リコンフィギュラブルRF技術によるマルチスタンダード無線通信回路の研究

東京工業大学 統合研究院 益研究室

伊藤雄作, 川添大輔, 山内拓弥, 福田聡, 大橋一磨, 岡田健一, 益　一哉

背景

無線集積回路

Si CMOSの微細化　f_T, f_{max} の高周波化

➡ On-chip RF 送受信機の実現

製造ばらつき増大

システムの多機能化　複数の通信方式、通信周波数に対応

➡ Multi-function 送受信機の要求向上

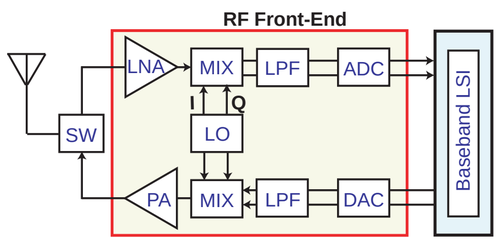
設計が複雑化

無線通信周波数帯域

- Mobile phone 800MHz, 1.5GHz, 1.9GHz, 2GHz
(+ 700MHz, 900MHz, 1.7GHz for the new system)
(+ 800MHz, 900MHz, 1.8GHz, 1.9GHz for GSM)
- WLAN 802.11b/g, Bluetooth 2.4GHz
- WLAN 802.11a/n 4.9GHz～5.875GHz
- GPS 1.2GHz/1.5GHz
- DTV 470 MHz～770 MHz

無線回路のマルチスタンダード化が必須

目的



様々な無線通信規格及び周波数に対応できるRFフロントエンドをSi CMOSプロセスで実現

動的再構成可能RF回路

提案概念

K. Okada, *et al.*, in *ASP-DAC*, Jan. 2005, pp.683-686.

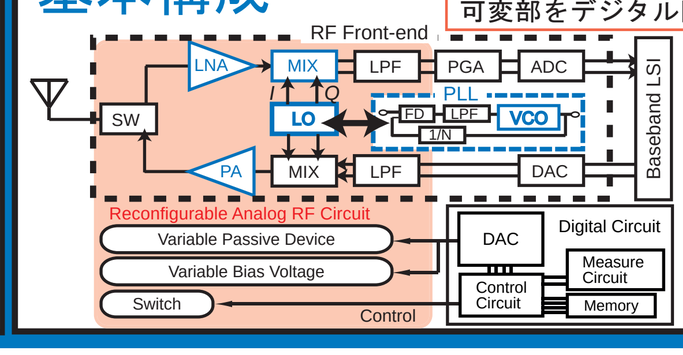
再構成可能なRF回路とは

Multi-function
複数の通信方式、通信周波数に対応 ➡ 一つの端末で複数の規格を網羅

Self-compensation
設計誤差、製造ばらつき、温度の補償 ➡ 設計コストの削減

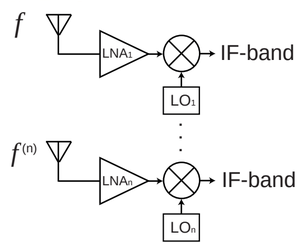
基本構成

RFアナログ回路の可変部をデジタル回路で操作

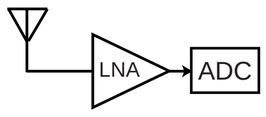


受信部回路アーキテクチャ

従来



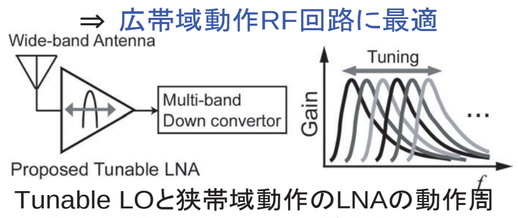
機能毎に回路を搭載
⇒チップ面積の増大



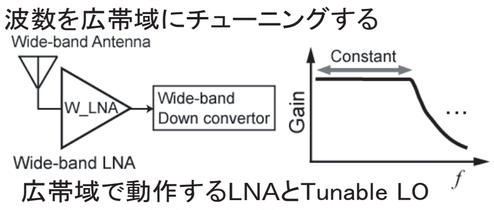
RF信号を直接ディジタル変換
⇒
高速かつ広帯域のADCが必要

提案

各回路ブロックをチューナブル化
⇒ 広帯域動作RF回路に最適



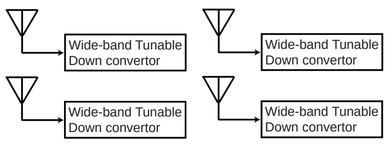
Tunable LOと狭帯域動作のLNAの動作周波数を広帯域にチューニングする



広帯域で動作するLNAとTunable LOを用いて周波数を選択

広帯域チューニングによって新規規格にも対応可能

複数の広帯域チューナブル回路を搭載



多チャンネル化
送受信信号の高スループット化

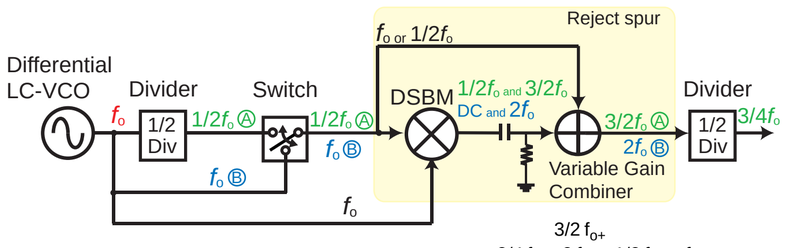
マルチバンドMIMO
広帯域でのMIMO通信を実現

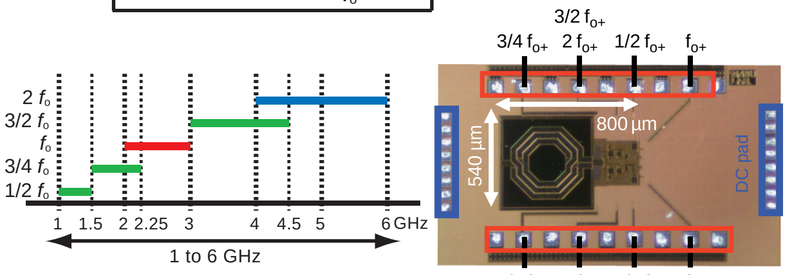
コグニティブ無線
未使用回路で信号をセンシング

➡ 高性能通信の実現

Multi-function

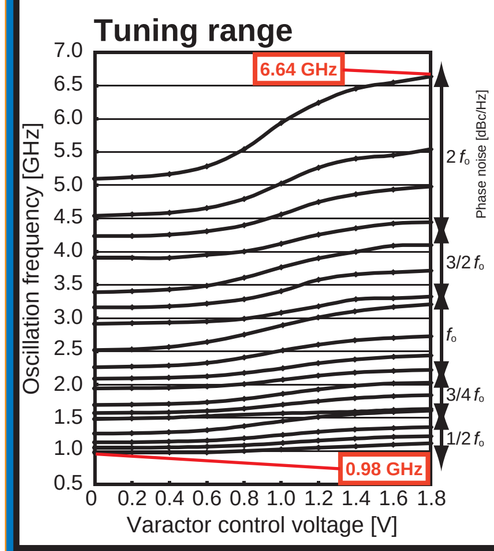
広帯域化回路を用いたVCO

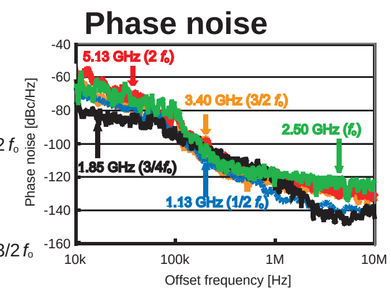




2-3GHzの可変範囲から1-6GHzの信号を生成

分周器とミキサを組み合わせて、発振周波数0.98～6.6 GHzの広帯域チューニングを確認。

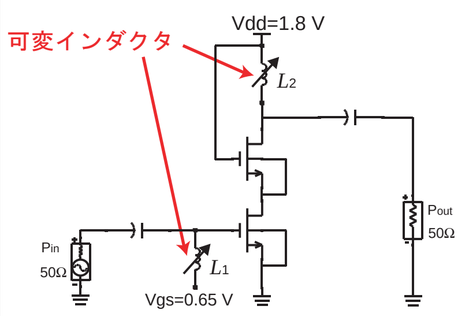


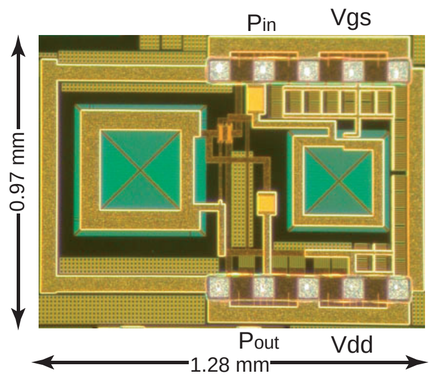


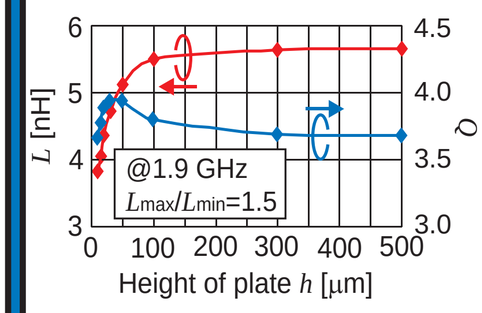
A-SSCC2006 SDC 1st Outstanding Design Award 受賞.

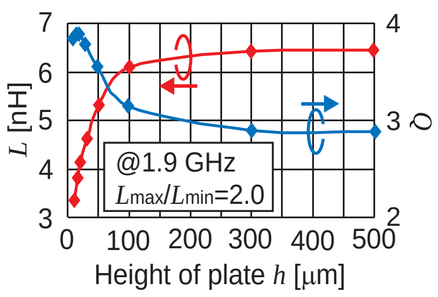
ISSCC2007にて発表予定.
(Poster session)

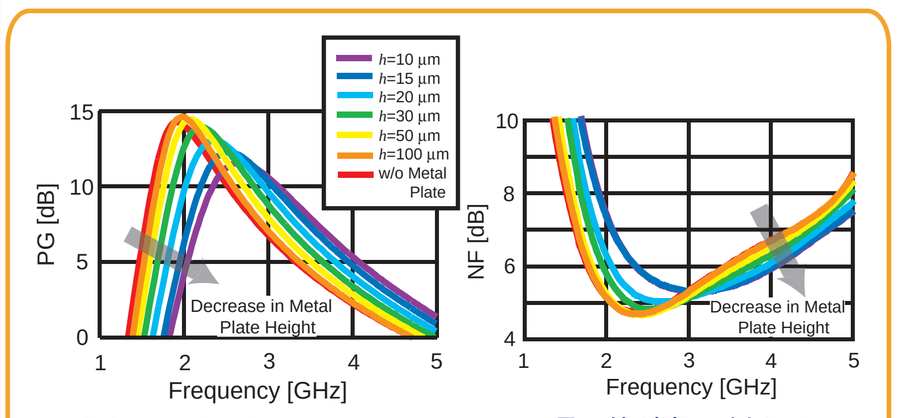
Tunable LNA











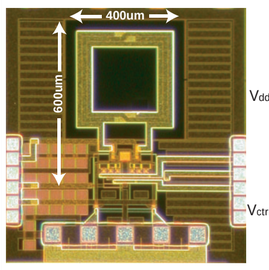
利得 > 10dB @ 1.6 – 3.2 GHz　　NF：最小値が高周波側にシフト

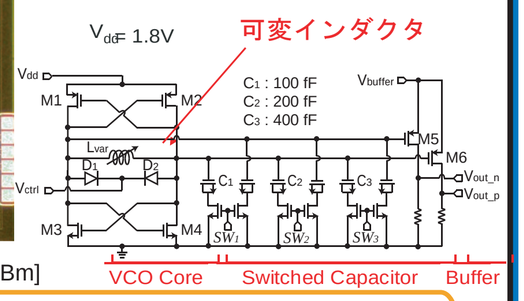
EuMC2005発表

可変インダクタを用いたVCO

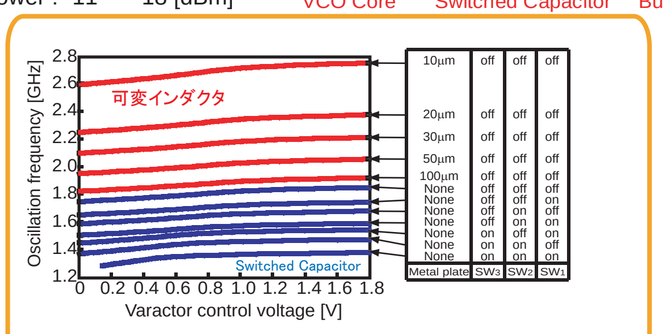
Technology : 0.18μm CMOS,
V_{DD} : 1.8 V, Metal : 5 Al Layer

可変インダクタとスイッチトキャパシタにより発振周波数をチューニング

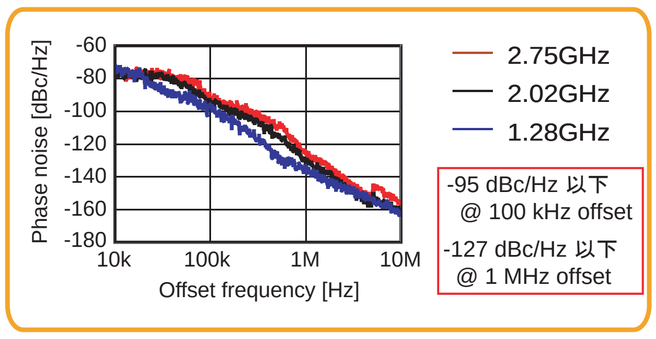




Power : -11 ～ -18 [dBm]



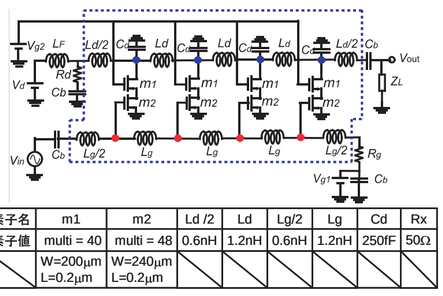
発振周波数 1.28～2.75GHzを実現



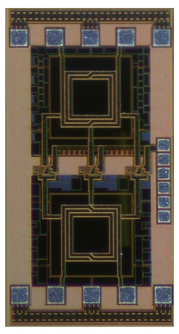
-95 dBc/Hz 以下 @ 100 kHz offset
-127 dBc/Hz 以下 @ 1 MHz offset

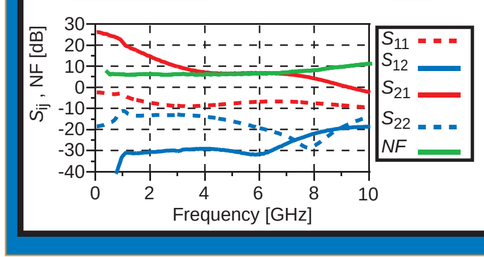
A-SSCC2005発表

Wide-band LNA



素子名	m1	m2	Ld /2	Ld	Lg/2	Lg	Cd	Rx
素子値	multi = 40	multi = 48	0.6nH	1.2nH	0.6nH	1.2nH	250fF	50Ω
	W=200μm L=0.2μm	W=240μm L=0.2μm						





実測によりDC～6GHzまでの動作を確認

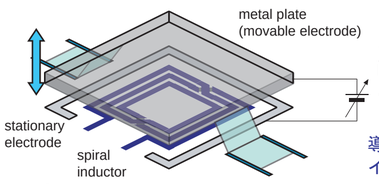
A-SSCC2006発表

可変インダクタ

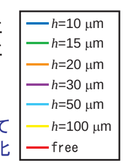
オンチップインダクタと導体板で構成

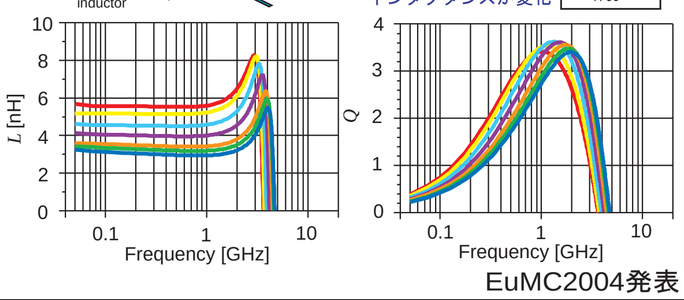
線幅：20μm　外径：400
線間距離：1.2μm　巻き数：3μm

MEMSアクチュエータを用いて導体板を移動



インダクタの上方に配置された導体板によって磁束を遮断
⬇
導体板の位置によってインダクタンスが変化





EuMC2004発表

まとめ

再構成可能RF回路技術の提案

Tunable LNA
1.6~3.2 GHzの範囲でのチューニングを実現

Wide-band LNA
DC~6 GHzの範囲で動作を確認

可変インダクタを用いたVCO
発振周波数を1.3~2.8 GHzの範囲でチューニング

広帯域化回路を用いたVCO
発振周波数を0.98~6.6 GHzの範囲でチューニング