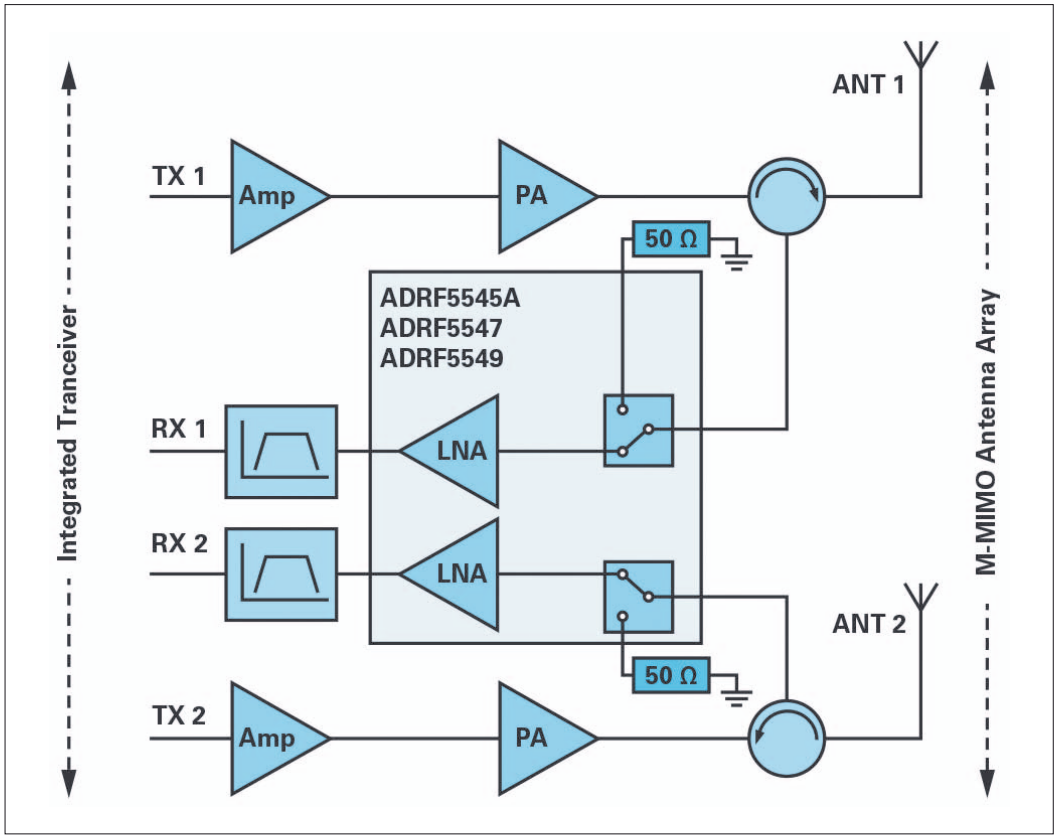
Neue Frontends ermöglichen kompakte Massive-MIMO-5G-Basisstationen



Massive-MIMO-Funkstationen (M-MIMO) haben ihre Popularität in der letzten Stufe der Anwendung von zellularen 4G-LTE-Basisstationen gewonnen. Sie füllten besonders in dichtbewohnten städtischen Gegenden mit ihren kleinen Zellen die zellularen Abdeckungslücken aus und kurbelten damit Dienste mit höheren Datenübertragungsgeschwindigkeiten an. Der Erfolg dieser Architektur beweis ganz klar ihren hohen Wert. Sie wird auch die Architektur der Wahl für den aufkommenden 5G-Netzwerkfunk werden, da die erforderlichen Eigenschaften einer hohen spektralen Effizienz und zuverlässigen Datenübertragung von ihr erfüllt werden.

Die Herausforderung, „5G“

in die Realität umzusetzen, besteht darin, dass die Entwickler die Anzahl der simultan arbeitenden Übertragungskanäle in mehreren Bändern massiv erhöhen müssen, und gleichzeitig die gesamte Hardware in ein Format pressen müssen, das genauso groß oder sogar noch kleiner ist als das in den Ausrüstungen der vorherigen Generationen. Die Folgen davon sind:

- Mehr Kanäle bedeuten eine höher konzentrierte HF-Leistung in den und um die Basisstationen herum, sodass sich das Problem der Isolierung zwischen den Kanälen ohne gegenseitige Interferenzen verschärft.
- Die Frontend-Komponenten des Empfängers müssen einen verbesserten Dynamikbereich aufweisen, um selbst bei Signalen mit hoher Leistung robust zu bleiben.
- Die Abmessungen der Lösung sind wichtig.
- Das Wärmemanagement muss, trotz der gesteigerten Leistung der Elektronik und der Sender, adressiert werden.

Im Bemühen nach höheren Datenraten, die eine Vielzahl an drahtlosen Diensten und unterschiedlichen Übertragungsschemata unterstützen, sind die Systementwickler mit einer höheren Schaltungskomplexität konfrontiert, müssen aber gleich-

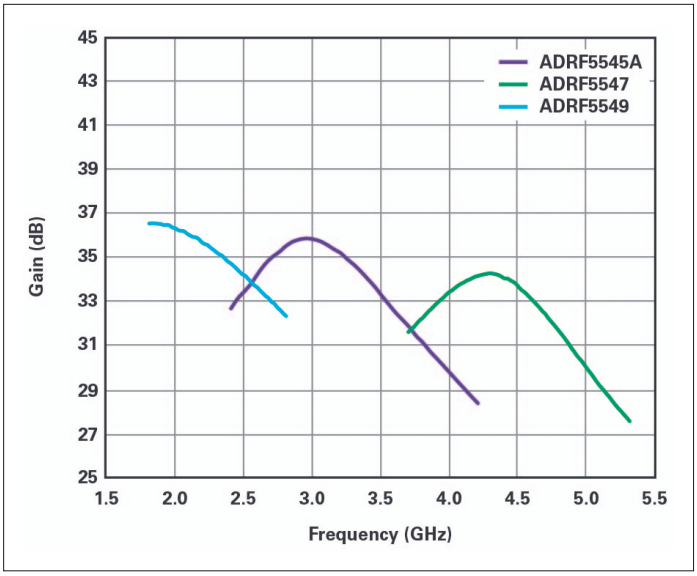


Bild 1: Verstärkungscharakteristik der ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie

Analog Devices
www.analog.com

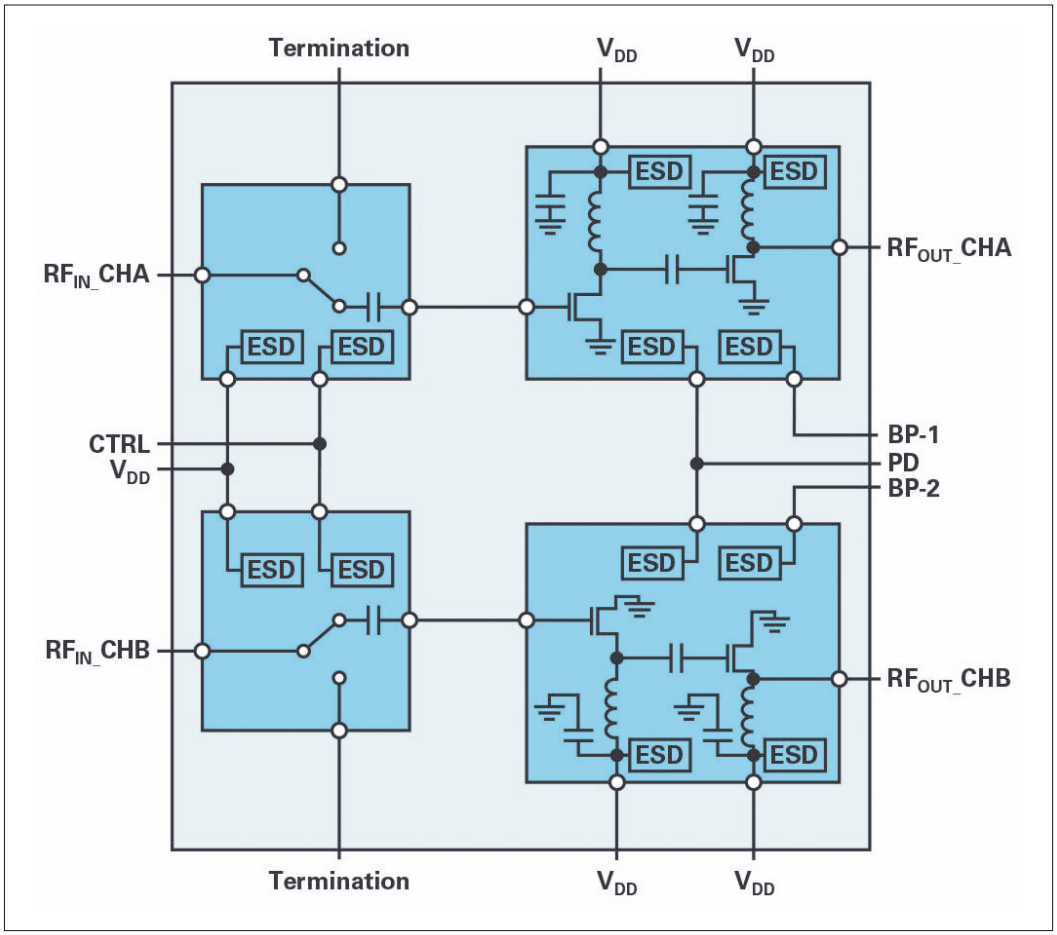


Bild 2: Schaltungsarchitektur der ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie

zeitig die gleichen Budgets für Ausmaße, Leistungsverbrauch und Kosten einhalten. Das Hinzufügen von mehr Übertragungskanälen in einer Basisstation resultiert in höherem Durchsatz, der Nutzen jedes Kanals mit höherer HF-Leistung ist dabei ebenso essenziell, um die Systemkomplexität und Kosten in akzeptablen Bereichen zu halten.

Für eine höhere HF-Leistung haben die Entwickler nicht viele Alternativen für ihr HF-Frontend-Design. Sie müssen die gesetzlichen Vorschriften erfüllen, die eine hohe Bias-Stromversorgung und komplexe Peripheriebausteine erfordern, was das Erreichen der Entwicklungsziele erschwert.

Analog Devices hat vor kurzem für TDD-Systeme (Time Division Duplex) einen integrierten Leistungsverstärker mit einem rauscharmen Verstärker (LNA) in Multichip-Modulen vorgestellt.

Die ADRF5545A/ ADRF5547/ ADRF5549-Familie

deckt die zellularen Bänder von 1,8 bis 5,3 GHz ab und ist optimal für M-MIMO-Antennenschnittstellen geeignet. Diese Familie besteht aus einem in einem Siliziumprozess gefertigten Leistungsschalter und einem rauscharmen Verstärker, der in einem GaAs-Prozess hergestellt wird. Diese Bausteine bieten ohne jeden Kompromiss eine einfache Handhabung der HF-Leistung vereint mit hoher Integration – d.h., die Kombination der Vorteile aus beiden Welten. Im Detail:

• Zweikanalarchitektur

Das Blockdiagramm einer ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Applikation für ein M-MIMO-Frontend-Design ist im Aufmacherbild gezeigt. Der Baustein hat Kanäle, die mit einem Leistungsschalter, gefolgt von einem zweistufigen LNA aufgebaut sind. Im Empfangsmodus des Transceivers führt der Schalter das Eingangssignal an den LNA-Eingang. Im Sendemodus wird der Eingang auf einen 50-Ohm-Abschluss geführt, um einen sauberen Abgleich mit der Antennen-Schnittstelle sicherzustellen, und um den LNA von jeglicher reflektierten Leistung der Antenne zu trennen. Die integrierte Zweikanal-Architektur erlaubt es den Entwicklern, ihr MIMO-Design von den bestehenden Ausrüstungskonfigurationen von 8 x 8 (acht Sender, acht Empfänger) einfach auf 16 x 16, 32 x 32, 64 x 64 und darüber hinaus zu skalieren.

• hohe Betriebsbandbreite

Die Verstärkungscharakteristik eines jeden ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Bausteins und die entsprechende Frequenzabdeckung zeigt Bild 1. Die Bausteine sind auf übliche zellulare Übertragungsbänder optimiert und mit weiteren abgeglichenen Komponenten, wie Leistungsverstärkern und Filtern im selben Design kombiniert.

• Leistungsschutzschalter

Die Bausteine enthalten einen Leistungsschalter, der keine externen Komponenten zur Erzeugung der Vorspannung (Bias) benötigt. Der Schalter arbeitet mit einer einzigen 5-V-Versorgung mit nur 10 mA Stromverbrauch und kann direkt mit digitalen Standard-Mikrocontrollern verbunden werden, ohne dass negative Spannungen oder Pegelumsetzer benötigt werden. Verglichen mit einer Implementierung von auf PIN-Dioden basierenden Schaltern erspart der Silizium-Schalter rund 80% Bias-Leistung und 90% Leiterplattenfläche. Der Schalter verkraftet im kontinuierlichen Betrieb HF-Signale mit durchschnittlich 10 W mit 9 dB PAR-Verhältnis (Peak-to-Ave-

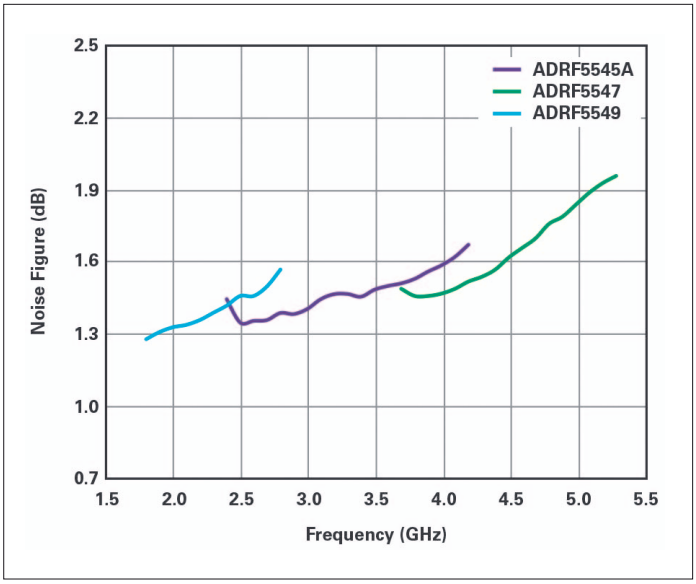


Bild 3: Rauschzahl der Mitglieder der ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie

rage) und in einer Fehlersituation die doppelte Durchschnittsleistung. Die ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie enthält die ersten Bausteine auf dem Markt, die 10 W HF-Leistung handhaben können, was sie besonders ideal für M-MIMO-Designs mit hoher HF-Leistung macht. Muss mehr Leistung von jedem Antennenelement übertragen werden, kann die Anzahl der Übertragungskanäle reduziert werden, um dieselbe Leistung aus der Basisstation zu senden.

Die ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Architektur ist in Bild 2 dargestellt, das den Leistungsschalter für beide Kanäle zeigt, der vom selben Baustein-Pin versorgt und gesteuert wird. Die LNAs haben separate Versorgungs- und Steuersignale.

• niedrige Rauschzahl

Der zweistufige LNA, gefertigt in einem GaAs-Prozess, und mit einer einzigen 5-V-Versorgung betrieben, benötigt keine externen Spulen zur Gleichspannungseinspeisung. Die Verstärkung hat eine flache Charakteristik über die Frequenz und ist in der Betriebsart mit hoher Verstärkung auf 32 dB bzw. in der mit niedriger Verstärkung auf 16 dB programmierbar. Die Bausteine bieten auch einen stromsparenden Modus, um Bias-Leistung einzusparen, in dem die LNAs während des Sendebetriebs abgeschaltet werden können. Die Bausteine haben, einschließlich der Einfügedämpfung des Schalters, eine Rauschzahl von 1,45 dB, was sich sehr gut für M-MIMO-Systeme höherer bzw. niedriger Leistung eignet. Bild 3 zeigt die Rauschzahl der ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie in spezifizierten Übertragungsbändern.

• kompakte Ausmaße, minimale Anzahl externer Komponenten

Neben den primären Entkoppelkondensatoren auf den Versorgungs-Pins und DC-Sperrkondensatoren an den HF-Signal-Pins, benötigen die Bausteine keinerlei weitere Abstimmungs- oder Abgleichkomponenten. Die HF-Ein- und -Ausgänge sind mit 50 Ohm abgeglichen. Der LNA hat integrierte Abgleich- und Bias-Spulen. Dies reduziert die Stückliste für teure Komponenten wie Spulen und vereinfacht auch das Hardware-Design für das Verhindern von Übersprechen von Kanal zu Kanal bei benachbarten Transceivern. Die Bausteine sind in einem 6 x 6 mm großen oberflächenmontierbaren Gehäuse mit einer thermisch verbesserten Ableitfläche an der Unterseite eingebaut. Sie sind für den Betrieb mit einer Gehäusetemperatur zwischen -40 und +105 °C spezifiziert. Alle drei Bausteine verwenden das gleiche Gehäuse und die gleich Pin-Belegung und können deshalb auf denselben Leiterplatten beliebig ausgetauscht werden. In Bild 4 ist ein Baustein auf einer Evaluierungs-Baugruppe dargestellt. Evaluierungs-Boards kann man direkt von ADI oder von seinen Distributoren beziehen. ◄

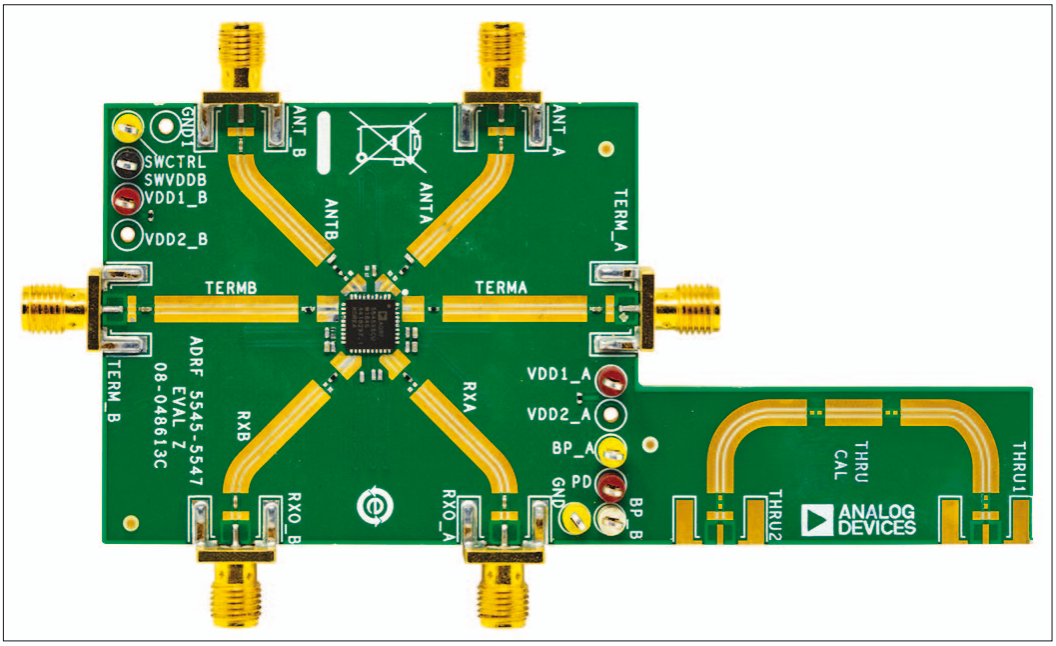


Bild 4: Evaluierungs-Board für die ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Familie

Der Autor

Bilge Bayrakci kam 2009 zu Analog Devices und ist Marketing und Produkt-Manager für die HF- und Mikrowellen-Produkte. Er besitzt den Titel eines M.S.E.E. von der Technischen Universität Istanbul und hat über 20 Jahre Erfahrung in der Halbleiterindustrie. Man erreicht ihn unter bilge.bayrakci@analog.com.