

**Systemkonzepte und SiGe-Bipolarschaltungen für ein
80 GHz-Radarsystem mit hoher Bandbreite**

Dipl.-Ing. Nils Pohl, Lehrstuhl für Integrierte Systeme, Ruhr-Universität Bochum

Sowohl in der industriellen Messtechnik, als auch in der Automobilsensorik finden vermehrt moderne Radarsysteme Anwendung. Die Fortschritte der Silizium-Halbleitertechnologien ermöglichen die Erschließung höherer Frequenzen bis hinauf in den Millimeterwellenbereich bei gleichzeitig niedrigen Kosten. Damit einher geht sowohl ein hoher Antennengewinn (bei gleichbleibender Baugröße), als auch die Möglichkeit, durch eine größere Modulationsbandbreite (bei gleichbleibender relativer Bandbreite) die Entfernungsauflösung und somit die Genauigkeit von Radarsystemen erheblich zu verbessern. Wenn es gelingt, die hohe räumliche Trennschärfe mit moderatem technischem Aufwand (d.h. vertretbaren Kosten) zu erreichen, ist es möglich, mit der Radarsensorik neue Anwendungsfelder zu erschließen und bestehende auszubauen.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Demonstration der hochstabilen Frequenzsynthese bei 80 GHz in einer kostengünstigen SiGe-Bipolartechnologie und mit einer sehr großen Modulationsbandbreite, die den Stand der Technik deutlich übersteigt. Um darüber hinaus den technischen Aufwand für zusätzliche Komponenten und die Aufbautechnik moderat zu halten, werden alle nötigen hochfrequenten Schaltungsteile in einer stromsparenden Realisierung auf einem Chip integriert („System on Chip“).

In dieser Arbeit wird, aufbauend auf etablierten Konzepten zur Erzeugung von hochlinearen Frequenzrampen mit fraktionalen Teilern, ein Phasenregelkreiskonzept (PLL) erarbeitet, bei welchem durch Kehrlagemischung die Nichtlinearität der Abstimmteilheit des Oszillators über die Variation des Frequenzteilers so kompensiert wird, dass die Ringverstärkung in der PLL über weite Bereiche nahezu konstant bleibt. Die erforderlichen Millimeter- und Mikrowellen-Komponenten wurden im Rahmen dieser Arbeit entworfen und realisiert.

Die Schlüsselkomponente zur breitbandigen Frequenzsynthese ist ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) bei 80 GHz, der in einem hinreichend weiten Frequenzbereich abstimmbar ist. Zunächst wurden anhand von analytischen Modellen die Grenzen bekannter Konzepte aufgezeigt und eine Dimensionierung zur Erzielung eines weiten Abstimmbereichs entworfen. Erst durch die Erweiterung der Schaltung unter anderem um einen weiteren Varaktor konnte der Abstimmbereich deutlich auf (bisher nicht annähernd erreichte) 24,5 GHz erhöht werden, bei gleichzeitig gutem Phasenrauschen und hoher Ausgangsleistung (im ganzen Bereich). Da insbesondere die Forderung nach geringer Lastrückwirkung des Oszillators der angestrebten, geringen Leistungsaufnahme entgegensteht, werden die schaltungstechnischen Ursachen dieser Rückwirkung untersucht und eine neue Erweiterung der Schaltung vorgeschlagen, mit der die Kopplungswirkung der parasitären Kollektor-Basis-Kapazitäten kompensiert werden kann. In Messungen konnte bestätigt werden, dass so, ohne zusätzlichen Stromverbrauch, die Lastrückwirkung deutlich verringert werden kann.

Im Weiteren wird der 80 GHz-Oszillator um einen regenerativen $\div 4$ -Frequenzteiler, einen Hilfsoszillator bei 23 GHz, einen statischen $\div 8$ -Frequenzteiler und einen Mischer auf demselben Chip ergänzt, wodurch die Zahl der kritischen Schnittstellen minimiert werden konnte und eine Gesamtleistungsaufnahme von lediglich einem halben Watt erreicht wurde.

Die Funktion des Systemkonzeptes und aller Komponenten wurde durch die Realisierung eines Frequenzsynthesizers mit Hilfe kommerzieller Phasenregelkreis-Module demonstriert. Die geringe Variation der Ringverstärkung von 1:1,5 führt zu einer robusten Regelung bei insgesamt sehr guten Eigenschaften des Schleifenfilters. Somit kann der 80 GHz-Oszillator fast in seinem kompletten Abstimmbereich stabilisiert und zur Frequenzrampengenerierung genutzt werden.