

## RMSからDCへの直接変換を使った高精度LVDT信号の調整

- デザインノート362

Cheng-Wei Pei

はじめに

リニア可変差動トランス(LVDT: linear variable differential transformer)は、理論的には無限大の分解能を有する変位測定器です。LVDTはトランスの2つの2次巻線に結合した磁束を比較して、動いているトランス・コアの変位を決定します。低歪みの正弦波を入力として使います。2つの2次巻線の両端の出力信号の振幅と位相により、中心を基準にしたLVDTコアの距離と極性が求められます。

適切な信号調整回路により、製造工程、流体レベルの測定、構造/張力試験など、要求の厳しいアプリケーションで非常に高精度の測定が可能になります。一般的なアプリケーションの1つは、ブルドン管の端にLVDTを用いて、システムや気圧の微小変化を測定することです。

LVDTの信号調整の最も一般的な方法は、復調(つまり、全波整流)および整流された正弦波の簡単なローパス・フィルタ

処理です。ただし、復調方法の精度は位相調整の精度に依存します。さらに、復調に関連した損失として、スイッチや関連した電荷注入やタイミング・ジッタがあります。このような状況では12ビットの精度を達成するのは困難です。

LVDTの信号調整のもっとすぐれた手法を図1に示します。真のRMSからDCへのコンバータであるLTC<sup>®</sup>1967は、LVDT出力の正弦波を0.15%のリニアリティ誤差と0.3%の利得誤差で正確なDC電圧に直接変換することができます。LTC1967の性能は入力の位相に依存せず、全温度範囲にわたって非常にすぐれた性能を維持します。別の回路がLVDTの出力の位相を決定し、その位相を使ってLVDTのコアの位置の極性を決定することができます。真の高精度性能はこの簡単な回路と最小限の較正によって実現することができます。

LT、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

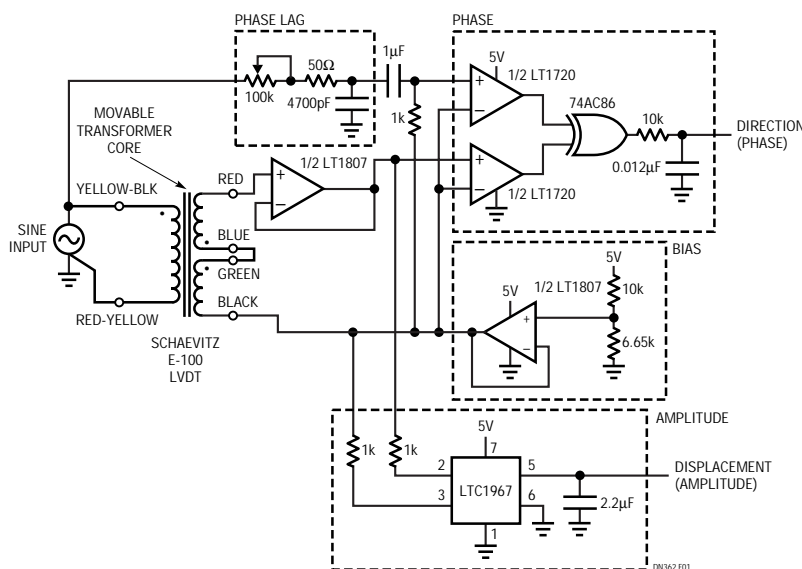


図1. LTC1967 RMSからDCへのコンバータと外部位相検出回路を組み合わせたLVDTの信号調整の新しい手法

## LVDT動作

LVDTではトランスの1次巻線が低歪みの正弦波によってドライブされます。12ビットのシステムでは、入力正弦波は歪みが - 74dB未満で、振幅の安定性が0.02%よりも良くなければなりません。ヌル(中心)位置では、2つの2次巻線は等量の磁束結合を受け取りますが、それらの両端の差動電圧はLVDTの漏れ磁束のためゼロではありません(図2を参照)。LVDTのコアがどちらの方向に移動しても、差動電圧の振幅が増加します。差動出力の位相はLVDTコアが中心のどちら側にあるかによって変化します。

## 回路の説明

図1に示されているLVDT(線形範囲が $\pm 2.5\text{mm}$ のSchaevitz E-100)は、低歪みで振幅の安定した $3\text{V}_{\text{RMS}}$ (メーカーが推奨する振幅)の正弦波によってトランスの1次巻線がドライブされます。数100kHzまで十分動作するLVDTが存在しますが、E-100の推奨最大周波数は10kHzです。周波数の高いRMSからDCへのコンバータであるLTC1968に高い励起周波数を使うと、セトリング時間が速くなり、干渉を引き起こすおそれのあるオーディオ周波数の信号が減少します。

単電源動作を容易にするため、LT<sup>®</sup>1807アンプの片半分は出力正弦波のDCレベルが測定回路の同相範囲内(5V電源で約2V)に入るようにバイアスします。LT1807の他の半分は忠実度の高い信号を得るためLVDTの出力をバッファします。LT1807は10kHzでの開放ループ利得が高く、歪みが非常に小さく、同相除去が高いので、LVDTの振幅信号の精度を維持するために選択されました。LT1807のバッファされた出力信号は、LTC1967(真のRMSからDCへのコンバータ)によって、トランスのコアの変位にリニアに比例するDC信号に変換されます。

回路の位相検出器の部分は、位相調整ネットワーク(これは具体的なLVDTと励起周波数に依存して位相のリードまたはラグを与えます)、排他OR(XOR)ロジック・ゲート、およびRCローパス・フィルタ・ネットワークで構成されています。回路の出力はLVDTのコアが中心の片側に位置するとき高くなり、他の側に移動すると低くなります。LT1720の2個のコンパレータは位相を調節した入力と出力の正弦波のゼロクロス点を検出します。XORゲートは入力一致すると出力が「L」になり、入力一致しないと出力

が「H」になります。RCネットワークは、位相のわずかな不整合によるコンパレータの出力スパイクの影響を制限するため、位相ネットワークの帯域幅を1.3kHzに制限します。位相検出器の帯域幅制限ネットワークの周波数をLVDTの励起周波数よりも低くして位相出力リップルを最小に抑えることを推奨します。

## 回路の較正

信号調整回路を較正するには、まずLVDTをヌル位置(中心)に移動します。中心位置は振幅出力が最小になる位置です。位相検出器の出力電圧を記録してから、出力が約2Vに達するまで位相リード/ラグのネットワークを調節します。LVDTごとに変化する可能性のある振幅出力の限界値を記録します。

## まとめ

図1の回路の振幅出力と位相出力を図2に示します。LVDT信号調整の新しい手法を使うと、安定した高精度の性能が得られ、ICの個数が減少します。同期復調方式とは異なり、回路の精度は手作業による位相調節には依存せず、真のRMSからDCへのコンバータであるLTC1967(またはLTC1968)に作り込まれている高い精度にだけ依存します。回路は多くの産業用や計装用アプリケーションに十分なだけ堅牢です。全温度範囲にわたって十分な精度を維持し、入力信号の位相の影響を受けません。簡単に較正できる外部の位相検出器により、中心のどちら側にLVDTのコアが位置しているかが決定されます。

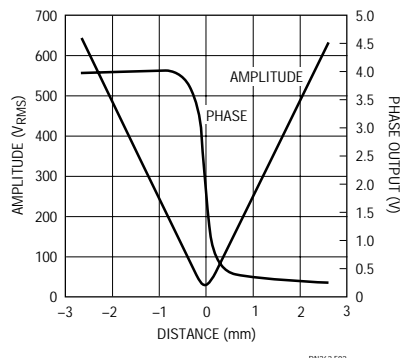


図2. 振幅および位相出力とLVDT回路の位置。中心点の振幅がゼロではないのはLVDT内の漏れ磁束のためであり、測定回路に起因するものではない

## データシートのダウンロード

<http://www.linear-tech.co.jp>

お問い合わせは当社または下記代理店まで(50音順)

株式会社立花エレクトック  
〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1  
TEL(03)5400-2529 FAX(03)3437-2696

株式会社トーマンエレクトロニクス  
〒108-8510 東京都港区港南1-8-27  
TEL(03)5462-9615 FAX(03)5462-9695

東京エレクトロンデバイス株式会社  
〒224-0045 横浜市都筑区東方町1  
TEL(045)474-5114 FAX(045)474-7116

## リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6秀和紀尾井町パークビル8F  
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268  
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn362f 0405 45.3K • PRINTED IN JAPAN



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2005