



Foto 43 446

BILD 1 Der FSP (vorne, in Gehäuseausführung für portablen Einsatz) schließt in einigen Eigenschaften bereits dicht an die Geräte der High-End-Klasse auf (im Hintergrund FSE und FSQ).

Spektrumanalysator FSP Mittelklasse mit High-End-Ambitionen

Ganz vorne in der High-End-Klasse spielen die Spektrumanalysatoren FSE und die Signalanalysatoren FSQ von Rohde & Schwarz mit, denn ihre HF-Performance, ihre Messgeschwindigkeit und -genauigkeit sowie ihre Flexibilität sind selbst anspruchsvollsten Applikationen gewachsen. Die neuen, preisgünstigen Spektrumanalysatoren FSP (BILD 1) bieten nun schon in der Mittelklasse ähnliche Spitzenleistungen. In einigen Punkten übertreffen sie die Spitzenreiter sogar ...

Messgenau und trotzdem schnell

Neben allgemeinen Anwendungen in Labor und Service ist der FSP mit seiner hohen Messgeschwindigkeit und Messgenauigkeit besonders auf die Belange der Produktion zugeschnitten. Beide Eigenschaften sind maßgebend für den Durchsatz und bestimmen die Investition an Messmitteln für ein vorgegebenes Produktionsziel. Um bei diesen wichtigen Merkmalen nicht nur Verbesserungen im Prozentbereich zu erzielen, ging Rohde & Schwarz bei der Konzeption des FSP zum Teil völlig neue Wege, damit der Analysator produktionsrelevante Messungen zum Beispiel an Komponenten und Modulen von Funkübertragungseinrichtungen mit maximaler Geschwindigkeit und Reproduzierbarkeit durchführen kann.

Grundvoraussetzung für großen Messdurchsatz ist eine hohe Geschwindigkeit im Fernsteuer-Betrieb. Ein üblicher Benchmark-Test dafür ermittelt

die Anzahl der Messkurven, die über die Fernsteuerschnittstelle pro Sekunde an einen Steuerrechner übertragen werden. Der FSP ist standardmäßig mit einer IEC-Bus-Schnittstelle ausgerüstet. Bei 10 MHz Span und minimaler Sweep-Zeit überträgt er bis zu 30 Messkurven mit je 501 Messpunkten. Im Zeitbereich (Zero Span) sind sogar bis zu 70 Messkurven pro Sekunde möglich. Im manuellen Betrieb sorgen bis zu 25 Bilder pro Sekunde für ein analoges „Feeling“ beim Messen und erlauben ein schnelles Abgleichen.

Die FSP-Familie besteht aus vier Analysatoren, die sich im Frequenzbereich unterscheiden:

| | | | |
|-------|-------|-----|--------|
| FSP3 | 9 kHz | bis | 3 GHz |
| FSP7 | 9 kHz | bis | 7 GHz |
| FSP13 | 9 kHz | bis | 13 GHz |
| FSP30 | 9 kHz | bis | 30 GHz |

Damit bietet sie für jeden Anwendungsbereich – sei es HF oder Mikrowelle – den jeweils optimalen Frequenzbereich.

Synthesizer – blitzschnell eingestellt

Als erster Lokaloszillator kommt ein VCO zum Einsatz. Dieser bietet gegenüber den sonst üblichen magnetisch abgestimmten YIG-Oszillatoren erhebliche Geschwindigkeitsvorteile, da er wesentlich schneller einstellbar ist. Dies macht sich vor allem beim Zurücksetzen der Frequenz zwischen zwei Frequenzabläufen bemerkbar. Der Sweep-Oszillator ist immer auf die Referenz synchronisiert, so dass auch bei großen Darstellungsbereichen die Frequenzgenauigkeit hervorragend ist. Die minimale Sweep-Zeit beträgt beim FSP 2,5 ms. Zudem hat der FSP-Synthesizer ein sehr geringes Phasenrauschen: Der Garantiewert bei 500 MHz und 10 kHz Trägerabstand ist -106 dBc (1 Hz). Typisch werden sogar -110 dBc (1 Hz) erreicht (BILD 2). Das gute Phasenrauschen bleibt bis 7 GHz Eingangsfrequenz erhalten, weil die Oszillatorfrequenz nicht verdoppelt wird.

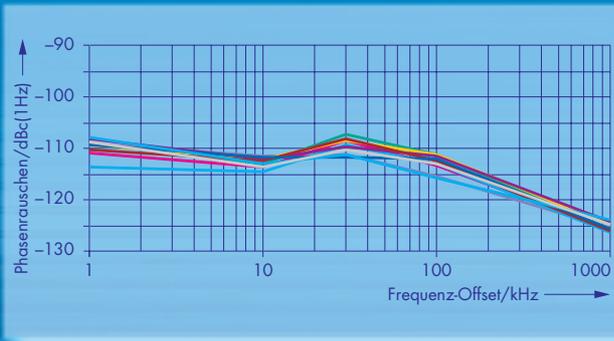


BILD 2 Phasenrauschen des Spektrumanalysators FSP bei 500 MHz, gemessen an 10 verschiedenen Geräten.

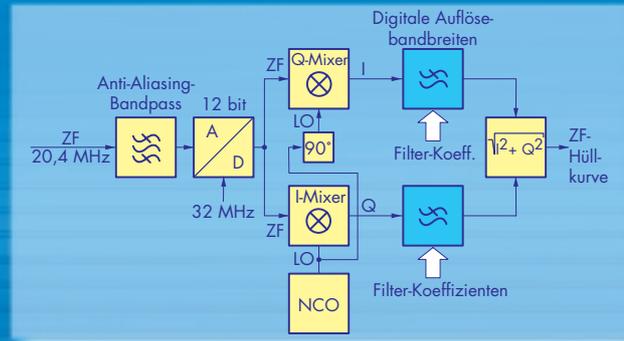


BILD 3 Prinzipschaltbild der digitalen Filter im FSP.

Digitale Signalverarbeitung

Einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Messgeschwindigkeit des FSP liefern die hohe Abtastfrequenz (32 MHz) der letzten Zwischenfrequenz- oder der Videospannung sowie die Weiterverarbeitung der digitalisierten Mess-Signale

in eigenentwickelten ASICs. Im Zero-Span-Betrieb sind damit Sweep-Zeiten zwischen 1 μ s und 16000 s möglich. Aber nicht nur die Messgeschwindigkeit profitiert von diesem Konzept, sondern auch die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen.

Zum Maximieren der Messgeschwindigkeit und zum Vereinfachen der manuellen Bedienung bietet der FSP konfigurierbare Messroutinen, die intern durchgeführt deutlich schneller ablaufen als von extern gesteuert. Häufig notwendige Messungen in Entwicklung, Verifikation und Produktion sind z. B. Leistungs- und Nachbarkanalleistungsmessungen an TDMA- oder CDMA-Signalen. Dazu bietet der FSP fertige, besonders schnelle Messroutinen für die wichtigsten Standards (W-CDMA, cdmaOne, IS-136 und TETRA).

Dies wird im FSP genutzt, um die Nachbarkanalleistung im Zeitbereich zu messen. Die FSP-Familie ist mit Kanalfiltern für die gängigsten Standards – einschließlich W-CDMA – ausgerüstet. Zur Leistungsdetektion dient der bereits von der FSE-Familie bekannte RMS-Detektor. Der FSP stellt nacheinander die verschiedenen Kanalfrequenzen entsprechend den gewählten Standards ein und misst dort in vorgegebener Zeit mit den spezifizierten Kanalfiltern die Leistung. Wegen seines schnellen VCO-Synthesizers fällt die erforderliche Zeit zum Umschalten der Kanalfrequenzen kaum ins Gewicht. Diese Methode ergibt einen inhärenten Geschwindigkeitsvorteil ca. um den Faktor 10 im Vergleich zur bisher in Spektrumanalysatoren üblichen Integrationsmethode (BILD 4).

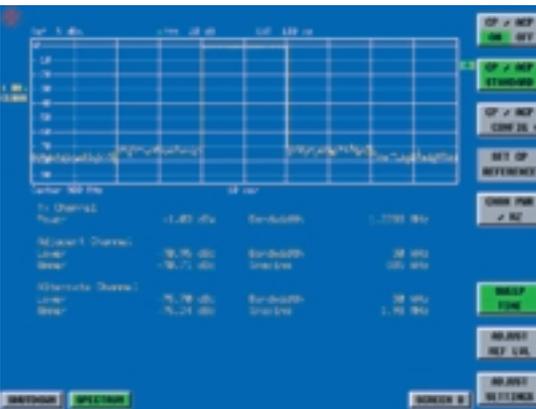


BILD 4 Messung der Nachbarkanalleistung nach IS-95 CDMA im Zeitbereich (Fast ACP). Für diesen Standard ist beispielsweise bei Verwendung der bisher in Spektrumanalysatoren üblichen Integrationsmethode eine Sweep-Zeit von ca. 800 ms erforderlich, um die Leistung im Sendekanal und in je zwei Nachbarkanälen (oberhalb und unterhalb des Sendekanals) mit 0,25 dB Standardabweichung der Messergebnisse messen zu können. Mit der Messmethode des FSP im Zeitbereich sind nur 50 ms erforderlich. Die Overhead-Zeit für das Umschalten der Frequenz, interne Berechnungen und Ausgeben der Messwerte über den IEC-Bus beträgt zusammen nur ca. 30 ms, so dass bereits innerhalb von 80 ms gut reproduzierbare Messergebnisse zur Verfügung stehen.

Die Auflösefilter für Bandbreiten zwischen 10 Hz und 30 kHz sind im FSP digital implementiert (BILD 3). Das Umschalten zwischen den Filtern geschieht durch Umladen der Koeffizienten im ASIC. Diese digitale Realisierung der ZF-Bandbreiten bietet nicht nur die in Spektrumanalysatoren üblichen gaußförmigen Auflösefilter, sondern auch steile Kanalfilter und sogar Wurzel-Kosinus-Filter, die in verschiedenen Standards für die Messung der Kanal- oder Nachbarkanalleistung gefordert sind.



Foto 43 389/10

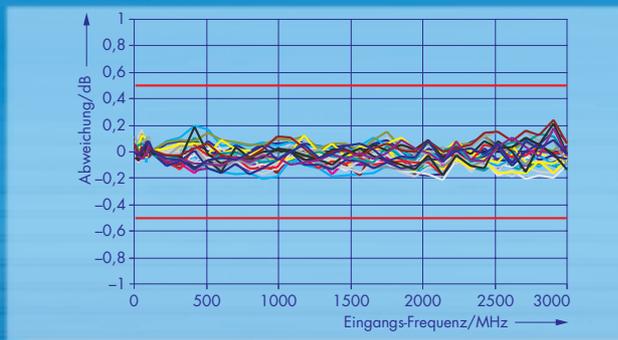


BILD 5 Frequenzgang des FSP bis 3 GHz, gemessen an 10 Geräten bei 0/25/50 °C. Rote Toleranzgrenzen markieren die im Datenblatt garantierten Grenzwerte. Die errechnete Standardabweichung aus den Messergebnissen beträgt 0,135 dB.

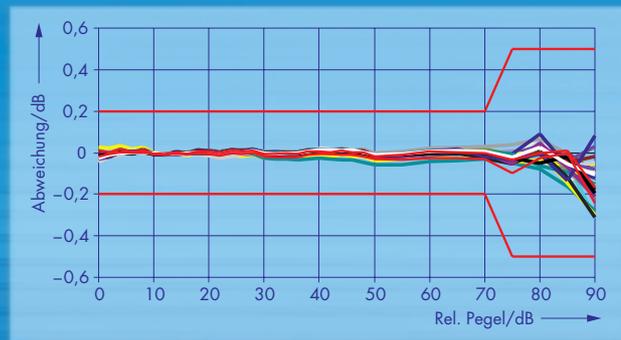


BILD 6 Linearitätsfehler der digitalen Bandbreitenfilter zwischen 10 Hz und 30 kHz im Pegelbereich bis 90 dB unter Referenzpegel, gemessen an 30 Geräten. Rote Toleranzgrenzen markieren die im Datenblatt spezifizierten Werte ($\pm 0,2$ dB bis -70 dB und $\pm 0,5$ dB darunter).

Messfehler stark reduziert

Rohde&Schwarz präsentiert mit dem FSP erstmals einen Spektrumanalysator, der im kommunikationstechnisch wichtigsten Bereich bis 3 GHz eine Gesamtmessunsicherheit von nur 0,5 dB garantiert, und zwar über den spezifizierten Temperaturbereich, über alle HF-Eichteilerstellungen und über 70 dB Pegelbereich am Bildschirm.

Diese hohe Messgenauigkeit des FSP erlaubt höhere Toleranzen beim Messobjekt und vermindert den Ausschuss oder lässt kürzere Messzeiten mit entsprechend geringerer Wiederholgenauigkeit zu.

Grundlage für diese ungewöhnliche Präzision ist ein Konzept, das Fehler von vornherein minimiert:

- digitale Signalverarbeitung in ASICs
- Einsatz eng tolerierter Funktionsmodule, die für Messfehler bestimmend sind
- Korrektur verbleibender Restfehler durch die Geräte-Firmware

Um dem Anwender das Berechnen des Gesamtfehlers z. B. in Mess-Systemen zu vereinfachen, sind für den FSP – erstmals bei einem Spektrumanalysator – auch die Standardabweichungen der Einzelfehler im Datenblatt angegeben (BILD 5 und 6).

Ausgezeichnete HF-Performance

Die HF-Performance eines Analysators ist ein entscheidendes Kriterium dafür, ob aufwendige Messungen, z. B. Intermodulations- oder Spurious-Messungen, mit den für ein Messobjekt erforderlichen Eigenschaften überhaupt durchgeführt werden können. Sie ist dafür ausschlaggebend, ob ein Spektrumanalysator der High-End-Klasse wie der FSE oder ein Gerät aus dem Mittelklassebereich wie der FSP eingesetzt werden muss. Letzterer ist in dieser Hinsicht zwar nicht vergleichbar mit dem FSE oder dem FS1Q, bietet aber für die Mittelklasse exzellente Eigenschaften hinsichtlich Empfindlichkeit und Großsignalverhalten.

Die allgemein übliche Angabe für die Empfindlichkeit ist das gemittelte angezeigte Rauschen bei kleinster Auflösungsbandbreite. Bis 7 GHz erreicht der FSP dabei < -140 dBm bei 10 Hz Auflösungsbandbreite. Typische Werte sind -145 dBm (10 Hz) bis 3 GHz und -143 dBm (10 Hz) zwischen 3 GHz und 7 GHz. Mit den schon in der Grundausstattung verfügbaren FFT-Filtern (1 Hz bis 30 kHz) ist nicht nur eine noch geringere Rauschanzeige möglich, sondern auch noch ein enormer Geschwindigkeitsvorteil gegenüber der Verwendung der Sweep-Filter gegeben.

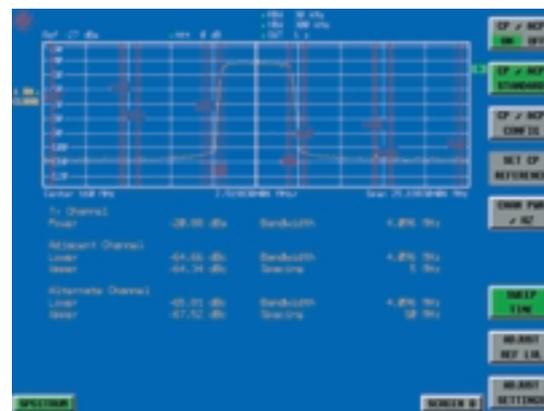


BILD 8 Die Messung der Nachbarkanalleistung an einem W-CDMA-Uplink-Signal zeigt mit ca. 64 dBc die exzellente Gesamtdynamik des Spektrumanalysators FSP.

Für die Gesamtdynamik entscheidend ist jedoch neben dem Grundrauschen auch die Großsignalfestigkeit. Diese ist bestimmt durch die Belastbarkeit des Eingangsmischers (1-dB-Kompression) und die Intermodulation. Mit einem 1-dB-Kompressionspegel des Eingangsmischers von 0 dBm und einem Intercept-Punkt dritter Ordnung von ≥ 7 dBm erzielt der FSP eine für die Mittelklasse exzellente Gesamtdynamik (BILD 7).

Die dynamischen Eigenschaften zeigen sich z. B. bei der Nachbarkanalleistungsmessung an Uplink-W-CDMA-Signalen nach dem ARIB-Standard in einer Gesamtdynamik von ca. 64 dBc im ersten Nachbarkanal (BILD 8).

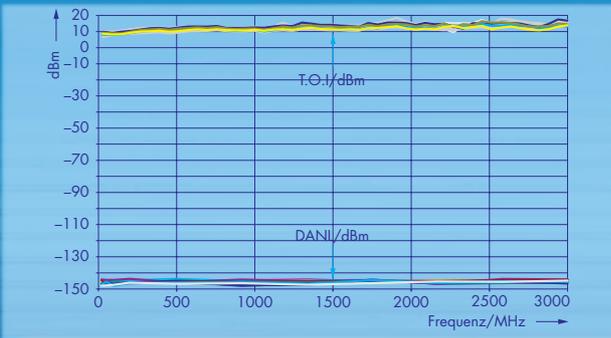


Foto 43 389/12

BILD 7 Rauschanzeige bei 10 Hz Bandbreite (DANI) und Intercept-Punkt dritter Ordnung (T.O.I.) gemessen an 10 Geräten FSP3.

Viele fertige Messfunktionen

Für die vielfältigen Messaufgaben, die mit einem Spektralanalysator zu lösen sind, ist die FSP-Familie reichlich mit fertigen Messfunktionen ausgestattet (Kasten rechts). Als Folge der reichhaltigen Grundausstattung ist die Optionenliste zum FSP sehr kurz. Für eine erhöhte Frequenzgenauigkeit ist eine Ofenquarzreferenz verfügbar, für skalare Netzwerkanalyse bis 3 GHz wird ein Tracking-Generator angeboten und zum Mithören von Signalen gibt es einen optionalen AM/FM-Hördemodulator mit internem Lautsprecher und Kopfhöerausgang. Mit der Option 100-base-T-LAN-Interface ist nicht nur

die Steuerung des FSP über ein Netzwerk möglich, sondern auch die Übertragung großer Datenmengen aus dem FSP-internen IQ-Speicher (2 x 128 kWorte). Für die Messung des Rauschmaßes an Verstärkern, frequenzumsetzenden Komponenten und Modulen steht die Rauschmess-Software FS-K3 zur Verfügung. Die Ansteuerung der Rauschquelle geschieht dabei direkt vom FSP.

Josef Wolf

LITERATUR

- [1] Wolf, Josef: Spectrum Analyzer FSEA/FSEB: Neue Dimensionen in der Spektralanalyse. Neues von Rohde&Schwarz (1995) Nr. 148, S. 4–8.

Kurzdaten FSP

| | |
|--------------------------------------|---|
| Frequenzbereich (FSP3/7/13/30) | 9 kHz...3/7/13/30 GHz |
| Amplitudennmessbereich | -140 dBm...30 dBm |
| Amplitudendarstellbereich | 10 dB...200 dB, 10-dB-Schritte, linear |
| Amplitudennmessfehler | <0,5 dB bis 3 GHz <2 dB von 3 GHz...13 GHz <2,5 dB von 13 GHz...30 GHz |
| Auflösebandbreiten | 1 Hz...30 kHz, FFT-Filter 10 Hz...10 MHz, in Schritten von 1 und 3 200 Hz, 9 kHz und 120 kHz EMI-Bandbreiten, Kanalfilter |
| Detektoren | Max Peak, Min Peak, Auto Peak, Sample, Average, RMS, Quasi-Peak |
| Darstellung | 21 cm (8,4") Farb-TFT-LC-Display, VGA-Auflösung |
| Fernsteuerung | IEC 625-2 (SCPI 1997.0) oder RS-232-C |
| Abmessungen (B x H x T) | 412 mm x 197 mm x 417 mm |
| Gewicht ohne Optionen (FSP3/7/13/30) | 10,5/11,3/12/12 kg |

Näheres Leserdienst Kennziffer 166/01

Fertige Messfunktionen

- Frequenzzähler mit schnellem Zählalgorithmus bei digital realisierten Bandbreiten bis 30 kHz
- Messung von Rauschen und Phasenrauschen
- AM-Modulationsgradmessung
- Messung des Intercept-Punkts dritter Ordnung (T.O.I.)
- Leistungsmessung im Zeitbereich (Mean, RMS und Peak Power über wählbare Zeitausschnitte)
- Leistungsmessung im Frequenzbereich, Nachbarkanalleistungsmessung mit Voreinstellungen für die wichtigsten Standards
- Gated-Sweep-Funktion
- Vielseitige Trigger-Funktionen (Free Run, Video, Extern, IF Power, Pre-Trigger, Trigger-Delay)
- Signalstatistik (APD/CCDF) über eine vorgebbare Anzahl von unkorrelierten Messwerten
- Messung der belegten Bandbreite
- EMI-Quasi-Peak-Detektor (Band A, B und C/D) mit den entsprechenden EMI-Bandbreiten 200 Hz, 9 kHz und 120 kHz
- Frei definierbare Grenzwertlinien (absolut oder relativ) mit wählbarer Margin- und Pass/Fail-Auswertung
- Zwei unabhängige Messeinstellungen, per Tastendruck schnell umschaltbar
- Split-Screen-Darstellung mit unabhängigen Einstellungen in zwei Messfenstern