RF-Power-Detektoren ersetzen Richtkoppler

Linear Technology hat zwei Rückkoppellösungen für seine RF Power Controllers und RF Power Detector entwickelt, bei denen der Richtkoppler vollständig entfällt. Die alternativen Lösungen sparen Platz und Kosten und lassen sich vielseitig anwenden.

Die Minimierung von Größe und Kosten ist essentiell in modernen drahtlosen Applikationen, wie dem Cellular-Funk. Hier stellen RF Power Amplifier, Power Controller, Richtkoppler und Diplexer Schlüsselkomponenten dar. Ein Teil der RF Power Amplifiers enthält bereits einen Richtkoppler auf dem Modul, was natürlich die Komponentenanzahl und den Platz auf dem Board vermindert. Doch die meisten Power Amplifiers erfordern einen externen Richtkoppler.

Richtkoppler sind nicht ideal

Es gilt dann, den optimalen Typ auszuwählen, denn die Preise und Kenndaten von Richtkopplern sind recht verschieden. Jedoch ob integrierter oder externer Richtkoppler: Leider beeinträchtigen diese Bausteine immer mehr oder weniger die HF-Performance des Systems.

Quelle:
Low Cost Coupling Methods for RF Power Detectors Replace Directional Couplers by Shuley Nakamura and Vladimir Dvorkin, Application Note 91 (AN91-1), Linear Technology Corp., www.linear.com
frei übersetzt von FS

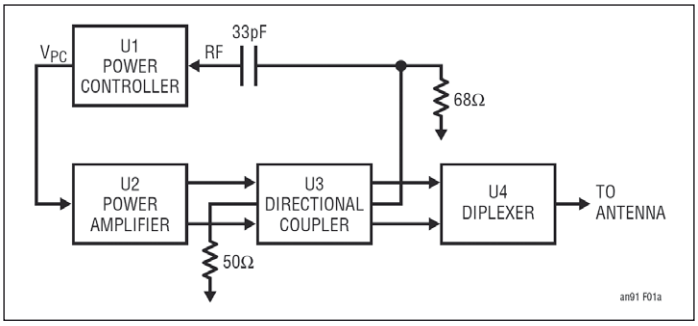


Bild 1: Typische Gestaltung der Leistungsregelung in einer zellularen Mobilfunkanwendung

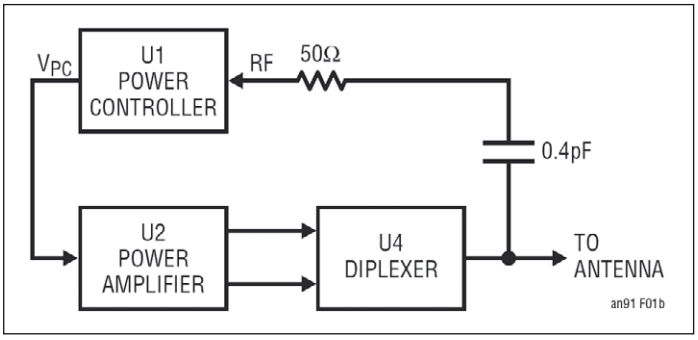


Bild 2: Kapazitive Koppelmethode 1

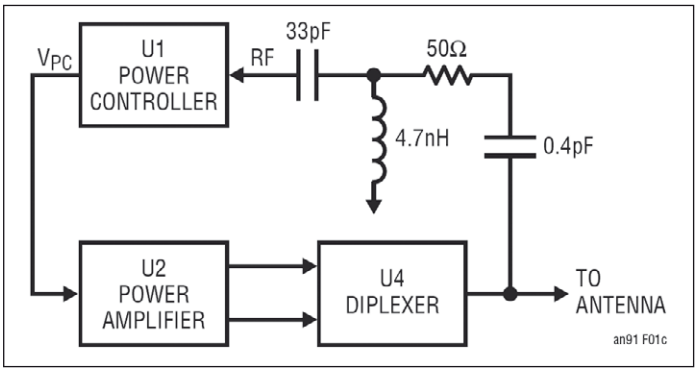


Bild 3: Kapazitive Koppelmethode 2

Außerdem hält sich die Genauigkeit in relativ engen Grenzen.

Diese technischen Einschränkungen resultieren aus dem passiven Prinzip. Die ausgekoppelte Leistung geht im HF-Pfad verloren, die Koppelfaktoren sind recht hoch, und die begrenzte Richtschärfe öffnet der Eintrübung des Messergebnisses durch entgegenlaufende Leistung die Tür.

Für den Designer ist es nicht leicht, Kosten, Koppelfaktor und Richtschärfe optimal unter einen Hut zu bekommen. Ist noch dazu ein bidirektionaler Koppler erforderlich, da vor- und rücklaufende Leistung zugleich erfasst werden müssen, verschärfen sich die Probleme noch, insbesondere, weil der Verlust sich jetzt erhöht.

Besonders problematisch sind auch Dualband-Richtkoppler. Hier hat etwa der Teil für niedrige Frequenzen (z.B. 897,6 MHz ±17,5 MHz) einen Koppelfaktor von 19 dB ±1 dB und der Teil für hohe Frequenzen (z.B. 1747,5 MHz ±37,5 MHz) einen Koppelfaktor von 14 dB ±1,5 dB.

Typische und alternative Kopplung

Bild 1 skizziert die typische Gestaltung der Leistungsregelung in einer zellularen Mobilfunkanwendung. Wenn ein Signal von einem der Eingänge des Dualband-Richtkopplers aufgenommen wird, so führt dieser einen kleinen Anteil gemäß Koppelfaktor über seinen Kopplerausgang ab. Der verbleibende Anteil geht leicht gedämpft durch die reine Einfügedämpfung an den entsprechenden Signalausgang. In einer typischen Regelschleife liegt der mit etwa 68 Ohm belastete Koppelausgang über etwa 33 pF am Power Controller.

Linear Technology hat jedoch zwei Koppellösungen für seine RF Power Controllers und RF Power Detectors entwickelt, die weniger kosten und vergleichbar gut funktionieren. Diese Koppelmethoden eliminieren die beiden externen Anpassungswiderstände gegen Masse, sodass sich der Wirkungsgrad erhöht. Der Richtkoppler entfällt komplett! Gemäß Bild 2 wird stattdessen ein mit 0,4 pF wesentlich kleinerer Koppelkondensator in Serie mit einem 50-Ohm-Widerstand eingesetzt, gemäß Bild 3 werden zwei Kondensatoren, eine Spule und ein Widerstand benötigt.

Mit einem Demoboard, wie etwa dem in Bild 4 gezeigten DC401B, lässt sich die Performance der alternativen Methoden demonstrieren. Das HF-Signal wird hier zum Power Controller LTC4401-1 über 0,4 pF/50 Ohm rückgeführt und gelangt vom Power Amplifier direkt zum Diplexer. Der 0,4-pF-Kondensator musst dabei eine Toleranz von ±0,05 pF oder weniger haben. Diese Toleranz bestimmt nämlich direkt mit, wie viel HF in den RF Input des Controllers gelangt. Es eignet sich etwa der Kondensator

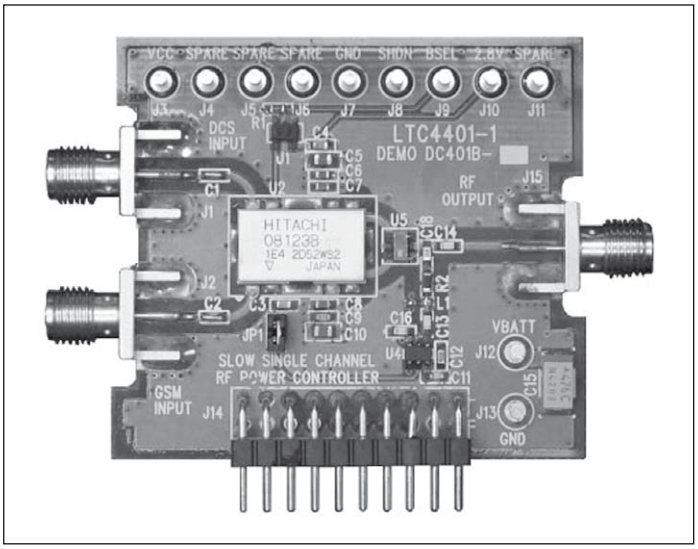


Bild 4: Das Demoboard DC401B

ATC 600S0R4AW250XT im 0603-Gehäuse. Der Serienwiderstand hat 49,9 Ohm und ist vom Typ AAC CR16-49R9FM bei 1% Toleranz.

Die Shunt-Induktivität 4,7 nH bei der zweiten Methode kompensiert die parasitäre Shunt-Kapazität, vor allem präsentiert durch die Eingangskapazität des Power Controllers.

Damit verbessert die Induktivität den Power-Control-Spannungsbereich nach unten, also die Empfindlichkeit. In Dualband-Applikationen wird der Wert der Induktivität so gewählt, dass die Empfindlichkeitsverbesserung auf der Frequenz eintritt, wo das am sinnvollsten ist. Der Einsatz der Spule macht den Kondensator 33 pF mit DC-Trennfunktion erforderlich. Am Prinzip hat sich also nichts geändert.

Hinweise und Ergebnisse

Der 0,4-pF-Kondensator und der 50-Ohm-Widerstand bilden einen Spannungsteiler zusammen mit der Eingangsimpedanz des Power Controllers. Das Teilerverhältnis ist frequenzabhängig. Bereits ein Zehntel eines Picofarads beeinflusst es bei den vorgesehenen Frequenzen beträchtlich

Daher ist der Wert des Koppelkondensators so gering. Die Tabelle nennt die Blindwiderstände der verschiedenen verwendeten Komponenten bei 900, 1800 und 1900 MHz. Der Betrag des Blindwiderstands des 33-pF-Kondensators ist auf jeder Frequenz deutlich geringer als der der Induktivität.

Der Wert des ohmschen Widerstands wird bestimmt von Serienkondensator und den parasitären Größen der ICs und der Platine. Mit Einführung einer Shunt-Induktivität kann ein kleinerer Kondensator genutzt werden, was noch weniger Verlust in der Mainline bedeutet. Die Murata-Filmtype-Induktivität LQP15MN4N7B00D besitzt ein 0402-Gehäuse und ±1 nH Toleranz. Der 33-pF-Kondensator von AVX ist vom Typ 06035A330JAT1A, hat ein 0603er Package und ±5% Toleranz. Diese Toleranzen sind nicht kritisch.

Die konventionelle Methode und die alternativen Lösungen wurden getestet mit dem LTC4401-1 und verschiedenen Hitachi Power Amplifiers. In den Bildern 5, 6 und 7 ist der Verlauf der PCTL-Spannung über der HF-Ausgangsleistung für die drei Frequenzen dargestellt. Daran erkennt man den Koppelverlust. Die alternative Methode mit Induktivität bringt im DCS-Band weitgehend das Ergebnis wie bei Einsatz eines Richtkopplers.

Man muss einige Faktoren berücksichtigen, um sich für eine der Methoden zu entscheiden, wie etwa das Platinenlayout und die Last in der Mainline. Eine HF-technisch bewährte Anordnung der Bauelemente ist nötig, um den Abstand zwischen TX-Ausgang und RF Input des Power Controllers zu minimieren. Parasitäre Effekte können in hohem Maße die Eigenschaften der Rückkopplungsschleife mitbestimmen. Mit einem wohlüberlegten Layout und hochwertigen Bauelementen mit kleiner Toleranz eignet sich der Richtkopplerersatz für Anwendungen in den Bändern GSM, DCS und PCS.

Testsetup und Messungen

Verschiedene Koppelmethoden wurden mit den Demoboards DC401A und DC401B untersucht. Das DC401A besitzt einen Tripleband-Richtkoppler und diente als Controlboard. Der Koppelfaktor ist 19 dB auf 900 MHz und 14 dB auf 1800 und 1900 MHz. Das Board DC401B diente zum Testen der beiden alternativen Koppelmethoden mit der Schaltung nach Bild 8. Die Layouts und Bauelemente auf den beiden Boards waren weitestgehend identisch.

Eine besonders interessante Größe ist der Koppelverlust. Eine Methode der Bestimmung der ausgekoppelten HF besteht darin, die PCTL-Spannung bei verschiedenen Werten der HF-Ausgangsleistung zu messen. Die Ergebnisse wurden bereits in den drei Diagrammen gezeigt. Bild 9 zeigt die typische Form dieser Impulsspannung mit ihren Kenngrößen. Nur die maximale

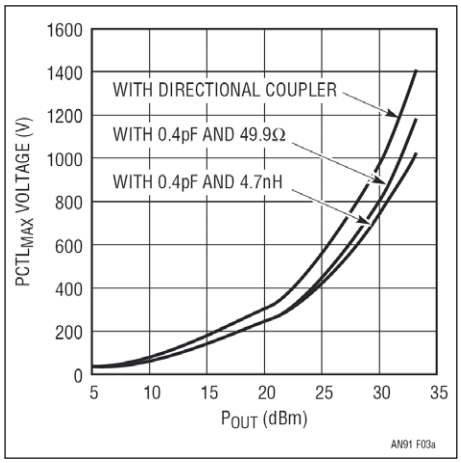


Bild 5: Performance-Vergleich im GSM900-Bereich

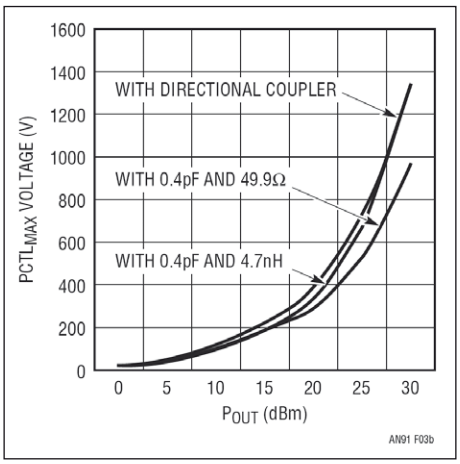


Bild 6: Performance-Vergleich im DCS1800-Bereich

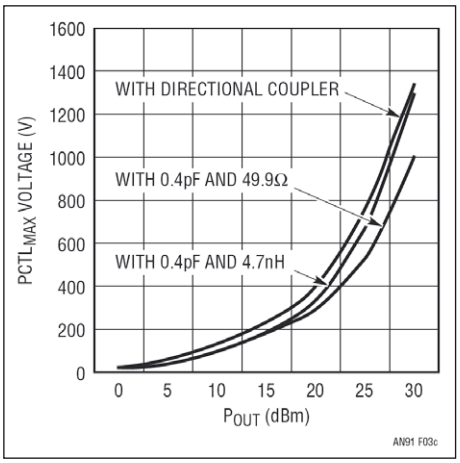


Bild 7: Performance-Vergleich im PCS1900-Bereich

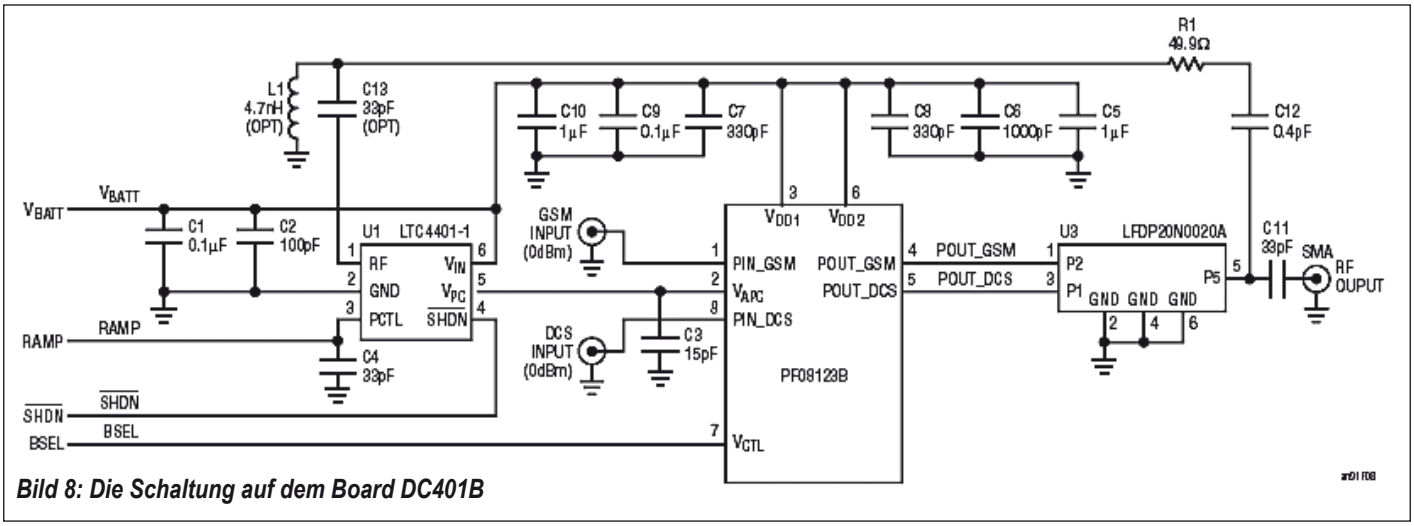


Bild 8: Die Schaltung auf dem Board DC401B

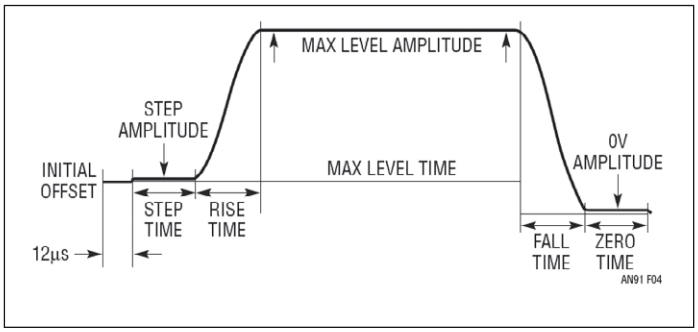


Bild 9: Typische PCTL-Ramp-Form

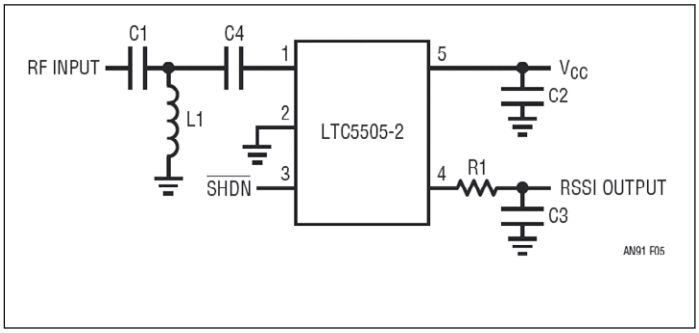


Bild 10: LTC5505-2-Applikation mit Shunt-Induktivität

Level Amplitude bzw. maximale PCTL Voltage wurde für jede Messung adjustiert. Die PCTL-Spannung wurde von Linear Technologys Ramp Shaping Program LTRSv2.vxe erzeugt. Eine höhere PCTL Voltage bedeutet einen geringeren Koppelverlust. Ein zu geringer Koppelverlust kann allerdings bei größeren HF-Leistungen problematisch sein, da dann der PCTL-Spannungswert die maximale Spannung überschreiten kann, welche der DAC ausgeben kann. Ein zu geringer Koppelverlust kann daher das Erreichen geringer HF-Ausgangspegel schwierig machen. Die Nutzung einer PCTL Voltage unter 18 mV ist nicht zu empfehlen, da der RF Output dann unstabil sein kann. Daher ist die minimale Ausgangsleistung entsprechend limitiert.

Auf 900 MHz (GSM900) erfolgte die Messung der PCTL Voltage bei den Ausgangsleistungen 5, 10, 13, 20, 23, 30 und 33 dBm, auf 1800 MHz (DCS1800) und 1900 MHz (PCS1900) bei 0, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 dBm. Allgemein haben die kapazitiven Koppellösungen einen höheren Verlust gegenüber der Methode mit Richtkoppler.

Bauteilwert	X bei 900 MHz	X bei 1800 MHz	X bei 1900 MHz
0,3 pF	-590 Ohm	-295 Ohm	-279 Ohm
0,4 pF	-442 Ohm	-221 Ohm	-210 Ohm
0,5 pF	-354 Ohm	-177 Ohm	-167 Ohm
33 pF	-5,4 Ohm	-2,7 Ohm	-2,5 Ohm
4,7 nH	27 Ohm	53 Ohm	55 Ohm

Tabelle: Bauteilwerte und ihre Blindwiderstände

Einsatzmöglichkeiten

Das kapazitive Koppelschema hat seine Funktion mit dem Power Controller LTC4401-1 und dem Power Amplifier Hitachi PF08123B unter Beweis gestellt. Diese Methode kann auf alle Power Controllers von Linear Technologie und unterstützte Power Amplifiers/Power Detectors übertragen werden. Bei Einsatz verschiedener Power-Controller- und Power-Amplifier-Kombinationen müssen Kondensator- und Widerstandswert eventuell angepasst werden. Senkung der Kapazität oder Erhöhung des Widerstands wird den Koppelverlust erhöhen.

Als Beispiel bringt Bild 10 die Beschaltung des Power Detectors LTC5505-2. Die Induktivität L1 dient dazu, vor allem die parasitäre Kapazität des Power-Detector-Gehäuses (5-Pin-Thin-SOT) und der Board-Verbindung zu kompensieren. Das verbessert die Empfindlichkeit um 2 bis 4 dB. Zwischen 3 und 3,5 GHz ist die Shunt-Induktivität nicht zu empfehlen, weil hier bereits die Bond-Draht-Induktivität für die Kompensation der parasitären Eingangskapazität sorgt. Der DC-Blocking-Kondensator C4 ist notwendig, da Pin 1 des LTC5505-2 intern vorgespannt wird.

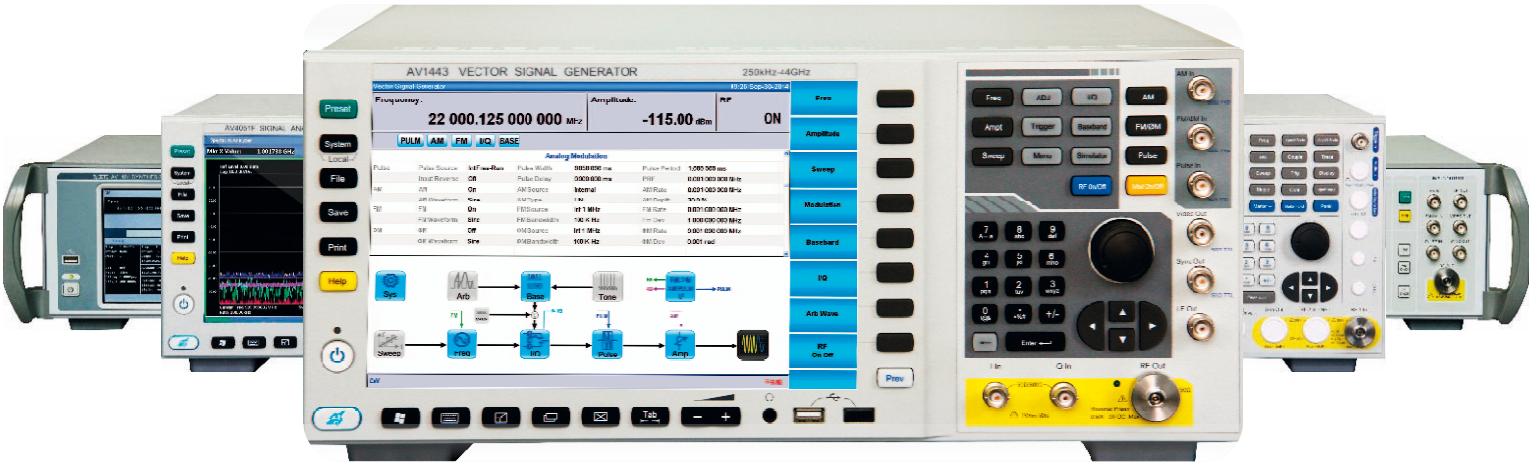
Schluss

Labormessungen haben gezeigt, dass die kapazitive Koppelmethode eine effektive Lösung für die Rückkopplung des HF-Ausgangssignals darstellt. Die Toleranz einiger Bauelemente bestimmt dabei die Reproduzierbarkeit des Koppelfaktors. Daher sind enge Toleranzen gefordert. Andererseits weist auch der Koppelfaktor eines Richtkopplers eine beachtliche Toleranz von bis zu 1,5 dB auf. Die kapazitive Koppelmethode senkt die Anzahl der Bauelemente, spart Platz und reduziert Kosten. ◄

CETC 41

The 41st Institute of China Electronics Technology Group Corporation

A New Alternative



The 41st Institute of China Electronics Technology Group Corporation (CETC41) is dedicated to the research, development and production of microwave, optoelectronic, digital and general test and measurement instruments used in a variety of industries including wireless and satellite communications, research and development, aerospace and defense, etc.

Products include:

- **Spectrum Analysers**
- **Vector Signal Analysers**
- **Vector Network Analysers**
- **Cable and Antenna Analysers**
- **Analog and Vector Signal Generators**

AR Europe will offer the range of high quality, precision portable and bench top signal generators, vector network and spectrum analysers covering a broad range of applications all backed by local European support and after sales service from the AR Europe service centres in Germany, United Kingdom, France and The Netherlands.

ar europe

AR Deutschland GmbH | Theodor-Heuss-Str. 38, 61182 Bad Vilbel | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com

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