

モデルベース設計手法によるガスセンサのハードウェア開発事例

廣田 凌也[†] 日南休 勇樹[†] 真子 祐亮[†] 松田 昭信[†]
[†] 西日本工業大学工学部 総合システム工学科

1. はじめに

現在、各種ガスセンサに求められる機能の高度化に従い、これらにガス濃度計算の高速化が重要となっている。それに伴い、開発コストおよび工数の増大が多発している。こうした課題において、設計期間短縮と設計生産性向上のため、モデルベース設計手法を用いる高抽象度レベルで記述する設計手法への移行が定着しつつある。本研究では、これらの動向に着目して、モデルベース設計手法を利用して、ガス濃度計算モデルをソフトウェア処理からハードウェア処理への移行を容易にし、ガス濃度計算の高速化を実現したハードウェア開発事例について述べる。

2. ガスセンサ計算例

今回は、モデルベース設計手法を利用し、音速測定を用いてガス濃度を計算するシステムへ適用した。ここで、簡単に超音波の音速に関する説明をする。一般にガス中の音波伝搬速度 v [m/sec] は、

$$v = \sqrt{\frac{kRT}{M}} \quad (1)$$

で表される。ここで、 k は比熱比(定積モル比熱 C_v と定圧モル比熱 C_p の比)、 R は気体定数、 M はガスの平均分子量、 T [K]はガスの温度である。つまり、 M が変化すると v が変化して、その変化の度合いで、ガス濃度を計算する。今回は、これらの演算過程において、即座に音速による濃度計算が簡単かつ正確に実行できるように、モデルベース設計手法を用いた。

3. 設計フロー

今回、ガス濃度計算にモデルベース設計手法を用いた。そこで、図1のようにガス濃度計算モデルから HDL への設計フローが自動化できれば、ハードウェア性能を検討でき、ガス濃度計算の高速化が実現できる。

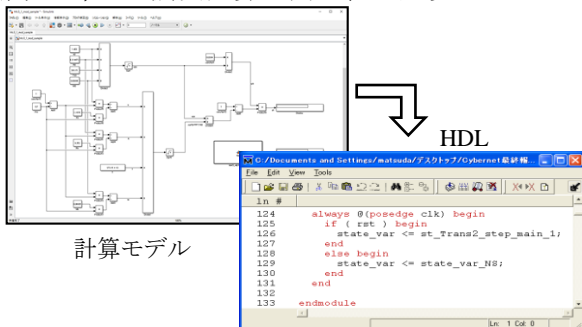


図1. 設計フロー

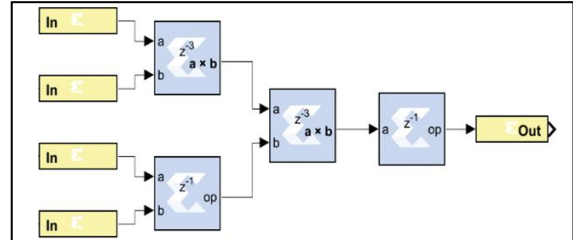


図2. 計算モデル(ハードウェアモデル)

さらに、図2のガス濃度計算ハードウェアモデルへ変換できて、短期間でハードウェアが実現できる。

4. 実験結果

これら図1の計算モデルにおけるソフトウェア処理では、表1に示すようにガス濃度計算に1sec程度要するが、これをハードウェア処理で実現することにより、表2から0.77 μ secまでガス濃度計算の高速化が実現した。

表1. ソフトウェアによるガス濃度計算時間

フェーズ	計算速度	割合
コンパイル	0.59 sec	50.9%
シミュレーション	0.47 sec	40.0%
終了処理	0.094 sec	8.0%
初期設定	0.016 sec	1.3%
合計	1.17 sec	100%

表2. ハードウェアモデル実装結果

LUT	FF	Freq. (MHz)	Power (mW)	I/O	速度 (μ sec)
6295	957	21.95	413	417	0.77

5. まとめ

今回の設計手法により、アルゴリズム検証からハードウェア設計まで一貫して、容易にハードウェア化できることがわかった。この手法は、ソフトウェア処理からハードウェア処理への移行が簡単に実現でき、ガス濃度計算も10⁶倍程度高速化できることが分かった。よって、今後は様々なアプリケーションに対して、モデルベース設計手法の適用を検討していく予定である。

参考文献

- [1] A. Matsuda and Y. Kato, "Fast-Response Algorithm for Calculating Polyatomic Gas Concentration using Ultrasound Microprocessors and Microsystems," Vol.101, (2023), 104891.
- [2] 松田, 加藤, "超音波による冷媒ガスの高速濃度測定," 日本冷凍空調学会論文集, 第38巻, 第1号, 2021.