

EPSトルクセンサ用カスタムICの開発

吉田一恭

Development of Custom IC for EPS Torque Sensor

K. YOSHIDA

In the electric power steering system, torque sensor is important to detect driver's steering operation as the steering torque data and send the signal to electric control unit.

Conventionally current printed circuit boards on which general purpose surface mounting device was mounted have been used to detect and amplify torque signal detected by a pair of coils. Recently the energy saving effect of electric power steering has been paid attention to and the cars installed electric power steering systems have been increasing. On the other hand, requests for cost reduction and high reliability is increasing more and more.

This paper reports Custom IC for electric power steering torque sensor that has been developed in order to make torque sensor printed circuit board smaller with less electric parts and lower cost.

Key Words: torque sensor, electric power steering, custom IC

1. はじめに

トルクセンサは電動パワーステアリングシステム¹⁾においてドライバのハンドル操作を操舵トルクという形で検出し、制御ユニットに伝達する役目を担う重要なパーツである。一対のコイルで検出されたトルク信号を検波、増幅するため従来は汎用電子部品を実装したプリント基板を使用していた。近年、電動パワーステアリングの省エネルギー効果が注目され搭載車種が拡大しているが、その一方でコストダウンおよび高い信頼性への要求はますます厳しくなっている。このような要求を満たすため、小型で部品点数が少なく、安価なトルクセンサ基板を作ることが可能なEPSトルクセンサ用カスタムICを開発したので紹介する。

2. 非接触トルクセンサの機能

図1に非接触トルクセンサのトルク検出機構を示す²⁾。入力軸に取り付けられた検出リング(1)および(2)、出力軸に取り付けられた検出リング(1)、検出・補償コイルから構成される。検出コイルでトルクを検出し、補償コイルにより検出コイルの温度特性および外来ノイズの影響をキャンセルする。検出コイルおよび補償コイルは図2のようにブリッジ回路を構成しており、検出、補償コイル

のインピーダンス変化のみを電圧信号として取り出す。コイルは高い周波数の正弦波で励磁されており、検出回路で高周波成分を除去し、トルク信号のみを増幅する。検出回路はメイン出力用、サブ出力用に同一回路構成となっており、二重系を構成している。

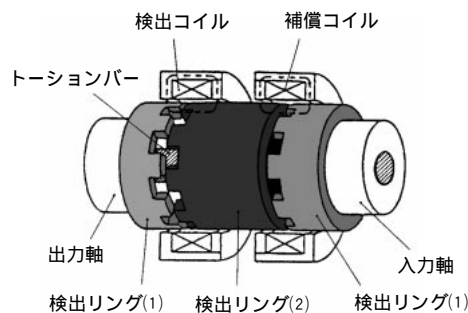


図1 非接触トルクセンサの検出機構
Construction of non contact torque sensor

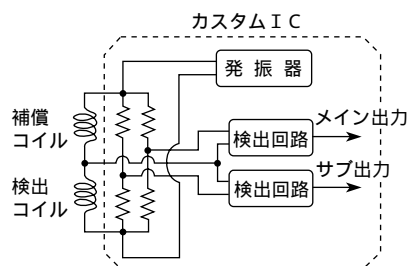


図2 回路ブロック図
Circuit block diagram

トルク検出のメカニズムは図3に示すように、ハンドルトルクによりトーションバーがねじれ、検出コイルの歯部の対向面積が変化することによる磁気抵抗変化をコイルのインピーダンス変化に変換してトルクを検出している。

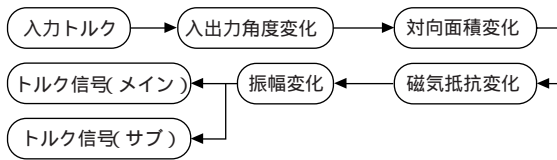


図3 トルク検出メカニズム
Mechanism of torque detection

3. 開発内容

3.1 開発の狙い

カスタムICの開発にあたり、表1に示す目標を設定した。第1番目として温度範囲の拡大が挙げられる。従来トルクセンサ基板に使用していた汎用ICは、動作温度範囲スペックが-30 ~ 80と狭いため、エンジンルームに搭載することは不可能であった。カスタムICはチップとパッケージの熱抵抗を低く設計するなど開発段階からエンジンルーム搭載をめざして開発を行った。その結果、動作温度範囲を120にまでのエンジンルーム搭載対応が必要なP-EPSへ適用できるトルクセンサを開発した。

第2, 第3番目として半導体部品および抵抗器を可能な限りカスタムICに内蔵しワンチップ化することにより、外付け部品点数を削減することである。部品点数が減少すればコストダウンが可能となる。

また故障率が減少し、はんだ付け個所が削減されることによりはんだ不良の発生率が低下し品質向上が期待できる。

4番目としてワンチップ化により、基板面積を縮小することであるが基板の試作結果、20%削減することができた。

表1 カスタムIC開発目的
Purpose of custom IC development

No.	狙い	理由	効果
1	使用温度範囲の拡大	エンジンルーム内搭載	・性能保証温度 -40 ~ 105 ・動作保証温度 -40 ~ 120 ・保存保証温度 -40 ~ 150
2	品質向上	故障率の低減	・部品点数の削減 ・はんだ付け箇所の削減
3	コストダウン		・部品点数の削減 ・基板部品実装工程の削減
4	小型化	搭載性の向上	・基板の小型化(基板面積比20%減)

3.2 開発結果

図4にカスタムIC回路ブロック図を示す。発振回路でコイル励磁用の正弦波を作り出す。これと、振幅反転電流増幅回路で180°位相を反転させた正弦波で検出および補償コイルを駆動する。入力トルクにより検出コイルのインピーダンスが変化するので、ブリッジ回路でコイルのインピーダンス変化を電圧変化として検出する。その電圧を差動増幅回路で増幅し、同期検波回路で入力トルク信号のみを抽出する。以下に開発内容について述べる。

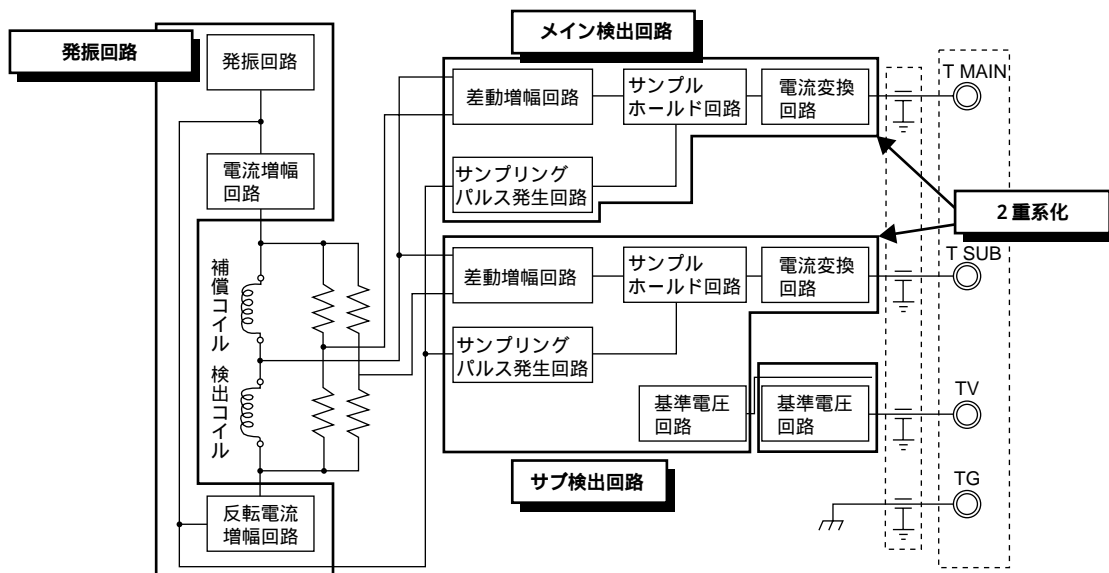


図4 カスタムICの回路ブロック図
Custom IC circuit block diagram

1)チップ内部の二重系化

トルクセンサ回路はブリッジ回路以降にメイン用回路，サブ用回路と同一の回路を用いて二重系を構成し，回路故障の検出を可能としている．カスタム I C 化した場合，メインおよびサブがワンパッケージ化されてしまい，二重系の効果が低くなる．そこでメインおよびサブで電源ピンおよびグラウンドピンを独立で用意し，素子配置もメインとサブで分離することによりチップ内部を二重系化しワンパッケージながらディスクリート構成と同等レベルにまで二重系の効果を高めた(図5)．

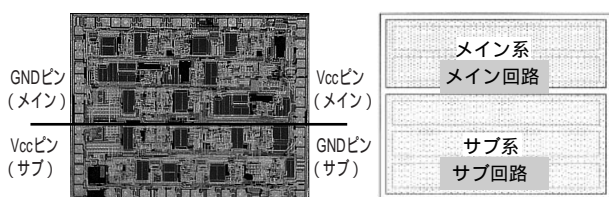


図5 カスタム I C チップ構造
Custom IC chip structure

2)発振回路

発振回路は実績のある 2 相発振回路である．発振回路に使用されている抵抗器をカスタム I C に内蔵するべく検討を行った．I C 内では拡散抵抗が一般的に使用される．これらの抵抗は絶対精度が ± 数十%，温度係数も数千 ppm/ と，ディスクリート部品に比べて性能が劣る．これらの抵抗を使用した場合の発振回路の成立性を検討した結果，拡散抵抗では精度が低いため，発振停止が起きる可能性があることが判明した．このため，ディスクリート部品と同等の精度を確保することができる金属抵抗体を使用することで，コンデンサ以外はカスタム I C に内蔵することができた．

振幅安定化回路として，O P アンプを使用した理想ダイオード回路を採用したため，図6のようにコイル励磁電圧が安定し，温度ドリフト，ばらつきを小さく抑えることができた．

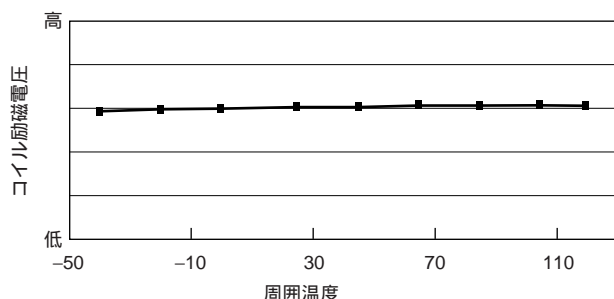


図6 コイル励磁電圧温度特性
Temperature characteristics of coil apply voltage

3)コイル励磁の低歪化

O P アンプ単体で検出，補償コイルを駆動した場合，出力段トランジスタの電流駆動能力が不足しているためコイルを正弦波で励磁できず，図7に示すようなクロスオーバー歪みを発生し，センサ出力に歪みとして出力されてしまう．

カスタム I C では内蔵 O P アンプの出力段回路を工夫することにより，図8のようにクロスオーバー歪みを除去することに成功した．

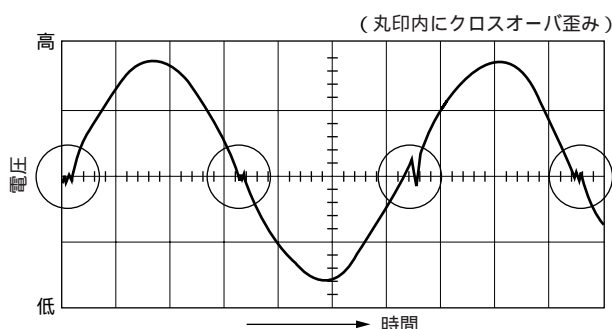


図7 コイル励磁波形
Coil apply voltage waveform

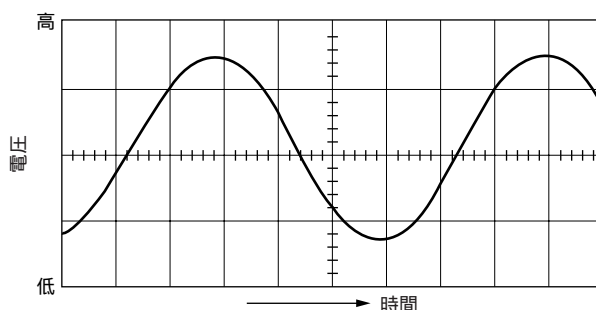


図8 カスタム I C でのコイル励磁波形
Coil apply voltage waveform of custom IC circuit

4)高精度基準電圧源

絶対精度，温度特性ともに優れた特性を有する基準電圧回路としてメイン用，サブ用にそれぞれ独立して内蔵させた．各基準電圧回路には，バンドギャップ電圧源回路を採用した．バンドギャップ電圧源回路は，V B E 依存型電圧源(温度係数が負)と V T 依存型電圧源(温度係数が正)を組み合わせられて作られ，その出力電圧の温度係数はほぼゼロになる．

図9にカスタム I C に内蔵するレギュレータの温度特性のシミュレーション結果と実測結果を示す．温度特性のカーブがよく一致しており，また温度特性も小さく抑えることができた．

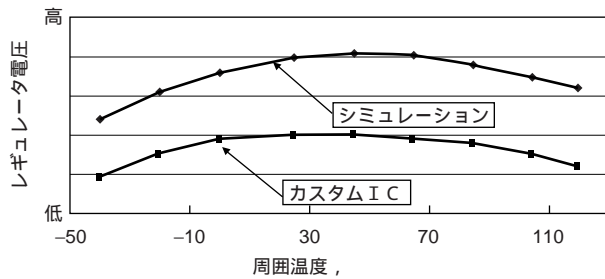


図9 レギュレータ電圧温度特性
Temperature characteristics of regulator voltage

5) I C 内蔵抵抗

I C 内蔵抵抗は絶対精度が低く，相対精度が高いという特徴がある．このため，抵抗の相対精度に性能が依存する分圧回路や O P アンプの帰還回路には拡散抵抗を使用し，絶対精度，相対精度とも高い精度が要求される発振回路やレギュレータ回路には金属抵抗体を使用した．

4 . トルクセンサ基板の温度特性

カスタム I C を実装したトルクセンサ基板を試作し，温度特性を測定した結果を図 1 0 に示す．要求規格に対し 2 0 % の温度ドリフトに収まっており，ばらつきも小さく，エンジンルーム搭載も可能である．

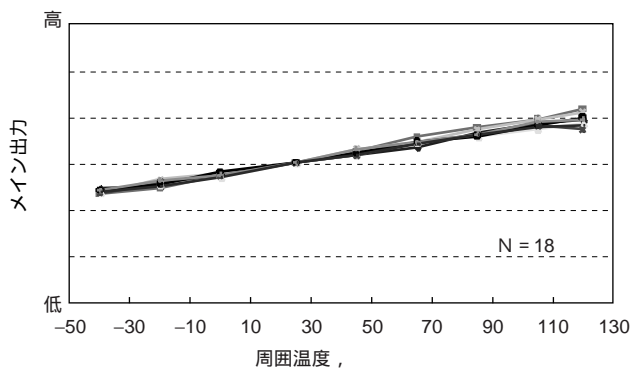


図 1 0 カスタム I C 実装基板温度特性
Temperature characteristics of printed circuit board mounted custom IC

5 . おわりに

カスタム I C を開発することによりトルクセンサ基板の部品点数を削減することが可能となり，コストダウンを実現することができた．また，部品点数の削減により基板面積の小型化が可能になり，温度特性のばらつきも抑えられた．今後，E P S がエンジンルームへ搭載されることが多くなると思われるので，ますますカスタム I C のニーズが増え，E P S の性能向上に貢献できるであろう．

参考文献

- 1) 井尻和一郎，大道俊彦，杉本匡英，平櫛周三：KOYO Engineering Journal, no. 134 (1988) 48.
- 2) 谷口学，永野英信：KOYO Engineering Journal, no. 137 (1990) 68

筆者



吉田一恭*
K. YOSHIDA

* ステアリング事業本部 ステアリング技術センター
ステアリング電装技術部