

特集 車載センサ用巡回型アナログフロントエンド*

A Cyclic Analog Front-end for Automotive Sensors

本多一隆 牧原哲哉
Kazutaka HONDA Tetsuya MAKIHARA

With advancement of automotive systems, the number of in-vehicle sensors have been dramatically increased. The systems demand that development of signal processing ICs can reduce the cost, TAT(Turn Around Time) and power, while satisfying the requirements of higher accuracy and wider dynamic range. This paper proposes a novel cyclic analog front-end circuit for sensors, which realizes multi signal processing by time-division switching with a single op-amp. The analog front-end is applicable to various sensor signal processing with optimum size.

Key words : Automotive Sensor, Analog-to-Digital Converter, Analog Front-end, Cyclic Algorithm, Wide Dynamic Range, Low Power, Downsizing

1. まえがき

車の基本動作となる「走る、止まる、曲がる」に加え、「安全、環境、快適、利便」の各分野での高度化した自動車システムにおいて、センサなしで車を動かすことは不可能であり、年を追うごとにセンサの搭載数が増えている。このため、高精度化や広ダイナミックレンジ化などのシステムニーズに応えつつも、低コストかつ短時間でセンサ開発できる信号処理基盤回路技術が必要である。

本稿では、多種多様な車載センサの信号処理に対応可能な小型アナログフロントエンドについて述べる。

2. 巡回型アナログフロントエンドの原理

車載用センサは、Fig. 1に示すようにセンサエレメントチップと信号処理ICチップで構成され、その出力はECUに送られる。従来では、センサエレメントの種類（静電容量式、 piezo抵抗式など）に応じて、それぞれ個別専用回路で信号処理を行っており、アナログ主体の回路構成であったため、オペアンプを多用し、ICチップ面積も大きい傾向にあった (Fig. 1(a)).

そこで、Fig. 1(b)に示すようにセンサのばらつきや非線形性の補正、フィルタなどの信号処理はデジタル・ソフトで行い仕様変更柔軟対応できるようにした。一方、デジタル化できないセンサエレメント出力電気信号の電圧変換 (C/V変換, I/V変換), 増幅, A/D変換などの機能は集約させ、小型かつ多機能な巡回型アナログフロントエンドを考案した。巡回型アナログフロントエンドは、機能を切り替えることができ

るスイッチトキャパシタアンプ (SCアンプ) と出力電圧保持部で構成され、時分割で機能を切り替えた後、保持電圧を巡回させることにより、オペアンプ1個で様々な処理が可能となり、回路面積および消費電力の大幅な削減を実現した (Fig.1(c)).

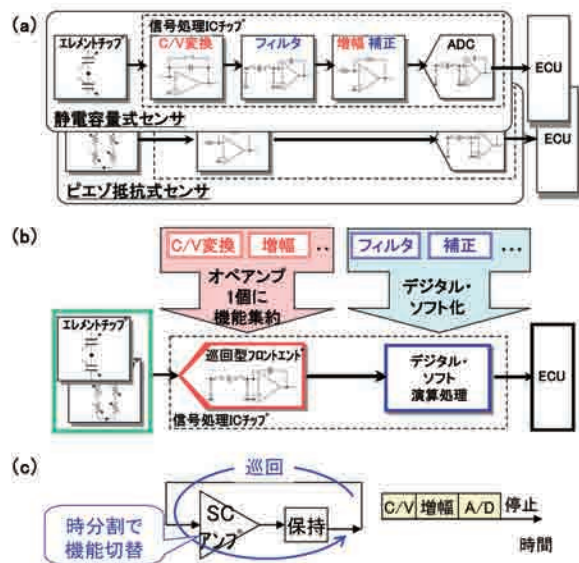


Fig. 1 Signal processing of sensor analog front-end:
(a) Individual signal processing.
(b) Proposed signal processing using cyclic analog front-end.
(c) Concept of cyclic analog front-end.

3. 活用事例；オートゲインFADC

巡回型アナログフロントエンドの広ダイナミックレンジ化は、Floating-Point ADC (FADC) ¹⁾ のアルゴリズムを用いて実現した。SCアンプをMultiplying-DAC

* (社)電子情報通信学会copyright ©2012 IEICE, 「電子情報通信学会2011年ソサイエティ大会講演論文集」 エレクトロニク講演論文集 (2), 2011, pp.80より一部加筆して転載

(MDAC) として構成し、DAC電圧を0Vに設定することで2倍増幅器となり、巡回回数により任意にゲインを変更できる。さらに、Fig. 2(a)に示すようにA/D変換器用の1.5bit Sub-ADCの閾値をADCダイナミックレンジの1/2に設定し、信号振幅に応じて閾値レベルを超えるまで増幅動作させることで、オートゲインが可能となる。増幅後はSCアンプをMDACとして機能させることで、任意の分解能の巡回型ADCとして動作させる。

Fig.2 (b)は、巡回型アナログフロントエンドで静電容量式センサの信号をC/V変換、オートゲイン、A/D変換をさせた場合のINL実測結果である。ゲイン切替境界でもあっても良好な線形性が得られていることがわかる。

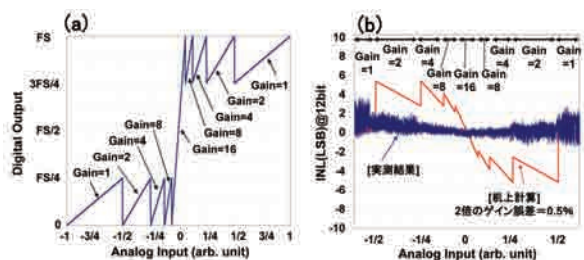


Fig. 2 Auto-gain FADC. (a) Transfer characteristic (b) Measured INL

4. まとめ

多種多様な車載センサの信号処理への対応と小型化を両立するために、巡回アルゴリズムを用いてオペアンプ1個に機能を集約させたアナログフロントエンドを考案し、センサ信号処理ICの回路面積、消費電力の大幅な削減を達成した。

<参考文献>

- 1) D.Thompson and B.Wooley, “A 15-b pipelined CMOS floating-point A/D converter,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol.36, no.2, pp.299-303, Feb.2001.

<著 者>



本多 一隆
(ほんだ かずたか)
半導体先行開発部センサ
IP開発室 工学博士
半導体アナログ回路の
要素技術開発に従事



牧原 哲哉
(まきはら てつや)
半導体先行開発部センサ
IP開発室
半導体アナログ回路の
要素技術開発に従事