



日本学術振興会165委員会

ナノCMOS時代のアナログ技術:

アナログスケーリングとデジタル補償技術

2007年10月19日

型ADCの展開と高性能化技術

群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
小林春夫

連絡先: 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1丁目5番1号

群馬大学工学部電気電子工学科

電話 0277 (30) 1788 FAX: 0277 (30)1707

e-mail: k_haruo@el.gunma-u.ac.jp

<http://www.el.gunma-u.ac.jp/~kobaweb/>



発表内容

ナノCMOS時代のアナログ回路 私論

マルチバンドパス AD変調器

連続時間バンドパス AD変調器

- RF サンプリングを目指して

複素バンドパス AD変調器

まとめ



発表内容

ナノCMOS時代のアナログ回路 私論

マルチバンドパス AD変調器

連続時間バンドパス AD変調器

- RF サンプリングを目指して

複素バンドパス AD変調器

まとめ



デジタル・アシスト・アナログ技術

CMOS微細化にともない

→ デジタルは大きな恩恵

高集積化、低消費電力化、高速化、低コスト化

→ アナログは必ずしも恩恵を受けない

電源電圧低下、出力抵抗小、ノイズ増大

「デジタル技術を用いて

アナログ性能向上する技術」が重要

「デジタルリッチ・アナログミニマムな構成」が重要

SOC内 μ Controller はPAD程度のチップ面積

半導体プロセスと回路

— 目的と手段 —

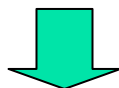
「デジタルは半導体プロセス微細化のトレンドに適合。
アナログは適しているとは限らない。」



半導体ロードマップの呪縛にかかった発想・表現

半導体プロセスの微細化はデジタルの低消費電力・
高速・高集積化・低コスト化のために行う。

デジタルでメリットなければ半導体微細化をする理由なし。



微細化プロセスでもデジタルは必ず動く、高性能・低コスト。



ナノCMOS時代のアナログ技術

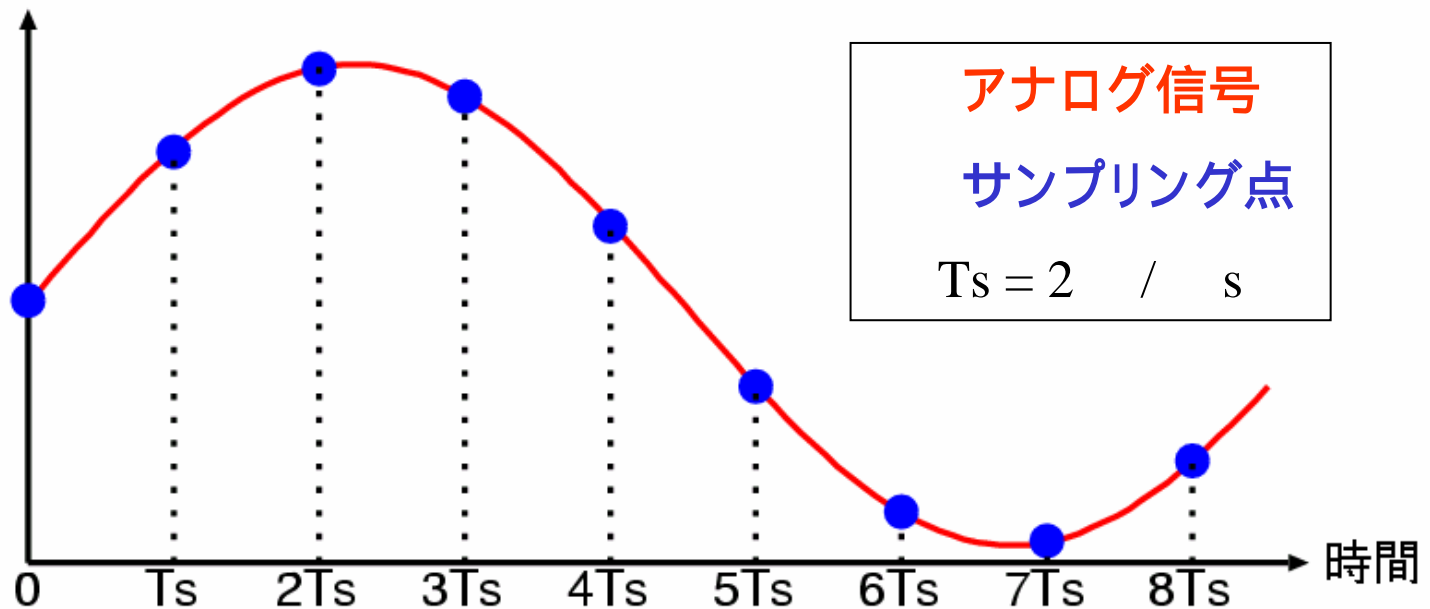
キーワードは 「デジタルリッチ」 (空間)
に加えて 「高速サンプリング」 (時間)

ナノCMOS FETの余裕ある高速特性、
高周波特性を生かす設計が重要。

高周波回路

「ナノCMOSを用いたRF回路ではシステム仕様に
比べてトランジスタ高周波特性 (f_T) に余裕がある」
(群馬大学客員教授 石原昇先生)

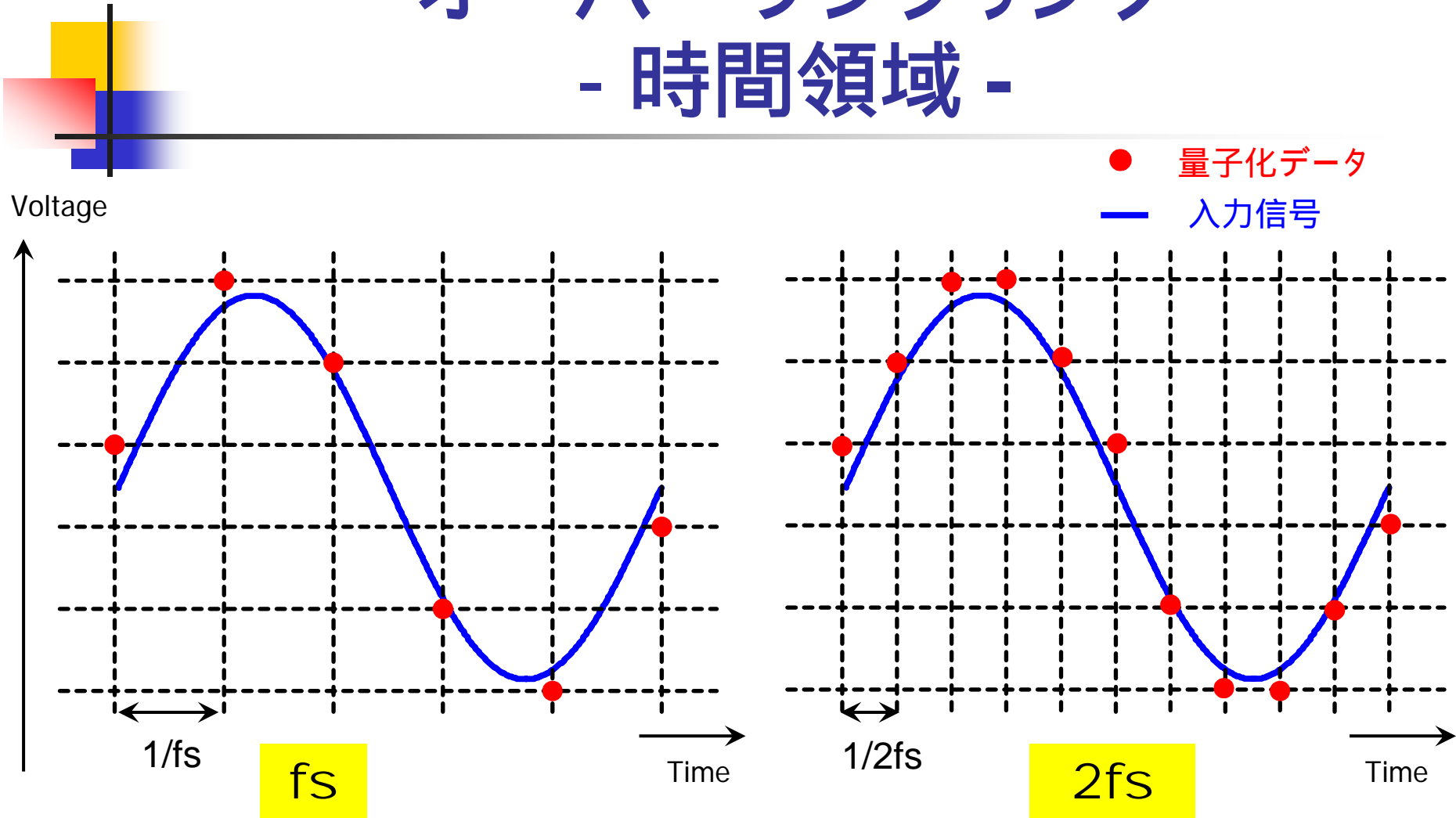
波形のサンプリング



一定時間間隔のデータを取り、間のデータは捨ててしまう。

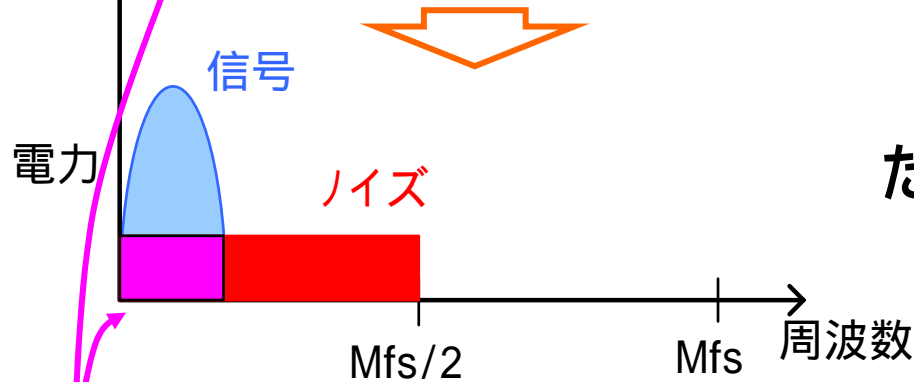
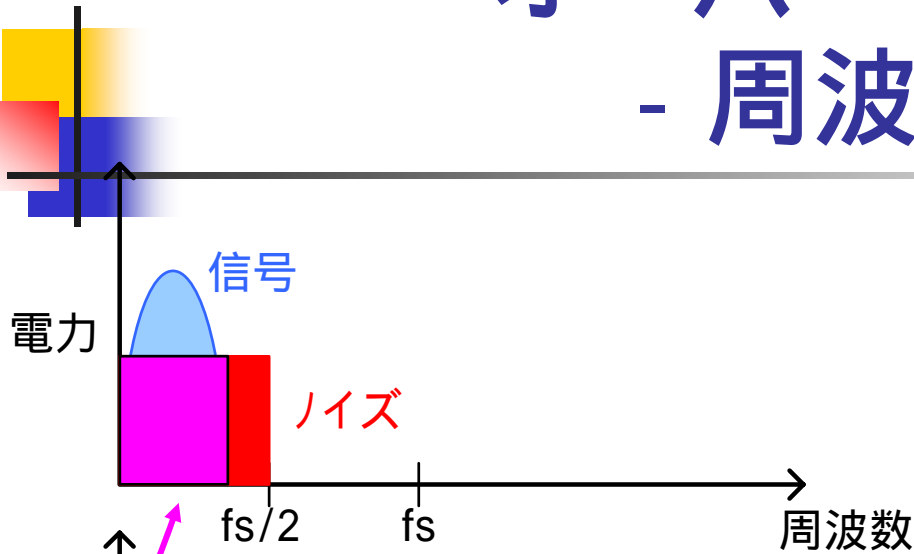
「サンプリング定理」

オーバーサンプリング - 時間領域 -



オーバーサンプリングにより入力信号
の再現性が高まる

オーバーサンプリング - 周波数領域 -



信号帯域のノイズ成分

サンプリング周波数をM倍

↓
ノイズは広域に分散

↓
ただしノイズ総量は変わらない

↓
信号帯域でノイズ低減

高速サンプリングにより低ノイズ化

サンプリングと周波数スペクトル

レベル

入力信号の周波数スペクトル

0 $1/2 \cdot f_s$ f_s 周波数

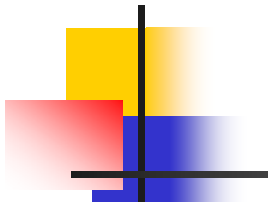
f_s でサンプリングすると $1/2 \cdot f_s$ ごとに鏡像関係のスペクトルとなる

折り返し
(エイリアス)

0 $1/2 \cdot f_s$ f_s $3/2 \cdot f_s$ $2f_s$ $5/2 \cdot f_s$ $3f_s$ $7/2 \cdot f_s$

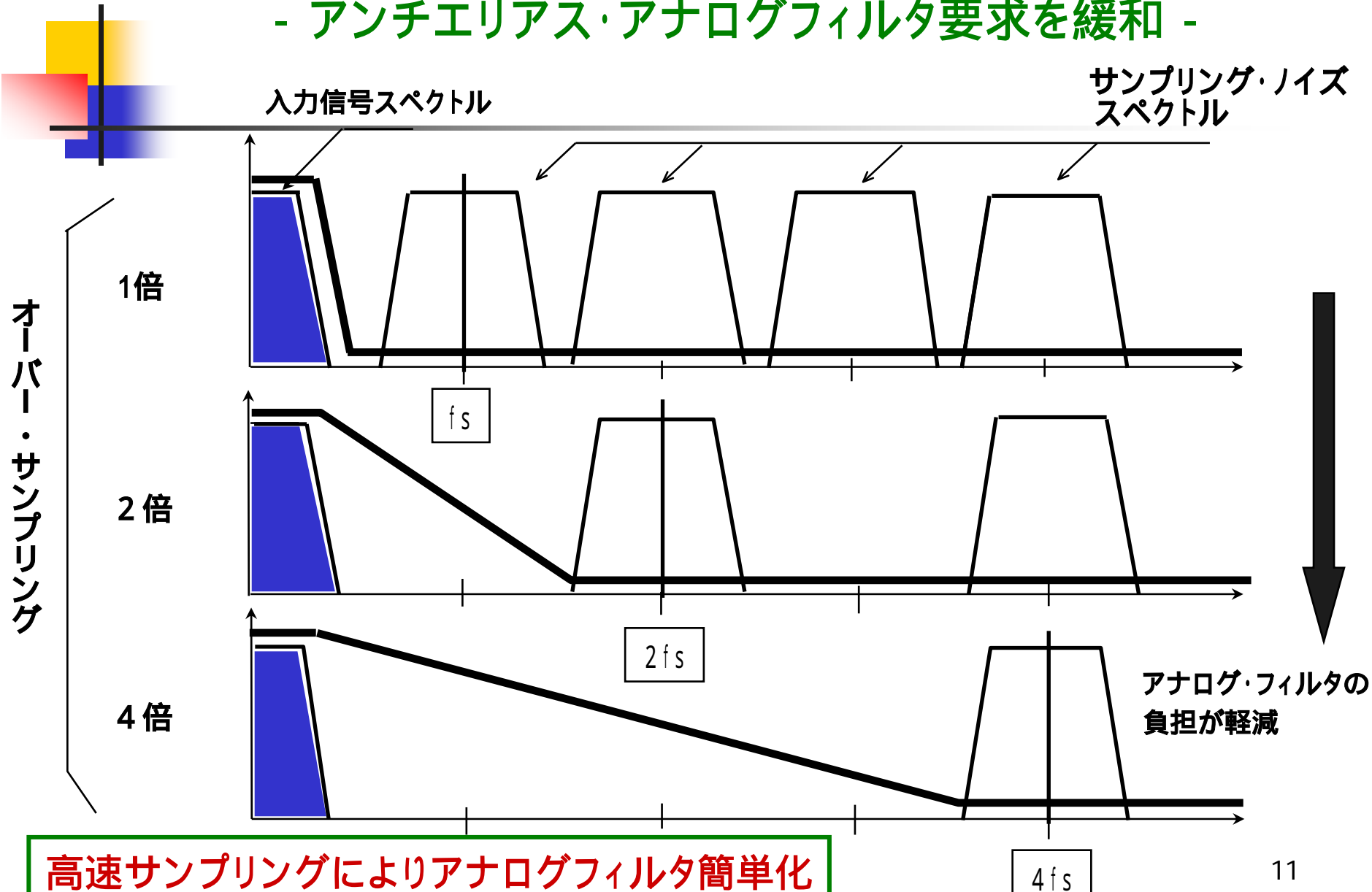
標本化後の周波数スペクトル

周波数 10



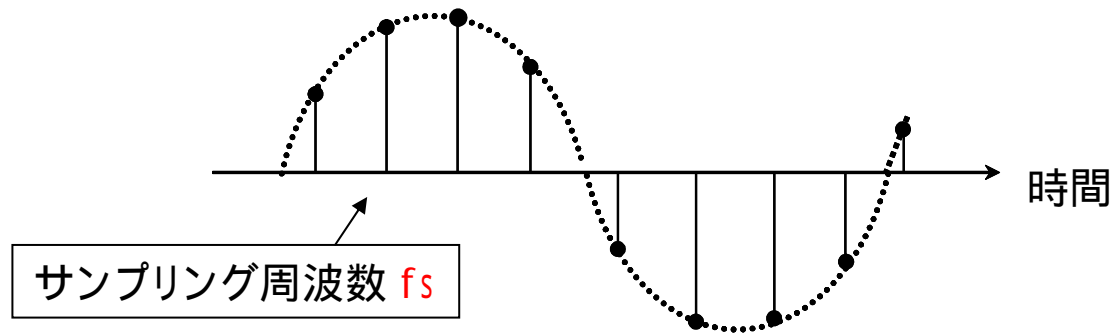
オーバーサンプリング

- アンチエイリアス・アナログフィルタ要求を緩和 -

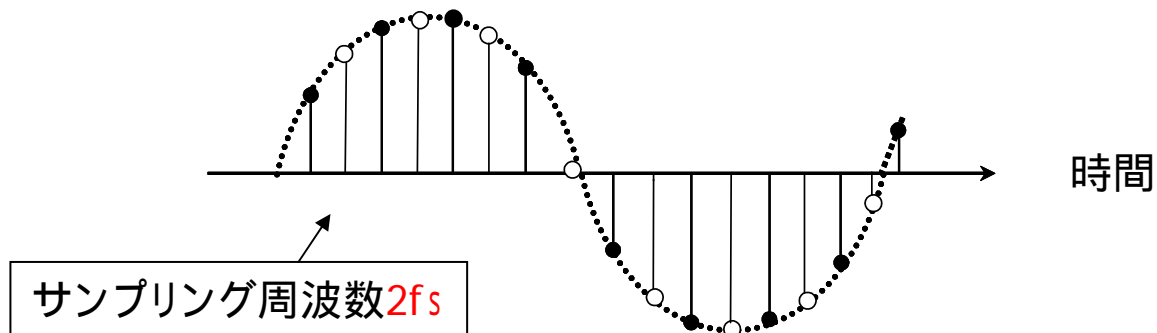


DA変換器出力時間波形と サンプリング周波数

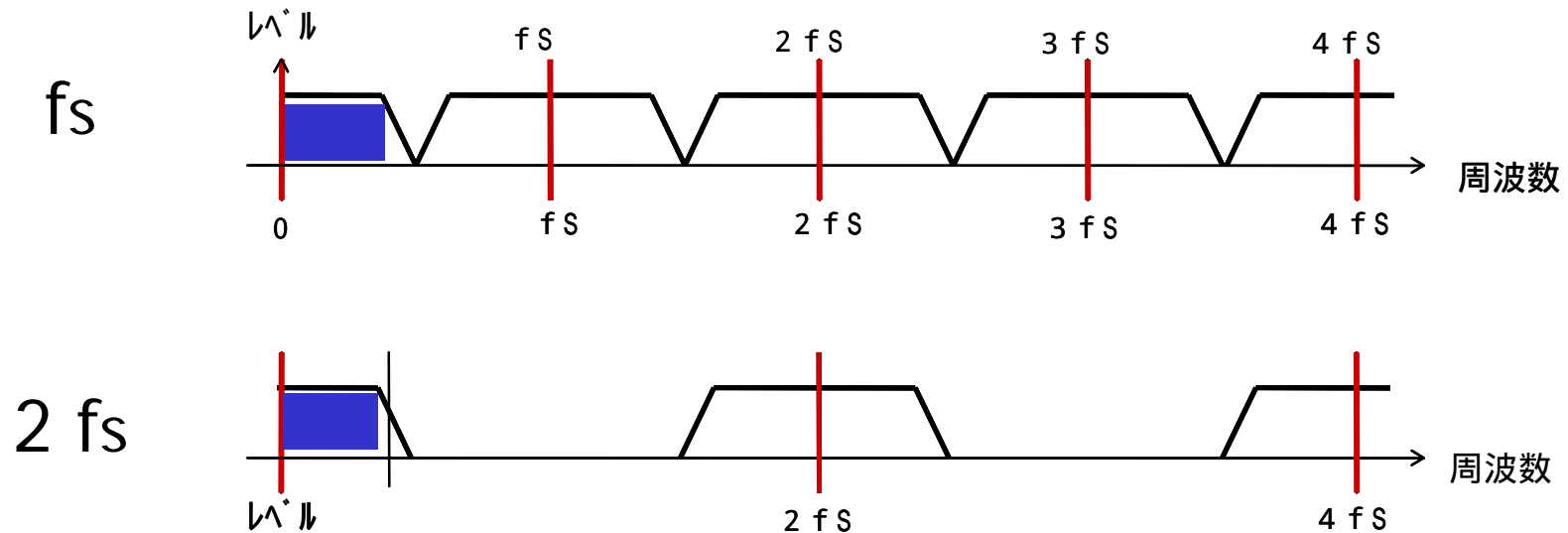
DA変換器
出力 1



DA変換器
出力 2

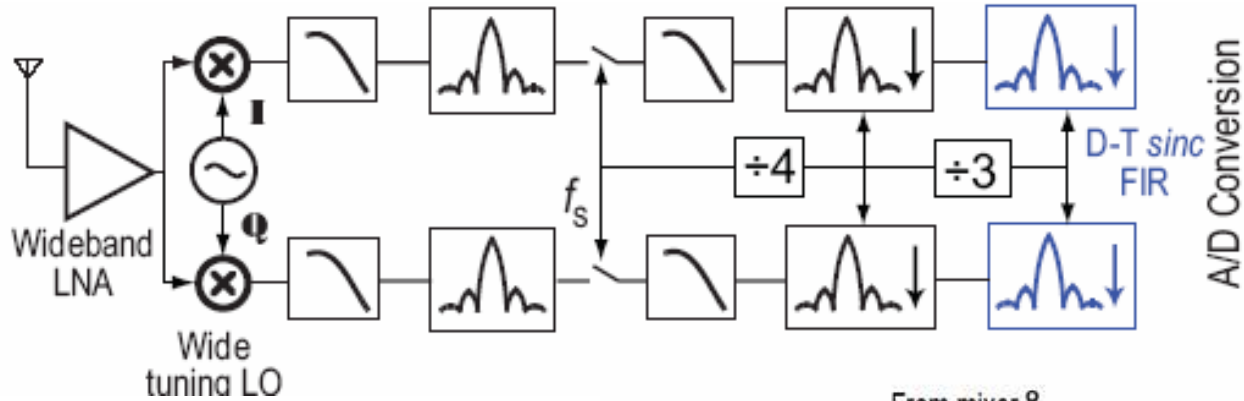


DA変換器出力周波数スペクトルと サンプリング周波数

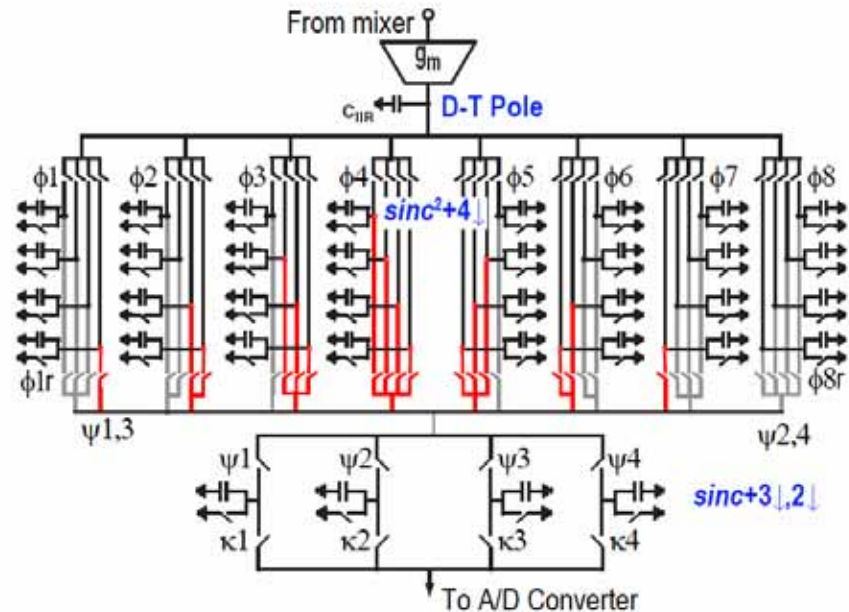


DA変換器でサンプリングレートを高くすれば
後段のアナログフィルタが簡単化

ソフトウェア無線用受信機 (TI社、UCLA)



初段でキャリア周波数程度の
高速サンプリング
プログラマブル・
アナログ・サンプリング・フィルタ
マルチレート信号処理





ナノCMOSでの 高速サンプリング技術

高速サンプリングにより

- (1) 電源ノイズ、基板ノイズ、量子化ノイズ、ジッタ等の
折り返しノイズ低減
- (2) アナログフィルタの簡単化
- (3) 従来サンプリングが用いられなかった
アナログ回路にも使用可能になる

ADCのジッタによる性能限界も
オーバーサンプリングで打ち破れる



デルタ・シグマAD/DA変調技術

アナログ最小、デジタルリッチな構成
ナノCMOSではデジタルは大きな恩恵
スピードを精度に変換
ナノCMOSではスピードに余裕
高精度なデバイス、回路不要



ナノCMOSで高精度なADC/DACを
実現するのに適した構成