

Diss. ETH No. 15506

Direct-Conversion Receiver Design for Wideband Cellular Communications

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
JÜRGEN ROGIN
Dipl.-Ing. ETH
born 03 01 1974
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Q. Huang, examiner
Prof. Dr. K. Halonen, co-examiner

2004

Abstract

This work describes the planning, design and implementation of a direct-conversion mobile radio receiver for the upcoming UMTS cellular telecommunication standard. Key aspects are passing type approval, a high integration level, and lowest possible power consumption.

Minimization of power consumption requires efforts on all levels of the design. The first step is to find precise system specifications from type approval requirements, because an overdesigned specification set directly leads to excessive power consumption. Once receiver requirements are known, a suitable architecture is chosen, and block level requirements are derived. WCDMA receiver interference level is dominated by TX leakage, and the use of an extra RX filter relaxes demodulator linearity requirements for lower power consumption despite the need for a second LNA.

Direct conversion promises the highest integration level, but poses several well known challenges for the RF mixer and the baseband filter and programmable gain amplifier. The most fundamental problem is that of baseband offsets, which may be orders of magnitude larger than the wanted signal at the baseband input. Consequently, the second main part of this work focuses on the design of the baseband strip and on offset compensation, together with the problems arising from the combination of continuous operation and programmable gain.

The circuit-level design phase is the last step determining power consumption. Measured performance of the prototype receiver realized in $0.13\mu\text{m}$ CMOS meets specifications for type approval, and power consumption is a very low 45mW.

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt Planung und Entwurf eines mobilen Homodynradioempfängers für den künftigen Mobiltelefonstandard UMTS. Hauptaspekte sind das Erlangen der Typenzulassung, ein hoher Integrationsgrad sowie geringstmöglicher Energieverbrauch.

Die Minimierung des Stromverbrauchs betrifft alle Entwurfsphasen. Zunächst werden die erforderlichen Kenngrößen für die Typenzulassung genau bestimmt, weil Überspezifikation direkt zu unnötigem Stromverbrauch führt. Mit der Gesamtspezifikation wird eine geeignete Architektur gewählt, und Blockspezifikationen werden bestimmt. Das stärkste Störsignal am Eingang des WCDMA-Empfängers ist das eigene Sendesignal. Ein zusätzliches Filter reduziert die Linearitätsanforderungen an den Mischer und reduziert so den Gesamtstromverbrauch, obwohl ein zweiter LNA benötigt wird.

Der Homodynempfänger erlaubt den höchsten Integrationsgrad, stellt aber bekanntermassen besondere Ansprüche an den RF Mischer und den Basisbandteil. Am fundamentalsten ist das Problem von Gleichspannungs-Offsets, die um Größenordnungen stärker sein können als das gewünschte Eingangssignal des Basisbandteils. Daher beschäftigt sich der zweite grosse Teil dieser Arbeit mit dem Entwurf des Basisbandteils und mit der Unterdrückung des Offsets. Zusätzlich werden Probleme untersucht, die von der Kombination von kontinuierlichem Betrieb und programmierbarer Verstärkung herrühren.

Der Entwurf auf Schaltungsebene ist die letzte Phase, die den Leistungsverbrauch beeinflusst. Die gemessenen Werte des Empfängerprototyps, implementiert in einer $0.13\mu\text{m}$ CMOS Technologie, erfüllen die Anforderungen für die Typenzulassung, und die Leistungsaufnahme beträgt nur 45mW.