LNA-Module mit Vorfiltern verbessern die Receiver-Empfindlichkeit bei gleichzeitigem GPS-Betrieb

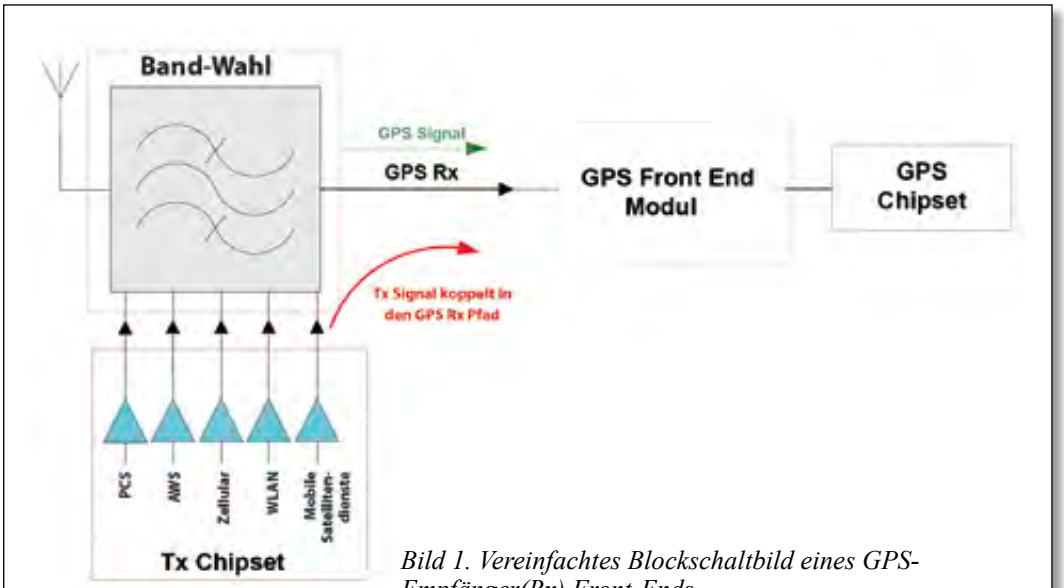

Bild 1. Vereinfachtes Blockschaltbild eines GPS-Empfänger(Rx) Front-Ends

Mit jeder neuen Generation wurden Mobiltelefone immer komplexer und beinhalten viele Sende/Empfangsfunktionen wie WiFi, Bluetooth und GPS. Je mehr Funksignale gleichzeitig aktiv sind, desto bessere Filtertechnologien müssen eingesetzt werden, um Interferenzen im Mobiltelefon zu vermeiden. Dies gilt ganz besonders für die GPS-Funktion. Beim sogenannten "Simultaneous Global Positioning System" (S-GPS) kommen gleichzeitig GPS-Signale und Sprach- oder Datensignale innerhalb des Mobiltelefons vor. Die Signale der Sprach- oder Datenübertragung können über den GPS-Empfängerpfad eingekoppelt werden und so die Receiver-Empfindlichkeit durch die Überlastung des rauscharmen Verstärkers oder des Back-Ends beeinflussen. Dies ist für Mobiltelefon-Entwickler eine schwierige Aufgabe, denn sie müssen untersuchen, wie man die Empfindlichkeit des GPS-Empfängers bei schwach ankommenden GPS-Signalen erhält, während ein starkes Störsignal von der Sprach- oder Datenübertragung auftritt. Dies erfordert ein GPS-Empfänger Front-End mit sehr guter Blockierung eines starken Interferenz-Signals, bei gleichzeitig hoher Rauschzahl und hoher Verstärkung des schwachen GPS-Signals.

Integration eines FBAR-Filters mit niedriger Einfügungsdämpfung und hohem Sperrpotential in einem rauscharmen Verstärker

Ein Vorfilter kann für die Blockierung starker Störsignale im GPS-Empfängerpfad eingesetzt werden. Entsprechend der Friis-Gleichung bestimmt die Rauschzahl oder Einfügungsdämpfung der ersten Stufe die Rauschzahl der Empfängerkette, vorausgesetzt, die folgenden Stufen liefern eine passable Verstärkung. Darum müssen Entwickler zur Erreichung der im vorigen Absatz beschriebenen Ziele ein Filter mit geringer Einfügungsdämpfung und hoher Out-of-Band-Sperre integrieren, sowie einen Verstärker mit niedrigem

	Einheit	ALM-1912	ALM-2712	ALM-1412
GPS LNA Modul				
Rauschzahl	dB	1,6	1,25	0,8
Verstärkung	dB	19,3	14,2	13,5
IIP3	dBm	+1,5	+5	+7
Eingang P1dB	dBm	-8	+2	+2,7
Eingang P1dB (Zellulares Frequenzband)	dBm	+39	+21	-6
Eingang P1dB (PCS Frequenzband)	dBm	+44	+37	-6
Eingang P1dB (WiFi Frequenzband)	dBm	+43	+35	-

Tabelle 1: HF-Leistung und vereinfachtes Blockschaltbild der GPS-Module von Avago mit unterschiedlichen Filter-Verstärker-Kombinationen

Über die Autorin

Chew Ean Tan ist Applikations-Ingenieurin in der Avago Technologies Wireless Semiconductor Division in Penang, Malaysia. Chew Ean hat einen Bachelor (HOns) in Electrical und Electronic Enigneering von der University of Technologies, Malaysia.

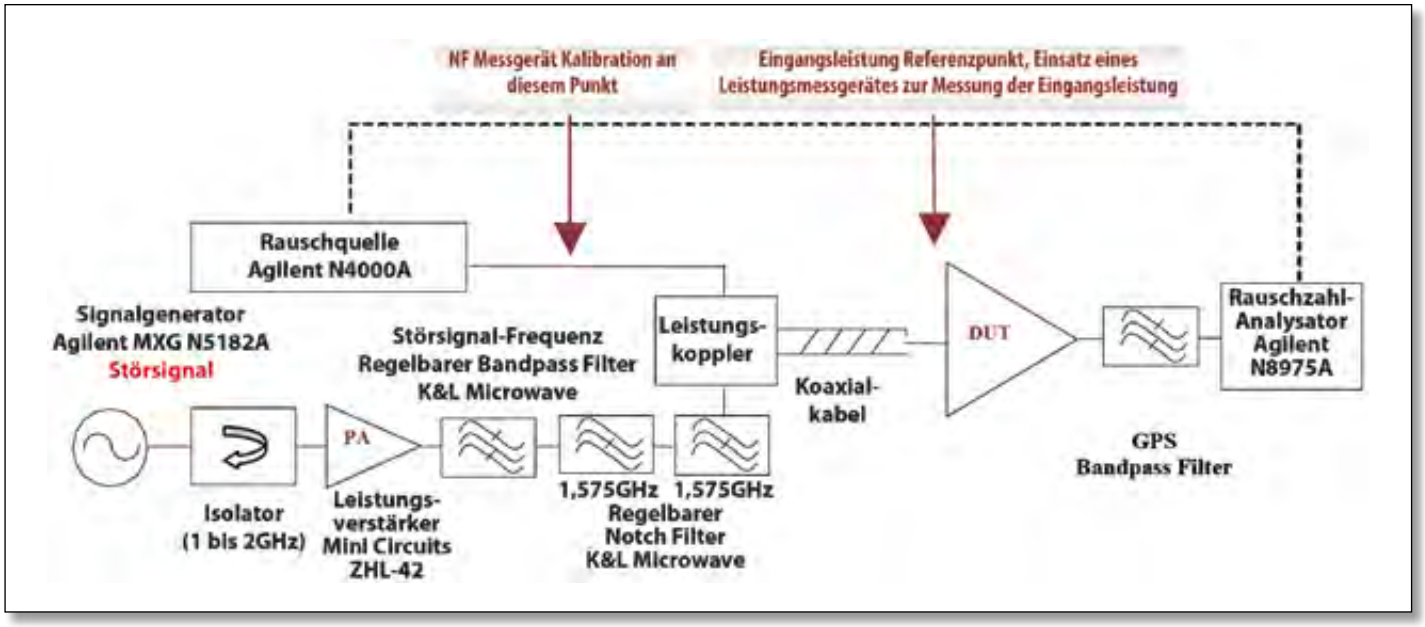

Bild 2. Prüfaufbau für die Rauschzahl-Degradation bei vorhandenem Störsignal

Rauschen, hoher Verstärkung und guter Linearität einsetzen.

Ein GPS-Front-End-Modul mit diesen Eigenschaften kommt zum Beispiel von Avago Technologies. Es enthält einen sogenannten Film Bulk Acoustic Resonator (FBAR)-Filter und einen rauscharmen GaAs E-pHEMT (Enhancement-mode pseudomorphic High Electron Mobility Transistor)-Verstärker. FBAR ist eine proprietäre Technologie, mit der kleine Filter mit hervorragendem Q für einen sehr steilen Filter-Roll-Off und eine starke Out-of-Band-Unterdrückung erzeugt werden. Mit dem integrierten Filter sperren die Module Störsignale, die dicht beim GPS-Signal von 1,575 GHz liegen – bei gleichzeitigem Erhalt der Rauschzahl des Verstärkers. Zum Beispiel nutzt das Satelliten-Telefon-Kommunikationsband 1,62-GHz-Signale, die sehr dicht an der GPS-Frequenz liegen. Dies erfordert ein Filter mit steilem Roll-Off, um die Signale zu blockieren und dabei das originale GPS-Signal nicht zu sehr abzuschwächen.

Da die Rauschzahl immer ausschlaggebend für die erste Stufe eines Receiver-Pfades ist, erzeugt die Integration eines FBAR-Filters mit niedriger Einfügungsdämpfung auf der ersten Stufe des Moduls, gefolgt von einem rauscharmen GaAs-Verstärker, ein optimales GPS-Verstärker-Modul mit sehr niedriger Rauschzahl und hoher Störsignal-Unterdrückung.

HF-Leistung

Tabelle 1 fasst die Leistung von drei GPS-Modulen mit unterschiedlichen Vor- und Nachfiltern und Verstärkerkombinationen zusammen. Die ersten beiden Module integrieren ein FBAR-Filter auf der ersten Stufe, gefolgt von einem rauscharmen Verstärker – wobei das zweite ein zusätzliches Nachfilter hat. Das dritte Modul ist eine Kombination aus einem rauscharmen Verstärker, gefolgt von einem Nachfilter.

Wie in Tabelle 1 dargestellt, zeigen die ersten beiden Module eine merklich bessere Störsignal-Sperrung. Der Frequenz-externe (Out-of-Band) Eingang P1dB des ALM-1912 und ALM-2712 im zellularen PCS- und WiFi-Frequenzbereich ist sehr viel besser als der des ALM-1412, der kein Filter vor dem LNA hat. Der hohe Out-of-Band-P1dB zeigt, dass ein Modul auch unter Einfluss starker Störsignale arbeiten kann, ohne dabei den Verstärker zu sättigen.

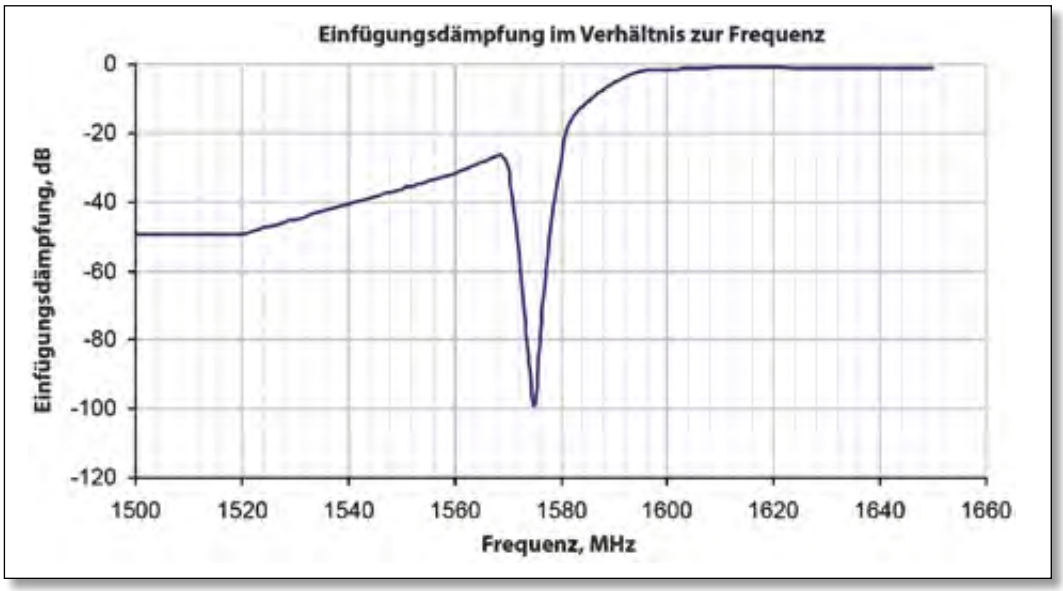

Bild 3. Filterreaktion bei kaskadierten Notch-Filtern und Bandpass-Filter

Mess- und Prüfaufbau

Um sich die Leistung der Module mit drei unterschiedlichen Verstärkern und Filterkombinationen genauer anzuschauen, zeigt der folgende Vergleich die Sperrfähigkeiten bei vorhandenen Störsignalen der drei Module in Tabelle 1. Die Messung wird in Form einer Kontrolle der Degradation der Rauschzahl jedes

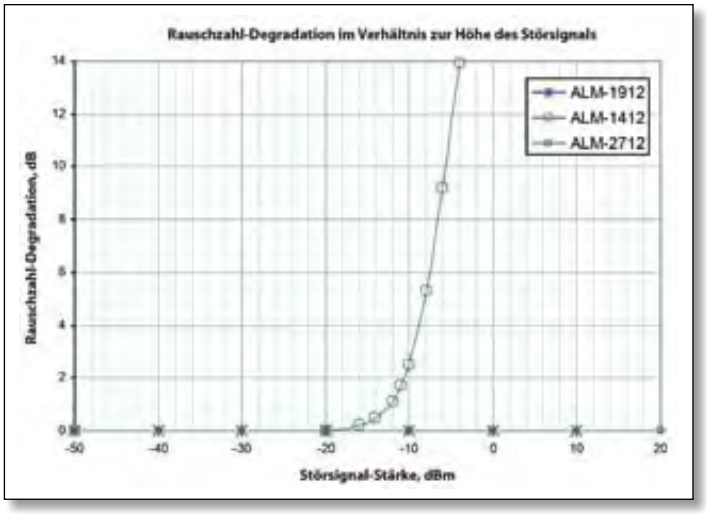

Bild 4: Rauschzahl-Degradation im Verhältnis zur Stärke des Störsignals

Moduls mit vorhandenen Störsignalen bei spezifizierten Leistungspegeln durchgeführt. In diesem Messaufbau liegt die Frequenz des Störsignals bei 1,62 GHz – also nahe bei der GPS-Frequenz – und hat wahrscheinlich den größten Einfluss auf die Rauschzahl der GPS-Frequenz. Bild 2 zeigt den Messaufbau.

* Bandpass-Filter, um das vom Vorverstärker generierte Rauschen zu filtern

* Notch-Filter, um ein sauberes Signal bei Störsignal-Frequenz zu liefern (Kaskadiertes Notch-Filter erzeugt Unterdrückung von >100 dB @1.575 GHz)

Ein Signalgenerator erzeugt ein Referenzsignal mit der Störsignalfrequenz (Jamming Signal/ Interferer Signal). Ein Leistungskoppler fasst Störsignal und Rauschquelle zusammen – das kombinierte Signal wird in das GPS-Modul geführt, um jede einzelne Rauschzahl zu messen. Ein externer Vorverstärker verstärkt das Störsignal, um den Leistungslevel des Signals anzuheben, ehe das Störsignal mit der Rauschquelle zusammengeführt wird. Der Rauschzahl-Analysator kann Signale mit einem sehr niedrigen Rauschpegel messen oder empfangen. Daher wird jedes zusätzliche Rauschen von der Störsignalquelle erkannt und fließt in die Rauschzahlmessung ein. Wie vorher erläutert, ist es für eine saubere und genaue Messung bei diesem Test wichtig, eine hohe Unterdrückung des Grundrauschens der Störsignale bei GPS-Frequenzen zu erzielen. Wie in Bild 2 gezeigt, filtert ein Bandpass-Filter an der Störsignalquelle die Oberwellen des Störsignals. Zusätzlich unterdrücken zwei Notch-Filter nach dem Bandpass-Filter das Grundrauschen des Störsignals auf der GPS-Frequenz. Bild 3 zeigt den Frequenzgang der zwei kaskadierten Notch- und des Bandpass-Filters. Die kaskadierten Filter ergeben eine Dämpfung von 100 dB bei 1,575 GHz und reduzieren die Verluste der Störsignal-Frequenz von 1,62 GHz.

Für den Testaufbau nach dem DUT (Device Under Test) / GPS Modul wird ein GPS Bandpass-Filter eingesetzt, ehe der Rauschzahl-Analysator die starken Störsignale vor der Messung abblockt. Dies vermeidet eine Überlast des Analysators durch ein starkes Störsignal.

Diskussion und Messergebnisse

Bild 4 zeigt die Degradation der Rauschzahl für jedes der drei Module bei Auftreten starker Störsignale (Interferer/Jamming) bei 1,62 GHz. Die Degradation bezieht sich auf die Rauschzahl jedes Moduls, wenn kein Störsignal vorhanden ist. Die Ergebnisse wurden auf Basis des Messaufbaus – wie in Bild 2 gezeigt – erzielt. Beim ALM-1412 Modul ohne Vorfilter auf der ersten Stufe degradiert die Rauschzahl bei >1 dB, ehe das Störsignal den Leistungslevel von -10 dBm erreicht. Sowohl Modul ALM-1912 als auch ALM-2712 zeigt keine Degradation der Rauschzahl, auch nicht bei einem hohen Leistungspegel der Störsignale von 20 dBm.

Daraus ist zu schließen, dass GPS-Module mit Vorfilter eine bessere Unterdrückung starker Störsignale erzielen. In diesem Beispiel zeigen die gemessenen Daten, dass die Module ALM-1912 und -2712 mit Vorfiltern einen größeren Widerstand gegenüber Störsignalen bieten als das Modul ALM-1412 ohne Vorfilter vor dem Verstärker.

Zusammenfassung

Grundsätzlich kann man feststellen, dass die Integration eines FBAR-Filters auf der ersten Stufe eine höhere Rauschzahl-Leistung gegenüber Störsignalen erzielt. Der niedrige Dämpfungsverlust des FBAR-Filters ergibt auch einen minimalen Degradationseinfluss auf die Rauschzahl des Verstärkers. So bietet ein GPS-Verstärkermodul mit einem FBAR-Vorfilter mit hoher Einfügungsdämpfung und hoher "Out-of-Band"-Blockierung die optimale Lösung für GPS-Empfänger. ◄

Referenzen

* "GPS Antenna LNA', by D.Orban and T.Eyerman

* Application Note AN-5240: "ALM-1106 as a 1.575 GHz GPS Low Noise Amplifier"

* "Improving S-GPS sensitivity" by Allen Chien and Won Kyu Kim (http://www2.electronicproducts.com/Improving_S-GPS_sensitivity-article-farr_avago_jun2008-html.aspx)