

Breitband-Netzwerkanalysator testet UMTS-Bausteine

Breitbandige Mobilfunkbausteine mit CDMA-Technologie kostengünstig analysieren

Neuere technische Herausforderungen, zusammen mit immer höherem Preisdruck im Mobilfunkbereich, fordern innovative Konzepte auch bei automatisierten Testsystemen. Die ‚Modulated Vector Network Analyzer-Technologie‘ (MVNA) eignet sich für kosteneffektive Tests von breitbandigen Mobilfunk-Bausteinen unter realistischen Verhältnissen.

Immer höhere Datengeschwindigkeiten, zusammen mit einer zunehmenden Anzahl von Benutzern von Handys und Smartphones machen es notwendig, das vorhandene Radiospektrum möglichst effektiv zu nutzen. Um diesen Anforderungen entgegenzukommen, wurden immer komplexere Modulationsmethoden entwickelt.



Abb 1:
MVNA-System

CDMA-Technologie

In europäischen UMTS-Geräten, sowie in den nordamerikanischen CDMA-2000 Systemen, wird ein CDMA-Verfahren (Code Division Multiple Access) eingesetzt. Statt wie in die Mobilfunkstandards der ersten und zweiten Generation eine Kanalseparation im Frequenzraum zu nutzen, wird hier eine Separation im Coderaum benutzt. Seit jeder einzelne Kanal einen eigenen Code besitzt, können mehrere Signale zum gleichen Zeitpunkt im gleichen Frequenzbereich übertragen werden, welches die Netzwerkkapazität deutlich erhöht. Eine Voraussetzung für diese Methode ist, dass Sender und Empfänger sehr linear und dazu breitbandig arbeiten können. Solche Bausteine mit automatisiertem Testequipment (ATE, Automated Test Equipment) zu testen, stellt eine große Herausforderung dar. Innerhalb kürzester Zeit muss geprüft werden, ob der Baustein die komplexen Spezifikationen erfüllt.

Die Verwendung der MVNA-Technologie ermöglicht hier das Testen unter ähnlichen Verhältnissen wie denen im Endprodukt, was die Testabdeckung erhöht. So kann man sicher sein, dass der Baustein alle Anforderungen der Spezifikation erfüllt und Fehler nicht erst im Gerät beim Kunden auffallen.

S-Parametermessung

Die S-Parameter beschreiben für ein Zweitor-Netzwerk die verschiedenen Verhältnisse zwischen reflektierter und übertragener Energie. Die vier S-Parameter für ein Zweitor-Netzwerk sind definiert als:

$$\begin{array}{ll}
 S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} & \text{eqn. 1} & S_{12} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} & \text{eqn. 2} \\
 S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} & \text{eqn. 3} & S_{22} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} & \text{eqn. 4}
 \end{array}$$

Normalerweise interessiert man sich für die S-Parameter bei einer Frequenz oder in einem Frequenzintervall. Um diese Messungen durchzuführen, wird üblicherweise ein Vektor-Netzwerkanalysator (VNA) verwendet, der aus einem steuerbaren Oszillator und einem schmalbandigen Empfänger besteht. Das Sinus-Signal des Oszillators überstreicht

dabei das interessierende Frequenzband, während der Empfänger gleichzeitig Phase und Amplitude der reflektierten beziehungsweise übertragenen Signale misst.

Problematisch wird dieses Verfahren spätestens dann, wenn das Zweitor-Netzwerk eine oder mehrere nicht-lineare Eigenschaften aufweist. Denn die S-Parameter sind ursprünglich nur für lineare Kleinsignal-Netzwerke definiert. Es ist aber mittlerweile gebräuchlich, sie auch für nichtlineare aktive Bausteine zu verwenden.

Ein Beispiel ist der Verstärker für ein CDMA-Endgerät. Idealerweise sollte ein Verstärker für CDMA völlig linear sein, aber die Anforderung an einen möglichst geringen Stromverbrauch im Mobilfunkbereich machen einen Kompromiss zwischen Linearität und Wirkungsgrad notwendig. Wenn man aber die nichtlinearen Eigenschaften genau vermessen kann, ist es oft möglich, eine sogenannte ‚pre-distortion‘-Tabelle zu entwerfen, die genau die umgekehrten nicht-linearen Eigenschaften besitzt wie der Verstärker selbst. Das gesamte Netzwerk mit Verstärker und ‚pre-distortion‘-Korrekturereinheit ist dann als linear zu betrachten. Weil dieses Verfahren häufig in CDMA-Systemen eingesetzt wird, kann man verstehen, dass es sehr wichtig ist, den Verstärker genau hinsichtlich seiner nichtlinearen Eigenschaften zu charakterisieren.

► Autor

MARTEN SETH
Credence Systems Europe GmbH;
Inselkammerstrasse 10, 82008 Unterhaching
Fon: 089/630208-16, Fax: 089/630208-25
e-Mail: marten_seth@credence.com

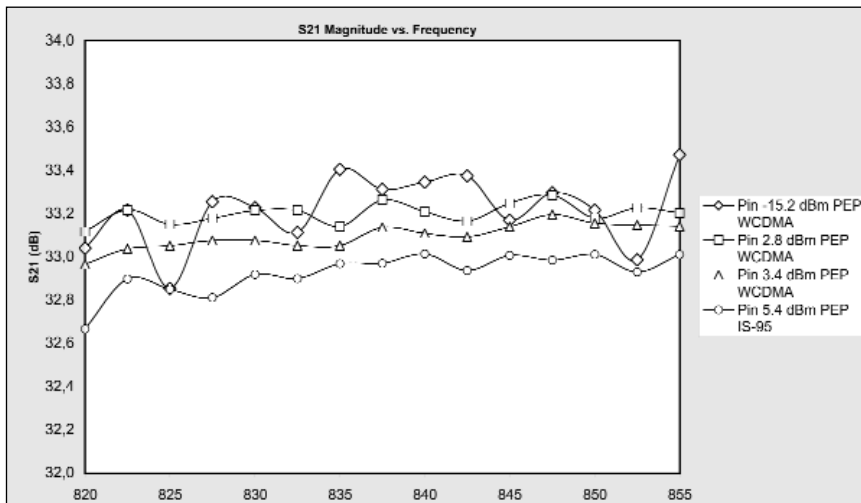


Abb 2: Verstärkungsfaktor für verschiedene P_{in} (Mag(S21))

Der Verstärker arbeitet hauptsächlich im linearen Bereich. Die Verstärkung nimmt mit zunehmender Eingangsleistung P_{in} ab, da der Verstärker dann in die Kompression (Sättigung) getrieben wird.

risieren. Traditionell verwendet man hier Messgrößen wie ‚InterModulation Distortion‘ (IMD), ‚Amplitude Modulation‘ (AM) / ‚Phase Modulation‘ (PM)-Eigenschaften und P_{-1dB} (1dB Compression Point). Sie sind aber alle nicht besonders gut geeignet für die Evaluierung der Linearität eines CDMA-Verstärkers. Denn diese Messgrößen werden typischerweise alle mit einem sehr schmalbandigem Signal gemessen und nicht mit einem breitbandigen und sehr dynamischen Signal, wie es beim realen Betrieb von CDMA-Systemen auftritt.

Da aber die Messergebnisse bei der Charakterisierung nichtlinearer Bausteine stark von den Eigenschaften der Prüfsignale abhängig sind, ist es höchst wünschenswert, ein möglichst realitätsnahes Signal bei der Messung zu verwenden. Das heißt, einen CDMA-Verstärker mit einem typischen CDMA-Signal zu testen. ‚ACPR-Messungen‘ (Adjacent Channel Power Ratio) verwenden deshalb ein breitbandiges modulierte Signal und bestimmen für jeden Kanal den von den nichtlinearen Eigenschaften verursachten Signalpegel im jeweiligen Nachbarkanal. Obwohl dieser Test zeitaufwendig ist und häufig zu Korrelationsproblemen zwischen verschiedenen Testausrüstungen führt, ist er für CDMA-Verstärker heutzutage zu einem Muss geworden, zu dem es wenig Alternativen gibt.

Modulierte S-Parameter Messung

Die Funktionsweise eines modulierten Netzwerkanalysators hat Ähnlichkeiten mit denen eines traditionellen Netzwerkanalysators. Statt jedoch schmalbandig zu messen, wie bei VNA, wird im Fall vom MVNA mit einer

deutlich höheren Bandbreite gearbeitet. Die Modulation des MVNA-Signalgenerators erfolgt breitbandig mit Hilfe eines I/Q-Modulators (In-Phase/Quadrature), der von zwei (I- und Q- Kanal) Signalform-Generatoren gesteuert wird

Die Wellenformen dieser zwei Signalgeneratoren sind frei wählbar, so dass eine beliebige Modulationsart gewählt werden kann. Wie der MVNA-Signalgenerator arbeitet auch der Messempfänger breitbandig; Hochgeschwindigkeits-A/D-Wandler tasten dann das Signal ab und eine ‚Fast Fourier Transformation‘ (FFT) überführt es in den Frequenzbereich.

Weil sowohl Messempfänger und Signalgenerator breitbandig aufgebaut sind, muss ein auf MVNA-Technologie basierender Netzwerkanalysator nicht wie ein traditioneller Netzwerkanalysator den Frequenzbereich sukzessive überstreichen, sondern kann die ganze Bandbreite auf einmal vermessen.

Weitere konzeptbedingte Vorteile von MVNA sind die Möglichkeit, nicht nur S-Parameter sondern auch IMD und ACPR direkt zu messen, was für CDMA und W-CDMA-Systeme notwendig ist.

Das macht MVNA nicht nur zu einem erweiterten Netzwerkanalysator, sondern zu einem kompletten Testsystem für Hochfrequenzkomponenten (Abb. 1), mit der Besonderheit, dass diese dann unter genau den Bedingungen getestet werden die später im Endgerät vorliegen.

MVNA-Messungen an CDMA-Verstärkern

Da man bei MVNA-basierten Messungen die gleiche Modulationsart und den gleichen Signalpegel wie im Endgerät verwendet, kommt

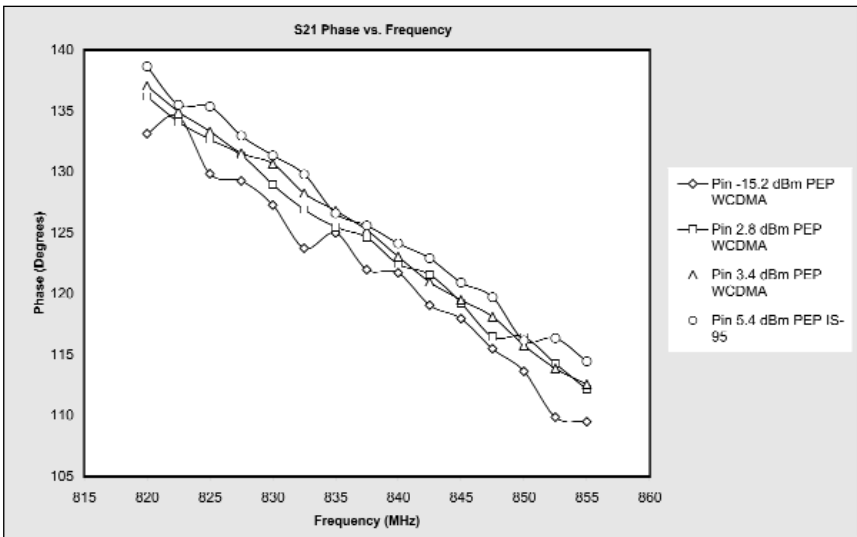


Abb. 3: Phasenverschiebung für verschiedene P_{in} ($\text{Arg}(S_{21})$)

Die Phasenverschiebung geschieht unter den gleichen Voraussetzungen wie bei Abb. 2. Im diesen Fall ergibt sich eine Zunahme der Phasenverschiebung mit zunehmender Eingangsleistung P_{in}

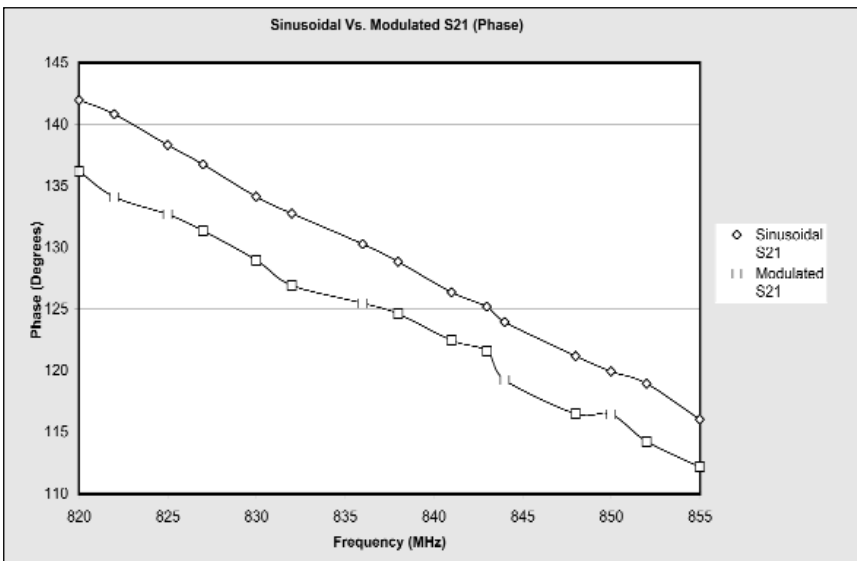


Abb. 4: Verstärkungsfaktor für einen CDMA-Verstärker ($\text{Mag}(S_{21})$)

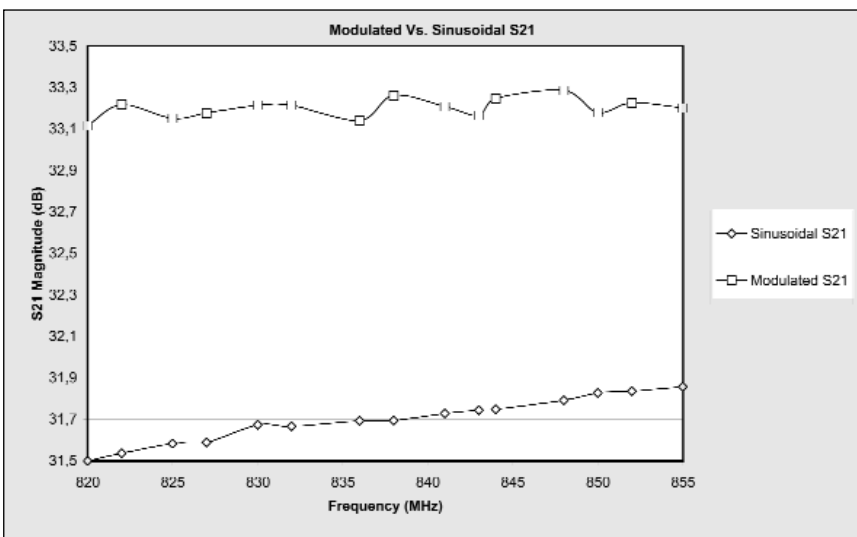


Abb. 5: Die Phasenverschiebung für einen CDMA-Verstärker ($\text{Arg}(S_{21})$)

es zu einer deutlich besseren Übereinstimmung der Messergebnisse mit den tatsächlichen Eigenschaften des Bausteins, wenn er im Endgerät verbaut ist. So gesehen ist eine MVNA-Messung nicht genauer als eine VNA-Messung, aber dafür sehr viel repräsentativer und relevanter für die Qualität des Endproduktes.

In den Abb. 2 und 3 wurden MVNA-Messungen an einem CDMA-Verstärker durchgeführt. Für diese Messungen wurde ein modulierte Signal verwendet. Abb. 4 dagegen zeigt den Unterschied zwischen der MVNA-Methode (bei 2,8 dBm PEP (Peak Envelope Power) W-CDMA Signal wie bei Abb. 2) und der klassischen VNA-Methode (gemessen mit Agilent 8714 VNA mit 0 dBm CW Signal) bei der gleichen S_{21} -Messung. Der Unterschied des Ergebnisses zwischen den beiden Messmethoden beträgt fast 1,5 dB.

Für die Phasenverschiebung ist dieselbe Vergleichsmessung in Abb. 5 zu sehen. Der Unterschied zwischen der VNA- und der MVNA-Messung beträgt hier bis zu fünf Grad. Da die AM/PM-Eigenschaften benötigt werden um ‚pre-distortion‘-Tabellen für CDMA-Verstärker zu berechnen, ist es sehr wichtig sie genau zu messen. Ein Fehler von fünf Grad in einer ‚pre-distortion look-up‘-Tabelle kann eine Verschlechterung der IMD-Werte des gesamten Verstärkers um mehrere dB verursachen.

Integration von MVNA in ein automatisches Testsystem

Mit der neuen MVNA-Technologie, integriert in einem automatischen Testsystem, ist es möglich die hochkomplexe Mobilfunkbausteine der Zukunft, auch bezüglich ihrer HF-Eigenschaften vollständig zu charakterisieren. Da die Bedingungen bei MVNA-Messungen den tatsächlichen Bedingungen im Endgerät sehr stark ähneln, wird die Testabdeckung erhöht. Damit wird die Wahrscheinlichkeit minimiert, dass der Baustein beim Kunden im Endgerät ausfällt. Außerdem können die Testgrenzen enger gesetzt werden, welches die Ausbeute verbessert.

TEST