

SoC による簡素なアナログ MCA 機能の構築 (2)

—試作と評価—

Building a simple analog MCA function on SoC (2)

— Prototyping and evaluation—

*前川 立行

TM RAMS Consulting

プログラマブル SoC を用いたアナログ MCA の機能実装を進めてきた。今回基本 MCA システムを試作し、ADC 性能改善手法を組み込む事で機能・性能面共に実用性を示した。今後更なる機能拡張を進める。

キーワード：放射線計測、システムオンチップ、SoC、多重波高分析装置

1. 基本設計に基づき、実装・試作を実施

プログラマブル SoC (System on Chip) 上でアナログ MCA の基本機能を実装する開発を進めている¹⁾。前回は、SAR ADC の高速変換特性を活かし、微分値のゼロクロスタイミングでの AD 変換法を提案すると共に、測定とデータ読み出し・制御との競合を回避するための割り込みと DMA を使ったファームウェア構想を報告した。今回この基本設計を元に MCA 機能を実装すると共に、スペクトルのモニタ・制御用として、Python3.8.5/tkinter で Windows10 と Linux(Raspberry Pi OS)の両方で動作する GUI ソフトを作成した。これらにより、スペクトルを常時見ながらプリセット LIVE TIME での PHA 測定ができる機能を実装した。

2. ファームウェア構造の妥当性、測定制御機能・拡張性を確認

MCA については、PC とコマンド・データ送受信を行いながら、ハードウェア割り込みによる測定が同時並行で成立する事の確認により、ファームウェア基本構造の妥当性を検証した。また、PC 側では GUI による測定制御・スペクトルモニタ、LIVE TIME ベースでのプリセット測定など一連の測定制御機能を確認した。更に、測定現場に設置した MCA/RasPi を、VNC 経由で他の端末でモニタ・操作ができる拡張性も確認した。

3. DNL・INL の確認と、AD 変換値のランダムイズビット減算手法により DNL 精度を改良

最も重要な指標である ADC の微分(DNL)・積分(INL)非直線性を評価するために、歪を極力抑えた三角波を入力として DNL を測定した(図 1)。当初設計の 12bitAD 変換+2bit シフトで求めた 10bit DNL は最大値 $\pm 0.7\text{LSB}$ 、標準偏差 $\pm 0.15\text{LSB}$ となり、ミッシングコードは無いが、チャンネル幅の大小が交互に現れる様な特性となった。逐次比較型 ADC としてはごく一般的な性能ではあるが、放射線計測の立場からはできる限り改善しておく事が望ましい。こ

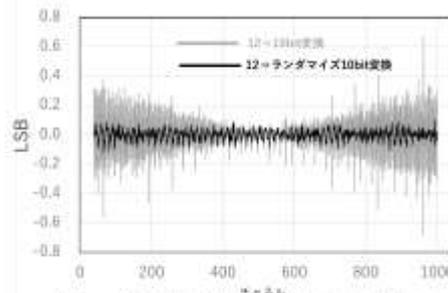


図1 微分非直線性 (DNL) 測定と改良

のため、DNL の大小が交互に現れる特徴を利用した新たな平準化手法を検討した。12 ビットから bit シフト+ランダムイズビット減算を 2 回繰り返す処理を組み込む事で、図中黒線で示す様に最大 0.09LSB 、標準偏差 0.04LSB と大幅に改善する事ができた。INL については、DNL 値を逐次積分する事で求められ、フルスケール (1K) に対してずれの最大は 0.3LSB ($0.03\%FS$) と極めて良好な値が得られる事を確認した。

3. まとめ

簡素な構成で MCA の基本機能を実現すると共に、VNC 接続による応用の可能性も示した。また、新たな DNL 改善手法により SAR ADC の性能面での改良も実現した。今後更なる拡張についての検討を進める。

参考文献

[1] 前川, [2M20] SoC による簡素なアナログ MCA 機能の構築～基本構想と設計～日本原子力学会秋の大会 (2022)

*Tatsuyuki Maekawa, TM RAMS Consulting.