

第4章 ホール素子やフォト・ダイオードの 広レンジ出力をワンチップで変換

0.1 pA 以下の微小電流や 100 A 級大電流の A - D 変換

中村 黄三
Kozo Nakamura

センサが出力するアナログ信号をデジタル変換して CPU に取り込むまでの信号経路が複雑なほど、多くの誤差が混入しますから、回路はできるだけシンプルにしたいものです。回路をシンプルに構成する方法の一つに、用途に特化した ASSP (Application Specific Standard Product) と呼ばれる IC を利用する方法があります。

本章では、この ASSP を利用して、次に示す信号を検出できる A - D 変換回路を 2 例紹介します。

- (1) 電流から出る磁束によって抵抗値が変化するホール素子を使った DC 大電流検出
 - 有効分解能 (実効値) : 14 ビット
 - 有効電流分解能 (測定最大電流 100 A 時) : 7.6 mA_{RMS}
 - 回路非直線性 (センサ出力 ± 100 mV 時) : 0.012% 最大
 - 変換速度 : 156.25 kS/秒
 - 周波数帯域幅 : 40.9 kHz @ -3 dB
- (2) 分光式の成分分析機器で使われるフォト・

ダイオードが出力する 1pA 以下の微小電流の検出

- フルスケール入力レンジ数 : 10 n ~ 20 μA の 8 レンジ, オプション使用で最大 156 μA
- 各レンジのビット分解能 : 20 ビット
- レンジ組み合わせによる有効分解能 (実効値) : 27.85 ビット (オプション使用時は 30.8 ビット)
- 有効電流分解能 : 83 fA_{RMS}
- 回路非直線性 : 読み取り値の 0.025% ± 1 ppm

100A 級の電流を 10mA 以下の分解能で検出する

● 大電流を検出する方法

▶ 抵抗を挿入して両端に生じる電圧降下を捕らえる
電力ケーブルの電流経路に挿入した抵抗 (シヤント抵抗) と呼ぶの両端に発生する電圧から電流を割り出すことができます。この方式は、本来存在しない抵抗を回路に挿入することになるので、この影響ができるだけ小さくなるように、0.数Ωの超低抵抗を使います。測定できる最大値は約 100 A です。

▶ トランスを利用して誘起電圧を捕らえる

100A を越える電流を測定するときは、非接触方式を採用します。実用化されている方法は、リング状のコアに電力ケーブルを通し、コアに巻かれた 2 次巻き線への誘起電圧を測定するものです。このトランスを AC カレント・トランス (ACCT) と呼びます。

▶ ホール素子で磁束の変化を捕らえる

図 1 に示すように、磁気センサであるホール素子をコアのギャップ部に挿入して測る方法があります。このトランスは、交流電流だけでなく、直流電流も測れ

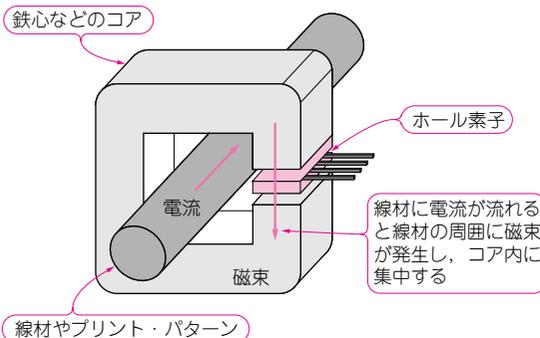
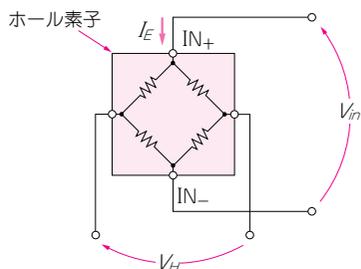


図 1 交流/直流の電流が測定できる DC カレント・トランス (DCCT) の構造

Keywords

ホール素子, フォト・ダイオード, AC カレント・トランス, DC カレント・トランス, ADS1208, コンプライアンス電圧範囲, 暗電流, 光電流, トランスインピーダンス・アンプ方式, 積分アンプ方式, DDC112, 実効分解能, ENOB



$$V_H = \frac{K_H}{d} I_E B \quad \dots\dots\dots (1)$$

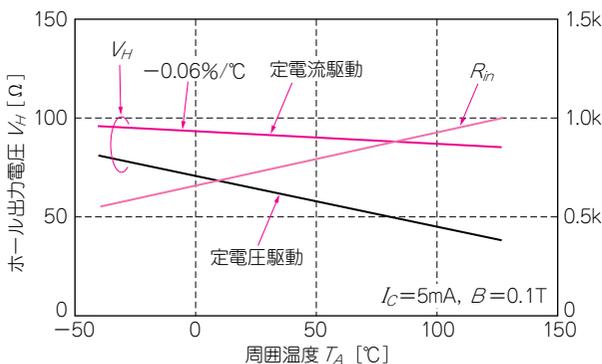
ただし、 K_H : ホール素子の係数,
 d : ホール素子の厚み[m], I_E : 励起電流[A], B : 磁束密度[Wb/m²]

$$K_H = \frac{1}{en} \quad \dots\dots\dots (2)$$

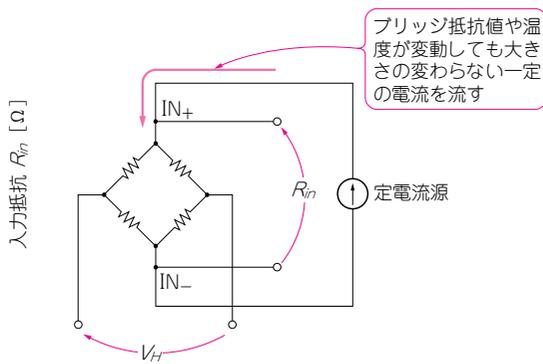
ただし、 e : 電子の電荷量[C],
 n : 半導体のキャリア密度

図2 ホール素子と等価回路

ホール素子は半導体の薄い板に磁束を通過させるとその抵抗成分が磁束密度によって変化することを利用した磁気センサ



(a) ホール素子の抵抗値は温度が上がると大きくなる



(b) ホール素子は一定の電流を流して使う

ガリウム砒素(GaAs)は、磁束密度に対する抵抗値変化の直線性が良いので電流計測用センサによく使われるが、ブリッジ抵抗 R_{in} が温度に比例して増大する。このような素子を定電圧駆動とすると、温度に比例して励起電流が減少し感度が下がる。励起電流が変化しないように定電流で駆動する

図3 ホール素子は温度上昇による測定感度低下を避けるために一定の電流を流し込む

るためDCカレント・トランス(DCCT)と呼びます。どちらも非接触なので、感電防止や回路保護のための強化絶縁が不要です。

● ホール素子のしくみと性質

ホール素子は、半導体の薄い板に磁束を通過させると、その抵抗成分が磁束密度によって変化することを利用したセンサです。

図2に示すように、等価回路は抵抗ブリッジとみなせるので、ブリッジの入力側であるIN+とIN-に電圧または電流を加えれば、ブリッジ出力電圧(V_H)を取り出すことができます。

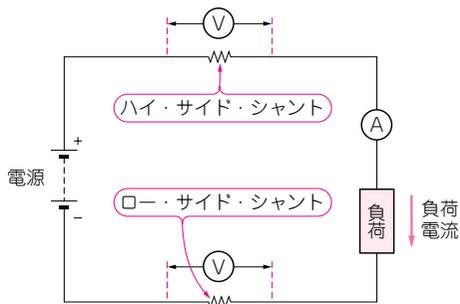
図2中の式(1)に示すように、 V_H はブリッジに流す励起電流(I_E)と磁束密度(B)に比例し、素子の厚み(d)に反比例します。式(2)はホール素子の係数(K_H)の意味を示しています。

用語解説—1

シャント抵抗

シャント(shunt)抵抗とは、図Aのように電流を測るラインに直列に入れる抵抗のことです。シャント抵抗に電流が流れると電流に比例した電圧降下が発生するので、この電圧と抵抗値から電流値を計算できます。シャント抵抗を入れる位置は二つ考えられ、電源のプラス側に入れる場合はハイ・サイド・シャント、マイナス側に入れる場合はロー・サイド・シャントといいます。

シャント抵抗として使用する抵抗器には、抵抗値の正確なものが必要です。



図A シャント抵抗による電流測定