

# 容量フィードバックを用いた 広帯域低雑音増幅器の研究

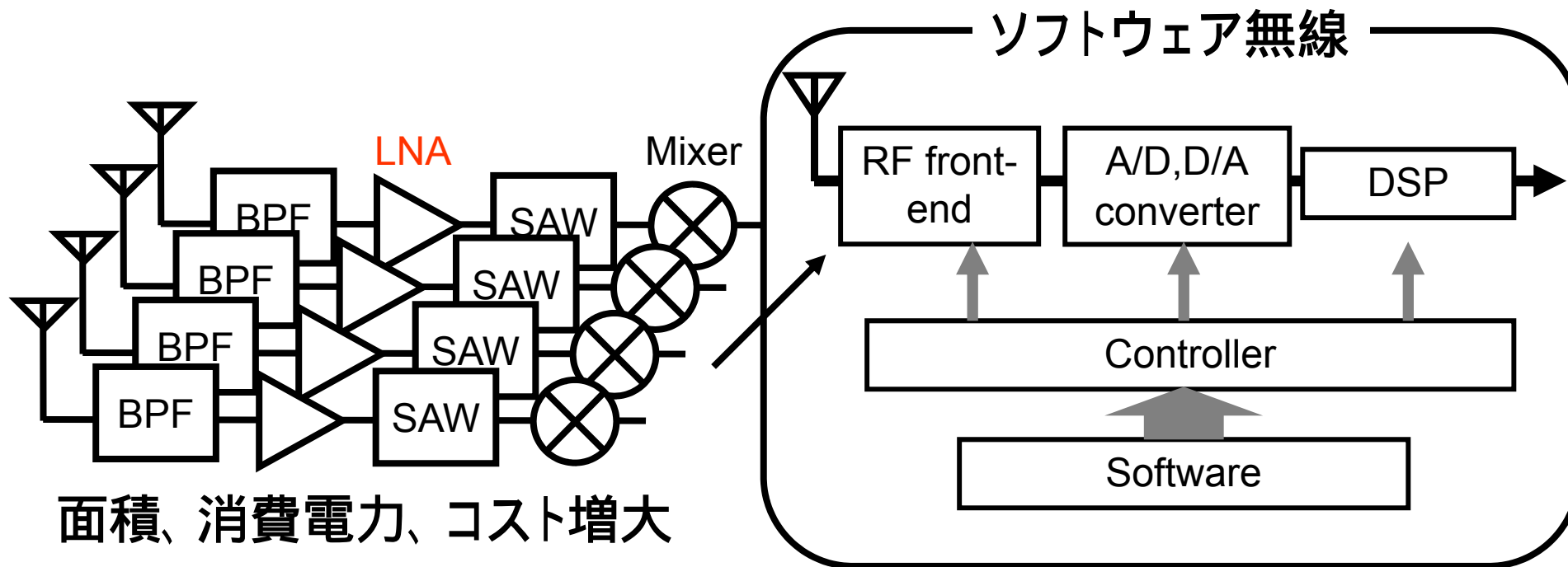
伊藤 利彦, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学大学院理工学研究科

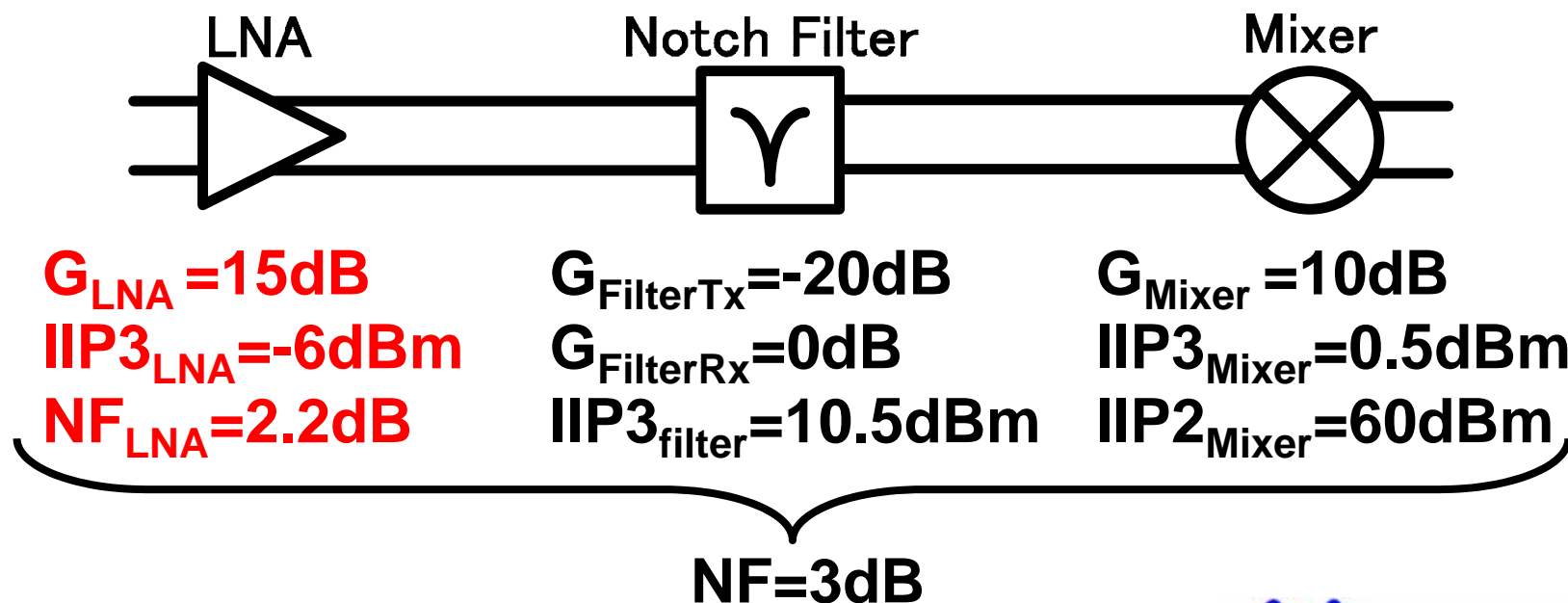
電子物理工学専攻

- 背景
- コモンゲートLNA
- 提案回路
- シミュレーション結果
- 結論

- 現在の無線端末では各周波数帯に受信機が必要
- 現状を改善するためにソフトウェア無線(SDR)が提案されている

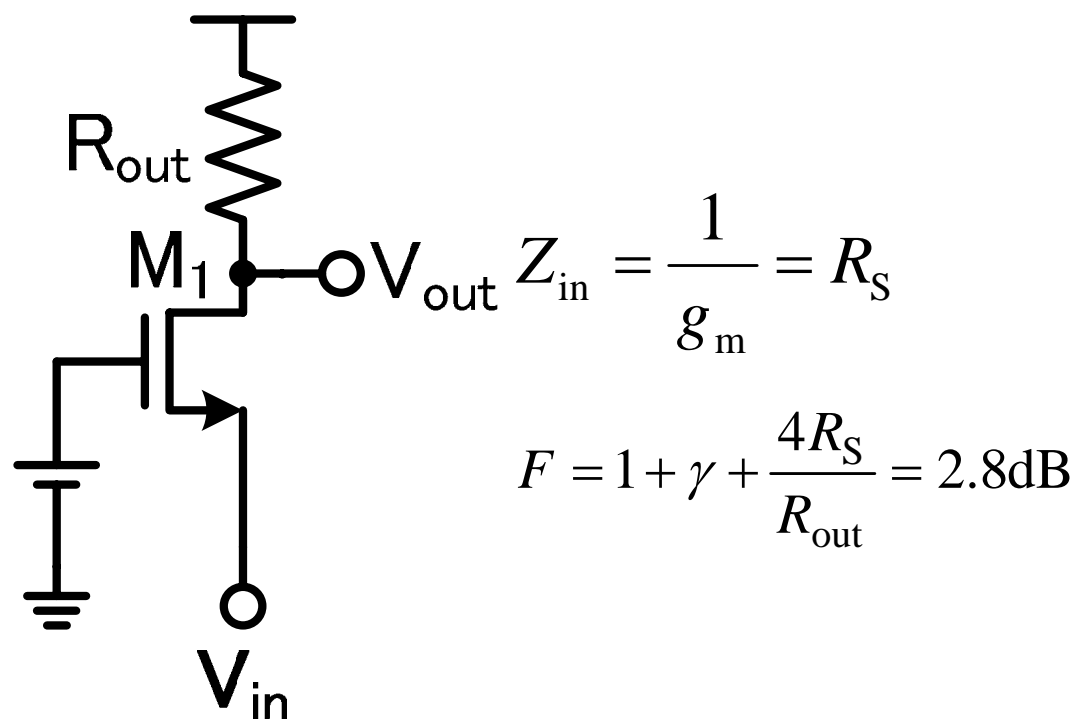


- SAWフィルタの代わりにノッチフィルタを使用する
- 送信波リーク=-30dBm, CWブロッカ=-60dBmと仮定すると各要素回路の要求性能は以下になる



- 抵抗帰還型
    - ゲイン、ノイズの性能が良い
    - 消費電力が大きい
  - コモンゲート型
    - 線形性、消費電力の性能が良い
    - ゲイン、ノイズは抵抗帰還型に劣る
- 本研究ではコモンゲート型を選択

- トランジスタの $g_m$ を調整して入力マッチングを取る
- ノイズは $g_m$ に反比例するが、 $g_m$ 固定のため下記の値より小さくすることができない

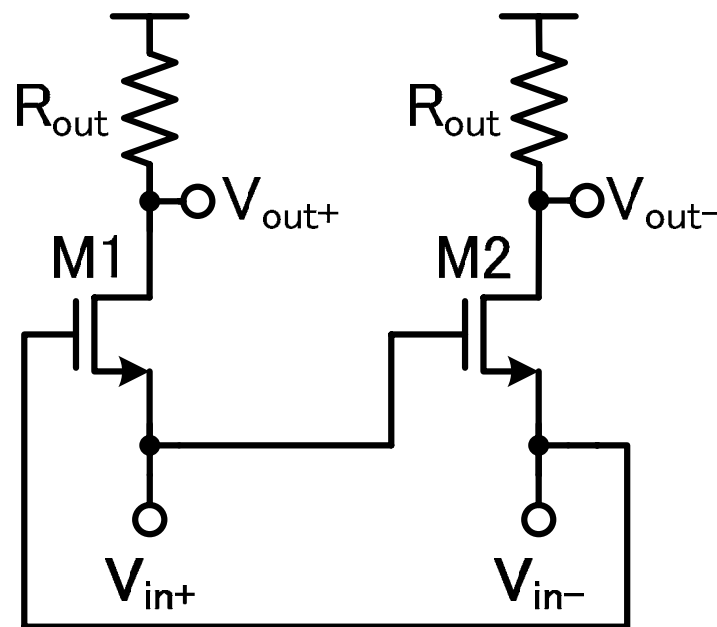


# キャパシティブクロスカップル

6

TOKYO TECH  
Pursuing Excellence

- キャパシティブクロスカップルによって前項よりも小さなノイズを実現可能
- しかし、このトポロジーも $g_m$ 固定のため下記の値より小さくすることができない

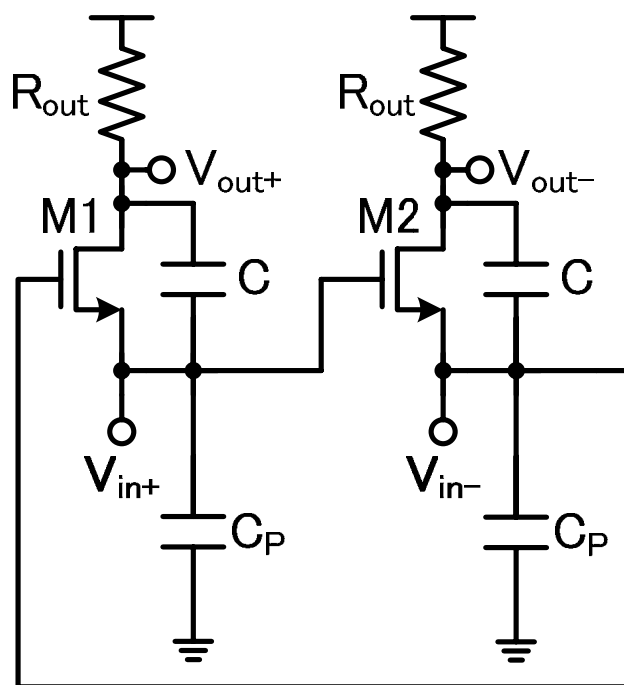


$$Z_{in} = \frac{1}{2g_m} = R_S$$

$$F = 1 + \frac{\gamma}{2} + \frac{4R_S}{R_{out}} = 1.93\text{dB}$$

[1] W. Zhuo, et al. Proc. European Solid-State Circuits Conference, 2000.

- キャパシティブクロスカップルに加えて容量フィードバックを採用
- $g_m$  に自由度が与えられ、ノイズをより小さくすることが可能になる

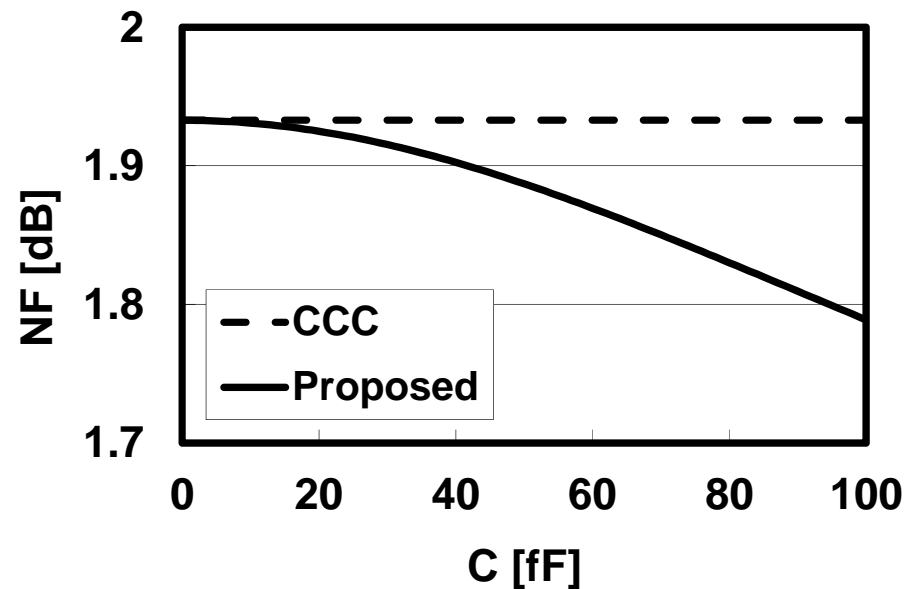


$$\text{Re}(Z_{in}) = \frac{1 + \omega^2 C^2 Z^2}{2g_m} = R_S$$

$$F = 1 + \frac{\gamma}{2 + \frac{\omega^2 C^2 R_S^2}{(1 + \omega^2 C^2 R_{out}^2)}} + \frac{R_S (2 + \omega^2 C^2 R_{out}^2) + \omega^2 C^2 R_S (R_S + R_{out})^2}{R_{out} \left( (1 + \omega^2 C^2 R_{out}^2)^2 + \omega^2 C^2 R_S^2 \right)}$$



- キャパシティブクロスカップルと提案回路のNFを計算
- フィードバック容量Cを大きくするほどNFが改善されることがわかる

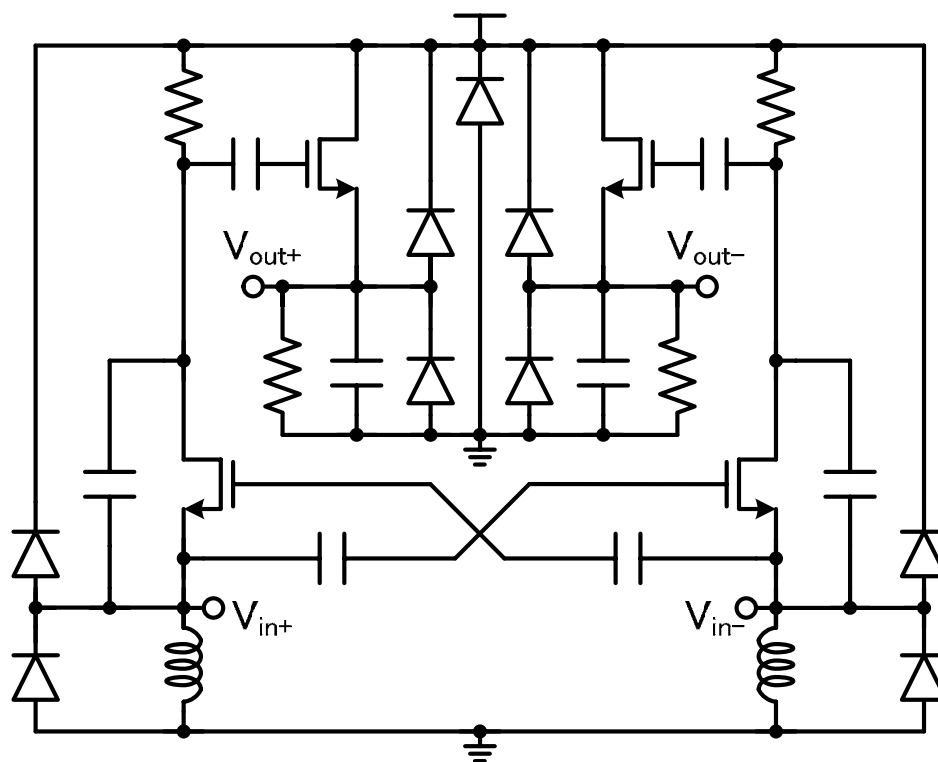


# LNA全体の回路図

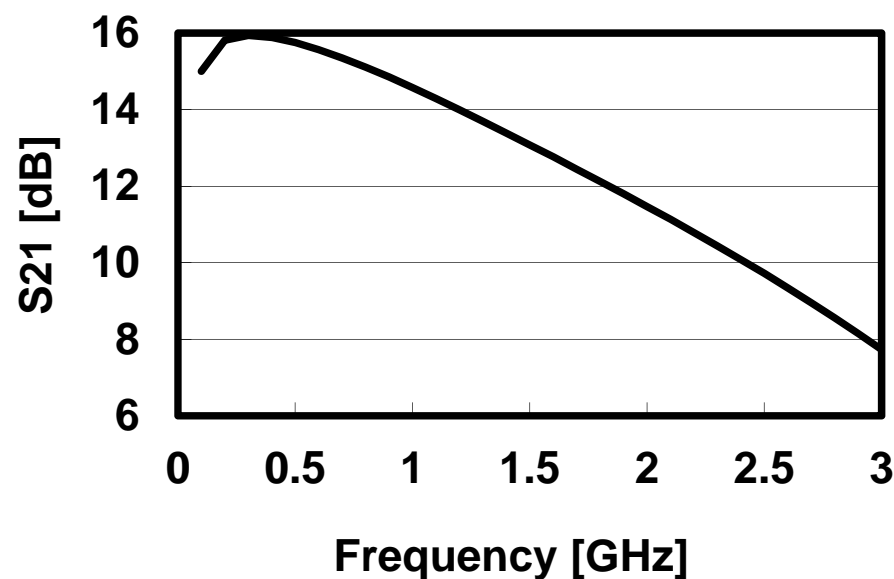
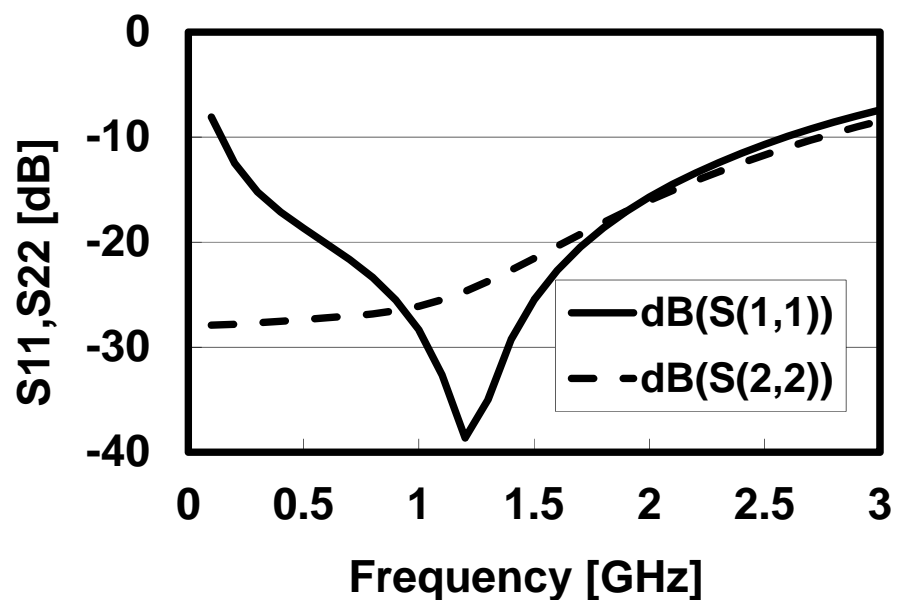
9

TOKYO TECH  
Pursuing Excellence

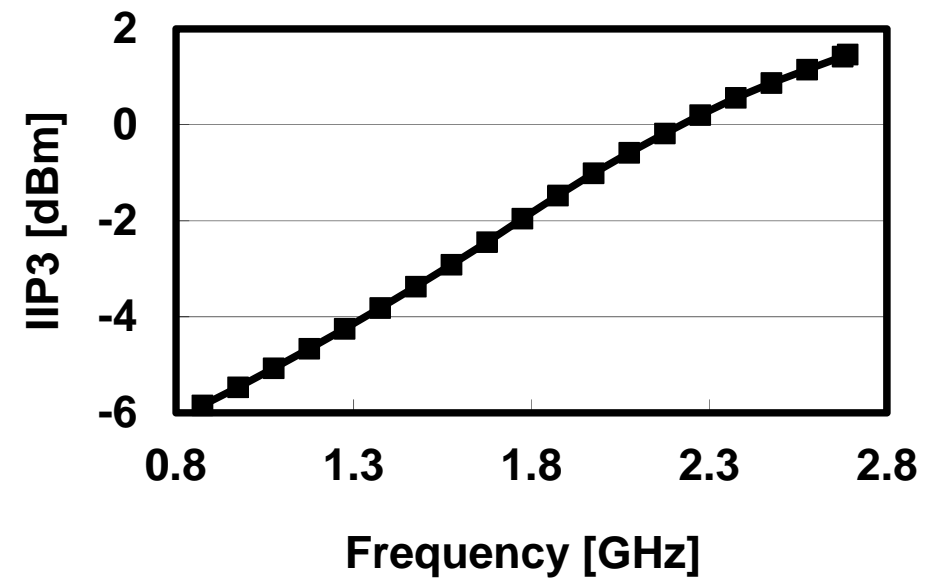
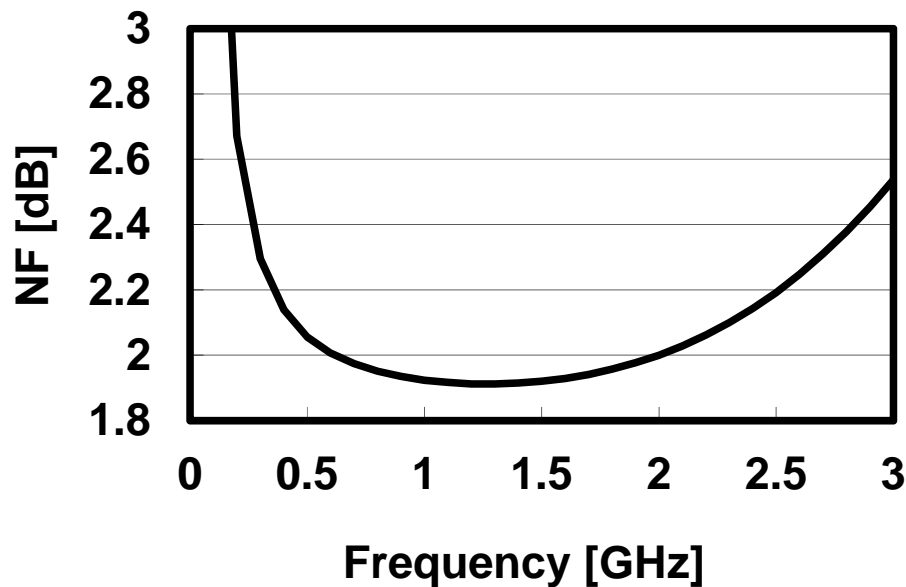
- 入力部分に外付けのチップインダクタを使用
- $C_p$ はESD保護ダイオードで実現
- パワーゲインを得るためにソースフォロアを接続



- 0.8-2.6GHzにおいて $S_{11}$ ,  $S_{22}$ 共に-10dB以下を実現
- ゲインは0.8GHz帯において15dB以上を実現



- 1GHzにおいてNF=1.9dB, 全帯域で2.3dB以下のNFを実現
- IIP3は全帯域で-6dBm以上を達成



- Gain, NF, IIP3全て目標を達成
- シミュレーション結果であるが、世界最高性能のNFを達成

	Simulation	Goal	[2]
Frequency [GHz]	0.8-2.6	0.8-2.6	0.3-0.92
Gain [dB]	15	15	21*
NF [dB]	1.9	2.2	2
IIP3 [dBm]	-5.8	-6	-3.2
$P_{dc}$ [mW]	16.7	-	3.6

\*voltage gain

[2]S.Woo, et al. ISSCC 2009

- 容量フィードバックを用いた広帯域LNAを提案した
- 容量フィードバックによって $g_m$ を従来よりも大きくすることができるため、低いノイズを実現可能
- シミュレーション段階ではGain, NF, IIP3全て目標性能を達成した