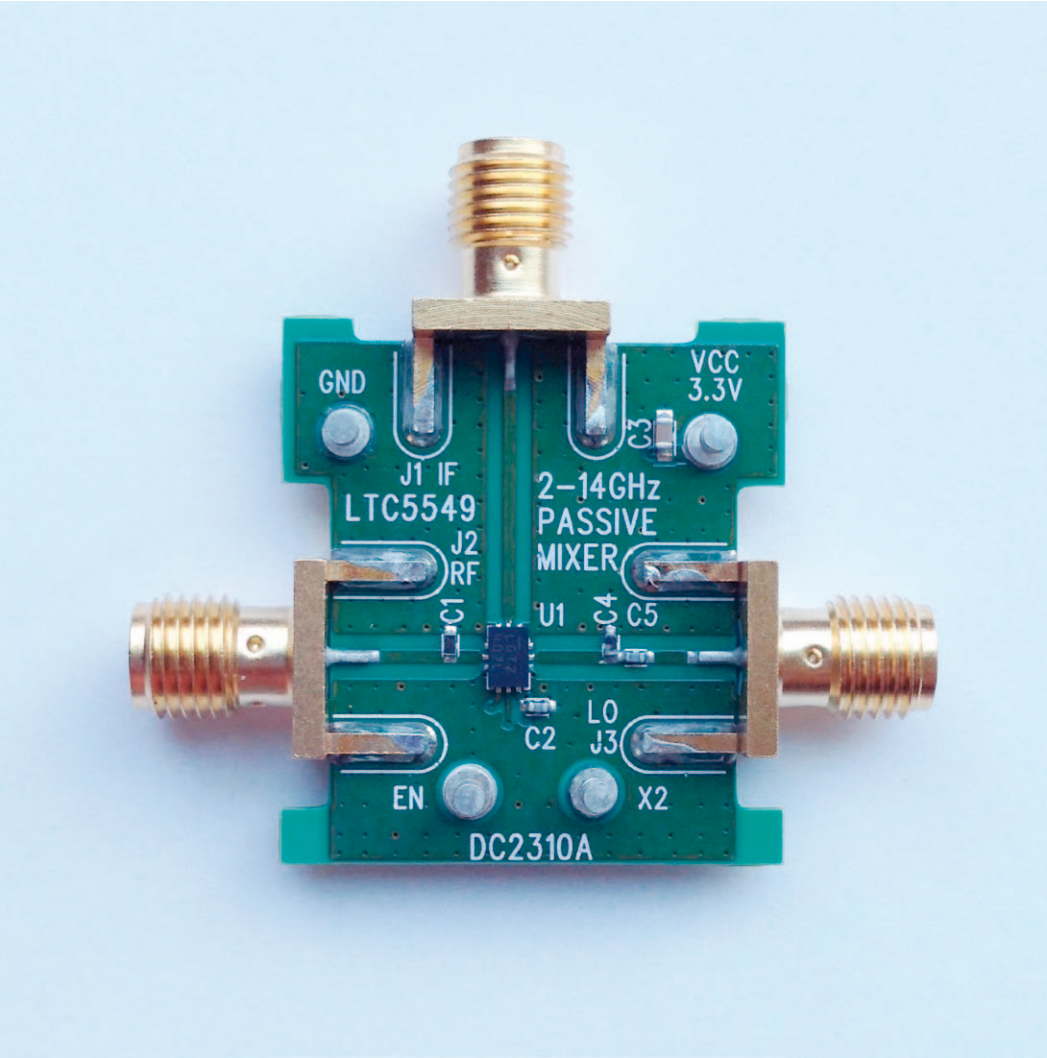
Ein 14-GHz-Mischer mit hohem IIP3 vereinfacht das Mikrowellen-Funkdesign

Die erforderliche Bandbreite wird in der nächsten Generation des drahtlosen Internetzugangs rapide ansteigen, um mit dem ständig zunehmenden Internet-Datenverkehr Schritt zu halten. Das Problem ist, dass das derzeitig verfügbare Frequenzspektrum die benötigte Bandbreite einfach nicht mehr liefern kann.



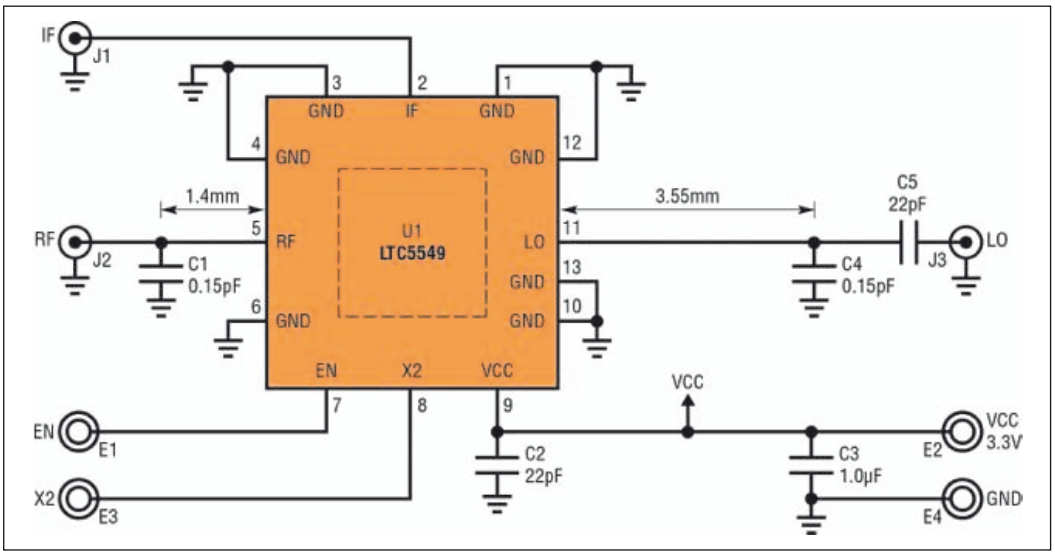


Bild 1: LTC5549-Evaluierungs-Board mit Schaltplan

Bruce Hemp
Applications Section Leader
James Wong
Product Marketing Manager
Linear Technology Corporation

Deshalb werden Spektren mit höheren Frequenzen untersucht, um die Nachhaltigkeit zu sichern. Dazu wurden mehrere Möglichkeiten erwogen, die von lizenzfreien, terrestrischen 5,8-GHz-Stationen bis hin zu Satelliten-Flotten reichen, die auf niedrigen Umlaufbahnen die Erde umrunden. Der sicherste Weg zu höherer Bandbreite liegt aber wohl in neuen Bändern mit höheren Frequenzen, die diese größere Bandbreite versprechen. Dazu werden auch neue Mischer mit gesteigerter Leistungsfähigkeit benötigt. Der neue Mischer LTC5549 von Linear Technology wurde für diese Aufgabe konzipiert.

Der LTC5549 ist ein passiver, Doppelbalance-Mischer, der entweder als Aufwärts- oder Abwärtswandler agieren kann. Er arbeitet in einem großen HF-Betriebsfrequenzbereich von 2 GHz bis 14 GHz. Der LTC5549 bietet eine besonders gute Linearität von 28,2 dBm IIP3 bei 5,8 GHz und 22,8 dBm bei 12 GHz und verbessert damit den Dynamikbereich sowohl des Senders als auch des Empfängers.

Der LTC5549 ermöglicht mit seinem integrierten LO-Buffer, der einen Treiberpegel von nur 0 dBm benötigt, effiziente Designs von Mikrowellensendern und -empfängern, so dass keine externen LO-Schaltungen mit hohem Leistungsbedarf mehr nötig sind. Darüber hinaus hat der LTC5549 einen Bypass-fähigen Frequenzverdoppler für das LO-Signal auf dem Chip, der es ermöglicht, dort wo es vorteilhaft ist, den Baustein mit preiswerteren, handelsüblichen Niederfrequenz-Synthesizern einzusetzen.

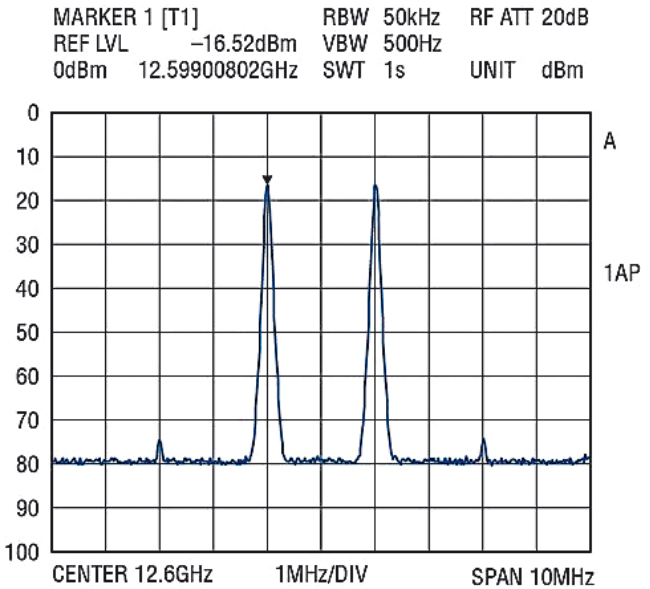
Der LTC5549 enthält integrierte Breitband-Balun-Trafos, die dafür optimiert sind, die Bandbreiten der LO- und HF-Frequenzbänder zu erweitern und dabei unsymmetrischen Betrieb ermöglichen. Sein ZF-Port unterstützt den großen Bereich von 0,5 bis 6 GHz. Alle drei Ausgänge sind auf 50 Ohm abgeglichen und weisen eine hohe Entkopplung von Port zu Port auf, womit unerwünschte LO-Verluste minimiert und externe Filtermaßnahmen vereinfacht werden.

Die Leistung des Mikrowellen-Transceivers erhöhen

Die meisten Mikrowellenmischer sind mit diskreten GaAs-Dioden oder FETs in Hybridmodulen aufgebaut. Im Gegensatz dazu wird der LTC5549 in einem fortschrittlichen Hochfrequenz-SiGe-BiCMOS-Prozess gefertigt. Damit wird eine hohe Integrationsdichte mit integrierten LO-Puffern und Mikrowellen-Balun-Trafos auf dem Chip erzielt. Der monolithische Chip wird in Flip-Technik in ein winziges, oberflächenmontierbares Lead-Frame-Plastikgehäuse mit 3 x 2 mm Kantenlänge eingelötet. Durch das kleine Gehäuse eignet sich der Mischer, zusammen mit nur wenigen externen Komponenten, zur Realisierung von Lösungen mit sehr geringem Platzbedarf.

Der IIP3 von 22,8 dBm des neuen Mischers ist ein herausragendes Merkmal in seiner Klasse. Die verbesserte Großsignalfestigkeit erweitert den Dynamikbereich sowohl von Empfängern als auch Sendern. Bei einem Empfänger erhöht ein größerer IIP3 die Robustheit gegenüber einer nahe liegenden Interferenz hoher Leistung, entweder von unbeabsichtigten Außerband-Störquellen oder selbstinduziert (strahlt von einem anderen Sender in Systeme mit mehreren Sektoren ein). Empfänger mit höherem Dynamikbereich bieten zudem eine zusätzliche Design-Marge und sind deshalb unempfindlicher beim Auftreten von Blockern mit hoher Frequenz.

Entsprechend erzeugt ein Mischer mit höherem IIP3 (folglich auch OIP3) bei Sendern weniger Störprodukte und verbessert damit die spektrale Reinheit und die ACPR. Dies ist besonders wichtig für Funksysteme, die Modulationen höherer Ordnung einsetzen, die bis zu 1024 QAM und höher gehen können. Die verbesserte Linearität hilft auch dabei, eine bessere Definition der Konstellationsgenauigkeit zu erzeugen. Zusätzlich ermöglicht ein höherer IIP3 den Betrieb des Mischers mit höherer Eingangsleistung und damit auch mit robusteren Ausgangsleistungspegeln. Diese zusätzliche Designmarge hilft dabei, Designeinschränkungen zu minimieren und damit höhere Flexibilität zu bieten.



Bei einem gewünschten 12,6-GHz-Ausgang:
Gemessene Ausgangsleistung -16,5 dBm pro Ton
IM3 bei -74 dBm (-57,5 dBc)
OIP3 = +12,3 dBm
IIP3 = +23,8 dBm
Konvertierungsverlust: 11,5 dB

Bild 2: Die Intermodulationsprodukte 3. Ordnung, gemessen bei 74 dBm, ergeben einen IIP3 von +23,8 dBm bei einer Frequenz von 12,6 GHz

LO-Treiber mit geringer Leistung vereinfacht das Design

Der in den LTC5549 integrierte LO-Treiber eliminiert den LO-Verstärker mit einer Verstärkung von +10 dBm bis +17 dBm, der üblicherweise benötigt wird, um die traditionellen passiven Mikrowellenmischer zu treiben. Der 0-dBm-LO-Treiber ermöglicht es, den LO ohne Puffer direkt an einem PLL/Synthesizer zu betreiben. Neben Kosteneinsparungen, bewirkt die geringe LO-Leistung auch ein deutlich geringeres LO-Übersprechen zu den ZF- oder RF-Ports, so dass weniger externe Filter nötig sind, um jegliche Außer-Band-Emission zu vermeiden, die sonst mit einer solchen Hochleistungsquelle verbunden ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine Strahlungsquelle mit hoher Leistung auf der PC-Baugruppe vorhanden ist. Dies hat deutliche Auswirkungen auf die Kosten, weil es die Notwendigkeit für das Abschirmen der HF-Strahlung verringert, die bei vielen Designs mit LO-Signalen hoher Leistung zu einem Problem wird.

Bandbreite mit Breitband-Balun erweitern

Der LTC5549 enthält viele zum Patent angemeldete Verbesserungen im planaren Balun-Trafo-Design, die dem monolithischen Mischer einen Betrieb über eine extrem große Bandbreite ermöglichen. Eine beispiellose Symmetrie wird erreicht, die einen

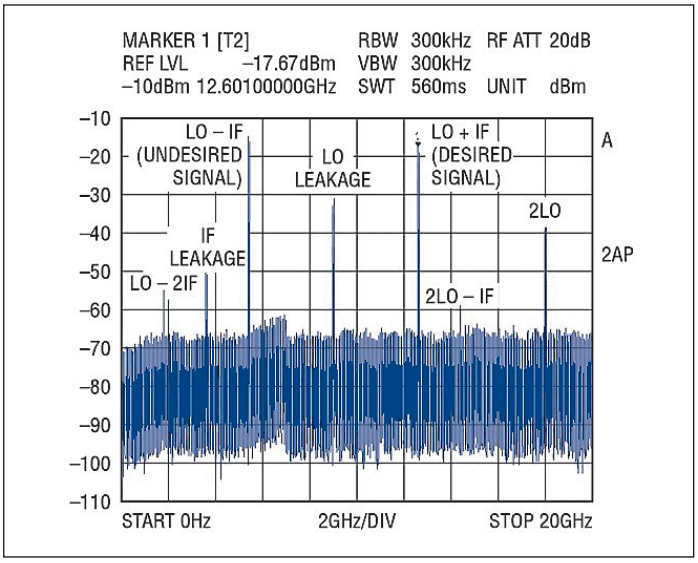


Bild 3: Das Breitband-Ausgangsspektrum zeigt sämtliche Störprodukte, die die Anforderungen an das Ausgangsfilter beeinflussen

hervorragenden symmetrischen Betrieb ergibt und in einer optimalen Unterdrückung von Störungen und einem flachen Frequenzgang über eine sehr große Bandbreite resultiert.

Der mit 50 Ohm abgeschlossene HF-Port mit seinem eingebauten Überrtrager und einem externen 0,15-pF-Kondensator zeigt z.B. zwischen 2 GHz und 14 GHz eine kontinuierliche Reflexionsdämpfung von besser 10 dB. Durch Anschließen eines 0,15-pF-Shunt-Kondensators und eines Reihenkondensators an den LO-Eingang ist dieser Port zwischen 1 GHz und 12 GHz mit 50 Ohm abgeschlossen. Über den gesamten Frequenzbereich ist die Rückflussdämpfung besser als 10 dB.

Steigende 5G-Datenraten fordern höhere Bandbreite

Es wird erwartet, dass die drahtlose 5G-Kommunikation Datenraten bis zu 1 Gbit/s erfordert. Um solche Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen, muss die Bandbreite auf bis zu 1 GHz oder sogar noch höher gesteigert werden. Deshalb müssen ständig neue Frequenzspektren dafür eingerichtet werden. Der LTC5549 hat eine hervorragende Bandbreite, die einen flachen Frequenzgang bis zu Frequenzen über 1 GHz unterstützt.

Mikrowellen-Testsysteme können ebenfalls von einem kompakten Mischer mit hoher Linearität, wie dem LTC5549, profitieren. Da HF-Testsysteme immer höhere Bandbreiten erfordern, muss ihre Linearität und Bandbreite ebenfalls verbessert werden, um mit dem Fortschritt in der Leistung der Prüflinge Schritt halten zu können.

Beispiel-Design: Ein Aufwärtsmischer im Frequenzband von 3,6 bis 12,6 GHz

Als Beispiel dient eine Applikation, die ein 3,6-GHz-Signal auf einen 12,6-GHz-Träger konvertiert. Dazu wird ein Low-Side-LO eingesetzt, der unter folgenden Betriebsbedingungen arbeitet:

- ZF-Port (Eingang) = 3,6 GHz
- HF-Port (Ausgang) = 12,6 GHz
- LO (Eingang) = 9 GHz bei 0 dBm
- Zweiton-Eingangssignal mit 2 MHz Abstand und je -5 dBm am ZF-Eingang

Leistungsmessungen wurden mit dem LTC5549-Evaluierungs-Board (Bild 1) durchgeführt. Der interne Zweifach-LO wird umgangen, so dass ein sauberes 9-GHz-Signal von einem Laborsignalgenerator direkt eingespeist werden kann. Weil die Komponenten des Evaluierungs-Boards bereits auf Breitband abgestimmt sind, wird dieses ohne Abänderungen (Schaltplan in Bild 1) eingesetzt.

Bild 2 zeigt die Linearität des Mischers mit zwei Tönen bei 2 MHz Distanz, gemessen bei 12,6 GHz. Die Intermodulationsverzerrungen 3. Ordnung am Ausgang wurden mit – 57,5 dBc darunter gemessen. Dies korrespondiert mit einem IIP3 von + 23,8 dBm. Bild 3 zeigt den Ausdruck des gesamten Spektrums des HF-Ausgangs. Es wird kein externes Filter verwendet, so dass man erkennen kann, wo alle Störprodukte abnehmen. Der LO-Verlust ist rund 14 dB unterhalb des 12,6-GHz-Trägers aber 3,6 GHz davon entfernt. Deshalb sollte das Filtern kein großes Problem sein. Der naheste Störer ist tatsächlich die 2LO-ZF, die 1,8 GHz entfernt vom Träger auftritt. Die gute Nachricht dabei ist, dass ihre Restleistung mehr als -40 dBc unterhalb des Trägers liegt. Bei 12,6 GHz hat der Ausgang des Mischers eine Verstärkungswelligkeit von 1 dB über eine Bandbreite von 1 GHz (Bild 4), die in der Lage ist, die nächste Generation der Breitband-Funkkommunikation zu unterstützen.

Zusammenfassung

Der LTC5549 hat einen hervorragenden IIP3, der den Dynamikbereich sowohl von Empfänger- als auch Senderapplikationen erweitert. Er ist mit einem integrierten LO-Puffer ausgestattet, spart Kosten und produziert nur sehr geringe LO-Einstreuungen.

Seine auf dem Chip integrierten Balun-Trafos sorgen für eine ungewöhnlich große Bandbreite, die das Design vereinfacht und sehr kompakte Ausmaße der Gesamtlösung ermöglicht.

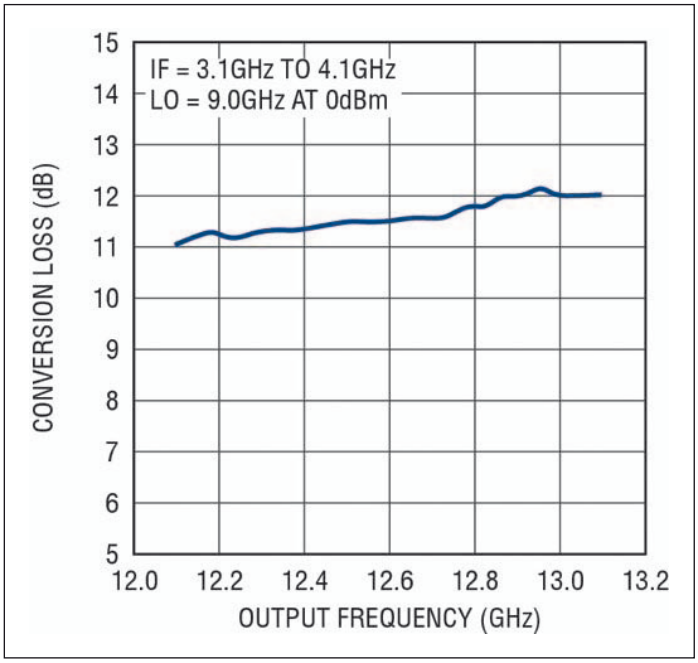


Bild 4: Der aufwärts konvertierende Mischer zeigt einen Konvertierungsverlust von 12 dB, jedoch nur eine 1-dB-Welligkeit über eine Bandbreite von 1 GHz am 12,6-GHz-Träger