

Technical White Paper

非接触型ロータリー・エンコーダおよびノブ・アプリケーションでのホール効果センサの使用



Justin Beigel

Position Sensing

概要

ユーザー・インターフェイス用のダイヤルとノブは従来、ロータリー・エンコーダまたはポテンショメータを使用して、回転角または絶対角度の変化を判定していました。これらの方法では内部に金属接触部があるため、時間の経過とともに磨耗し、寿命の長いアプリケーションで故障の原因となるおそれがあります。

システム内の電気機械式接点の数を減らすと、故障の原因となる箇所が減り、より信頼性の高い設計を実現できます。電気機械式の接点を使用するダイヤルは、ホール効果センサや磁石など、他の非接触型の部品を使用するダイヤルよりも寿命が短くなる可能性があります。

磁気センサを使用してダイヤルを実装する方法はいくつかありますが、CORDIC (座標回転デジタル・コンピュータ) 計算機能を内蔵したセンサを使用すると、レジスタの通知によって角度位置データが得られるため、データを外部で処理する必要がなくなり、設計プロセスを簡素化できると同時に正確な結果が得られます。CORDIC 機能を持たないセンサを使用する場合は、磁界強度のみを提供するセンサに対して、マイコンで計算を実行して磁石の角度を決定する必要があります。また、ホール効果センサには、さまざまなフルスケール測定範囲が用意されており、さまざまな磁石を使用できます。

このホワイト・ペーパーでは、磁気センサについて簡単に紹介し、非接触型ダイヤル・アプリケーションでの磁気センサの使用手法と、非接触型方式の利点について説明します。

目次

1 機械式ノブとロータリー・エンコーダの問題点.....	1
2 回転検出用のホール効果センサ.....	2
3 磁気ダイヤルの設計上の考慮事項.....	4
4 まとめ.....	4
5 リファレンス.....	4

図の一覧

図 2-1. ホール効果スイッチの出力.....	2
図 2-2. ホール効果ラッチの出力.....	2
図 2-3. リニア・ホール効果センサの出力.....	3
図 2-4. 2 つのセンサを実装した場合の直交出力.....	3
図 2-5. 3D リニア・ホール・エフェクト・センサの磁石と出力データ.....	4

1 機械式ノブとロータリー・エンコーダの問題点

ヒューマン・マシン・インターフェイス (HMI) システムにダイヤルを実装する場合、一般的にはポテンショメータまたはロータリー・エンコーダを使用します。いずれのシステムにも内部接点があり、接点の変化によって回転信号を出力します。

ポテンショメータには、抵抗性素子と、素子に沿って移動するスライド式の接点があります。ポテンショメータの回転に応じて抵抗が変化するため、回転の変化を判定できます。ポテンショメータは比較的低価格で、実装に必要な接点は一般にわずか 3 つです。

ロータリー・エンコーダは、絶対角度または増分角度の変化を測定します。電気機械式ロータリー・エンコーダは、プリント基板上のトラックと、エンコーダの回転に応じて移動する接点ブラシを使用して構築されています。ロータリー・エンコーダは、電気機械式と非接触型のどちらの検出システムにも実装できるため、技術の違いが原因でコストにばらつきが生じます。

ただし、ポテンシオメータと電気機械式ロータリー・エンコーダのどちらにも、磨耗や破損という大きな問題があります。接点
 が他の電氣的要素の上を移動するうちに、時間の経過に伴って接点が破損することがあります。その結果、性能の低下
 や、最終的には動作の停止に至ります。何らかの機能が失われると、電気機械式ロータリー・エンコーダやポテンシオメ
 ータを搭載した製品の修理または交換が必要になります。磁気、誘導性、または光学方式を使用して回転検出を実行すれ
 ば、製品寿命の短縮をもたらす故障の原因となる箇所は減りますが、追加の部品が必要になるため、実装コストが高くなり
 ます。磁気式の回転検出では、回転の変化を判定するための磁石とセンサが必要になります。そのための選択肢の 1 つ
 は、磁界の強度を測定するホール効果センサです。

2 回転検出用のホール効果センサ

ホール効果センサは磁石の磁界強度を測定します。スイッチ・センサ、ラッチ・センサ、リニア・センサの 3 種類がありま
 す。

スイッチとラッチは、磁界強度に基づいてデジタル信号を出力します。図 2-1 に示すように、スイッチは、磁界強度が特定
 のスレッシュホールドを上回ったときに信号を出力します。図 2-2 に示すように、ラッチは、検出した磁界が N 極から S 極、ま
 たは S 極から N 極に変化したときに出力を切り替えます。これらのデバイスはデジタル応答のみを出力しますが、リニ
 ア・ホール・センサよりも安価で低消費電力です。これらのデバイスは、ブラシ付きロータリー・エンコーダと同様の情報を
 提供します。ブラシ付きロータリー・エンコーダは、実装ごとに増分の増加量と方向がわかっています。

図 2-3 に示すように、リニア・ホール・センサは、磁界強度をレジスタ出力またはアナログ出力で表現します。磁界の複数
 の軸を検出する必要がある場合、テキサス・インスツルメンツの [TMAG5170](#)、[TMAG5170D-Q1](#)、[TMAG5173-Q1](#)、[TMAG5273](#)
 などのホール効果センサは磁界の 3 つの軸すべてに敏感なため、1 つのセンサのみで磁石の回転を判定
 できます。これらのデバイスは、磁界の角度が簡単に得られる CORDIC アルゴリズムを内蔵しているため、磁界の角度を
 個別の磁界データに基づいて計算する必要はありません。リニア・ホール・センサはスイッチやラッチよりも高価格ですが、
 回転に関する追加データを得ることができ、磁石の絶対角度の決定にも使用できます。

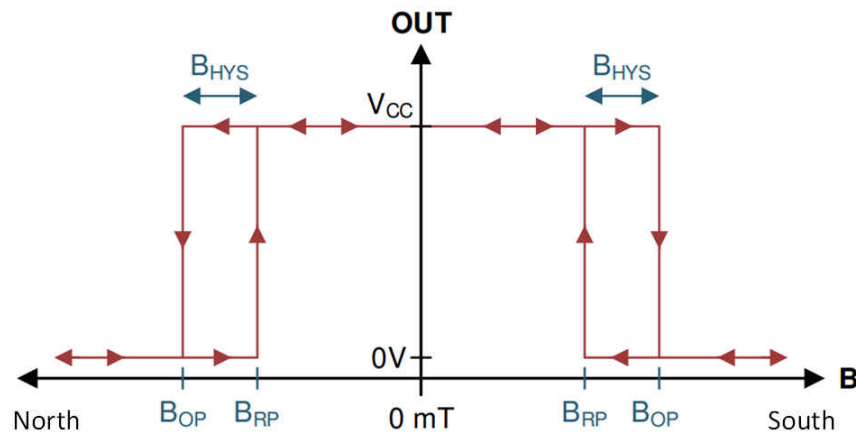


図 2-1. ホール効果スイッチの出力

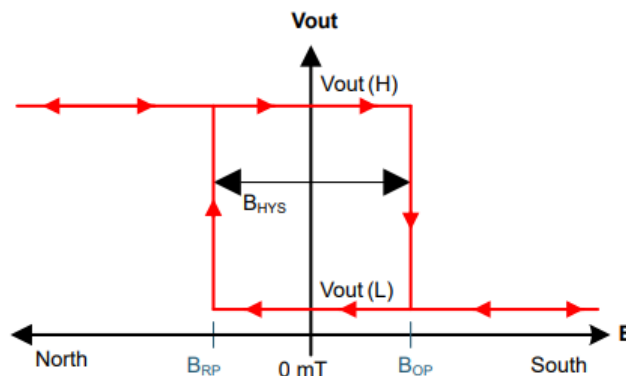


図 2-2. ホール効果ラッチの出力

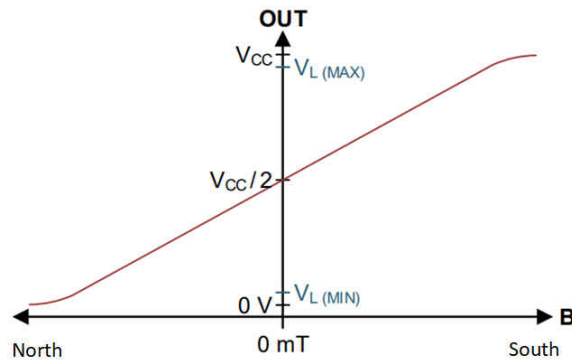


図 2-3. リニア・ホール効果センサの出力

スイッチ付きロータリー・エンコーダは、位相差がある 2 つのセンサを使用して、回転の変化の向きを測定します。

リング磁石を使用すると、1 個のラッチ付きデバイスから回転情報を取得できます。複数のラッチを使用すると、システムに関するさらに多くの情報が得られ、特定のリング磁石で検出できる位置の数が増えます。たとえば、16 極のリング磁石と 1 個のラッチを使用する場合は、そのラッチが出力する High と Low の信号に基づいて回転の変化を判定します。一方、図 2-4 に示すように、位相差がある 2 つのラッチを使用すると、2 つのラッチのスイッチング出力の 4 種類の組み合わせを利用して回転の変化を判定できます。この構成では、回転ごとの状態の変化の数が増えるため、回転判定の分解能も向上します。

ラッチから良好な直交形式の出力を得るには、センサの配置が重要です。単一のラッチでは変化の向きに関する情報は得られませんが、複数のラッチを実装すると、立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジの変化の順序を使用して、変化の向きに関する情報を提供できます。

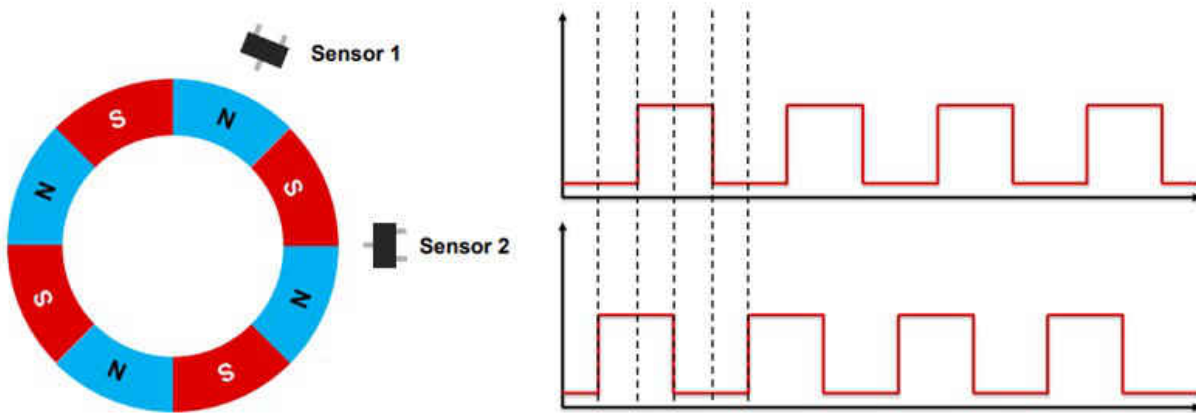


図 2-4. 2 つのセンサを実装した場合の直交出力

3D リニア・センサは、磁界の複数の軸を使用して磁石の角度を判定できます。図 2-5 に示すように、ホール効果センサの上に、直径方向に N 極、S 極となる円柱型磁石を 1 個配置すると、磁石がホール効果センサの上を回転するにつれて、磁界の X 成分と Y 成分が正弦波パターンで変化します。2 つの信号には位相差があるため、磁石の正確な角度を計算できます。

一部のホール効果センサには、磁石の角度を判定するためのアルゴリズムが内蔵されているため、マイコンは磁界データの後処理を実行せずに、レジスタを読み取るだけで磁石の角度を判定できます。3D ホール効果センサを使用すると、3 番目の磁界軸を利用して、浮遊磁界耐性またはダイヤルのプッシュ機能を実装できます。また、回転検出を実行するために、常にホール効果センサのすぐ上に磁石を配置する必要はありません。センサは磁界の 3 軸をすべて検出しているため、ホール効果センサと同一平面上またはずれた位置に磁石を配置しても、正確な回転情報が得られます。

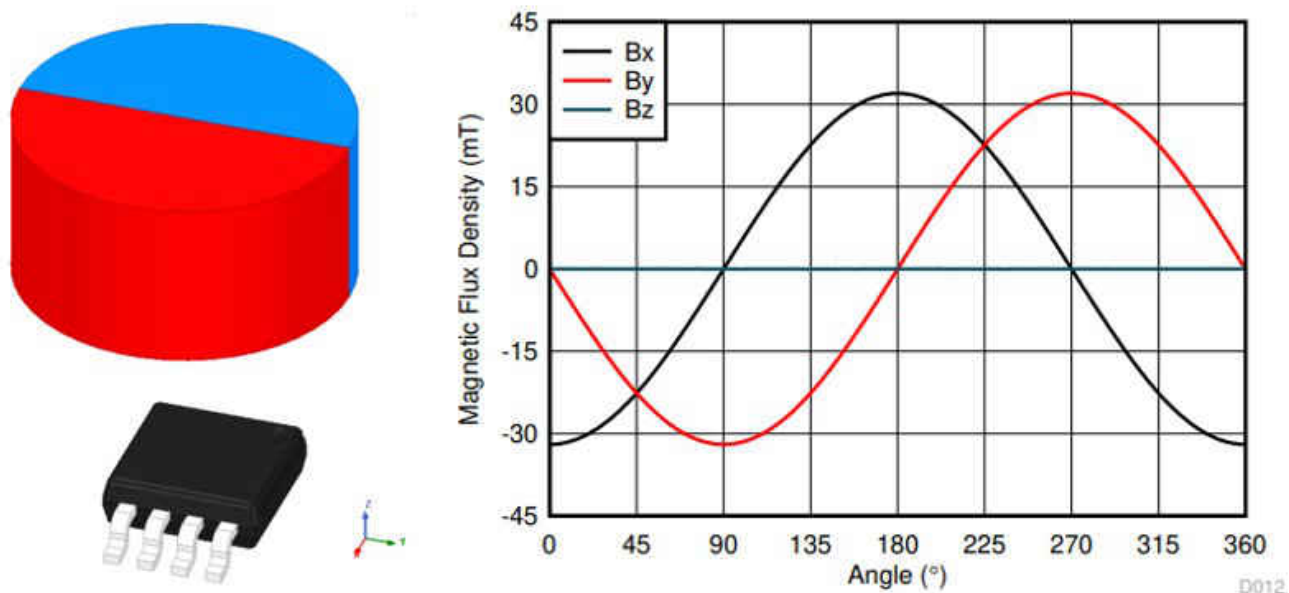


図 2-5. 3D リニア・ホール・エフェクト・センサの磁石と出力データ

3 磁気ダイヤルの設計上の考慮事項

HMI アプリケーション用のダイヤルまたはロータリー・エンコーダの設計では、高いサンプル・レートは必要ありません。サンプル・レートを低めにするだけで、ホール効果デバイスは、スリープ・モードやウェークアップ・モードなどの低消費電力機能を使用することや、データ平均化機能を統合して信号対雑音比を向上させることができます。ホール効果センサを使用するダイヤルを設計する場合、ハプティクス・フィードバックを使用して機械的フィードバックを実装するか、機械設計にノッチを含めることができます。

ダイヤルの機械的設計を変更して機械的フィードバックを組み込むと、機能セクタなどを設計する際に、回転範囲の特定の領域にスナップする機能や、状態間の干渉を回避する機能を実装できます。この機械的システムは回転検出に関与しないため、ダイヤルの機械的要素の摩耗や損傷が回転検出性能に影響を与えることはありません。ダイヤルの感触に多少の劣化が生じる可能性はありますが、信頼性の高い検出機能を実装すると、製品の修理や交換を必要とせずに長時間の動作を継続できます。

4 まとめ

ホール効果ダイヤルを設計する場合は、適切な磁石とセンサの選択について考慮する必要がありますが、機械的な磨耗や破損による故障の原因となる箇所を排除できます。故障の原因になり得る箇所を減らすことにより、車載センター・コンソールの音量ノブや家電製品の選択ダイヤルなどの品質が大きく改善される可能性があります (これらの製品は修理が困難で、コストがかかります)。多くの磁石メーカーは、磁石の強度を判定するためのツールを提供しています。このツールを使用して、適切なホール効果センサを決定できます。

5 リファレンス

回転アプリケーションでホール効果センサを使用する方法の詳細については、テキサス・インスツルメンツの『[多軸リニア・ホール効果による角度測定](#)』アプリケーション・ノートを参照してください。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated