Osaka University Knowledge Archive

Title	Study on Image Rejection of GNSS CMOS Receiver for Triple-band Signal
Author(s)	Jo, Ikkyun
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53975
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　　名　　（　Ikkyun Jo,　趙　益均(チョウ　イキュン)　）	
論文題名	Study on Image Rejection of GNSS CMOS Receiver for Triple-band Signal （３周波GNSS CMOS受信機のイメージ除去に関する研究）

論文内容の要旨

RF front-end architecture has been studied for global positioning system (GPS). GPS has been used most widely among various global navigation satellite system (GNSS) application systems. The receiver studied in this work can receive simultaneously the multi-band signals for the positioning information with high-accuracy like ocean-remote-sensing. Through proposed method, real time kinematic different global positioning system (RTK DGPS) can be realized with high-positioning-accuracy. In this study, RF front-end architecture which can receive triple-band GPS signal (L1, L2, and L5) was designed and evaluated.

Chapter 1 introduced the study. It mentioned the basic concept of GNSS, and explained the motivation and main goal of the study, and described the organization of the thesis.

In chapter 2, equivalent circuit with high-accuracy was described. Especially, the gate-electrode resistance including vertical current paths is focused, which is important to achieve input impedance matching condition in design of a low-noise-amplifier (LNA) covering the wide frequency range including triple-band signals. Multi-fingers effects at gate were mentioned. In addition, extracted non-quasi-static gate resistance was also discussed. Through those progresses, the effect of the gate resistance to input condition of LNA can be estimated accurately.

In chapter 3, a RF front-end architecture for triple-band GPS signal was proposed. The architecture has only single RF path and uses image rejection technique based on Weaver architecture. Independent signal separation was realized as inserting second-stage poly-phase filter (PPF) into conventional Weaver structure. The behavior-level simulation results verified the feasibility of the proposed architecture. Digital compensation technique and its theoretical explanation were also studied to improve the degraded image rejection ratio (IMRR) of L2 and L5 band signal.

In chapter 4, the circuit blocks composing proposed RF front-end were described. A LNA, active- and passive-mixers, PPF, and balun were used for these circuit blocks. The LNA has the frequency characteristic which can receive triple-band signal. Proper noise figure is required, which limits receiving sensitivity as well. Input device characteristics determining frequency features, as mentioned in chapter 2, was used in design. All blocks were designed with balanced structure. Especially, the amplitude and phase balance of output signals were mainly considered during designing. The receiving capability of whole blocks was verified through IMRR which is calculated from imbalance ratios of output signals. Through circuit simulations, it is demonstrated that the RF front-end can receive triple-band GPS signal concurrently.

Chapter 5 described experimental results of RF front-end integrated circuit fabricated with a 130-nm CMOS process and a 1.2-V supply voltage. The measurements were carried out with 3 steps. RF features of bare chip were measured firstly with probe station and manual tuner. From those results, the promised value of external inductor for input stage was calculated. As the second step, bare chip were packaged and module board were fabricated with the promised external inductor, analog-digital converter (ADC) and low-pass filter. Experimental results revealed that the fabricated RF front-end integrated circuit can receive simultaneously the triple-band GPS signal through a single path. The received signals were separated individually at each band port as well. As final step, the improved IMRR of output signal was observed through digital compensation method from ADC’s output signals. It is demonstrated that degraded IMRR was improved over 10 dB.

Finally, Chapter 6 describes the conclusion of this study.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　趙　益均　）			
論文審査担当者		(職)	氏　名
	主 査	准教授	松岡　俊匡
	副 査	教　授	八木　哲也
	副 査	教　授	高井　重昌
	副 査	教　授	伊藤　利道
	副 査	教　授	森　勇介
	副 査	教　授	片山　光浩
	副 査	教　授	尾崎　雅則
	副 査	教　授	栖原　敏明
	副 査	教　授	近藤　正彦
	副 査	教　授	森　伸也

論文審査の結果の要旨

本論文はGlobal Navigation Satellite System(GNSS)用受信機に関するものであり、特にGlobal Positioning System (GPS)の３周波(L1, L2, L5 帯)の同時受信を可能とする受信機アーキテクチャ及びその CMOS デバイスによる集積化実現を目指したものであり、全６章で構成されている。

第１章では、GNSS の概要、本研究の背景、目的、及び、本論文の構成内容について述べている。

第２章では、３周波同時受信用低雑雑音増幅回路の設計上重要となる、MOS デバイスの実効ゲート抵抗の高精度モデルに関して述べている。実効ゲート抵抗はゲート電極抵抗と Non-Quasi-Static (NQS) 抵抗からなるが、前者のモデルとして、シリサイド/ポリシリコン界面の抵抗、及び膜厚方向の電流経路に対するポリシリコン抵抗の影響を考慮したモデルを提案し、130 nm CMOS プロセスを用いてその重要性を明確化している。これにより、NQS 抵抗の高精度抽出も可能となり、ゲート長１ μm 以下の短チャネル素子における NQS 抵抗の Elmore 定数の低下を明らかにしている。

第３章では、GPS ３周波同時受信のためのアーキテクチャについて述べている。Weaver 方式に適切にヒルベルト変換、加減算を施すことで、１つの RF 信号経路で L1, L2, L5 帯各々の信号の受信を可能としている。Behavior-level シミュレーションを用いて、その実現可能性を検証している。また、本提案受信方式でのイメージ除去比のさらなる改善のためのデジタル補正技術についても述べている。

第４章では、３周波 GPS 受信器の集積回路化のための技術について述べている。入力側インピーダンス整合と雑音指数に着目した３周波同時受信用低雑雑音増幅回路の設計、線形性を考慮したミキサの設計、及びヒルベルト変換を実現するためのポリフェーズ・フィルタの広帯域化と負荷ミスマッチの影響の考慮など、実際の集積回路として実装するための留意点を述べている。130 nm CMOS プロセスを用いて、これらの回路を設計し、レイアウトを反映した配線寄生容量まで含めた回路シミュレーションにより、受信機全体での雑音指数が 7 dB、L1,L2,L5 帯信号のイメージ除去比が 38～42 dB となることを確認している。

第５章では、第４章で示した RF フロントエンド集積回路を試作、評価した結果を述べ、第３章で提案したアーキテクチャの実現可能性を示している。ベアチップ測定では、測定系の損失、雑音の影響を補正した測定結果より、モジュールで実装するべき入力側インピーダンス整合用インダクタンス値を決定している。試作した RF フロントエンドの集積回路及び必要な素子、回路を実装したモジュールの測定より、受信機全体での雑音指数が 7 dB、L1,L2,L5 帯信号のイメージ除去比が 38～40 dB となることを確認している。この結果は、第４章のシミュレーション結果とも良く一

致している。さらに、第３章で提案したデジタル補正技術を適用することにより、L2, L5 帯信号間のイメージ除去比が 10 dB 以上改善することも確認している。

第６章では、本論文を通して得られた結果をまとめ、結論を述べている。

以上のように、本論文は３周波同時受信を可能とする GNSS 受信機アーキテクチャの実現を目的として、1) ３周波同時受信用低雑雑音増幅回路の設計のための高精度ゲート電極抵抗モデル、2) Weaver 方式に適切にヒルベルト変換、加減算を施すことで、１つの RF 信号経路で各々の信号の受信を可能とする受信機アーキテクチャ、3) イメージ除去比の改善のためのデジタル補正技術を提案し、これらの有効性を明らかにしている。これらの研究成果及び本論文で述べた３周波同時受信アーキテクチャ技術は、GNSS を活用した測位の高精度化の他、海面からの反射信号同時受信による海面高度計測など様々な応用を可能とし、エレクトロニクス産業の発展に大きく寄与するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。