

## 背景

**無線集積回路**

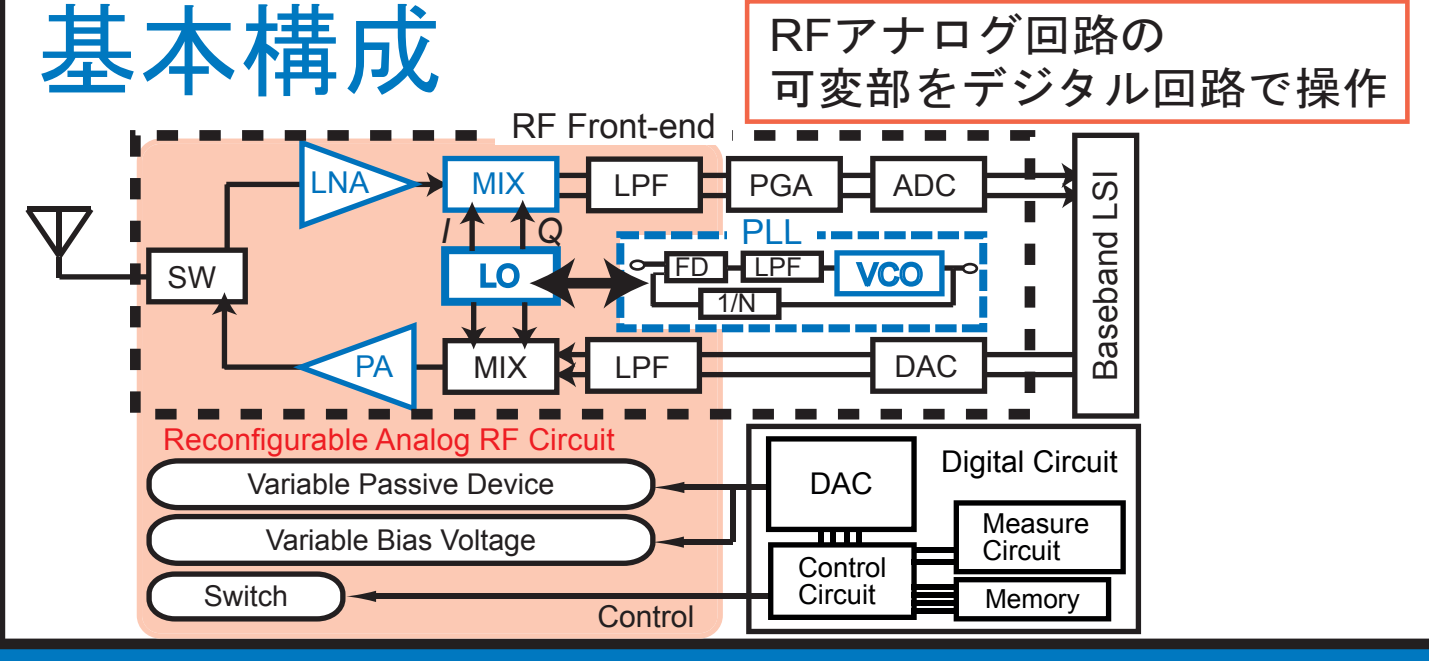
- Si CMOSの微細化  $f_t, f_{max}$  の高周波化
- ➡ **On-chip RF 送受信機の実現**  
製造ばらつき増大
- システムの多機能化 複数の通信方式、通信周波数に対応
- ➡ **Multi-function 送受信機の要求向上**  
設計が複雑化

## 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

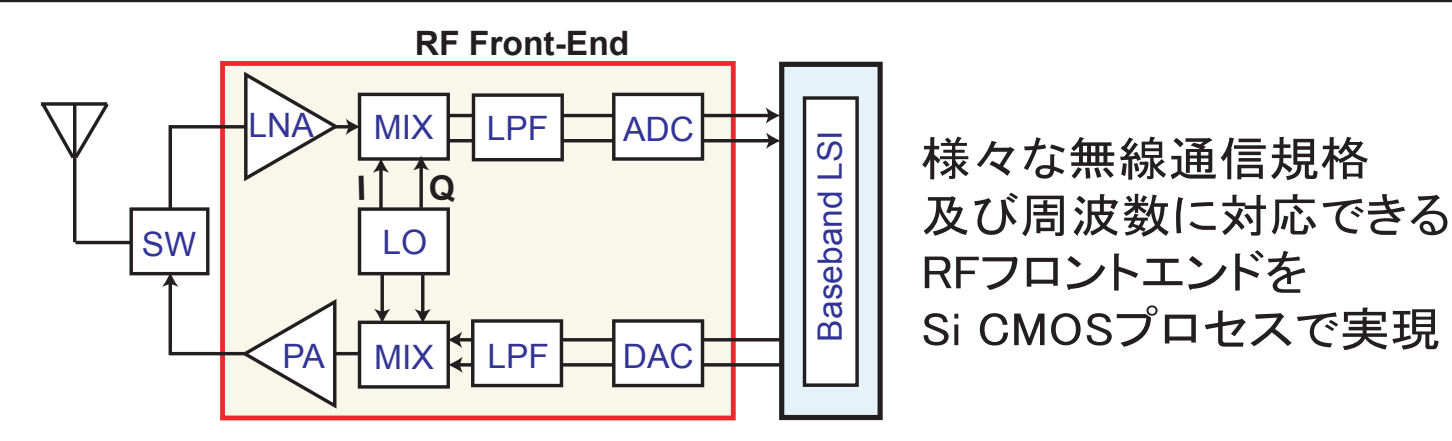
- Multi-function**  
複数の通信方式、通信周波数に対応 ➡ 一つの端末で複数の規格を網羅
- Self-compensation**  
設計誤差、製造ばらつき、温度の補償 ➡ 設計コストの削減



## 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



## 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

Wide-band Antenna

Proposed Tunable LNA

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

Wide-band Antenna

Wide-band LNA

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

**Tunable LNA**

可変インダクタ

Technology: 0.18μm CMOS, V<sub>DD</sub>: 1.8 V, Metal: 5 Al Layer

Pin Vgs

V<sub>DD</sub>=1.8 V

Vgs=0.65 V

P<sub>out</sub> 50Ω

0.97 mm

P<sub>out</sub> V<sub>DD</sub>

1.28 mm

① 1.9 GHz  $L_{max}/L_{min}=1.5$

② 1.9 GHz  $L_{max}/L_{min}=2.0$

Height of plate  $h$  [μm]

PG [dB]

NF [dB]

Frequency [GHz]

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**

可変インダクタとスイッチキャパシタにより発振周波数をチューニング

Technology: 0.18μm CMOS, V<sub>DD</sub>: 1.8 V, Metal: 5 Al Layer

400μm

600μm

V<sub>DD</sub>=1.8 V

V<sub>buffer</sub>

M1, M2, M3, M4, M5, M6

C<sub>1</sub>: 100 fF, C<sub>2</sub>: 200 fF, C<sub>3</sub>: 400 fF

V<sub>var</sub>

Power: -11 ~ -18 [dBm]

VCO Core, Switched Capacitor, Buffer

発振周波数 1.28~2.75GHzを実現

Phase noise [dBc/Hz]

Offset frequency [Hz]

2.75GHz, 2.02GHz, 1.28GHz

-95 dBc/Hz 以下 @ 100 kHz offset

-127 dBc/Hz 以下 @ 1 MHz offset

A-SSCC2005発表

**広帯域化回路を用いたVCO**

VCO  $f_c$

1/2 Div, 1/2 Div, MIX, LPF, 1/2 Div

1.5, 2, 2.25, 3, 4, 4.5, 5, 6 GHz

1 to 6 GHz

分周器とミキサを組み合わせ、発振周波数 1.0~6.4 GHzの広帯域チューニングを確認。

発振周波数 [GHz]

制御電圧 [V]

3/4  $f_c$ , 1/2  $f_c$ , 3/8  $f_c$ , 1/4  $f_c$

Simulated by ADS(Agilent)

改良版をA-SSCC2006発表予定

**Wide-band LNA**

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

PG [dB]

NF [dB]

Frequency [GHz]

① 11.3GHz, PG=9.7dB

② 11.3GHz, NF

シミュレーション

利得: 10dB @ DC~11.3GHz

雑音指数: 3~6dB @ DC~11GHz

改良版をA-SSCC2006で発表予定

**可変インダクタ**

stationary electrode, spiral inductor, metal plate (movable electrode)

①  $h=10\mu\text{m}$ , ②  $h=15\mu\text{m}$ , ③  $h=20\mu\text{m}$ , ④  $h=30\mu\text{m}$ , ⑤  $h=50\mu\text{m}$ , ⑥  $h=100\mu\text{m}$ , ⑦ free

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~11.3 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1.0~6.4 GHzの範囲でチューニング