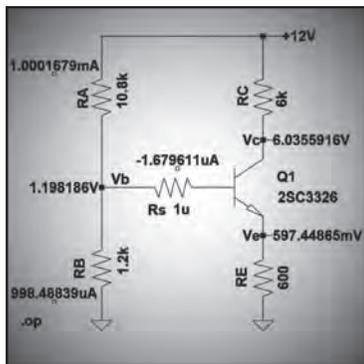


# 連載



産業分野の主要センサ活用と  
高精度なアナログ回路設計プロセスを学ぶ

## 新人技術者のための アナログ回路設計スタディ

第10回 差動トランス(変位置)&フォト・ダイオード(測光)回路

中村 黄三 Kozo Nakamura

前号では信号変換として測温抵抗体のR-V変換、熱電対の $\mu\text{V}$ 増幅について解説しました。今月からはじめに物体の( $\mu\text{m}$ オーダー)微小な移動・変位置を測定するとき利用されているいわゆるメカトロ・センサ…差動トランスにおけるAC-V(AM変調波)/DC-V(同期検波)変換の回路技術を紹介し、後半は光センサの中でも広い用途をもつフォト・ダイオードにおける光電流…微小電流-電圧変換(トランス・インピーダンス・アンプ)について解説します。

### 差動トランスによる 物体の移動・変位置の測定

#### ● 差動トランスとは

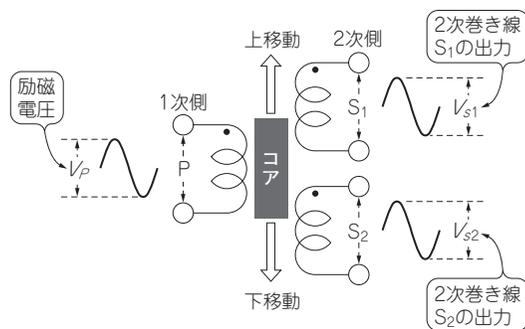
センサの中には、測定量がAC波形の振幅として出力されるものがあります。その代表的なものが、図1に示す差動トランス(略号はLVDT)です。差動トランスの1次巻き線“P”をサイン波“VP”で励磁すると、2次巻き線S<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>からコアの位置で決まる振幅のAC電圧出力V<sub>S1</sub>とV<sub>S2</sub>が出力されます。コアと加工対象物(ワーク)などを機械的に連動させることで、同図下部に示すようにV<sub>S1</sub>とV<sub>S2</sub>の振幅差から、ワークの位置情報や移動量を検出することができます。

なお“LVDT”の由来は、Linear Variable Differential Transformerの頭文字を取ったものです。和名として差動トランスと呼ばれています。

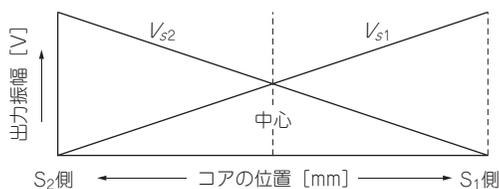
#### ● 和差算の比を求めることでコアの位置を特定

差動トランスのコア位置は、差動トランス出力のV<sub>S1</sub>とV<sub>S2</sub>に対して、和差算の比を取ることで特定することができます。ここでいう和差算とは、S<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>の出力の和(V<sub>S1</sub>+V<sub>S2</sub>)を、差(V<sub>S1</sub>-V<sub>S2</sub>)で割ることで、また、和差算の比はDC(直流)電圧なので、そのままA-Dコンバータ(以下、ADC)で数値化してMPUで処理することが可能です。

図2は、今述べたことが可能であることを証明するためのシミュレーション用回路です。差動トランスと同じ波形が出力できるように、差動トランスの1次巻



(a) 差動トランスのしくみ



(b) 差動トランス出力

(メモ) LVDTとはLinear Variable Differential Transformerの略。和訳は差動トランス

#### 図1 対象物の位置や移動量が測定できる差動トランス(LVDT)

差動トランスの1次巻き線をサイン波で励磁すると、2次巻き線S<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>からコアの位置で決まる振幅の出力(V<sub>S1</sub>, V<sub>S2</sub>)が出力される。コアと加工対象物(ワーク)などを機械的に連動させることで、各出力の振幅差からワークの位置情報や移動量を検出することができる

き線“P”に相当するジェネレータV<sub>2</sub>(出力ノードは“P”)、および2次巻き線S<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>に相当するビヘイビア(behavior: 行い、ふるまいの意)電圧源B<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>(出力ノードは“S<sub>1</sub>”と“S<sub>2</sub>”)により構成しています。

V<sub>1</sub>およびV<sub>3</sub>から振幅変調波をB<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>に与え、図3のS<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>の波形をつくっています。これらの信号を理想アンプで構成する2つの差動アンプで受け取りますが、それぞれ減算回路(上)と加算回路(下)として使っています。これらは本連載2月号の128頁(図9)で紹介したOPアンプの使い方の応用です。和差算の比を取るための割り算は、ビヘイビア電圧源B<sub>3</sub>で行っており、その出力ノードは“Det”(=検波)になります。