

コンパレータノイズがA/Dコンバータの性能に与える影響に関する研究

Study of Influence on A/D Converter by Comparator Noise

吉原 慶 浅田 友輔 宮原 正也 岡田 健一 松澤 昭
 Kei Yoshihara Yusuke Asada Masaya Miyahara Kenichi Okada Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻
 Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 まえがき

近年、A/Dコンバータ(ADC)に対する高速・低消費電力動作への要求が増している。これらの要求を実現するためには、ADCの精度及び速度を決定するコンパレータノイズがADCの性能に与える影響の詳細な検討が必要である。本発表では、コンパレータノイズがADCの性能に与える影響についての解析を行う。解析には、理論検討及びVerilog-Aモデルを用いた。

2 コンパレータノイズの与える影響の検討

図1にFlash、Subranging、SAR型のADCの概略図を示す。 n ビットのADCでは、一変換毎にFlash型では 2^n-1 個のコンパレータが同時に、Subranging型では $2^{n/2}$ 個のコンパレータが2回、SAR型では1個のコンパレータが n 回動作する。比較回数の観点から言うと、一変換に要する比較回数が多いSAR型は、最もコンパレータノイズの影響が大きいと思われる。

しかし、SAR型ではノイズにより出力を誤る確率が全ての比較において一様ではないため、ノイズが正規分布で、標準偏差 σ が小さいと仮定した場合、ノイズの影響は他のADCと比べてもさほど大きくならないと予想され、シミュレーションによる検討はなされているが理論的な検討はなされていない[1]。

n ビットのADCにおいて、理論的な有効ビット(ENOB)の値は、Flash型の場合以下の式で表すことができる。

$$ENOB_{Flash} \approx n - 1.66 \log\left(1 + 12\left(\frac{\sigma}{V_{ref}/2^n}\right)^2\right) \quad (1)$$

Subranging型の場合もほぼ同様の式となる。SAR型の場合、ノイズのパワーは、一変換中の i 番目の動作時のコンパレータノイズを σ_i とすると、

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2^{n+1-i}} \sigma_i^2 \quad (2)$$

で表され、 σ 値が全比較で等しい σ で表されるとすると、総和は σ と等しいと近似でき、Flash型と等しくなる。

3 コンパレータノイズの与える影響の解析

コンパレータノイズによるADCへの影響を解析するため、Verilog-Aモデルを用いて、Flash、Subranging、SAR型それぞれ6ビットの理想的なADCを記述した。そして、コンパレータノイズの σ 値を変化させてシミュレーションを行い、それぞれのADCのENOBを求めた。その結果を図2に示す。

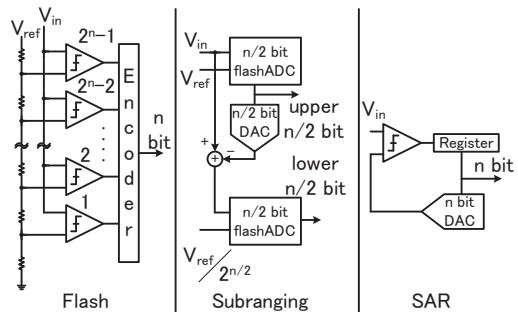


図1 ADCの概略図

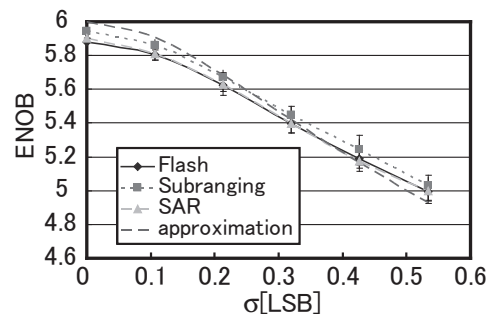


図2 コンパレータノイズを考慮した有効ビットの変化

この結果から分かるように、コンパレータによる比較回数が多いSAR型のADCでも、 σ 値が0.5LSBの時のENOBは約5.0bitと、Flash、Subranging型と比較してもENOBはそれほど低下していない。このことから、コンパレータノイズの影響は比較回数にほぼ依存しないという予想が正しいことが示された。

4 まとめ

本発表ではコンパレータノイズがADCに与える影響を検討した。Verilog-Aモデルを用いてFlash、Subranging、SAR型のADCでのノイズによる解析を行い、比較回数はADCの性能に大きく影響を与えないことを示した。

謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] M. Wagdy and Q. Xie, "Comparative ADC performance evaluation using a new emulation model for flash ADC architectures," in *Proceedings of the Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 2, pp. 1159-1163, Aug. 1994.