

## **Empfängerarchitekturen für den Mobilfunk mit aktiver integrierter Störsignalkompensation**

Dipl.-Ing. Christoph Schmits  
Lehrstuhl für Integrierte Systeme  
Ruhr-Universität Bochum

In den letzten Jahren sind neue Möglichkeiten erschlossen worden, das Internet über das Mobiltelefon zu nutzen. Die Erhöhung der Datenrate beim GSM-Standard und die Umsetzung des UMTS-Standards mit der Erweiterung HSDPA in Basisstationen und Mobilfunkgeräten haben zu einer intensiven Nutzung des mobilen Internetzugangs geführt. Eine weitere Steigerung der Nutzung von mobilen Diensten wird mit der Einführung des LTE-Standards erwartet.

Durch diese Entwicklung sowie der Integration weiterer Standards in einen Mobilfunktransceiver steigt die Anzahl der benötigten Sende- und Empfangsschaltungen in den mobilen Endgeräten. Neben GSM und UMTS werden zukünftig auch LTE, Bluetooth, WLAN und FM-Radio integriert. Da nicht alle Standards gleichzeitig genutzt werden, ist das langfristige Ziel rekonfigurierbare Multi-Mode-Transceiver zu entwickeln. Sie sind dann in der Frequenz, Bandbreite und Linearität adaptiv auf den jeweiligen Standard einstellbar. Eine große Herausforderung bei der Entwicklung eines Multi-Mode-Empfängers ist die vollständige elektronische Realisierung des in den konventionellen Systemen eingesetzten akustischen Oberflächenwellenfilters (SAW-Filter), welches zwischen der Antenne und dem Empfangschip angeordnet ist und Störsignale außerhalb des Empfangsbandes dämpft. Aufgrund des physikalischen Aufbaus eines SAW-Filters ist die Mittenfrequenz nicht einstellbar und deshalb für Multi-Mode-Empfänger ungeeignet.

Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung eines abstimmbaren monolithisch integrierten Bandpassfilters im Zusammenspiel mit einem linearen rauscharmen Verstärker (LNA). Systemanalysen zeigen, dass eine frühzeitige Auslöschung von Störsignalen nach der ersten Verstärkerstufe eine signifikante Reduktion der Verlustleistung des gesamten Empfängers erlaubt und dabei die Rauschzahl nur moderat ansteigt. Die besondere Herausforderung an den LNA besteht darin, das Signalgemisch rauscharm und linear zu verstärken. In dieser Arbeit wurde ein CMOS-LNA entwickelt, der einen eingangsseitigen Kompressionspunkt von 0 dBm bei einer Rauschzahl von 1,5 dB erreicht.

Die Verluste integrierter Bandpassfilter werden dominiert durch die Güte der Spulen. Die Güte in Standard CMOS-Technologien ist nicht gut genug, um eine ausreichende Selektivität mit rein passiven Bandpassfiltern zu erhalten. Die Güte kann allerdings durch Q-Enhancement-Schaltungen aktiv verbessert werden. In der Arbeit sind zwei neue Q-Enhancement-Schaltungskonzepte erforscht worden. Die erste Schaltungsstruktur hat die besondere Eigenschaft, dass sie sowohl in einphasigen als auch in differentiellen Systemen einsetzbar ist. Das zweite Konzept ist eine Erweiterung des ersten Konzeptes und reduziert die bei allen bisher bekannten Konzepten vorhandene Rückwirkung des Bandpassfilters auf die Reflektanz  $S_{11}$  des LNAs.

Der LNA sowie die Kombination des LNAs mit Q-Enhancement-Bandpass wurden in einer 65-nm CMOS-Technologie entwickelt und realisiert. Der Q-Enhancement-Bandpass deckt mit einem relativen Abstimmbereich von 25 % die GSM-Bänder bei 1,8 GHz und bei 1,9 GHz sowie das UMTS-Band um 2,1 GHz ab. Die Güte des Schwingkreises wurde durch das Q-Enhancement für diesen Frequenzbereich versiebenfacht. Für die Umsetzung der GSM 800 und GSM 900 Bänder wurde das passive Bandpassfilter zusätzlich auf einem Testchip integriert. Es wurde daran gezeigt, dass die Platzierung von geschalteten Kapazitäten im Auge der Spule in dem verwendeten Frequenzbereich keinen maßgeblichen Einfluss auf die native Gesamtgüte des Schwingkreises hat. Damit kann die benötigte Chipfläche des Bandpassfilters minimiert werden. Für das GSM 800 Band und das GSM 900 Band wurde ebenfalls ein Abstimmbereich von 25 % erreicht. Die Rauschzahl des Gesamtsystems beträgt dabei lediglich 4,5 dB.