

Aktiv statt passiv

# Aktiver Hochleistungsmischer löst Konstruktionsprobleme von HF-Sendern

Die Senderkonstruktion von Mobilfunk-Basisstationen der nächsten Generation bringt große Herausforderungen für HF-Entwickler mit sich. Diese Funkssysteme haben strikte Anforderungen in Bezug auf die Übertragung eines sauberen Signals mit niedrigem Grundrauschen sowie niedriger Intermodulation und harmonischer Verzerrung. Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass bei der Übertragung mehrerer Trägersignale eine Modulation höherer Ordnung erforderlich ist. Daher ist der Bedarf an linearer Mischerperformance hoch. Die Vorteile aktiver Mischer im Vergleich zu den passiven Varianten zeigt unser Beitrag.

Bisher waren passive Mischer mit Diodenring die beste Lösung, um diese Anforderungen zu erfüllen. Inzwischen bietet eine neue Generation aktiver Mischer deutliche Vorteile hinsichtlich Kosten-, Strom- und Platzersparnis und löst gleichzeitig einige der schwierigsten technischen Probleme im Zusammenhang mit der Entwicklung von Hochleistungsendern.

## Aktive Mischer verbessern die SFDR-Performance des Senders

Das primäre Ziel für HF-Entwickler besteht darin, den Rauschabstand (SNR) eines Senders zu verbessern. Dies erfordert die Abstrahlung einer maximal zulässigen HF-Signalstärke, während das Grundrauschen möglichst minimiert werden sollte. Bei maximaler Ausgangsleistung wird die Signalstärke durch den Anteil von Verzerrungen begrenzt, die von unerwünschten Spektralkomponenten im Ausgangssignal stammen. Daher muss man ein Gleichgewicht finden zwischen einem hohen Rauschabstand (SNR) und der SFDR-Performance (Spurious-Free Dynamic Range), während man gleichzeitig die Ausgangsleistung zu maximieren sucht.

Eine neue Generation hochleistungsfähiger, aktiver Mischer wie Linear Technologys LT5521 bietet eine hervorragende Kombination aus hoher Linearität, geringem Rauschen, einfacher LO-Ansteuerung und wenigen oder gar keinen Umwandlungsverlusten, was für kostengünstige, hochleistungsfähige Lösungen sorgt.

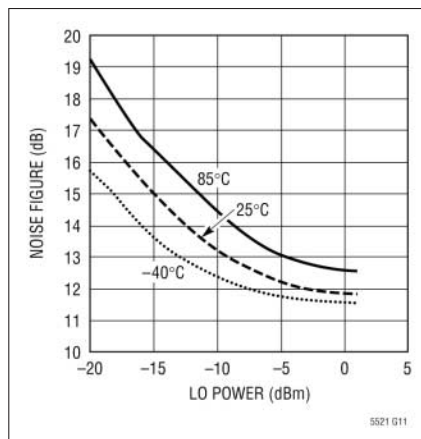


Bild 1: Man sollte einen Betriebspunkt wählen, bei dem eine möglichst niedrige Rauschzahl bei noch vertretbarem LO-Signalpegel erzielt wird.

Die Wahl des richtigen Betriebspunktes des Mischers ist entscheidend für eine optimale SFDR-Performance bei maximaler Ausgangsleistung. Bild 1 zeigt, dass beim LT5521 die minimale Rauschzahl (11,9 dB) auftritt, wenn die Leistung des LO (Lokaloszillators) bei 0 dBm liegt. Bei dieser LO-Leistung liegen auch IIP3 (24,1 dBm) und Signalverstärkungsfaktor (-0,5 dB) des LT5521 in der Nähe ihrer jeweiligen Maxima (Bild 2). So arbeiten diese drei Parameter zusammen, um den Dynamikumfang zu erweitern.

Wenn IIP3 und Rauschzahl (RZ) bekannt sind, kann der SFDR der Mischerschaltung mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$SFDR = 2/3 (IIP3 - \text{Grundrauschen}) \quad (1)$$

wobei gilt:

$$\text{Grundrauschen} = RZ - 174 \text{ dBm} + \log_{10} BW \quad (2)$$

Für Signale vom Typ WCDMA oder TD-SCDMA beträgt die Bandbreite (BW) 3,84 MHz. Wenn man jetzt die entsprechenden Werte des Mischers einsetzt (IIP3 = 24,1 dBm und RZ = 11,9 dB, bei einem LO-Pegel von 0 dBm bei 1,95 GHz), ergibt sich:

$$\begin{aligned} \text{Grundrauschen} &= 11,9 \text{ dB} - 174 \text{ dBm} + \\ &\quad \log_{10} (3,84 \text{ MHz}) \\ &= -96,3 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Mit diesen Betriebsparametern liegt der SFDR-Wert einer solchen Schaltung bei

$$\begin{aligned} SFDR &= 2/3 (24,1 \text{ dBm} - (-96,3 \text{ dBm})) \\ &= 80,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

## Mehr Signal am Ausgang

Bei der Maximierung des verzerrungsfreien Ausgangssignals ist ein höherer Signalverstärkungsfaktor (Conversion Gain) ein großer Vorteil. Damit steht am Ausgang ohne zusätzliche Verstärkerstufen ein größerer Anteil des Signals zur Verfügung. Aktive Mischer wie der z. B. der LT5521 ha-

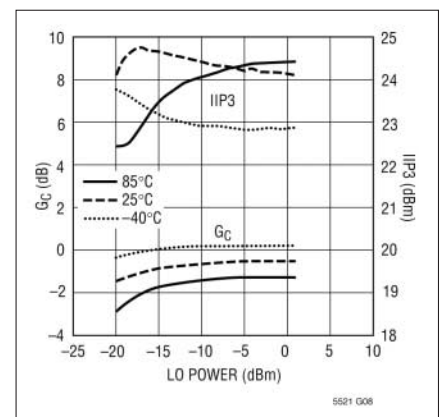


Bild 2: Man sollte die maximale Linearität (IIP3) und Signalverstärkung bei optimalem LO-Signalpegel wählen.

**AUTOR**  
James Wong, Product Marketing Manager, High Frequency Products, Linear Technology Corporation

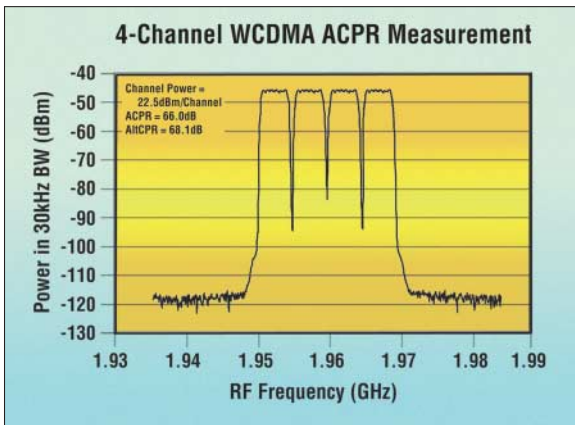


Bild 3: Gemessenes Ausgangsspektrum eines 4-Kanal-WCDMA-modulierten Signals mit sehr guten Werten für das Übersprechen zwischen direkt benachbarten und nicht direkt benachbarten Kanälen.

ben einen Wandlungsverlust von nur 0,5 dB. Im Vergleich zu passiven Mischern, bei denen der Verlust üblicherweise mit 6 bis 10 dB wesentlich höher liegt, bedeutet dies insgesamt eine Verbesserung des Signals um 6 bis 8 dB. Daher ist hinter dem Sendemischer weniger Verstärkung erforderlich.

### LO-Streuverluste verringern

Ein weiterer wichtiger Vorteil von aktiven Mixern wie dem LT5521 ist die von Haus aus niedrige LO-Ansteuerung und die überragende LO-Unterdrückung. Diese neue Generation höchst linearer aktiver Mischer erfordert 0 dBm (oder weniger) des Signals zur Ansteuerung des LO-Anschlusses. Im Vergleich dazu benötigt ein passiver Mischer mit ähnlich hohem IIP<sub>3</sub>-Wert mindestens +17 dBm als LO-Signal. Ein so starkes LO-Signal auf einer PC-Platine ist ein echter Nachteil.

Schon an sich kann ein Hochleistungssignal mit +17 dBm auf einer PC-Platine eine starke Quelle unerwünschter Strahlung sein. Bei Frequenzen von 1 bis 2 GHz können parasitäre Elemente auf kleinen PC-Platinen genug LO-Signal einfangen, um andere empfindliche Schaltkreise des Systems zu beeinträchtigen. Hochfrequenzabschirmungen können daher erforderlich werden. Aber die optimale Konstruktion einer effektiven Hochfrequenzabschirmung macht womöglich mehrere PC-Platinen-Entwürfe erforderlich, was den Entwicklungszyklus eines Projekts verlängern kann.

Im Gegensatz dazu vereinfacht der wesentlich niedrigere LO-Pegel eines aktiven Mixers die Schaltung der LO-Ansteuerung erheblich, was viele externe Komponenten überflüssig macht, da ein oder zwei

Leistungsverstärkerstufen eingespart werden. Dadurch sind erhebliche Einsparungen möglich. Außerdem wird der Stromverbrauch ohne zusätzliche LO-Ansteuerschaltungen stark verringert. Der niedrige Ansteuerpegel vermindert Probleme mit Streustrahlung und Leistungsverlusten, was zusätzliche Kosteneinsparungen ermöglicht.

Aktive Mischer sind außerdem weniger empfindlich gegenüber Schwankungen des LO-Pegels. Bei passiven Mixern können Änderungen des LO-Pegels von 2-3 dB die Linearität der Schaltung deutlich beeinträchtigen. Die Entwicklung einer hochleistungsfähigen LO-Quelle bei gleichzeitig engem Schwan-

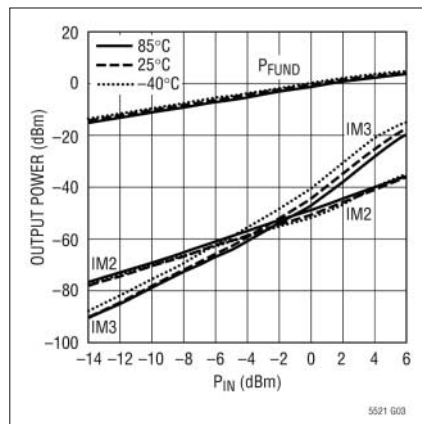


Bild 4: Die Verzerrung des LT5521 auf Grund von Intermodulationseffekten zweiter und dritter Ordnung ist wegen der niedrigen HF-Eingangsspiegel sehr gering.

kungsbereich des LO-Pegels ist schwierig, besonders in der Massenfertigung. Aktive Mischer wie der LT5521 tolerieren einen größeren Schwankungsbereich des LO-Pegels, ohne dass dies sehr zu Lasten der Performance gehe. Der niedrige LO-Signalpegel macht außerdem die Entwicklung erheblich einfacher.

### Bessere HF-Isolation vereinfacht Filterung

Die von Haus aus überragende Port-zu-Port-Isolation von aktiven Mixern hilft sehr dabei, LO-Streuverluste am Senderausgang zu verringern. Typische passive Mischer bieten eine Isolation von ca. 30 dB.

Aber da deren LO-Signal bei +17 dBm liegt, wird der Ausgang einen LO-Ausgangsstromverlust in Höhe von -13 dBm aufweisen, ein inakzeptabel hoher Pegel, welcher nur mit aufwändigen Filtermaßnahmen gedämpft werden kann. Womöglich sind sogar mehrere Filterstufen erforderlich, um die LO-Streuverluste in den Griff zu bekommen, und der Frequenzplan des Senders kann davon beeinträchtigt werden. Je nach eingesetztem Frequenz-Offset schaffen zwei Stufen von SAW-Filtern eine Dämpfung von etwa 40 dB. Der Vorteil von aktiven Mixern fängt also schon mit dem niedrigen LO-Ansteuerpegel an. Verbunden mit überragender LO-Isolation von über 40 dB führt dies zu einem LO-Streuverlustpegel von ungefähr -40 bis -45 dBm am Hochfrequenzausgang. Das sind 30 dB weniger als bei passiven Mixern und verringert erheblich die Notwendigkeit von Filtern, die ansonsten erforderlich wären.

Weniger Filterstufen sparen nicht nur Kosten, sondern verbessern auch die Signalqualität. Das liegt daran, dass Filter mit steilem Signalabfall eine merkliche In-Band-Restwelligkeit aufweisen. Bei Reihenschaltung kann sich die Amplitude der Restwelligkeit jeder Stufe über das durch die Spezifikationen zulässige Maß hinaus verstärken, wodurch die modulierte Wellenform verzerrt wird. Außerdem trägt jede Filterstufe zu einer merklichen Einfügedämpfung bei. Daher sorgen die geringen Anforderungen an den Ausgangsfilter eines aktiven Mixers für deutliche Kostensenkungen, verbesserte Signalqualität und höhere Signalpegel am Senderausgang.

### Zusammenfassung

Eine neue Generation aktiver Mischer bietet eine breite SPDR-Performance bei klaren Ausgangsspektren in der Signalkette von Hochleistungssendern. Hier wurde eine Reihe von entscheidenden Faktoren beim Entwurf von Hochleistungssendern für Mobilfunk-Basisstationen besprochen. (sb)

**KONTAKT**  
 Linear Technology Kennziffer 423  
 www.linear.com