

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

IHP-GmbH Frankfurt (Oder)

Förderkennzeichen:

01 BU 0654

Vorhabensbezeichnung:

Netz der Zukunft-MxMobile (Multi-Standard Mobile Platform)

Teilvorhaben: Frequenzagile Synthesizer für rekonfigurierbare Basisstationen und
Unterauftrag "Kalte Endstufe" (RWTH Aachen)

Laufzeit des Vorhabens:

01.03 2006 bis 28.02.2009

Berichtszeitraum:

01.03 2006 bis 28.02.2009

2. Sept. 2009

Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1	Projektkurzdarstellung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Voraussetzungen	3
1.3	Planung und Ablauf des Auftrags	3
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand	5
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
2	Erzielte Ergebnisse	6
2.1	Verwendung der Zuwendung	6
2.2	Zielsetzungen zum Teilprojekt „Frequenzagiler Synthesizer“	6
2.3	Zielsetzungen des Unterauftrags „Kalte Endstufe“	7
2.4	Ergebnisse des Teilprojekts „Frequenzagiler Synthesizer“	7
2.5	Ergebnisse des Unterauftrags „Kalte Endstufe“	18
2.6	Erfordernis und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	29
2.7	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses	29
2.8	Bekannt gewordener Fortschritt im Projektzeitraum	30
2.9	Erfolgte und Geplante Veröffentlichungen	30
3	Literaturverweise	33

1 Projektkurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Das IHP hatte im vorliegenden Teilvorhaben die Aufgabe, für einen frequenzagilen Multiband-/Multistandard-Synthesizer ein Konzept für die Frequenzerzeugung zu erarbeiten, eine Architektur zu entwerfen, simulativ zu untersuchen und zu optimieren und diese dann als integrierte Schaltung zu entwickeln und zu demonstrieren. Zielstellung war, wenn möglich, eine vollintegrierte Lösung zu erreichen, die die anspruchsvollen Spezifikationen der Basisstation einhält. Der Frequenzsynthesizer sollte in einem bestehenden Multiband-/Multistandard-Basisstation-Demonstrator integriert werden.

Die RWTH Aachen führte in einem Unterauftrag Forschungsarbeiten an einem neuartigen Leistungsverstärker nach dem CLIER-Prinzip (Unterauftrag „Kalte Endstufe“) durch.

1.2 Voraussetzungen

Für die Synthesizer-Arbeiten konnte auf Erfahrung aus anderen Synthesizer-Entwicklungen in der Abteilung Circuit Design des IHP zurückgegriffen werden, die sowohl Oszillator- und Synthesizer-IC-Entwicklungen [1]-[6] als auch mathematische Untersuchungen zum Phasenrauschverhalten von Synthesizern umfassen [7].

Als Zieltechnologien standen die Halbleitertechnologien des IHP zur Verfügung (BiCMOS und CMOS-Technologien mit 0.13 μm bis 0.25 μm Strukturgrößen) [8]. Des Weiteren hat das IHP umfangreiche Messmöglichkeiten eingesetzt, zu denen Waferprober, S-Parameter-Messplätze und insbesondere auch ein Phasenrauschmessplatz PN9000 der Fa. Aeroflex zählt.

Das Projekt wurde von einem Doktorand (Sabbir Osmany), sowie Dr. Schmalz und Dr. Scheytt (Projektleitung) bearbeitet. Zur Diskussion der technischen Spezifikationen und Ergebnisse standen die Firmen Lucent und Alcatel und nach deren Fusion Alcatel-Lucent zur Verfügung. Die aktiv beteiligten Mitarbeiter waren hier Georg Fischer, Gerhard Kaminski, Wolfgang Eckl und Heinz Schlesinger.

Für den Unterauftrag „Kalte Endstufe“ lag eine Patentanmeldung zum CLIER-Prinzip vor [20], die mittlerweile als Patent erteilt ist. An der RWTH liegt umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung von Leistungsverstärkern für Mobilfunkanwendungen vor. Des Weiteren sind geeignet ausgestattete Labore zur Validierung der Entwicklung vorhanden.

1.3 Planung und Ablauf des Auftrags

Das Vorhaben war in 6 Arbeitspakete unterteilt:

AP-1: Architekturuntersuchungen und Definition der erreichbaren Spezifikationen

AP-2: Simulation und numerische Optimierung der VCOs und PLLs

AP-3: Simulation verschiedener Synthesizerarchitekturen

AP-4: Design der Teilkomponenten

AP-5: Design des Synthesizers und Messung

AP-6: Integration in den RMS-Demonstrator

Die geplanten Meilensteine sind in der nachfolgenden Tabelle beschrieben:

Tabelle 1: Meilensteine des Vorhabens

Monat	AP	Meilenstein
03/2006		Beginn
06/2006	AP-1 AP-2 AP-4	Vorläufige Spezifikation in Abstimmung mit Alcatel und Lucent 1. Spezifikation und 1. Version von entsprechenden Synthesizer-Architekturen Tapeout: VCO, PLL-Komponenten
12/2006	AP-3 AP-4	2. Version von Synthesizer-Architektur Tapeout: VCO, PLL-Komponenten, rekonfig. Prescaler
06/2007	AP-3 AP-5	3. Version von Synthesizer-Architektur Tapeout: 1. Version für agilen Frequenzsynthesizer
12/2007	AP-5	Tapeout: 2. Version für agilen Frequenzsynthesizer
06/2008	AP-3 AP-6	Simulation des Frequenzsynthesizer für RMS-Demonstrator Tapeout: Agiler Frequenzsynthesizer für RMS-Demonstrator
12/2008	AP-6	Leiterplatten für Integration in RMS-Demonstrator fertig und bestückt Integration in den RMS-Demonstrator erfolgreich getestet
02/2009		Vorhabensende

Die Zeitplanung der Meilensteine erwies sich als realistisch und wurde weitgehend mit kleinen Abweichungen von wenigen Monaten (früher bzw. später) eingehalten. Die finale Architektur des Synthesizers wurde Mitte 2007 festgelegt. Im Jahr 2007 wurden mehrere komplette Synthesizer-ICs zum tape-out gebracht. Ein erster weitgehend funktionierender, frequenzagiler Synthesizer stand nach dem tape-out (Dezember 2007) dann im April 2008 für Tests zur Verfügung. Dieser wurde Synthesizer wurde nochmals modifiziert, gefertigt, auf eine mit Alcatel-Lucent vereinbarte Testplatine montiert und dann im Sept. 2008 an Alcatel-Lucent Nürnberg zum Einbau in den RMS-Demonstrator übersandt. Noch vor Ende des Jahres 2008 wurden erfolgreiche Tests im RMS-Demonstrator durchgeführt. Die verbleibende Zeit bis zum Ende des Projekts wurde von IHP weitere Verbesserungen am Synthesizer-Chip verwendet.

Über den Verlauf des Teilprojekts wurden halbjährlich Workshops abgehalten. Diese Workshops wurden von IHP terminlich und inhaltlich koordiniert, wobei verschiedene Partner als Gastgeber auftraten. Wenn notwendig wurden zusätzlich Telefonkonferenzen durchgeführt. Bei den Treffen wurde der Status des Frequenzsynthesizers und des CLIER-PAs in jeweils einem Vortrag vorgestellt und diskutiert. Überdies wurde jeweils ein zusätzlicher wissenschaftlicher Vortrag aus einem verwandten Forschungsgebiet oder

Forschungsvorhaben gehalten, was sich als fruchtbringende Ergänzung für die Diskussion erwies. Folgende reguläre Treffen wurden abgehalten:

- 17. Mai 2006 Kick-off-Meeting in Berlin, Phönix Gründerzentrum
- 29. Nov. 2006 Statusmeeting / Workshop in Nürnberg, Lucent Technologies
- 14. Mai 2007 Statusmeeting / Workshop in Berlin, Phönix Gründerzentrum
- 21. Jan. 2008 Statusmeeting / Workshop in Nürnberg, Lucent Technologies
- 22. Juli 2008 Statusmeeting / Workshop in Erlangen, Friedrich-Alexander Universität
- 18. Feb. 2009 Abschlussmeeting in Stuttgart, Alcatel-Lucent

Darüberhinaus wurden - neben der gewöhnlichen Kommunikation per Telefon und Internet - nach Bedarf Telefonkonferenzen durchgeführt.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Als verwendete Fachliteratur dienten insbesondere internationale Veröffentlichungen in Journalen und auf Konferenzen. Besonders der on-line Zugang zu IEEE Veröffentlichungen über IEEE Xplore hat sich hier als wichtig herausgestellt. Für wissenschaftliche Recherchen wurden weiterhin Google Scholar und ähnliche Dienste benutzt. Des Weiteren wurde für die Recherche von Datenblättern kommerzieller Synthesizer gewöhnliche Suchmaschinen verwendet.

Zu Beginn des Projektes gab es keine integrierten Synthesizer, die einen derartig weiten Frequenzbereich lückenlos umspannten. Demgegenüber gab es aber einen vollintegrierten Synthesizer (National LMX2531, [9]), der den Betrieb mit 2 Frequenzbändern ermöglichte, und in verschiedenen Versionen für verschiedene Frequenzbänder angeboten wurde. Techniken für integrierte Breitband-Oszillatoren wurden in mehreren Veröffentlichungen untersucht [6],[10] - [12]. Im Verlauf des Projektes gab es dann Breitband-Frequenz-synthesizeraktivitäten anderer Institutionen im industriellen und Forschungsbereich.

Viele konkrete Parameter der Spezifikation von Multi-Standard-Synthesizern ergeben sich nicht direkt aus den veröffentlichten Mobilfunkstandards, sondern aus vertraulichen Informationen über Systemarchitekturen von Basisstationen und Terminals. Eine weitere wichtige wissenschaftliche Basis für die Arbeit war daher das Know-how der Firmen Lucent und Alcatel im Bereich kommerzieller Basisstationen, sowie Vorarbeiten am RMS-Synthesizer, aus denen konkrete quantitative Zielstellungen erarbeitet werden konnten.

Der Unterauftrag „Kalte Endstufe“ hatte zum Ziel, das CLIER-Prinzip, das von der RWTH Aachen erfunden wurde, zu untersuchen und zu verifizieren. Wegen der Neuheit des Konzepts gab es keine vergleichbaren Arbeiten. Das Prinzip stellt allerdings ein konkurrierendes Prinzip zu anderen bekannten Verfahren dar, wie z.B. Polar Loop, Envelope Tracking, Class-S und Doherty, an dem es sich im Ergebnis messen lassen muss.

Für Patentrecherchen war der Zugang zum Archiv des Deutschen Patent- und Markenamts in München vorteilhaft [13]. Bis auf das Patent der RWTH [20] wurden keine Schutzrechte für die Durchführung des Projekts benutzt.