PC und auf die Arbeitsplätze. Zwei kompakte Bediengeräte R&S®GB4000T im Radar-Raum und eines im Tower sind speziell für den Einsatz in Flugsicherungskonsolen entwickelte kompakte PCs mit berührungsempfindlichem Bildschirm (TIDs – Touch Input Devices). Diese Geräte werden auch für die Bedienung der Flugfunkgeräte R&S®Serie4200 über Voice over IP verwendet.

Das Bediengerät R&S®GB4000T wird für die Einstellungen des Controllers sowie als zusätzliche Anzeige bei Radar-Ausfall bzw. zum Überwachen einer zusätzlichen Frequenz von benachbarten Zivilflugplätzen verwendet. Der Tower-Arbeitsplatz ist mit einem Mithörempfänger R&S®EB110 und der Audio Unit R&S®GB4000V ausgestattet.

Foto: Autor

BILD 2 Der Peiler R&S®DDF04E auf dem Fliegerhorst Brumowski. Ein isolierter vollklimatisierter Outdoor-Schrank am Mastfuß nimmt den Peilgerätesatz und den Peilserver auf.

Einsatzbeispiel Flugsicherung

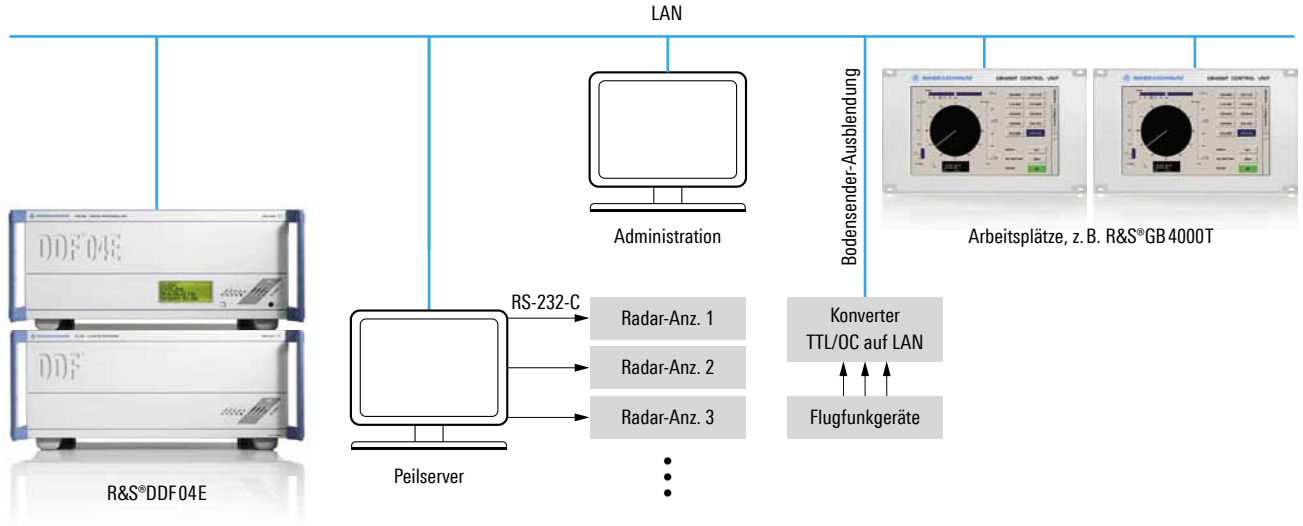


BILD 3 Typisches System für die Flugsicherung mit dem digitalen Verkehrspeiler R&S®DDF04E.

und -empfindlichkeit sowie Immunität gegen Reflexionen. Für den mobilen und semimobilen Einsatz steht die Kompaktantenne R&S®ADD153SR mit einem Durchmesser von 1,1 m zur Verfügung.

Einfache Vernetzung und Steuerung

Zum Steuern des Peilers und zur Anzeige der Ergebnisse sind handelsübliche PCs verwendbar, was die Kosten pro Arbeitsplatz drastisch reduziert und die Flexibilität vergrößert. So sind beispielsweise Bildschirme mit integrierten Rechnern (Touch Input Devices, TIDs) wie das R&S®GB4000T und in mobilen Systemen Laptops einsetzbar. Der Peiler und die PCs (Steuerrechner und Peilserver) können per LAN (TCP/IP) vernetzt werden, auch dafür kommen handelsübliche Produkte infrage (BILD 3).

Individuelle Traffic-Management-Systeme und / oder Radar-Anzeigegeräte werden ebenfalls per LAN angebunden. Für Letztere stehen wahlweise auch RS-232-C-Schnittstellen zur Verfügung. Das Datenformat entspricht dem des bewährten Dopplerpeilers R&S®PA100 – der also ohne zusätzlichen Aufwand gegen einen R&S®DDF04E ausgetauscht werden kann. Steuerinformationen zur Bodensender-Ausblendung werden zunächst mittels eines oder mehrerer Konverter in das Format TCP/IP umgewandelt und stehen dann über das Netzwerk zur Abfrage und Berücksichtigung durch den R&S®DDF04E zur Verfügung.

Besonders in sicherheitsrelevanten Anwendungen wie der Verkehrssicherung ist ein eingebauter Selbsttest (BITE) der Geräte unerlässlich. Im R&S®DDF04E werden dazu ständig die Messwerte von mehr als 170 Testpunkten während des Betriebs überprüft und mit den entsprechenden Sollwerten verglichen. Verlässt ein Wert den Sollwertbereich, kommt es automatisch zu einer Fehlermeldung.

Robert Matousek

Die wichtigsten Eigenschaften des R&S®DDF04E auf einen Blick

- Parallele Peilung auf bis zu 32 Frequenzkanälen (optional) mit gleich hoher Peilqualität und -empfindlichkeit auf allen Kanälen
- Weiter Frequenzbereich 100 MHz bis 450 MHz, durchgehend mit nur einer Peilantenne
- Zukunftssicher durch einfache Änderung von Empfangsfrequenz und Anzahl der Kanäle über die Steuersoftware sowie durch das bereits integrierte, zukünftige Kanalraster von 8,33 kHz
- Handelsübliche PCs, Bildschirme und Netzwerktechnik zur Steuerung und Darstellung
- Flexible Vernetzung von Peilgerät, Datenserver und Anzeigegeräten über Ethernet
- Ergebniseinblendung in Radar-Anzeigegeräten und Traffic-Management-Systemen über RS-232-C- oder TCP/IP-Schnittstelle

Winfried Wirth neuer Geschäftsführer der Rohde&Schwarz SIT GmbH

Seit 1. September 2010 ist Winfried Wirth neuer Geschäftsführer der Rohde&Schwarz SIT GmbH in Berlin. Er folgt auf Henning Krieghoff, der das Unternehmen aus persönlichen Gründen verlassen hat. Wirth trat 1989 beim Mutterkonzern Rohde&Schwarz ein. Seit September 2005 leitete er dort im Bereich Funkkommunikation das Fachgebiet Geräteentwicklung. Krieghoff, seit 1982 bei Rohde&Schwarz, etablierte die Rohde&Schwarz-Tochter im Bereich Hochsicherheits-Verschlüsselungslösungen als Marktführer in Deutschland und als einen der führenden Anbieter in Europa. Auch für die erfolgreiche Eingliederung der Kryptologie-Geschäftsfelder von Siemens und Bosch in die Rohde&Schwarz SIT GmbH zeichnete er verantwortlich.

Bayerische Forschungsstiftung fördert Projekt in der Leiterplattenentwicklung

Der bayerische Wirtschaftsminister Martin Zeil überreichte während der Besichtigung des Werks Teisnach den Förderbescheid über 900000 Euro für das Projekt PHERES (Printed circuit boards for higher frequency systems). Ziel des Fördervorhabens ist es, Verfahren zur kostengünstigen Fertigung von zuverlässigen Leiterplatten für erweiterte Signalfrequenzbereiche zu schaffen.

Der Stiftungsrat der Bayerischen Forschungsstiftung unter der Leitung von Wissenschaftsminister Dr. Wolfgang Heubisch vergab 2010 rund sieben Millionen Euro an Fördermitteln. An den Forschungsprojekten sind insgesamt 25 bayerische Wirtschaftsunternehmen und 22 Vertreter bayerischer Wissenschaftseinrichtungen beteiligt. „Wir unterstützen innovative Kooperationsvorhaben von Wissenschaft und Wirtschaft direkt und unbürokratisch“, erklärte Heubisch. „Die Stiftung leistet einen wichtigen Beitrag zum Wissenstransfer und zur Stärkung des Technologie- und Forschungsstandorts Bayern.“

V.l.: Prof. Dr. Joachim Heinzl (Präsident der Bayerischen Forschungsstiftung), Rohde&Schwarz-Werkleiter Johann Kraus, Wirtschaftsminister Martin Zeil, Ministerialrätin Dorothea Leonhardt (Geschäftsführerin der Bayerischen Forschungsstiftung), Teisnachs Bürgermeisterin Rita Röhrl.

Innenminister de Maizière auf der ISSE

Auf der diesjährigen ISSE-Konferenz (Information Security Solutions Europe) besuchte Bundesminister Thomas de Maizière den Gemeinschaftsstand von secunet und Rohde&Schwarz SIT. De Maizière informierte sich über Lösungen für die Sicherheit in der Informationstechnik. Mit den Geschäftsführern der beiden IT-Sicherheitspartner der Bundesregierung erörterte der Minister die langfristige Sicherung des IT-Sicherheitsstandortes Deutschland. Bereits seit vielen Jahren entwickelt Rohde&Schwarz SIT gemeinsam mit dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik Produkte und Lösungen für die Kommunikation in vertraulichen Bereichen der deutschen Behörden.

Bundesminister de Maizière (2. v. links) informiert sich bei Volker Schneider von der SIT (ganz links), SIT-Geschäftsführer Winfried Wirth (2. v. rechts) und Dr. Rainer Baumgart, Vorstandsvorsitzender von secunet (rechts).

Sender für Anvia TV

Anvia TV baut das erste DVB-T2-Netz in Finnland, Region Helsinki, mit Rohde&Schwarz-Sendern auf, Sendestart ist bereits Ende des Jahres. Bisher hat die finnische Regierung vier DVB-T2-Netze zugelassen, zwei Genehmigungen erhielt Anvia. Auch beim zweiten Netz wird Rohde&Schwarz beteiligt sein. Mehr als 50 Jahre Erfahrung im Rundfunkbereich und die Marktführerschaft bei DVB-T- und DVB-T2-Sendern sprachen für die Auftragsvergabe an Rohde&Schwarz.

NMDG und Rohde&Schwarz kooperieren

Rohde&Schwarz kooperiert mit dem belgischen Unternehmen NMDG, einem hoch spezialisierten Anbieter für nichtlineare Netzwerkanalyse-Messtechnik. Rohde&Schwarz wird durch diese Zusammenarbeit sein umfangreiches Netzwerkanalyse-Portfolio in Richtung nichtlineare Messungen erweitern.

Moderne HF-Komponenten und -Systeme müssen komplexe Modulationsverfahren und immer größer werdende Übertragungsbandbreiten unterstützen. Das Ziel dabei ist, höhere Datendurchsätze bei gleichzeitig geringerer Leistungsaufnahme zu erreichen. Bereits seit 2008 präsentieren die beiden Unternehmen gemeinsam Messtechnik zur Analyse von nichtlinearen Komponenten.

Rohde&Schwarz-Oszilloskop R&S®RTO erhält Pick Hit Award

Gute Resonanz auf der IBC 2010 in Amsterdam erhielt das R&S®RTO. Rohde&Schwarz hatte dort das Oszilloskop mit einer Anwendung für Entwickler von Settop-Boxen und Rundfunkempfängern gezeigt. Dafür wurde es mit dem Pick Hit Award der Zeitschrift Broadcast Engineering ausgezeichnet. Der Preis wird jährlich von dem international renommierten Fachmagazin an besonders innovative Produkte vergeben. Die Jury besteht aus Experten der Rundfunkbranche. Zu den Auswahlkriterien zählen unter anderem eine positive Auswirkung auf den Arbeitsalltag und ein angemessener Preis.

Leserpreis ITK-Produkt des Jahres für R&S®SMU 200A

Die Leser der Fachzeitschrift Funkschau haben sich entschieden: Der R&S®SMU 200A trägt ab sofort den Titel ITK-Produkt des Jahres 2010. Der High-End-Signalgenerator gehört zu den drei Siegern in der Kategorie Messtechnik und wird mit Gold belohnt. Insgesamt wurden in zehn Kategorien über 7434 Stimmen abgeben. Der Preis wird jährlich vom führenden Fachmedium für professionelle Kommunikationstechnik in Deutschland vergeben.

Stellvertretend für das Entwicklerteam des R&S®SMU 200A nehmen (v.l.) Andreas Hecht, Andreas Pauly, Klaus Wielandner, Thomas Braunstorfinger (Projektleiter) und Dr. René Desquiotz den Preis vom stellvertretenden Funkschau-Chefredakteur Markus Kien entgegen.

Werk Teisnach zur „Fabrik des Jahres 2010" gekürt

Die Wirtschaftszeitung „Produktion" hat in Kooperation mit dem Beratungsunternehmen A.T. Kearney das Werk Teisnach zur „Fabrik des Jahres 2010" in der Kategorie „Hervorragende Kleinserienfertigung" ausgezeichnet. Der Vergleich gilt seit 1992 als härtester und traditionsreichster Benchmark-Wettbewerb für produzierende Unternehmen in Deutschland. Das Werk Teisnach beeindruckte die Jury insbesondere mit seiner hohen Flexibilität, den geradlinigen Prozessen zur Durchlaufzeitreduzierung und der hohen Liefertreue. Zusätzlich punktete die Produktionsstätte durch ihre beeindruckende Fertigungstiefe. Dadurch können Hightech-Produkte effizient produziert und frühzeitig an die Endkunden geliefert werden.

Fallstudienwettbewerb im Zeichen von DVB-T2

175 Studenten aus ganz Deutschland und zwei Teams aus Singapur nahmen an der Finalrunde des siebten Fallstudienwettbewerbs in München teil. Sie erprobten auf Einladung von Rohde&Schwarz und des VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) die Chancen und Hürden von DVB-T2. Sieger wurde dabei das Team der Rheinisch-Westfälisch Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. Neben einem iPad für jeden erhielten sie zusammen 2000 Euro.

Beeindruckten beim Fallstudienwettbewerb 2010: Das Team der RWTH Aachen.

Schon gehört?
Oszilloskope vom Messtechnik-Profi.

Schnelleres Arbeiten, einfache Bedienung, präzise Ergebnisse: Dafür steht unsere jüngste Produktlinie. Wir starten mit drei Leistungsklassen und insgesamt fünf Bandbreiten. Schauen Sie vorbei!

R&S®RTO: High-Performer bis 2 GHz
Die R&S®RTO-Oszilloskope erfassen und analysieren schneller als gängige Geräte. Sie sind dank digitalem Triggersystem äußerst präzise. Und das kluge Bedienkonzept samt Touchscreen macht einfach Spaß.

R&S®RTM: Midrange-Oszilloskope mit 500 MHz
Mit soliden Features und hervorragendem Preis-Leistungs-Verhältnis überzeugen die R&S®RTM-Oszilloskope – die ideale Lösung für den Messalltag.

HAMEG: Basic-Oszilloskope bis 350 MHz
Unsere Tochter HAMEG Instruments entwickelt günstige, leistungsstarke Produkte für kleinere Budgets – seit Anfang 2009 auch digital bis 350 MHz.

Ausführliche Informationen unter: www.scope-of-the-art.de

scope-of-the-art.com

ROHDE&SCHWARZ