

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	広帯域アナログベースバンド回路技術の研究
Title(English)	A Study of Wide Bandwidth Analog Baseband Circuit Techniques
著者(和文)	金子徹
Author(English)	Tohru Kaneko
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10798号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松澤 昭,岡田 健一,益 一哉,高木 茂孝,伊藤 浩之,飯塚 哲也,宮原 正也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10798号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	金子 徹		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	松澤 昭	教授	審査員	伊藤 浩之	准教授
	審査員	岡田 健一	准教授		飯塚 哲也	東京大学 准教授
		益 一哉	教授		宮原 正也	高エネルギー加速器研究機構 准教授
		高木 茂孝	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「広帯域アナログベースバンド回路技術の研究」と題し、全8章からなっている。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的、及び本論文の構成が述べられている。無線通信の高速化のためには、受信機を構成するアナログベースバンド回路に用いられる増幅器の検討が必要であると述べている。

第2章「受信機とアナログベースバンド回路」では、受信機におけるアナログベースバンド回路の役割や要求仕様が示されている。60 GHz 帯ミリ波向けの受信機で 256 QAM の通信を実現するためには、フィルタの SNDR と消費電力が問題であることを指摘している。また、LTE 向けの受信機では、高い分解能の A/D 変換器の開発が重要であることを述べている。

第3章「オペアンプと負帰還増幅回路」では、アナログ回路の基本技術である負帰還増幅回路技術について述べている。負帰還増幅回路ではオペアンプの高利得の一部を線形性の改善に使用することで高い線形性を実現しているが、寄生容量により帯域が制限され、性能が維持できる帯域は高々 200 MHz 程度であると述べている。

第4章「局所的な負帰還技術」では、Gm セルや電流増幅器などの広帯域増幅器を構成する際に用いられる局所的な負帰還技術について述べている。この局所的な負帰還技術は 1GHz を越える用途にも使用できることが示されている。また、この回路技術に基づく広帯域増幅器では線形性と消費電力がトレードオフの関係にあり、高い SNDR を実現するためには消費電力の増加が避けられないことを指摘している。

第5章「広帯域増幅器の高線形化手法」では、歪キャンセル技術やゲインブースト手法などの従来技術を中心に、局所的な負帰還技術以外の線形性改善手法について述べている。歪キャンセル技術はばらつきに対する耐性に問題があり、高い精度を得るためには局所的な負帰還との組み合わせが必要であることを示している。また、広帯域増幅器でよく用いられるカレントミラー回路のミスマッチ補正技術についても記載しており、提案した補正手法によって 2 次歪が 18 dB 改善されることを示している。

第6章「連続時間型 $\Delta \Sigma$ A/D 変換器」では、LTE 向けのアナログベースバンド回路である連続時間型 $\Delta \Sigma$ A/D 変換器について論じている。この A/D 変換器では内部に使用する広帯域 Gm セルで生じる歪が SNDR を劣化させる要因となっており、第4章で議論した局所的な負帰還の利得の改善が必要であると述べている。カスコード回路で負帰還の利得を向上させた提案回路技術により、Gm セルの IIP3 は 8 dB 改善され、結果として設計・試作した連続時間型 $\Delta \Sigma$ A/D 変換器は、帯域 20 MHz、SNDR 72.4 dB、消費電力 6.8 mW、FoM 167.1 dB の良好な特性を実現したと述べている。

第7章「広帯域フィルタ」では、60 GHz 帯ミリ波向けのフィルタ設計について述べられている。60 GHz 帯では 1 GHz の広帯域が必要であるが、Gm-C フィルタやソースフォロフィルタなどの従来の広帯域フィルタでは、寄生容量の影響でフィルタの広帯域化が難しいことを指摘している。一方、電流増幅器を用いた電流型フィルタは広帯域化に適しているが、電流増幅器の入力インピーダンス変動がフィルタの線形性を劣化させると指摘している。この問題に対し、局所的な負帰還技術にインピーダンス変動を打ち消す相補入力構成を応用した、新たな回路を提案し、インピーダンス変動を 9Ω から 1Ω に抑制したと述べている。提案回路で構成された 4 次 1 GHz 帯域の電流型フィルタは、256 QAM に対応可能な SNDR 40.8 dB をわずか 13 mW の消費電力で実現し、世界最高の電力効率を達成したと述べている。

第8章「結論」では、本論文のまとめと、アナログベースバンド回路技術の今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は広帯域アナログベースバンド回路技術について論じたもので、工学上、産業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認める。