

# Entwickeln und Simulieren von HF-Systemen mit SimRF 3.0

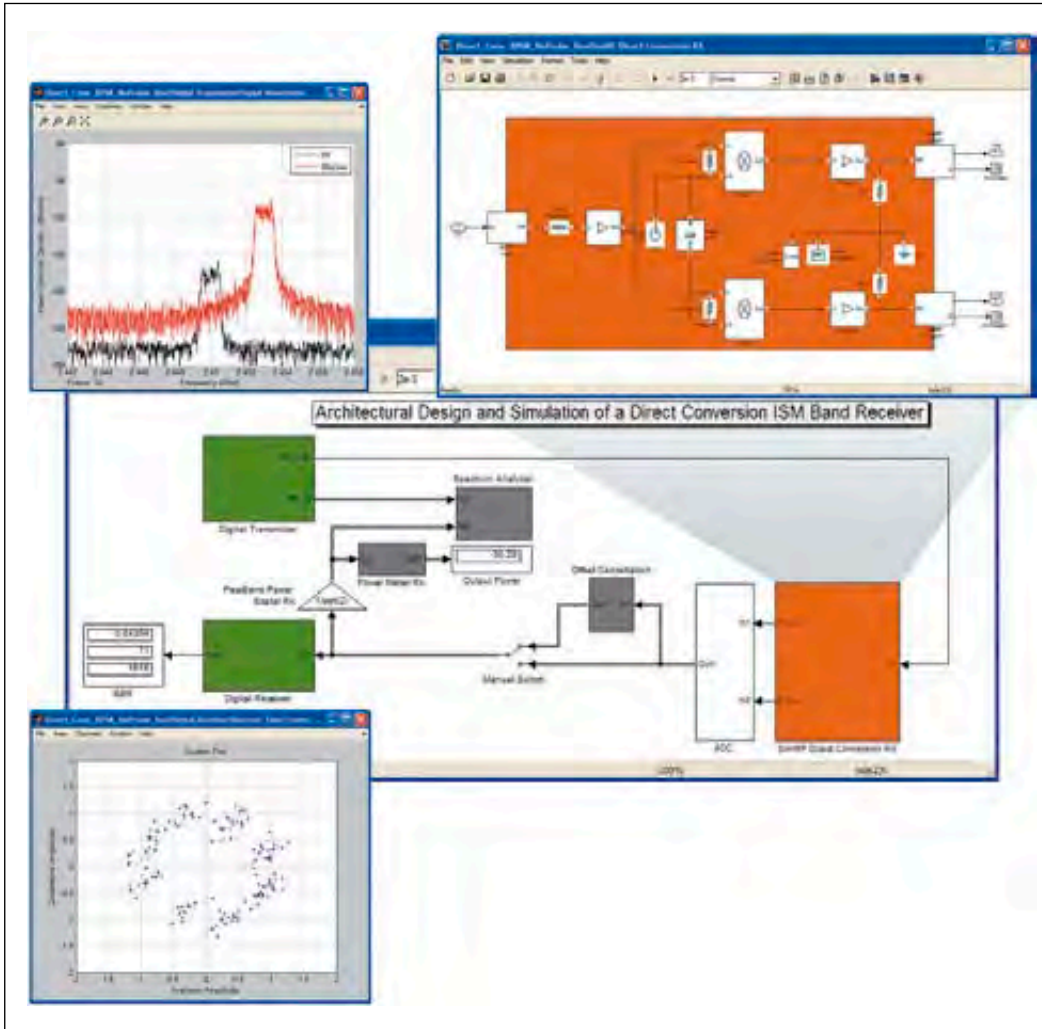


Bild 1: Modell eines Kommunikations-Systems (Mitte): SimRF-Blöcke (oben rechts), ein Spectrum-Scope-Display des Eingangssignals und eines inetrferierenden Signals sowie ein Konstellaions-Diagramm der demodulierten Ausgangs-Kurvenform (unten rechts). SimRF verbindet sich mit dem „Communication Blockset“ und dem „Signal Processing Blockset“, um die Einflüsse der HF-Architekturen auf das Systemverhalten zu simulieren.

unterdrückung, reziprokem Mischen, LO-Phasen-Offset usw. Äquivalente Basisband-Technologie ist ebenfalls vorgesehen, was die schnelle Simulation von kaskadierten Systememn mit einem Träger ermöglicht. SimRF arbeitet mit Simscape, um das Verhalten des durch das Blockdiagramm definierten HF-Systems zu untersuchen. Gateways zu Simulink ermöglichen die Signalerzeugung und Analysefunktionen die im „Communication Blockset“ und im „Signal Processing Blockset“ zu finden sind.

## Wichtige Eigenschaften:

- Modelle mit mehreren Trägerfrequenzen
- N-port-Modelle und S-Parameter-Dateien
- Passive Komponenten, einschließlich Widerständen, Kondensatoren, Induktivitäten und allgemeinen Impedanzblöcken
- Schwach nichtlineare 3-Port-Mischer und 2-Port-Verstärker, spezifiziert durch Rauschzahl, IP2, IP3 und Dateien
- Signalabtastung innerhalb des Modells
- Äquivalente Basisband-Technologie für schnelle Simulation

## Definieren von HF-Komponenten

SimRF ermöglicht die Darstellung von HF-Verstärkern, Mischern, Impedanzen und Filtern durch Spezifizierung physikalischer Eigenschaften wie Widerstand, Kapazität und Induktivität, lineare Eigenschaften, wie Verstärkung des Bauelements, sowie nichtlineare wie IP2, IP3 und Rauschzahl. Man kann lineare Netzwerke auch als S-Parameter-Dateien direkt in ein SimRF-Modell importieren.

Sim RF von MathWorks stellt für die Entwicklung von HF-Systemen eine Bauteile-Bibliothek und eine Simulations-Engine zur Verfügung.

Die Bibliothek umfasst Mischer, Verstärker, S-Parameter-Blöcke, und andere Grundbausteine für das Architektur-Design und die detaillierte Gestaltung von drahtlosen Transceivern. Diese Komponenten können beliebig verbunden werden, um verschie-

dene Architekturen zu bilden und um Beeinträchtigungen auf System-Ebene zu modellieren.

SimRF ermöglicht die Simulation von HF-Verstärkung, Rauschen und Intermodulations-Verzerrungen, wie sie üblicherweise bei HF-Verstärkern vorkommen. Es bietet „Circuit envelope“-Technik, um die HF-Beeinträchtigungen zu simulieren, die mit Mischern verbunden sind, einschließlich Spiegelfrequenz-

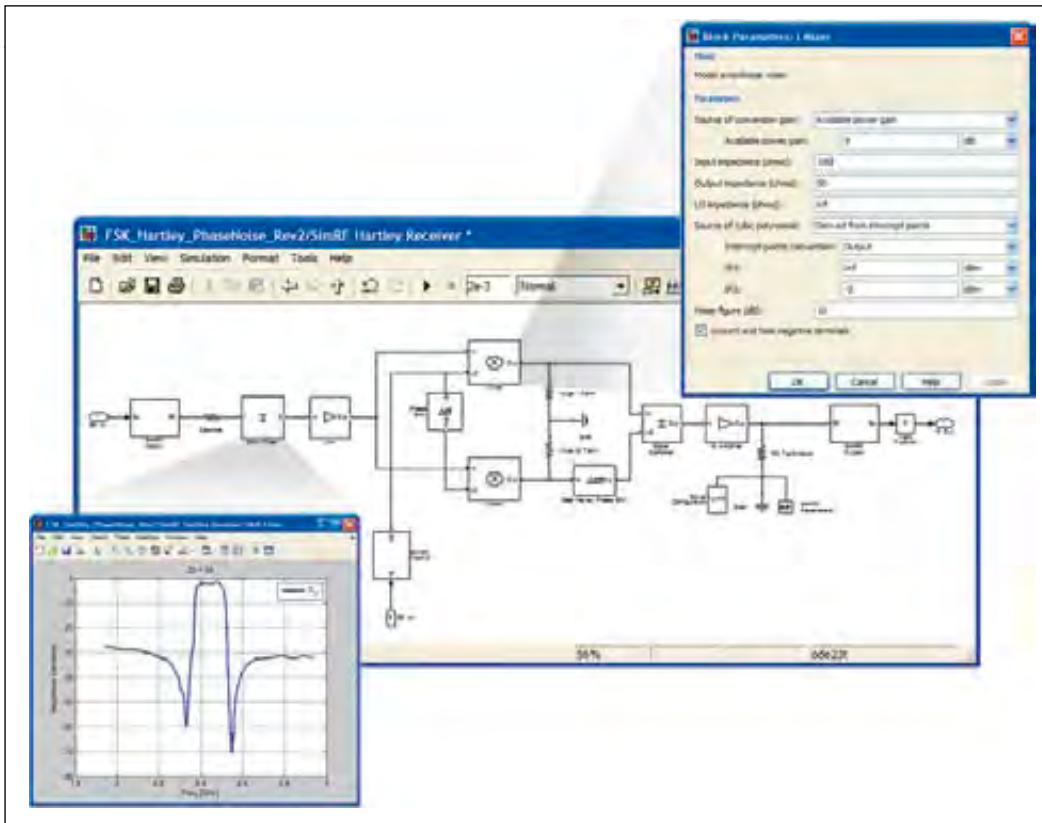


Bild 2: Modell eines Hartley-Empfängers mit niedriger ZF (Mitte) mit einer Darstellung der S-Parameter des SAW-Filters des Empfangsbereiches (unten links) und einem graphischen Interface für die Einstellung der Parameter des Mischers (oben rechts). SimRF-Blöcke sind definiert durch lineare und nichtlineare Spezifikationen, Rauschzahl und Touchstone-Dateien nach Industriestandard.

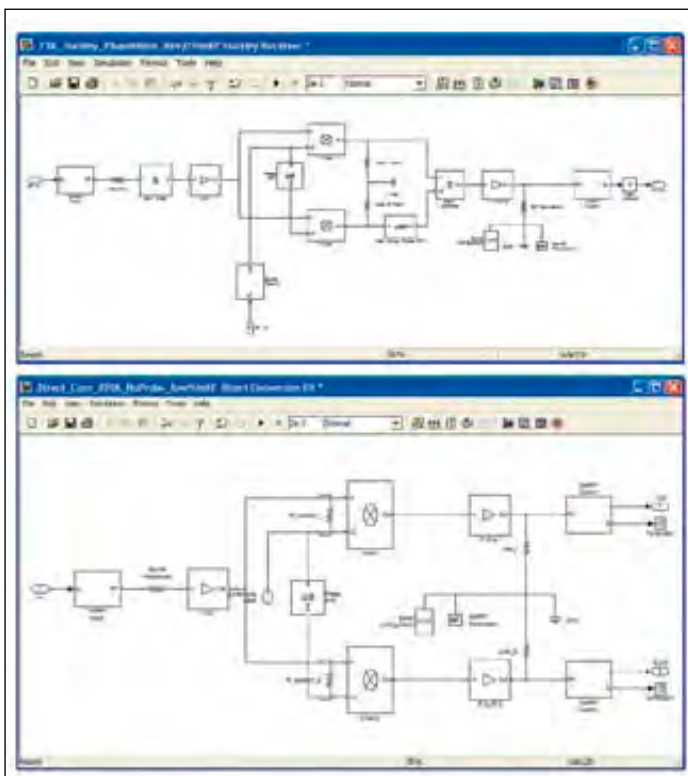


Bild 3: Hartley-Empfänger mit niedriger ZF (oben) und einfacher Direktmischer (unten) in SimRF. SimRF ermöglicht das Architektur-Design von RF-Subsystemen durch richtiges Modellieren der Funktion, Form und der Interfaces der RF-Komponenten.

## Design von HF-Subsystemen

Man kann HF-Empfänger und Sender durch Verbinden von Blöcken aus der SimRF Circuit Envelope-Komponenten-Bibliothek aufbauen. Die Signale in diesen SimRF-Modellen werden durch Spannungen und Ströme repräsentiert. SimRF-Signale können extern in Simulink erzeugt und über die SimRF-Import-Funktion eingespeist oder aber auch intern unter Verwendung der SimRF-Quellen erzeugt werden. Jedes Signal hat eine Trägerfrequenz, die für importierte Simulink-Signale mitgeliefert wird, oder aber von den SimRF-eigenen Quellen erzeugt wird. Die Gesamtheit aller in einem SimRF-Modell simulierten Frequenzen wird im SimRF-Parameterblock definiert. Belastungen durch die Blöcke untereinander können durch Verwendung interner Block-Impedanzen oder explizit unter Verwendung von Schaltungselementen nachgebildet werden.

Jeder der nichtlinearen Blöcke in SimRF ist durch IP3 und IP2 charakterisiert. Das Rauschverhalten von drei Blöcken ist durch die Rauschzahl spezifiziert. Eine Rauschspannungsquelle in SimRF kann dazu verwendet werden, zusätzliches Rauschen in Modelle einzuspeisen, wo die Rauschzahl nicht anwendbar oder gewünscht ist. Man kann neue Komponenten in ein Design unter der Verwendung der Simscape-Modellsprache einfügen.

Zusätzlich zu Standard-RF-Subsystemen enthält SimRF auch N-port-S-Parameter-Blöcke. Diese Blöcke lesen Standard-Touchstone.smp-Dateien, die gemessene oder simulierte Komponentendaten enthalten und es ermöglichen, die Daten nach dem Import zu plotten. Vor der Simulation ordnet SimRF den gemessenen S-Parametern ein generelles, rationales Funktionsmodell zu.

## Simulation von drahtlosen Systemen unter Verwendung von „Circuit-Envelope“-Technologie

SimRF integriert sich in Communications Blockset und Signal Processing Blockset, um die Einflüsse der HF-Beeinträchtigungen und Architekturen auf das Systemverhalten zu simulieren. Man kann SimRF dazu verwenden, um „was wäre wenn“-Analysen mit verschiedenen RF-front-end-Architekturen durchzuführen, oder nehmen Sie eine spezielle Architektur und verwenden Sie die Simulation, um Algorithmen zu entwickeln, welche die RF-Beeinträchtigungen abschwächen. Beispielsweise kann man mit SimRF und Communications Blockset die Koexistenz verschiedener Kurvenformen im 2,4-GHz-ISM-Band simulieren.

Der Vorrat an RF-Hf-Beeinträchtigungen, die durch SimRF aktiviert werden können, umfasst u.a.:

- Rauschen
- geradzahlige und ungeradzahlige Intermodulation



## Software

- Nebenwellen (spurious)
- Spiegelfrequenzen aufgrund von Mischern
- Phasen-Offsets
- I und Q Fehlanpassung
- Entkopplung zwischen den Blöcken
- DC-Offset
- Phasenrauschen des Lokal-Oszillators

Die Abtastmöglichkeiten von SimRF ermöglichen die Verfolgung dieser Einflüsse durch das Modell.

### Simulation von drahtlosen Systemen unter Verwendung äquivalenter Basisband-Technologie

SimRF enthält äquivalente Basisband-Blöcke für die schnelle Simulation von Kommunikationssystemen mit einem Träger. Die äquivalente Basisband-Technologie ist bestens geeignet für Superhet-Systeme, wo Außerband-Interferenz von sekundärer und die Simulationsgeschwindigkeit von höchster Bedeutung ist. Gegenwärtig werden Transmission-line-Modelle nur durch die äquivalente Basisband-Technologie unterstützt.



Bild 4: Systemebenen-Modell eines ISM-Band-Empfängers in SimRF (Mitte), eines Hartley-Empfänger-Subsystems mit niedriger ZF (oben) und eine Darstellung des Empfangssignals am Empfänger-Ausgang.

Bild 5: Modell eines Radar-Systems, einschließlich des Radar-Impulsgenerators (unten links), eines HF-Sender-Subsystems (mitte), einer Simulink-Repräsentation eines bewegten Zieles (unten rechts) sowie eines Empfängers und eines Empfänger-Moduls (oben). Das Modell ist ein typisches Radar-System, das zur Erfassung der Position und zur Geschwindigkeitsmessung geeignet ist.

