
Switched Capacitor Filter(SCF) 技術を用いたサンプリングミキサの 検討

東京工業大学 理工学研究科

ニン ホンフック, 馬上 崇, 倉科 隆, 岡田 健一, 松澤 昭

発表内容

- * 背景・目的
- * 回路構成・動作
- * 新サンプリング方式
- * シミュレーション・測定
- * まとめ

発表内容

* 背景・目的

* 回路構成・動作

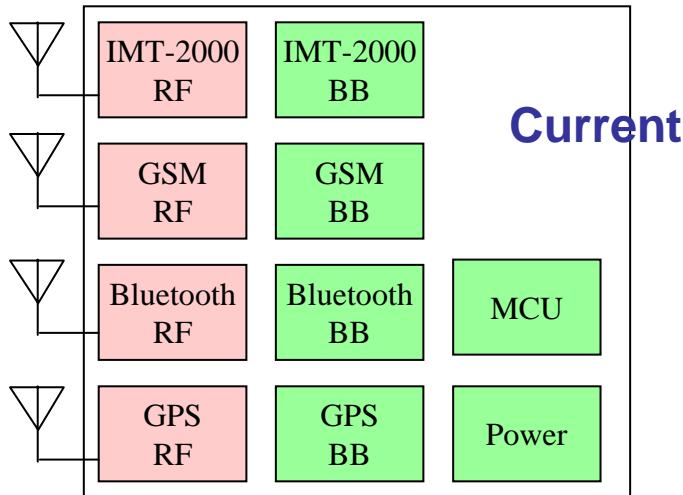
* 新サンプリング方式

* シミュレーション・測定

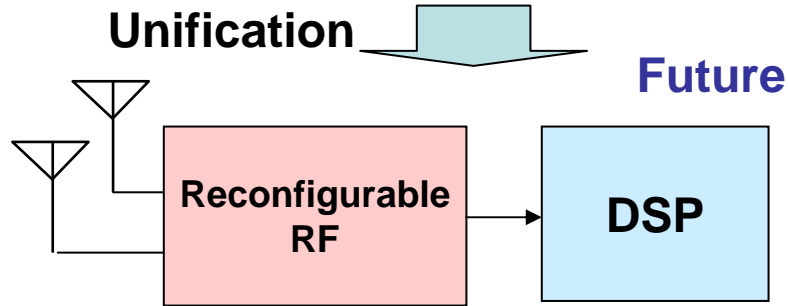
* まとめ

背景

Multi-standards and multi chips



Unification



Unified wireless system

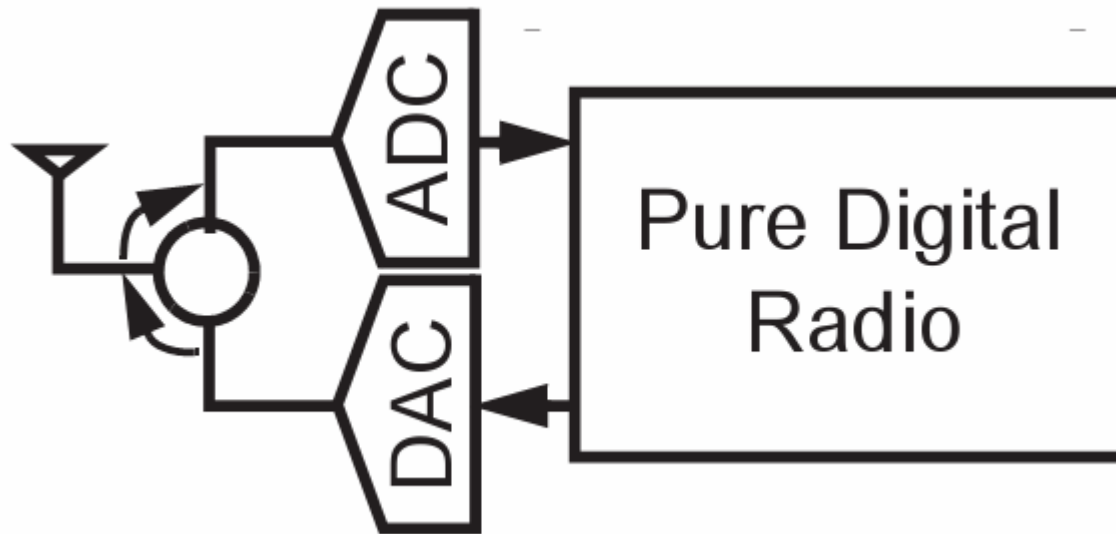
- ・従来、無線機は通信方式ごとに個別な回路を使用しなければならない。
- ・そのため、無線機は規模が大きくなり、消費電力も増大する。



ソフトウェア無線
が注目される。

Architecture (1)

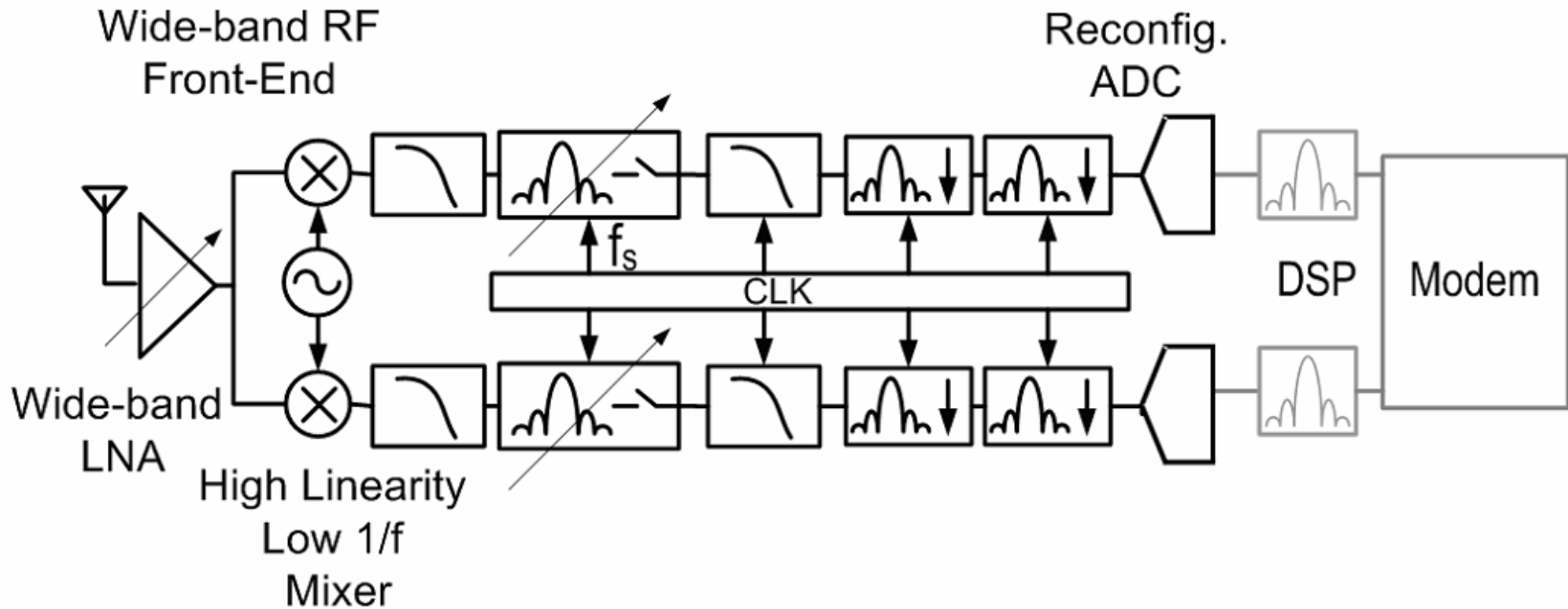
(1) J. Mitola, "The software radio architecture", IEEE Communications Mag., Vol.33, No. 5, pp. 26-38, May. 1995.



12bit, 10GS/s ADCが必要 (500W程度) [2]

(2) A.A.Abidi, Evolution of the Software-Defined Radio Receiver

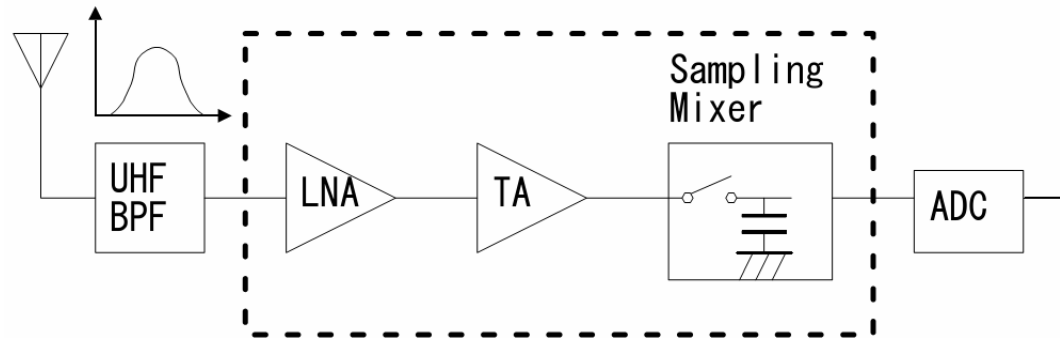
Architecture (2)



- ・フィルタリングを用いて妨害波特性が得られ、また**ADC**の**ダイナミックレンジ**、**動作周波数への要求**を緩和できる。
- ・フィルタ特性が可変できる。

A.A.Abidi, Evolution of the Software-Defined Radio Receiver

Architecture (3)



- TI (Texas Instrument) から提案された MTDSM (Multi-Tap Direct Sampling Mixer)。
- ダイレクトサンプリングミキサ:
サンプリングによるダウンコンバージョン、フィルタリングおよびデシメーションの3つの動作が同時に行われる。
- 電荷サンプリング方式のため、TA (Transconductance Amplifier)が必要。

K. Muhamad (TI) et al, "All-Digital TX Frequency Synthesizer and Discrete-Time Receiver for Bluetooth Radio in 130-nm CMOS", JSSC Vol.39, No.12, pp. 2278-2291, Dec. 2004.

目的(1)

TIのMTDSMは受動素子で構成されている。

-
- ・信号が減衰し、ゲインロス。
 - ・フィルタ次数が限られている。



SCF技術を用いてMTDSMを実現

目的(2)

サンプリングミキサはDCおよび標本化周波数の整数倍のところが通過帯となる。

→ DC近傍ノイズ($1/f$ ノイズ)やオフセットを拾ってしまう。



通過帯域をシフトさせる

発表内容

* 背景・目的

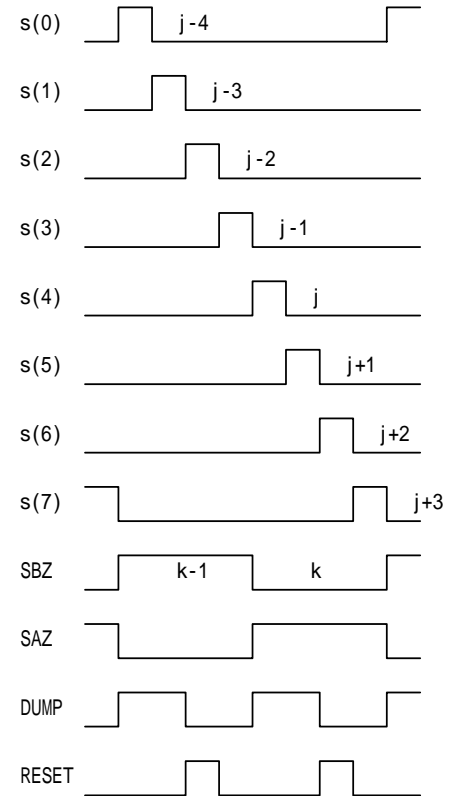
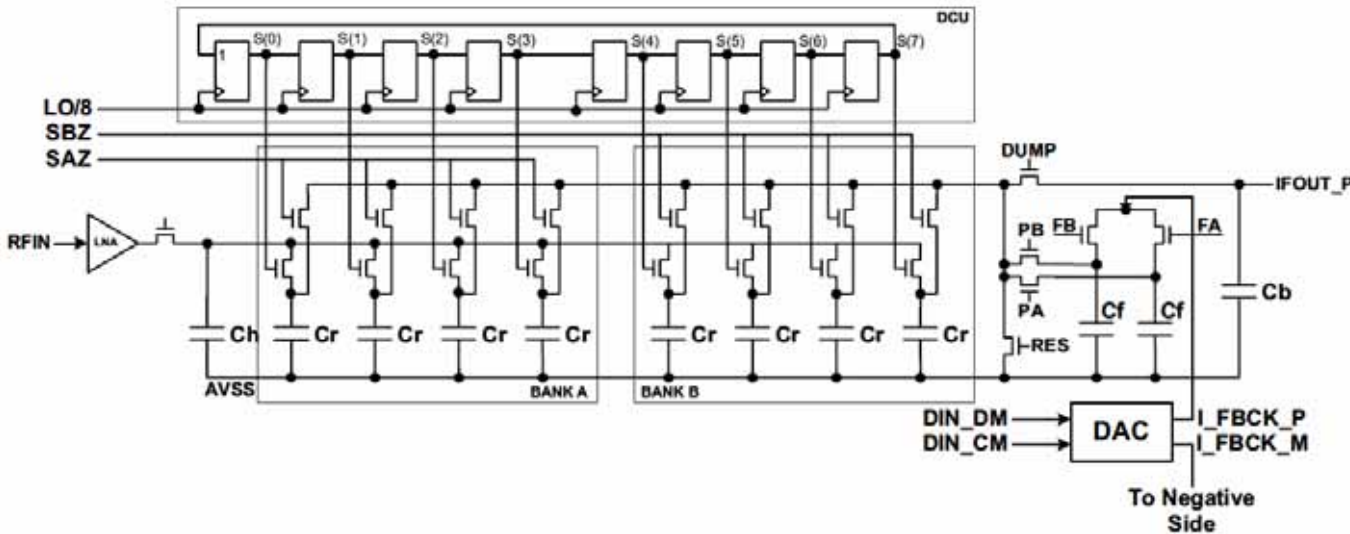
* 回路構成・動作

* 新サンプリング方式

* シミュレーション・測定

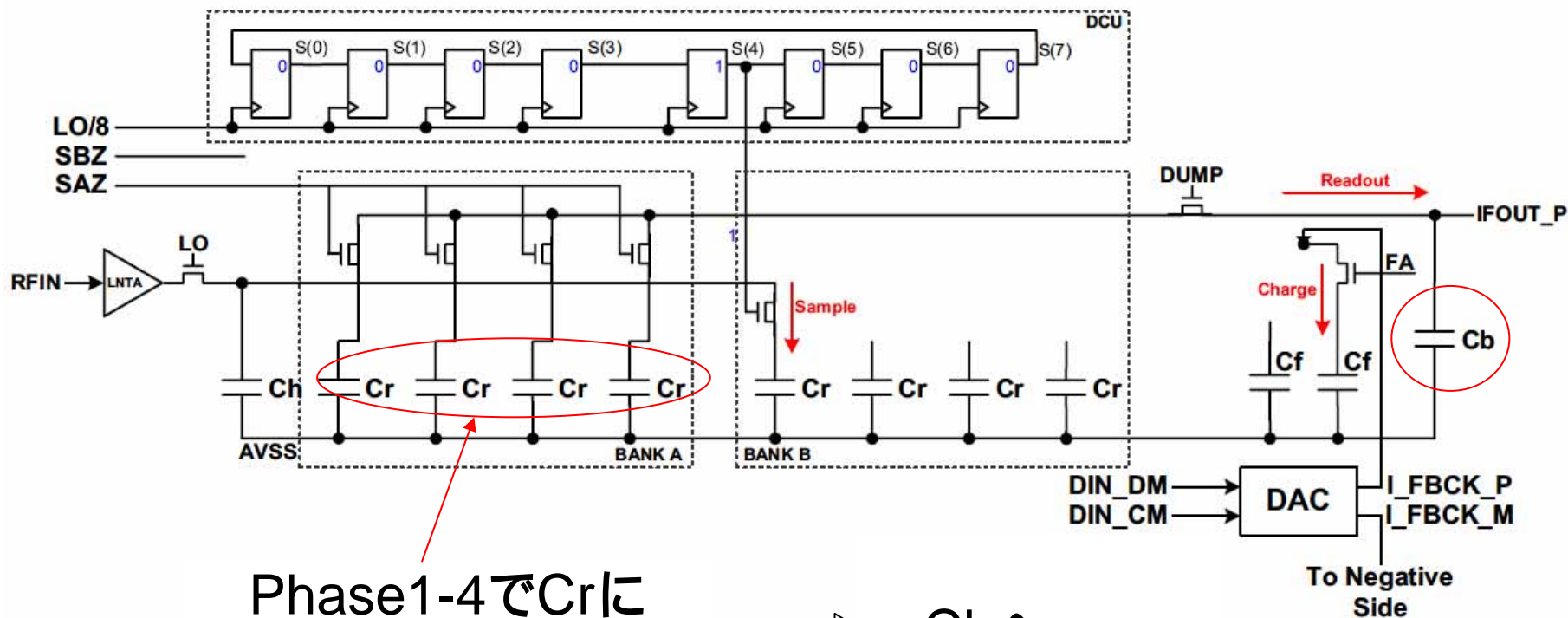
* まとめ

従来サンプリングミキサ

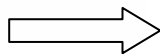


TIで提案されたMTDSM

従来サンプリングミキサの動作(1)

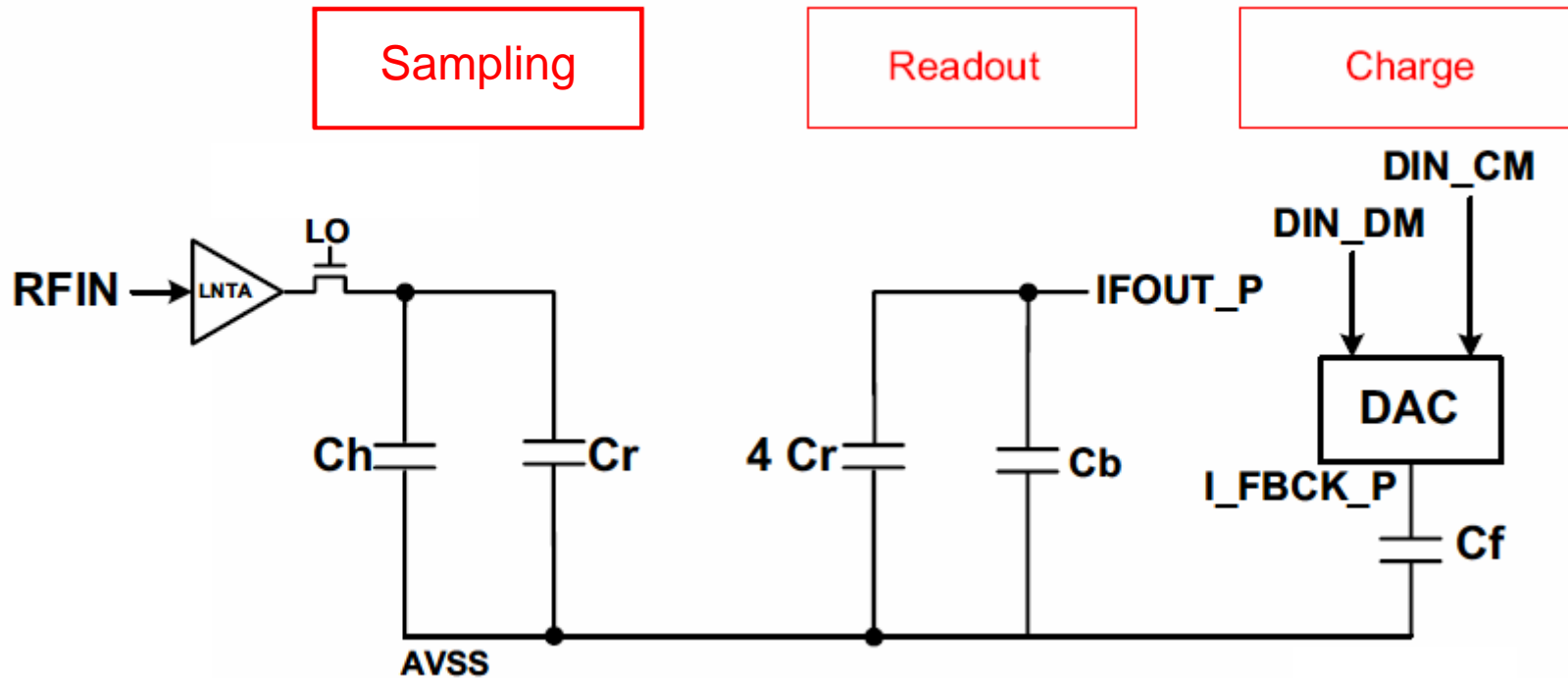


Phase 1-4でCrに
充電した電荷を讀出



Cbへ

従来サンプリングミキサの動作(2)

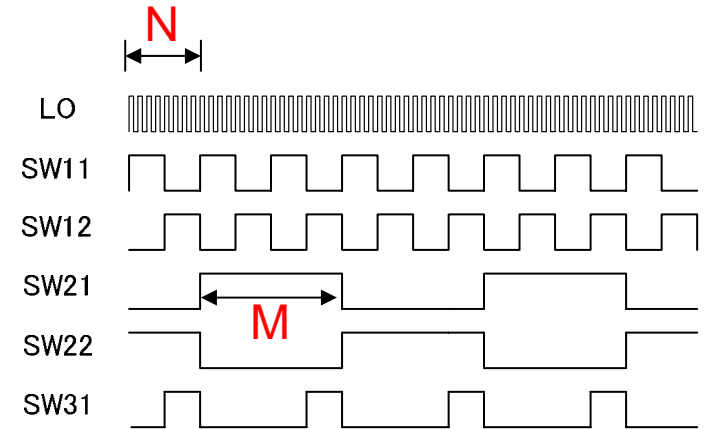
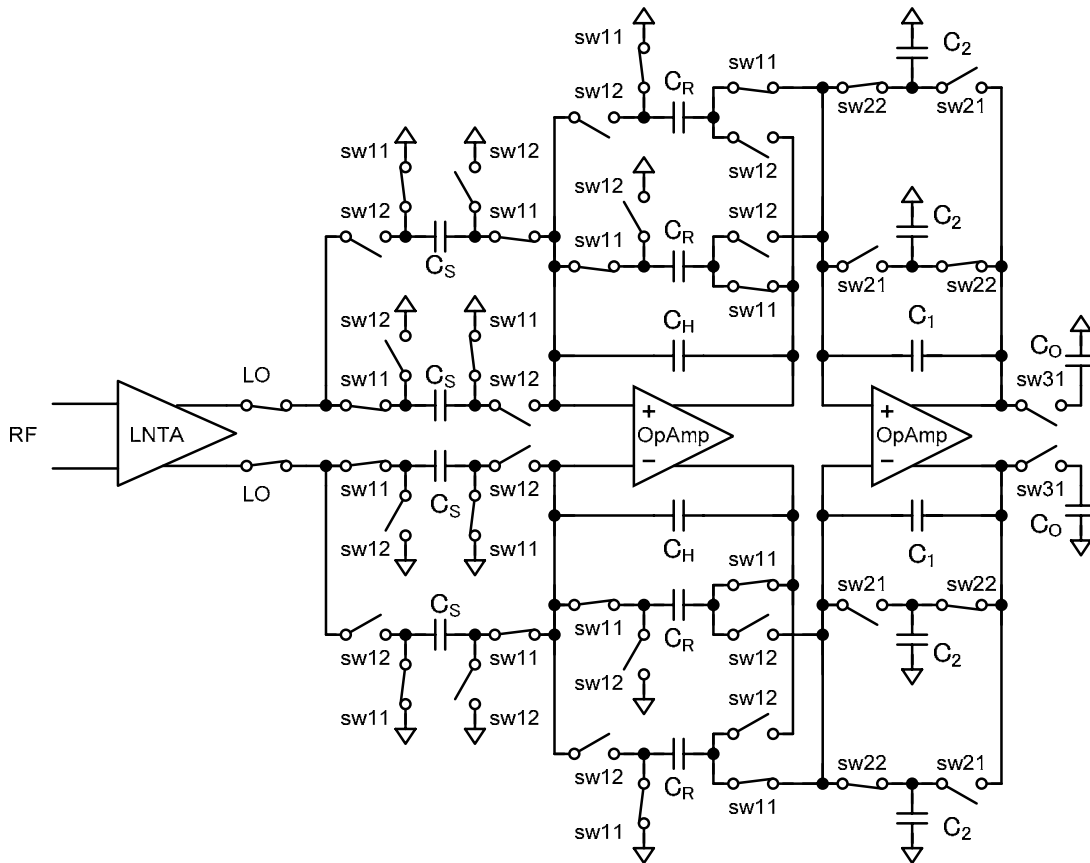


Sampling : Cr は8LOづつ切り替える Ch は常に接続

Readout : 4つの Cr に蓄えた電荷を Cb に移す

Charge : キャリブレーション用のプリチャージ

SCFを用いた回路構成

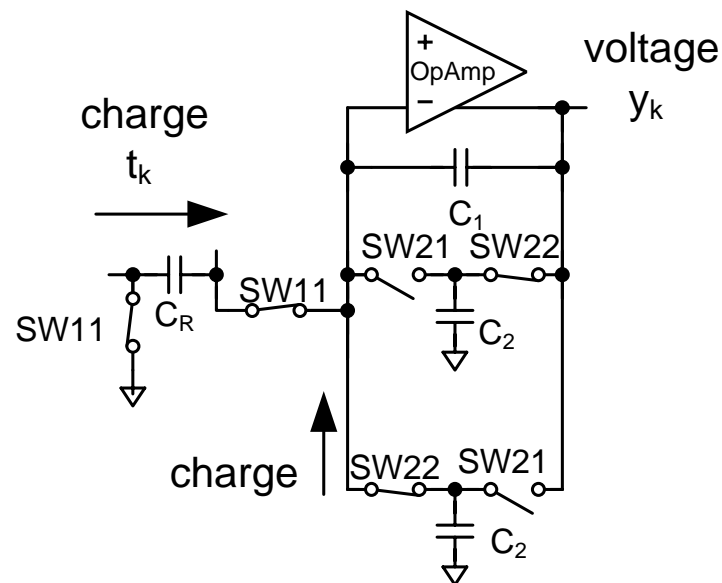
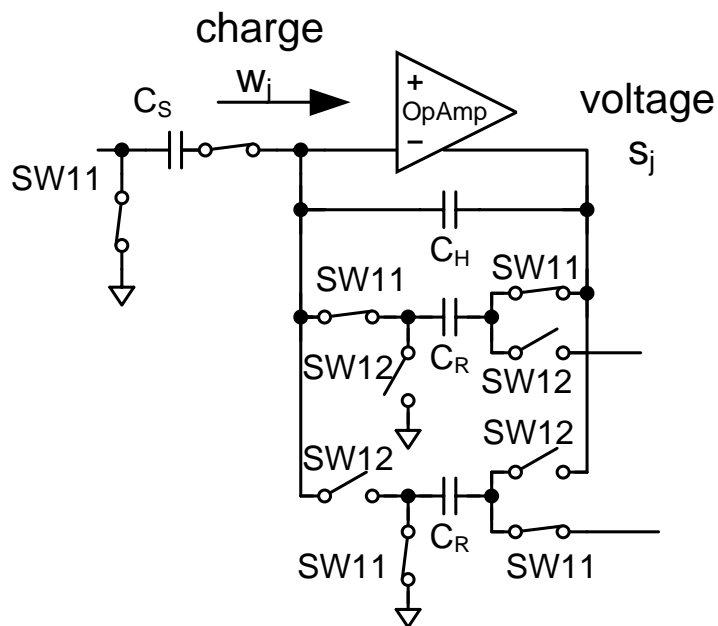
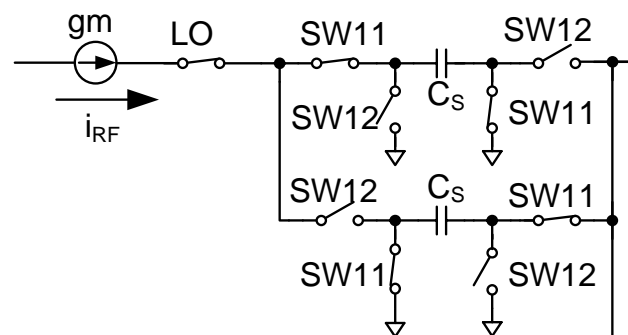
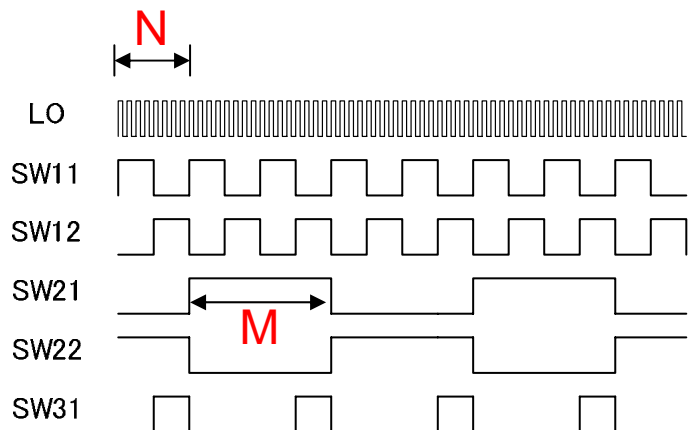


$$a = \frac{C_H}{(C_H + C_R)}$$

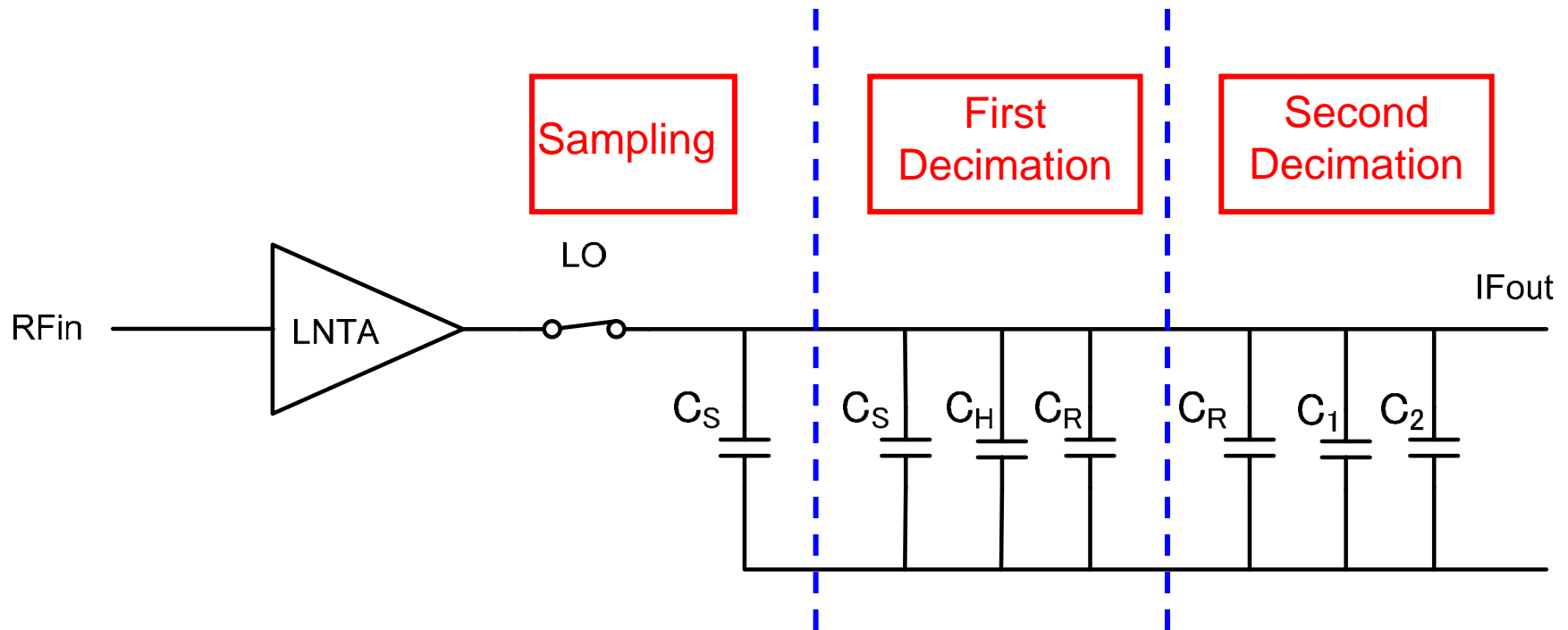
$$b = \frac{C_1 - C_2}{C_1} = 1 - \frac{C_2}{C_1}$$

SCFを用いたMTDSM

SCFを用いたMTDSSMの動作(1)

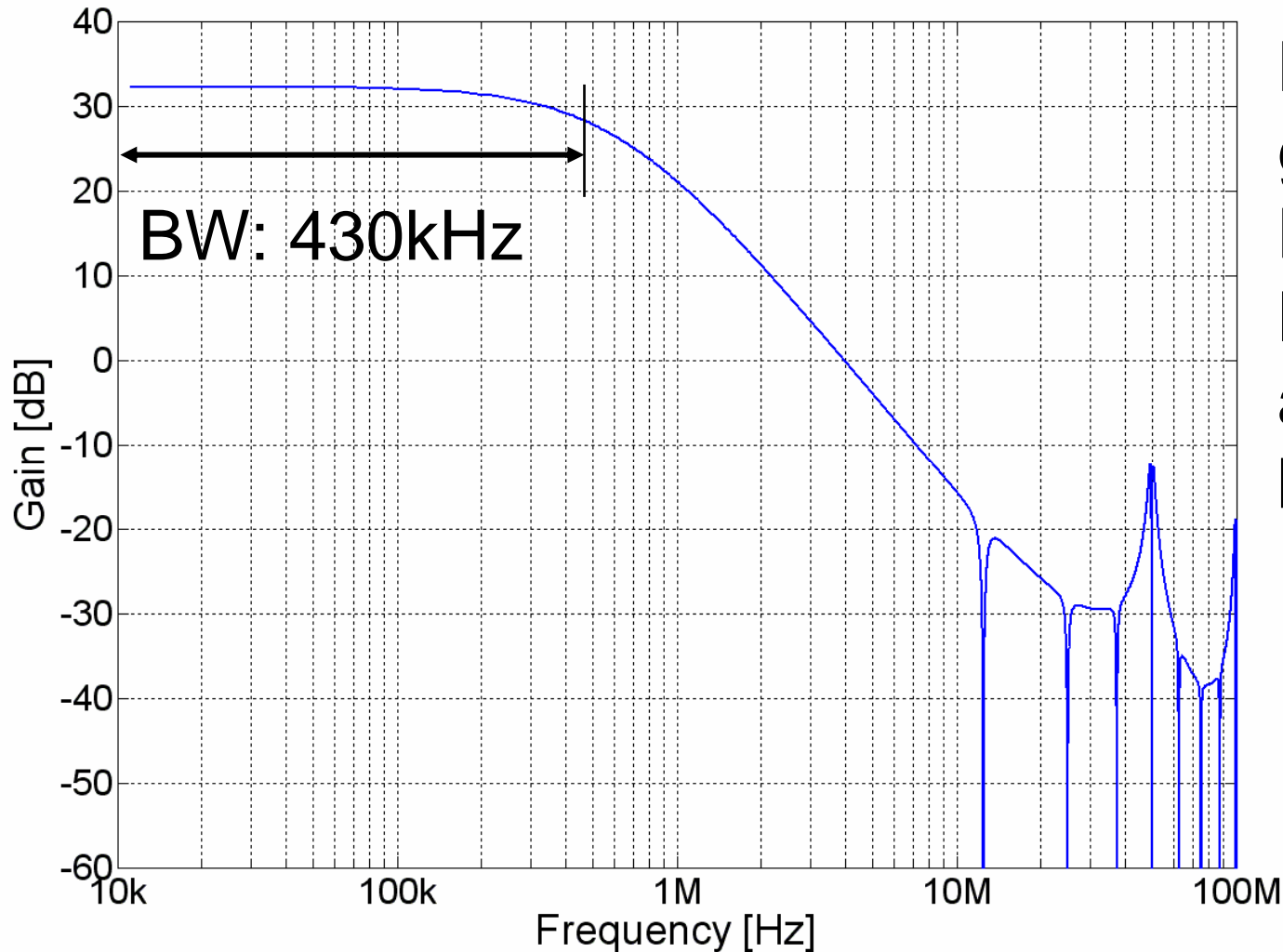


SCFを用いたMTDSSMの動作(2)



- Mix & Sample** : C_S は常にTAに接続、N回のLOで電荷を蓄える
- 1st Decimation** : C_S に蓄えた電荷を C_H と C_R に移す、 C_H は常に接続
- 2nd Decimation** : C_R に蓄えた電荷を C_1 と C_2 に移す、 C_1 は常に接続

ダウンコンバージョンされた周波数特性



LO=800MHz
gm=10mS
N=16
M=4
a=0.91
b=0.77

通過帯域近傍

発表内容

* 背景・目的

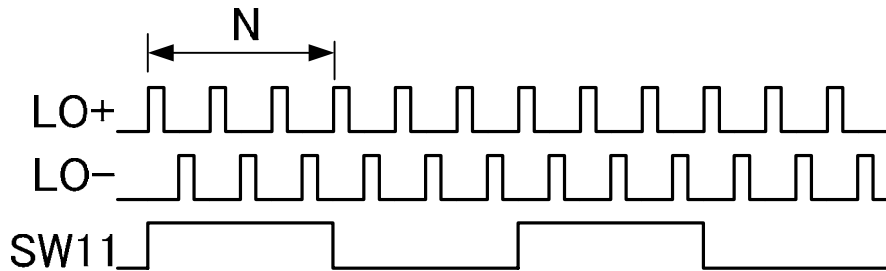
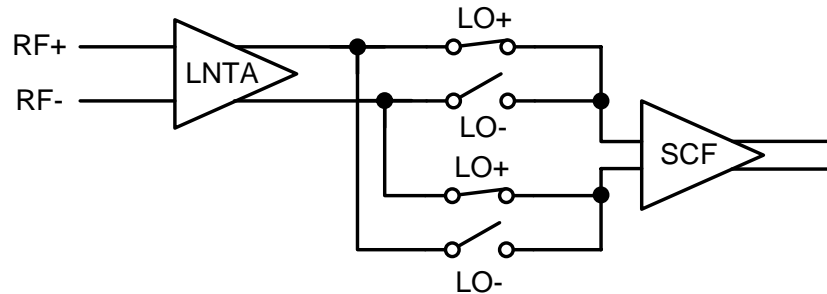
* 回路構成・動作

* 新サンプリング方式

* シミュレーション・測定

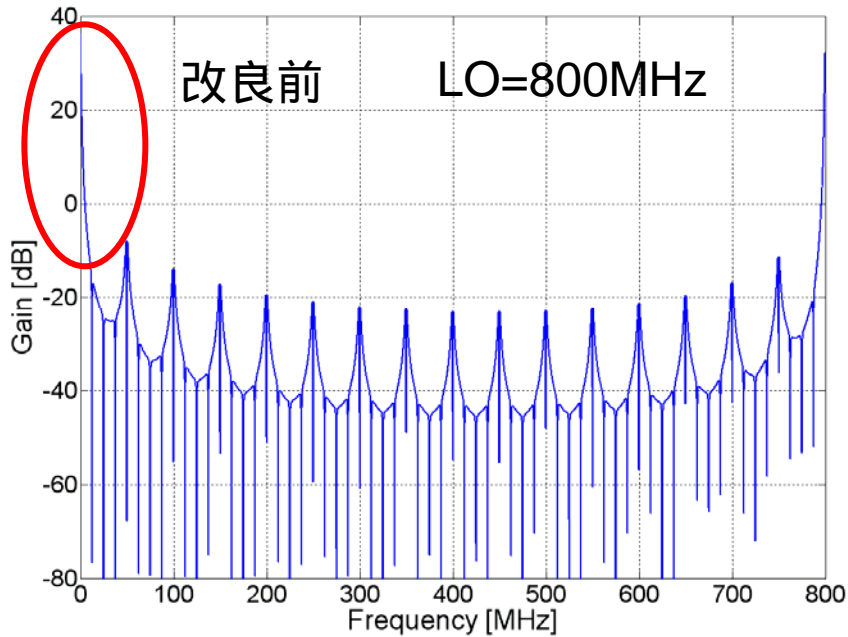
* まとめ

新サンプリング方式

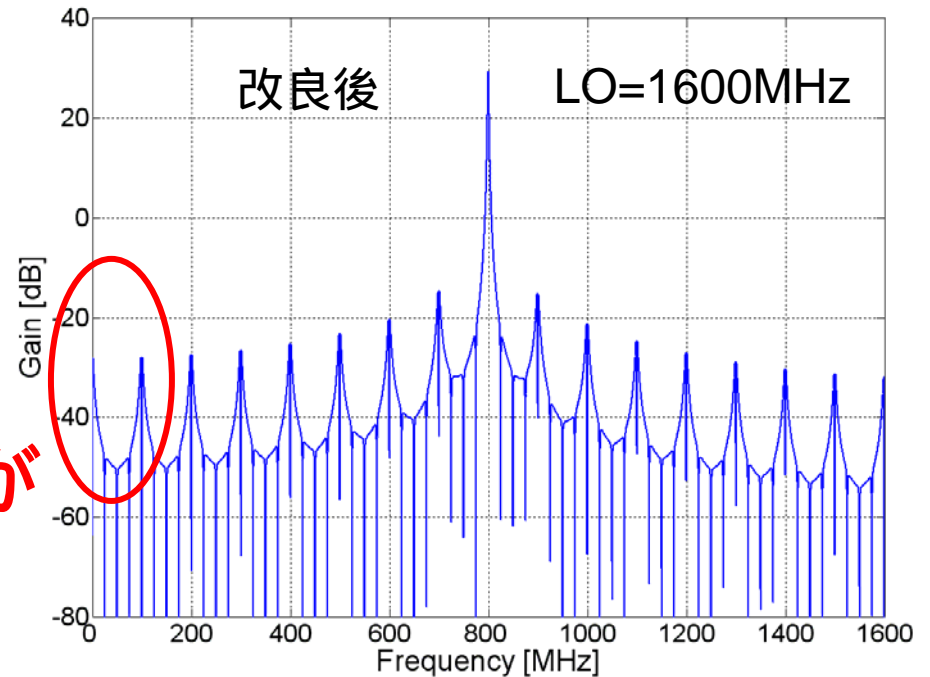


RF+ と RF- を交互にサンプリングミキサのコアに入力することで、フィルタ特性の位相をシフトさせる。ただし、サンプリング周波数を2倍にする必要がある。

入力信号に対するフィルタ特性



$g_m=10\text{mS}$
 $N=16, M=4$
 $a=0.91, b=0.77$



DC成分が
減衰する

発表内容

* 背景・目的

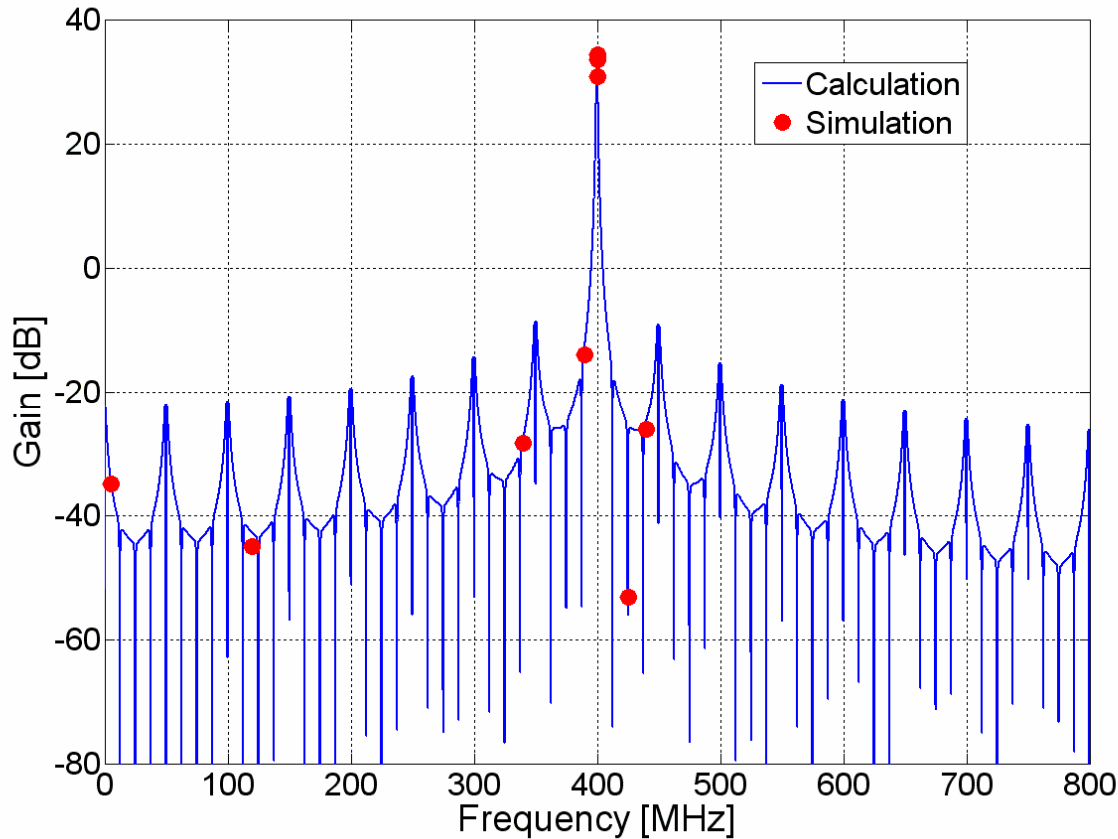
* 回路構成・動作

* 新サンプリング方式

* シミュレーション・測定

* まとめ

周波数特性 (シミュレーション)

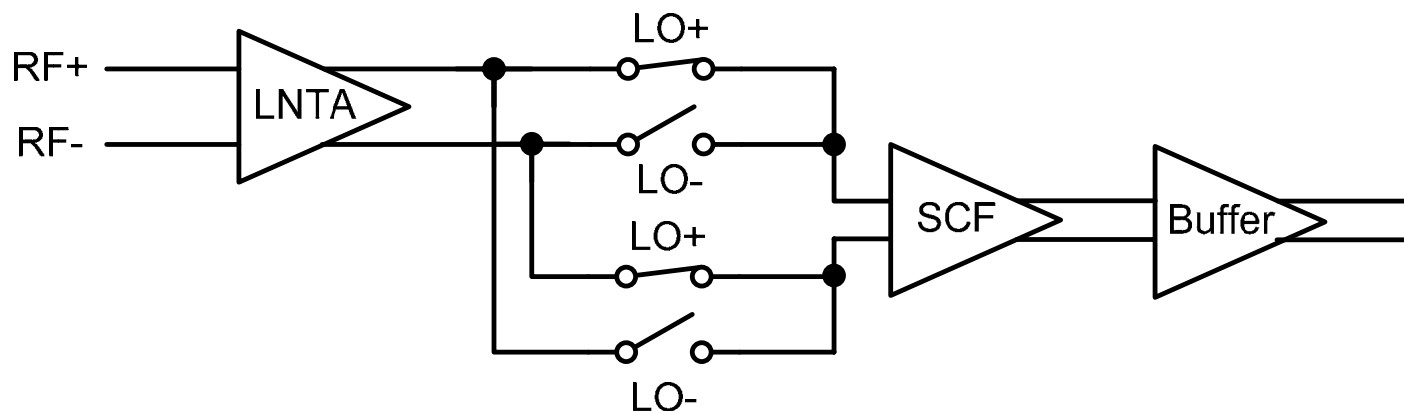


LO=800MHz
gm=10mS
N=16
M=4
a=0.91
b=0.77

ほぼ一致

TA: 理想電流源
SW, OPAmP: MOSレベル

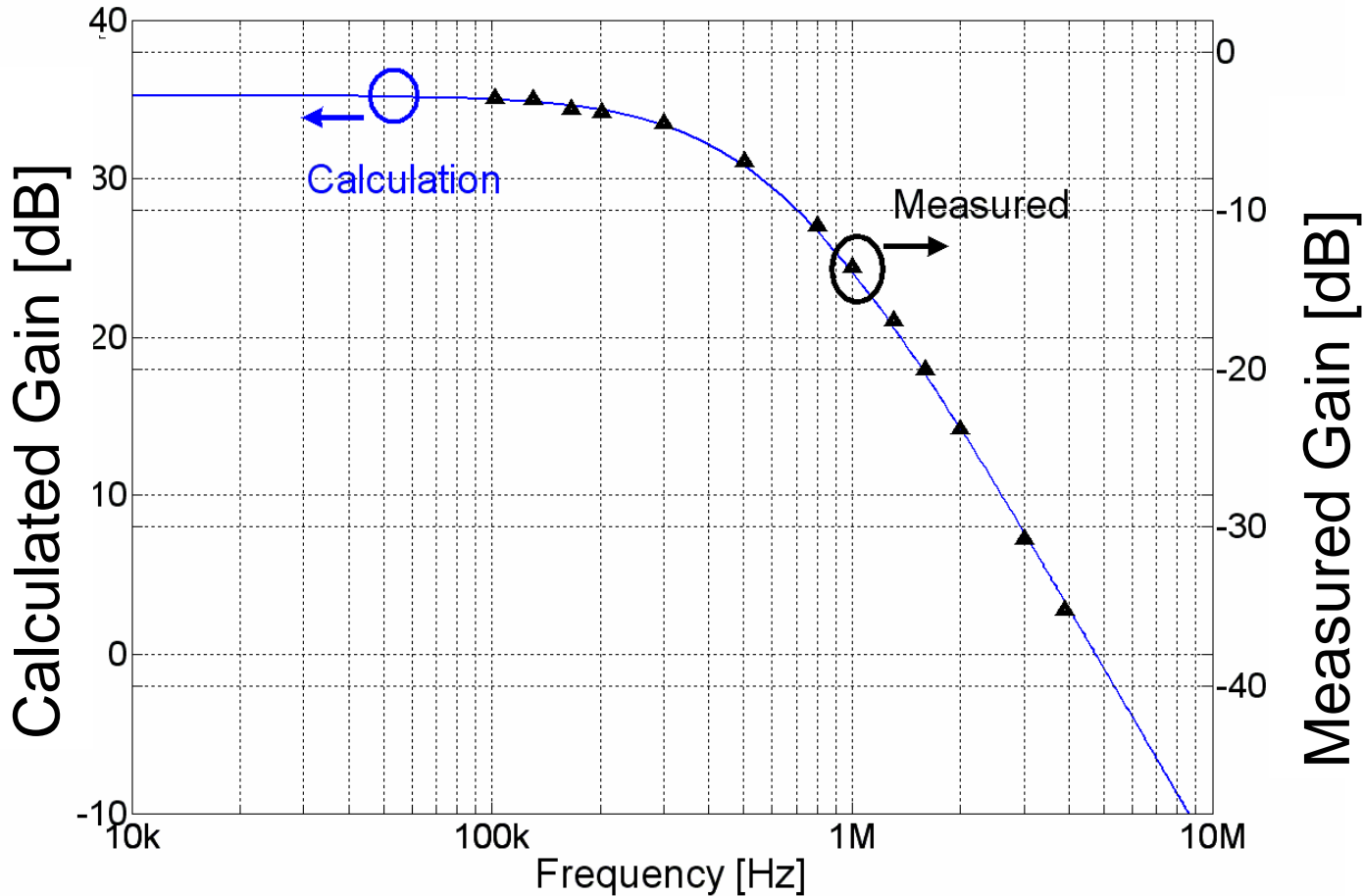
提案されたDSM回路の試作



同研究室で設計されたLNTAを使用

0.18 μ m CMOS processで試作した。

通過帶域周波数特性



LO=800MHz
gm=10mS
N=16
M=4
a=0.91
b=0.77

DSM Performance (Measurement)

| | |
|-------------------------|--------------------------------|
| Technology | TSMC 0.18 μ m CMOS process |
| Local Oscillator | 800 MHz |
| Bandwith | 430 kHz |
| Gain@400.1MHz input | -2.88 dB |
| Attenuation@3MHz offset | 27.3 dB |
| Supply Voltage | 1.8 V |
| DSM Core current | 18 ~ 20 mA |
| Power Consumption | 32.4 ~ 36 mW |
| Chip area (I/Q) | 1150 μ m x 750 μ m |

まとめ

- SCFを用いたダイレクトサンプリングミキサの回路を提案した。
- 0.18 μm CMOSプロセスで試作し、評価した。