

HF-Frontend-Familie von ADI ermöglicht kompakte Funk-Lösungen für Massive-MIMO-Netzwerke in 5G-Installationen

Bilge Bayrakci

Einführung

Bereits in der späten Phase des Deployments von 4G-Mobilfunk-Basisstationen (LTE/Long Term Evolution) ist die Popularität von M-MIMO-Funklösungen (Massive Multiple Input, Multiple Output) stark gewachsen. Dies gilt insbesondere für dicht bebaute städtische Bereiche, in denen Kleinzellen auf effektive Weise die bestehenden Funklöcher ausfüllen und Datendienste mit höherem Datendurchsatz stärken konnten. Diese Architektur hat ihren Nutzen mit diesem Erfolg eindeutig belegt und dürfte die bevorzugte Wahl für die jetzt entstehenden 5G-Funknetze sein, denn schließlich gehören die dafür geforderte spektrale Effizienz und die Übertragungszuverlässigkeit zu den immanenten Wesenszügen eben dieser Architektur. Die Herausforderung bei der Verwirklichung der 5G-Technik besteht für die Designer darin, dass die Zahl der auf mehreren Bändern angesiedelten, gleichzeitig aktiven Transceiver-Kanäle drastisch gesteigert werden muss, während es gleichzeitig die gesamte, dafür benötigte Hardware in ein Format zu quetschen gilt, das ebenso groß oder sogar kleiner ist als die bisherigen Ausrüstungen.

Dies hat verschiedene Konsequenzen:

- Mehr Kanäle bedeuten eine stärkere Konzentration an HF-Leistung in der Basisstation und in ihrer Umgebung, sodass sich das Problem der Isolation zwischen den verschiedenen Kanälen ohne gegenseitige Interferenz verschärft.
- Die Frontend-Bauelemente der Empfänger müssen einen größeren Dynamikbereich aufweisen, um auch in der Gegenwart starker Signale betriebssicher zu bleiben.
- Die Lösungsabmessungen haben einen hohen Stellenwert.
- Angesichts der höheren Leistung der Elektronik und der Sender geht es nicht ohne Wärmemanagement.

In diesem Streben nach höheren Datenraten mit dem Ziel, eine Vielzahl von drahtlosen Diensten und unterschiedlichen Übertragungsschemata zu unterstützen, werden die Systemdesigner mit höherer Schaltungskomplexität konfrontiert, während sie gleichzeitig mit nahezu den gleichen Platz-, Energie- und Kostenbudgets auskommen müssen. Das Hinzufügen weiterer Transceiverkanäle zu einem Basisstations-Tower steigert natürlich den Durchsatz. Um aber die Komplexität und die Kosten der Systeme in einem akzeptablen Rahmen zu halten, ist es ebenso entscheidend, jeden Kanal mit höherer HF-Leistung zu betreiben. Zur Steigerung der HF-Leistung bleiben den Hardwaredesignern für ihre HF-Frontend-Designs nicht viele Alternativen, als sich auf bestehende Lösungen zu stützen, die nach hoher Bias-Leistung und komplexen Peripherieschaltungen verlangen. Hierdurch wird das Erreichen der Designziele jedoch unweigerlich erschwert.

Analog Devices stellte kürzlich eine integrierte Lösung aus einem Hochleistungs-Schalter und einem Low Noise Amplifier (LNA) in Multichip-Modulen für TDD-Systeme (Time Division Duplex) vor.

Die aus den Bausteinen [ADRF5545A](#), [ADRF5547](#) und [ADRF5549](#) bestehende Familie deckt die Mobilfunk-Bänder von 1,8 GHz bis 5,3 GHz ab und ist optimal für Schnittstellen zu M-MIMO-Antennen geeignet. Zusammengesetzt aus einem Hochleistungs-Schalter auf der Grundlage eines Siliziumprozesses und einem leistungsfähigen LNA auf GaAs-Basis, zeichnet sich diese neue Bausteinfamilie durch die Eignung für hohe HF-Leistungen und einen hohen Integrationsgrad aus, ohne dass irgendwelche Kompromisse gemacht werden müssen. Sie bietet also tatsächlich das Beste aus zwei Welten.

Zweikanal-Architektur

In Bild 1 ist das Blockschaltbild einer ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549-Applikation für ein M-MIMO-HF-Frontend-Design dargestellt. In den verschiedenen Kanälen dieser Einheit schließt sich jeweils ein zweistufiger LNA an einen Hochleistungs-Schalter an. Im Empfangsmodus des Transceivers leitet der Schalter das Eingangssignal an den LNA-Eingang weiter, während der Eingang im Sendemodus einem 50-Ω-Abschluss zugeführt wird, um eine ordnungsgemäße Anpassung der Antennenschnittstelle zu gewährleisten und den LNA von jeglicher Leistung zu isolieren, die von der Antenne reflektiert werden könnte. Die integrierte zweikanalige Architektur erlaubt Designern ein einfaches Skalieren ihrer MIMO-Lösung, um die bei früheren Lösungen bestehende Beschränkung auf 8 × 8-Konfigurationen (8 Sender, 8 Empfänger) zu überwinden und das Spektrum auf 16 × 16, 32 × 32, 64 × 64 und mehr zu erweitern.

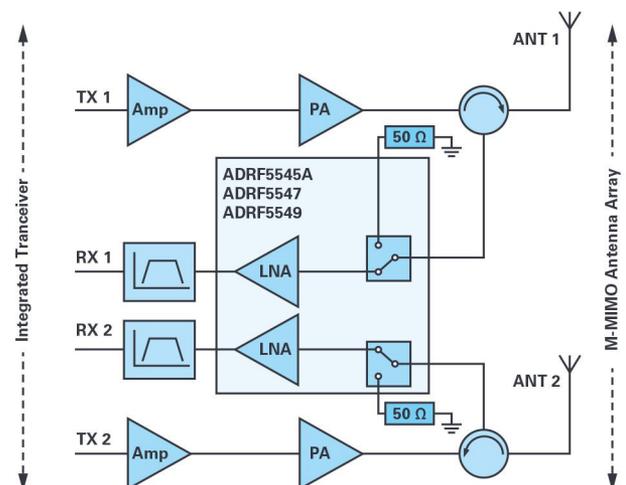


Bild 1: Blockschaltbild eines M-MIMO-HF-Frontends

Große Betriebsbandbreite

Die Verstärkungseigenschaften und der Frequenzbereich der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549 sind aus Bild 2 zu entnehmen. Die Bauteile sind für häufig genutzte Mobilfunkbänder optimiert und auf andere abgestimmte Komponenten im selben Design (z. B. Leistungsverstärker und Filter) ausgerichtet.

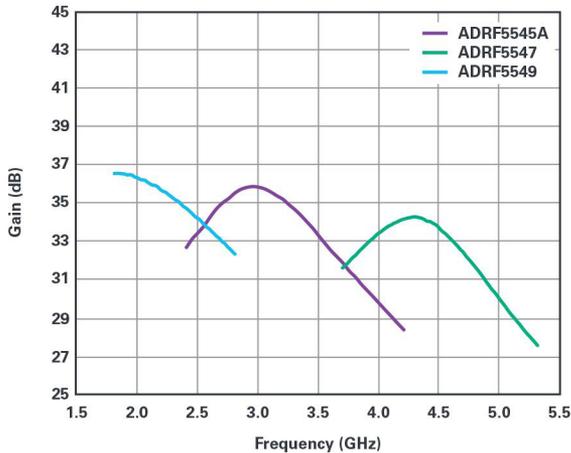


Bild 2: Verstärkungseigenschaften der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549

Hochleistungs-Schutzschalter

Die Bausteine enthalten einen Hochleistungs-Schalter auf der Basis eines Siliziumprozesses, der ohne externe Bauteile zur Bias-Generierung auskommt. Der Schalter benötigt lediglich eine Versorgungsspannung von 5 V, nimmt nur 10 mA auf und lässt sich direkt an gängige Mikrocontroller anschließen, ohne dass negative Spannungen oder Pegelumsetzer erforderlich sind. Verglichen mit einer Implementierung aus Schaltern auf der Basis von PIN-Dioden, bringt der Silizium-Schalter dem Anwender eine 80-prozentige Einsparung an Bias-Leistung und eine Reduzierung der Leiterplattenfläche um 90 %.

Der Schalter eignet sich für HF-Signale mit einer mittleren Leistung von 10 W und einem Peak-to-Average Ratio (PAR) von 9 dB im Dauerbetrieb und verkraftet im Störfall das Doppelte der Nennleistung. ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549 sind die ersten Produkte auf dem Markt, die sich für 10 W Leistung eignen, wodurch sie sich ideal für M-MIMO-Designs hoher Leistung eignen. Wenn von jedem Antennenelement mehr Leistung abgegeben werden kann, ist die Basisstation in der Lage, mit weniger Sendekanälen die gleiche HF-Leistung auszustrahlen. Die Architektur der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549 geht aus Bild 3 hervor. Wie man sieht, wird der Hochleistungs-Schalter für beide Kanäle über ein und denselben Pin versorgt und gesteuert, während die Versorgung und Ansteuerung der LNAs separat erfolgt.

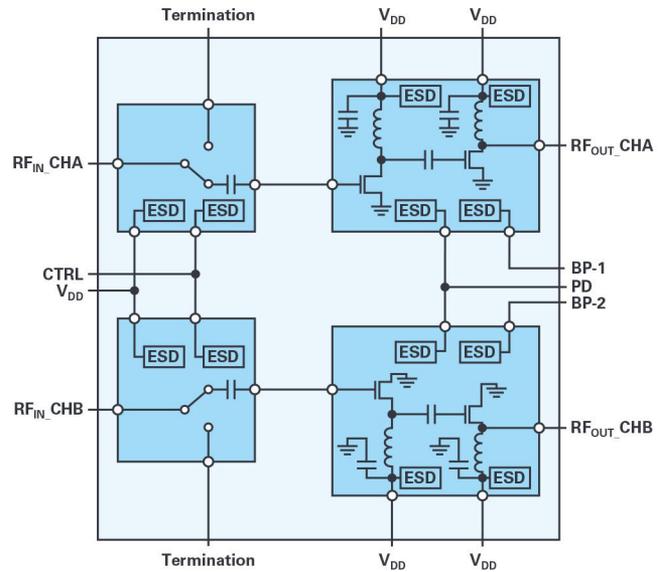


Bild 3: Schaltungsarchitektur der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549

Niedrige Rauschzahl

Der auf einem GaAs-Prozess beruhende zweistufige LNA wird ebenfalls mit 5 V versorgt und benötigt keinerlei externe Bias-Tee-Induktivitäten (Bias Tee = Fernspeiseweiche). Die Verstärkung verläuft über die Frequenz flach und kann auf 32 dB (High-Gain-Modus) bzw. 16 dB (Low-Gain-Modus) programmiert werden. Überdies bietet der Baustein zur Absenkung der Bias-Leistung eine Low-Power-Betriebsart, in der die LNAs im Sendebetrieb deaktiviert werden. Die Rauschzahl beträgt 1,45 dB einschließlich der Einfügedämpfung des Schalters, was beste Voraussetzungen für die Verwendung in M-MIMO-Systemen hoher oder geringerer Leistung bietet. Bild 4 zeigt die Rauschzahlen der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549 in bestimmten Frequenzbändern.

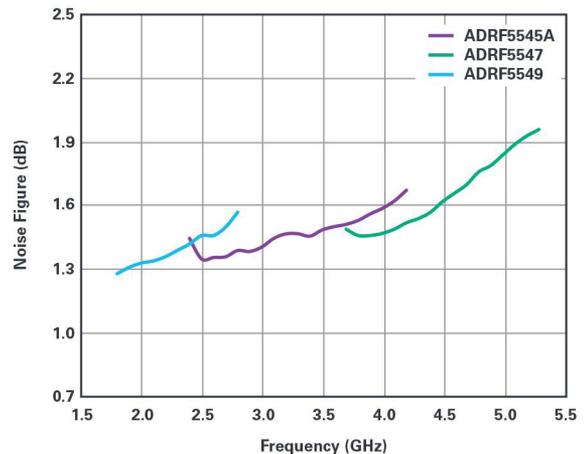


Bild 4: Rauschzahlen der Bausteine ADRF5545A, ADRF5547 und ADRF5549

Kompakte Abmessungen und minimaler Bedarf an externen Bauelementen

Abgesehen von den primären Entkopplungs-Kondensatoren an den Stromversorgungs-Anschlüssen und den Gleichstrom-Sperrkondensatoren an den HF-Signalspins, benötigen die Bauelemente keine Abstimm- oder Anpassungs-Bauelemente. Der HF-Eingang und die Ausgänge sind an $50\ \Omega$ angepasst, und beim LNA sind die Anpassungs- und Bias-Induktivitäten in das Design integriert. Dies senkt nicht nur die Kosten für teure Bauteile wie etwa Kanal-Übersprechens in benachbarten Transceivern. Die Bausteine besitzen oberflächenmontierbare, $6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ große Gehäuse mit einem thermisch optimierten Paddle an der Unterseite. Sie sind für den Betrieb bei Gehäusetemperaturen von $-40\text{ }^\circ\text{C}$ bis $+105\text{ }^\circ\text{C}$ ausgelegt. Gehäusebauart und Anschlussbelegung sind bei allen drei Versionen gleich, sodass sie auf derselben Leiterplatte frei tauschbar sind. In Bild 5 ist ein Bauelement, montiert auf dem Evaluation Board zu sehen. Die Evaluation Boards sind entweder direkt bei ADI oder über die Distributoren des Unternehmens lieferbar.

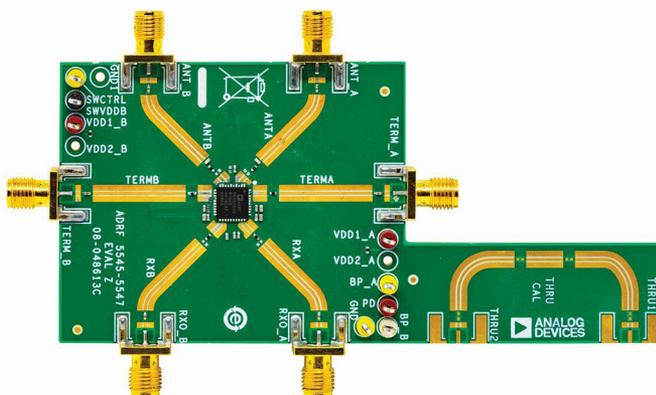


Bild 5: Das Evaluation Board zum ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549

Detaillierte technische Informationen, Produkt-Datenblätter und weitere hilfreiche Dokumentation finden Sie auf den Produktseiten auf analog.com.

Über den Autor

Bilge Bayrakci, der 2009 zu Analog Devices kam, ist als Marketing- und Produktmanager im Bereich RF and Microwave Control Products tätig. Er erwarb an der Technischen Universität Istanbul ein Master-Diplom in Elektrotechnik und besitzt mittlerweile mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Halbleiterindustrie. Er ist unter bilge.bayrakci@analog.com erreichbar.

Online Support Community

ADI EngineerZone™
SUPPORT COMMUNITY

Nehmen Sie Kontakt auf mit den Technologieexperten von Analog Devices in unserer Online Support Community. Stellen Sie Ihre schwierigen Designfragen, durchsuchen Sie die FAQs oder nehmen an einer Unterhaltung teil.

Besuchen Sie ez.analog.com