

CMOS 技術を用いた超音波式流量計測システム

An Ultrasonic Flow Measurement System with CMOS Technology

信州大学¹ ○(M1)加賀 悠太¹, 上口 光¹

Shinshu Univ.¹, °Yuta Kaga¹, Koh Johguchi¹

E-mail: 20w2024e@cs.shinshu-u.ac.jp

1. はじめに

近年、電力やガス、水道メータは自動検針などを可能にすることが求められている。しかし、従来の機械式水道メータでは、計測値がデジタルデータではないため追加回路を導入する必要がある。また、高速で動作する機械部があるためメンテナンスコストを要する。そこで、本論文では機械部を用いることなく回路と超音波トランスデューサを用いて水中に超音波を伝搬させ、その伝搬時間から流量値を計測する超音波式流量計測システムを CMOS 集積回路により実現する。

2. 超音波式流量計測システム

提案するシステムのブロック図を Fig. 1 に示す。超音波流量計の流路には既製品 (Audiowell HS0014-00) を用いた。提案するシステムは上流・下流に設置した 2 つの超音波トランスデューサの制御を行い、伝搬時間 (T_{meas}) を計測する CMOS 回路と計測された伝搬時間の補正を行い、補正後の伝搬時間 (T_{prop}) から流量値を計算するマイクロプロセッサで構成されており、超音波流量計は上流から下流へ、下流から上流へと超音波が伝搬する時間差から流量値を計測する[1]。

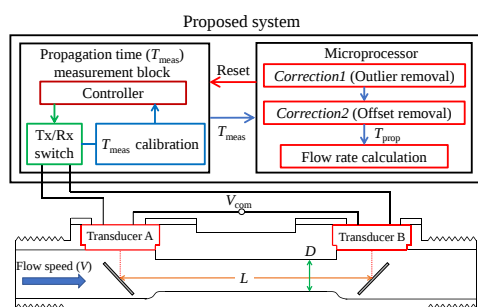


Fig. 1 Block diagram of the proposed system.

3. CMOS 回路設計

Fig. 2 は CMOS 技術を用いて作製した T_{meas} 測定ブロックの回路図である。 T_{meas} 測定ブロックは 4 つの機能からなる。①上流と下流の超音波トランスデューサの送受信の役割を制御する SEL 信号と送信パルス (Tx) を生成し、大まかな伝搬時間も計測するコントローラと、②受信信号 (Rx) から T_{meas} の終端時間を二つのコンパレータと SR-FF を用いて検出する Zero-cross detector[2]、③超音波トランスデューサの送受信役割を変更するスイッチ、④二つの T_{meas} の差が ns オーダーであるため、内部で ns オーダーを計測する Time-zooming が存在している。ここで、遅い外部クロック

信号で大まかな伝搬時間を計測し、内部オシレータの速いクロック信号で信号が変化した時間を正確に計測する Time-zooming を併用することにより低消費電力を実現する。また、マイクロプロセッサにより温度補正するために温度センサ[3]を搭載している。

Fig. 3 は、設計した回路により伝搬時間を測定した場合の結果である。オシロスコープを用いたにて流量計測された波形をトレースしシミュレーションを実行した結果、オシロスコープから得られた T_{ABmeas} 、 T_{BAmeas} と同等の値を出力することが確認できた。

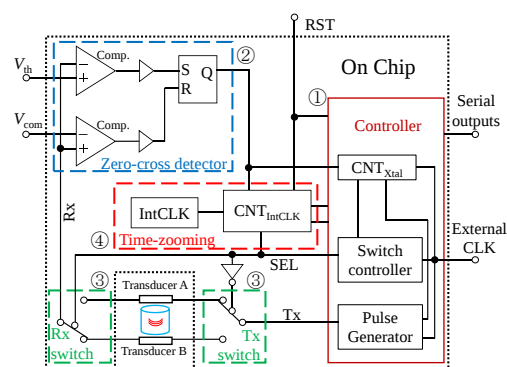


Fig. 2 Schematic of T_{meas} measurement block. This is designed with 180-nm standard CMOS technology.

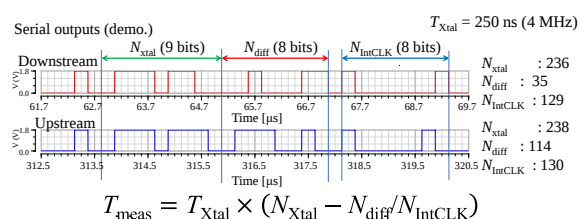


Fig. 3 Serial outputs for downstream (A to B) and upstream (B to A).

4. おわりに

本研究では、超音波流量計の計測システムを 1.11 mm×0.96 mm に集積化することができた。また、提案する超音波流量計の計測システムは、Time-zooming を用いることにより、十分な精度と低消費電力を実現できることを確認した。

参考文献

- [1] C.H. Lee, et. al., *Cogent Engineering* 4 (2017) 1371577
- [2] Y. Bo, et. al., *Elsevier Flow Meas. and Inst.* 32 (2013) 5
- [3] T. Sakata, et. al., *ISDCS* (2019)