

Kurzfassung

# System –und Schaltungskonzepte zur breitbandigen und hochstabilen Signalsynthese

Gregor Ruße

Die Genauigkeit moderner, hochpräziser Messsysteme nach dem Radarprinzip wird maßgeblich durch die Bandbreite und die Stabilität der Signalsynthese bestimmt. Mit dem Fortschritt der SiGe-Bipolartechnologien der letzten Jahre sind integrierte Millimeterwellen-Signalquellen mittlerweile verbreitet. Die Signalstabilität kann jedoch erheblich verbessert werden, wenn auch die Schaltungen zur Signalsynthese, sprich ein stabilisierender fraktionaler Phasenregelkreis, monolithisch integriert und gleichzeitig gegenüber verfügbaren, diskreten Komponenten beachtlich verbessert werden. Ziel dieser Arbeit ist daher die Erforschung integrierter Schaltungen zur Frequenzsynthese in einer hochfrequenten SiGe-Bipolartechnologie. Darüber hinaus wird der dadurch erzielte Fortschritt in verschiedenen Systemkonzepten mit fraktionalen Frequenzteilern für Puls- und FMCW-Radarsysteme demonstriert. Mit den vorgestellten Systemkonzepten und neu entwickelten integrierten Schaltungen zeigt sich eine deutliche Verbesserung der Messgenauigkeit der in dieser Arbeit demonstrierten Systeme gegenüber bestehenden Ansätzen.

Für FMCW-Radarsysteme werden dazu ein abstimmbarer Oszillator, programmierbare Frequenzteiler und Phasenfrequenzdiskriminatoren entworfen. Programmierbare Frequenzteiler wurden neben einer extrem hohen Eingangsfrequenz von 80 GHz auf geringes Phasenrauschen optimiert. Beim Einsatz der Frequenzteiler in fraktionalen Phasenregelkreisen ist der Phasenfrequenzdiskriminator eine ebenso kritische Komponente. Hierzu wurden Konzepte für Phasenfrequenzdiskriminatoren mit hochlinearer Kennlinie und gleichzeitig geringem Phasenrauschen entwickelt.

Das Potential der realisierten Schaltungen wurde in zwei Anwendungen mit fraktionalen Phasenregelkreisen demonstriert. Einerseits wird ein neuartiges Systemkonzept mit einem fraktionalen Frequenzteiler im Referenzpfad für mehrkanalige Radarsysteme vorgestellt. Hier konnte gezeigt werden, dass trotz des hochintegrierten und vergleichsweise einfachen Konzeptes ein fraktionaler Synthesegenerator im Millimeterwellenbereich mit der Stabilität von sehr guten Einkanal-Radarsensoren aufgebaut werden kann. Andererseits wurde ein hochstabiler, breitbandiger 80 GHz-Radarsensor erforscht. Dieser zeichnet sich durch schnelle Frequenzrampen mit einer Rampensteigung von 60 GHz/ms, ein extrem geringes Phasenrauschen von  $-97$  dBc/Hz in 10 kHz Offset bei der Mittenfrequenz von 80 GHz und eine hohe Stabilität der Entfernungsmessungen mit einer Standardabweichung von weniger als 10 nm im Abstand von 10 cm aus.

Für breitbandige Pulsradarsysteme wurde ein neuartiger, integrierter Pulsgenerator zur Erzeugung von symmetrischen Gaußförmigen Pulsen mit einer Pulsbreite von 50 ps realisiert. Die Herausforderung bei der Integration in eine SiGe-Bipolartechnologie liegt in der Kombination aus einer großen Ausgangsamplitude von  $\pm 3.5$  V und großen Kollektorströmen von 190 mA. Der realisierte Pulsgenerator zeichnet sich insbesondere durch eine einfache Systemintegration, seine extrem große Bandbreite und Ausgangsamplitude, sowie durch die Symmetrie der erzeugten Pulse aus. Dass sich die Schaltung auf Grund der erreichten Symmetrie mit einem einfachen balancierten Mischer zum Aufbau eines hochpräzisen Pulsradarsystems eignet, wurde abschließend zusammen mit einer extrem stabilen Zeitbasis basierend auf dem entwickelten fraktionalen Teiler demonstriert.