

HCNR201/200

高リニアリティ性能フォトカプラを使用した 絶縁型対数増幅器

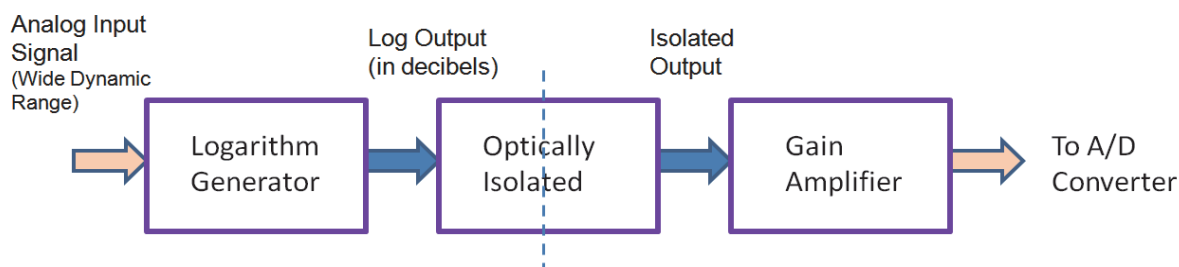
はじめに

対数機能を備えた対数増幅器は、広ダイナミック・レンジの信号を圧縮するために役立ちます。測定量はデシベル (dB) 単位で表されます。これらの増幅器は、ビデオ、医療、テスト、測定システムなどの広範な用途で使用されます。対数増幅器を使用すると、特定のアナログ設計に適したコンパクトで使いやすいコスト効率の高い回路を構築できます。

工業用途では高電圧が存在するため、モータを操作する作業者と機器をガルバニック絶縁によって保護する必要があります。HCNR201/200 は、モータ制御ドライブ、スイッチング電源、インバータ・システムでの、電流検出と電圧監視に使用できます。

HCNR201/200 アナログ・フォトカプラは、一般に、応用回路のフロント・エンド・モジュールでアナログ信号を絶縁するために追加されます。フォトカプラは、アナログ入力と A/D コンバータの間に配置され、混合信号 ADC とその他のデジタル回路からアナログ信号を絶縁します。

図 1：フォトカプラの配置

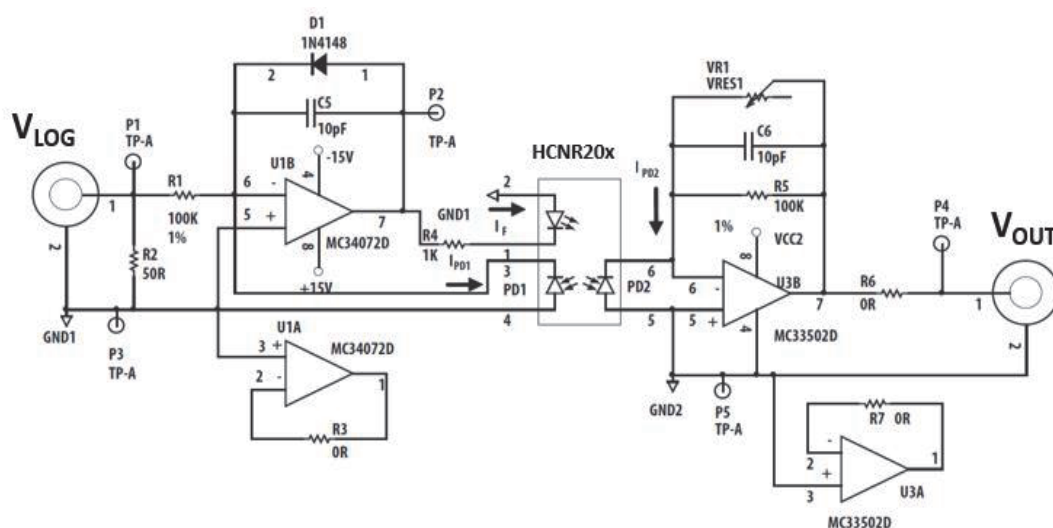


HCNR201/200 を使用した光絶縁

Broadcom® フォトカプラを使用した絶縁は、モータ・ドライブの IGBT で誤動作が発生した場合に、IGBT の高電圧側から制御部分 (MCU など) を保護します。

Broadcom 高リニアリティ性能フォトカプラの HCNR201/200 は、良好な安定性、リニアリティ、帯域幅、および低コストが必要となるさまざまな用途で、アナログ信号を絶縁するための優れたソリューションを提供します。HCNR201/200 は、1 つの LED と 2 つの厳密に整合されたフォトダイオード (PD1 と PD2) で構成されています。変換利得は、HCNR201/200 において重要なパラメータであり、それによって、2 つのフォトダイオードがどのくらい厳密に整合しているかが決まります。HCNR201 の変換利得は 5% とタイトで、HCNR200 の変換利得は 15% です。フォトダイオードによって制御されるタイトな変換利得を備えた、Broadcom 高リニアリティ性能フォトカプラは、LED の非リニアリティ性とドリフト特性を実質的に除去することができます。HCNR201 では、温度過上昇時で 0.07% の非リニアリティ性が達成されます。図 2 に、HCNR201/200 を使用した絶縁型利得アンプ回路の例を示します。フォトダイオードの電圧は基本的に 0V であるため、HCNR201/200 は光起電力ダイオード・モードで接続されます。

図 2： HCNR201/200 を使用したアナログ絶縁回路の例



式 1：

$$V_{\text{LOG}} = I_{\text{PD1}} \times R_1$$

式 2：

$$V_{\text{OUT}} = I_{\text{PD2}} \times R_5$$

式 3：

$$(V_{\text{OUT}} / V_{\text{LOG}}) = K_3 \times (R_5 / R_1)$$

K_3 は、HCNR20x の変換利得です（PD2 を流れる電流、 I_{PD2} を PD1 を流れる電流、 I_{PD1} で除算したもの）。

利得 1 を得るために、 R_5 と R_1 を 100 k Ω に設定できます。したがって、 $R_1 = R_5$ の場合、出力信号は入力信号に従います。

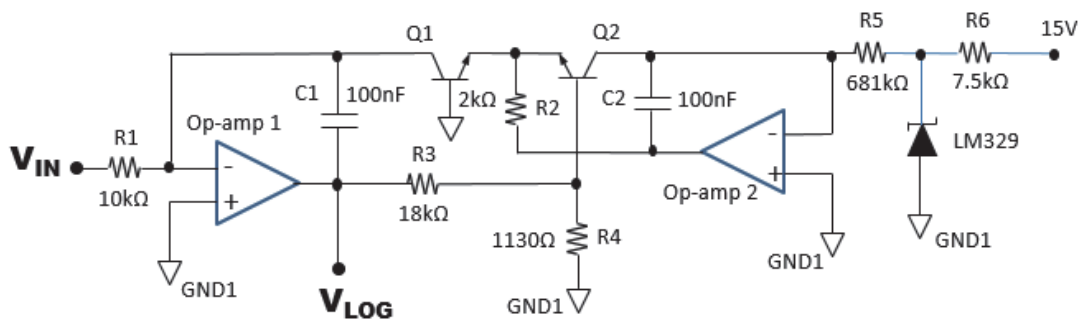
対数ジェネレータ

大きなダイナミック・レンジの信号を含む用途の場合、小さい振幅信号と大きい振幅信号の両方を処理するのは困難です。そのため、信号を圧縮するための対数増幅器が必要となります。

図 3 に対数ジェネレータのシンプルな回路を示します。回路は、1 組の整合したトランジスタ Q1、Q2 とオペアンプで構成されます。トランジスタ Q1 と Q2 は、反転オペアンプのフィードバック要素として動作します。回路出力 V_{LOG} は、入力信号 V_{IN} に対して対数的です。

ツェナー・ダイオードの LM329 を使用すると、Q2 のコレクタ電流は一定となるため、 V_{BE2} は一定となります。 V_{BE1} のみが、入力信号 V_{IN} の影響を受けます。

図 3：対数ジェネレータ回路



出力電圧 V_{LOG} は、Q1 と Q2 のベース・エミッタ電圧の差に比例します。

式 4：

$$V_{LOG} = ((R_3 + R_4) / R_4) \times (V_{BE2} - V_{BE1})$$

Q1 と Q2 でコレクタ電流が異なる場合、 V_{BE} の差は、次の式によって制御されます。

式 5：

$$\Delta V_{BE} = (kT / q) \times \log_e(I_{CQ1} / I_{CQ2})$$

V_{BE2} と V_{BE1} の差を ΔV_{BE} として、式 5 を式 4 に代入すると、結果は次の式になります。

式 6：

$$V_{LOG} = -(kT / q) \times ((R_3 + R_4) / R_4) \times \log_e(I_{CQ1} / I_{CQ2})$$

I_{CQ1} と I_{CQ2} の式を、式 7 と式 8 に示します。

式 7：

$$I_{CQ1} = (V_{IN} / R_1)$$

式 8：

$$I_{CQ2} = (V_Z / R_5)$$

式 7 と式 8 を式 6 に代入すると、式 9 になります。

式 9：

$$V_{LOG} = -(kT / q) \times ((R_3 + R_4) / R_4) \times \log_e((V_{IN} \times R_5) / (V_Z \times R_1))$$

LM329 の $V_Z = 6.9V$ 、 $R_5 = 681 \text{ k}\Omega$ 、 $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ のとき、対数増幅器回路利得は R_3 および R_4 分圧器、 $((R_3 + R_4) / R_4)$ によって決定され、1V/decade の倍数になります。

kT / q は 0.02586V に等しくなります。ここで、 k はボルツマン定数、 T はケルビン単位の温度、 q は電子の電荷です。

V_{BE1} はバイポーラ・トランジスタ Q1 のベース・エミッタ電圧で、 V_{BE2} はバイポーラ・トランジスタ Q2 のベース・エミッタ電圧です。 I_{CQ1} はバイポーラ・トランジスタ Q1 のコレクタ電流です。 I_{CQ2} はバイポーラ・トランジスタ Q2 のコレクタ電流です。 V_Z はツェナー・ダイオードの電圧です。

結果

図 4 は、0.1mV から 10V までの範囲のさまざまな DC 入力電圧に関する出力電圧対入力電圧のグラフを示しています。理論的な結果は、式 6 に基づいて計算されます。実際の測定結果は、図 2 と 図 3 にそれぞれ示したカスケードされた絶縁型回路と対数回路から構築された評価基板に基づいています。

図 4：Vout 対 Vin のグラフ（DC 入力信号）

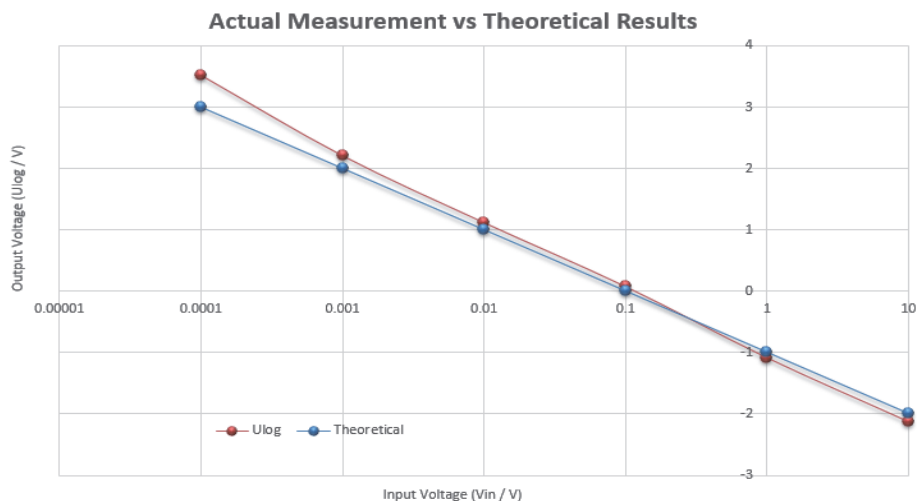
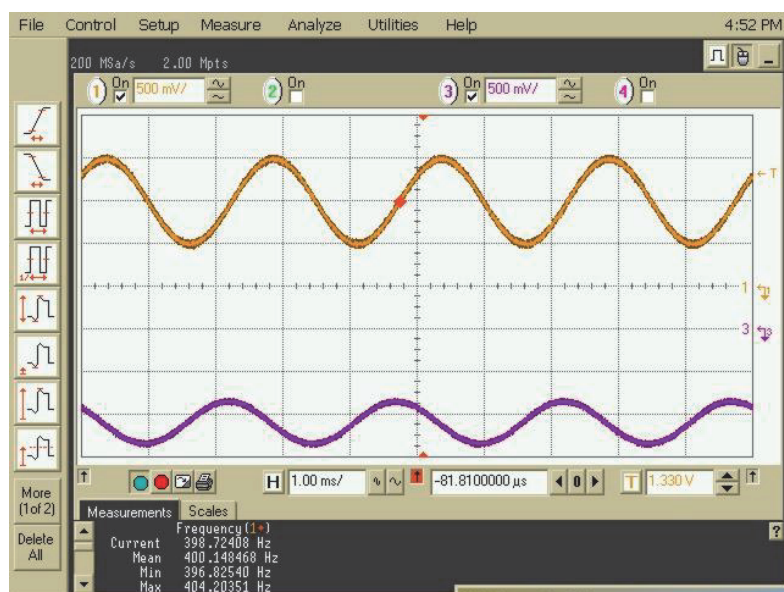


図 5 は、出力電圧信号（紫色の波形）と 1Vp-p AC 入力信号（オレンジ色の波形）を示しています。入力 AC 信号は 1Vdc のため、図 4 グラフから、出力は -1Vdc となります。-3dB 遮断周波数に基づき、出力信号は 0.5Vp-p で、入力信号の半分になります。この回路の帯域幅（-3dB）は、400Hz です。

図 5 : V_{out} 対 V_{in} のグラフ (AC 入力信号)

まとめ

対数増幅器の用途には、安全性絶縁が重要な役割を担っているデジタル通信システム、分析、医療テストおよび器具類が含まれます。

このようなタイプの工業用途では、広ダイナミック・レンジで物理量を測定し、対数増幅器を使用して、ダイナミック出力を信号のリニア入力範囲に一致させます。HCNR201/200 高リニアリティ性能フォトカプラは、データの保全性を確保し、操作単横者を高電圧から保護するための光絶縁を提供します。

参考資料

1. A galvanic isolated evaluation of a NTC thermistor using a logarithmic amplifier, Yevgen Polonskiy, Antalya, Turkey 21, 24 September 2014.
2. AN-30 Log Converters, Application Report, Texas Instruments, May, 2013.
3. HCNR201, HCNR200 *High Linearity Analog Optocouplers, Datasheets*, AV02-0886EN, Avago Technologies, July 1, 2014
4. HCNR201/200, *High-Linearity Analog Optocouplers Evaluation Board User's Manual*, AV02-1134EN, Avago Technologies, April 2, 2008.

Broadcom、パルス・ロゴ、Connecting everything、Avago Technologies、Avago、および A ロゴは、アメリカ合衆国、他の国々および / または EU における Broadcom および / または関連会社の商標です。

Copyright © 2019 Broadcom. All Rights Reserved.

用語「Broadcom」は、Broadcom Inc. および / またはその子会社を指します。詳細は、www.broadcom.com をご覧ください。

Broadcom は、信頼性、機能または設計を改善するために、本書の製品またはデータを通知なしに変更する権利を留保します。Broadcom によって提供される情報の正確さと信頼性には細心の注意を払っています。しかしながら、Broadcom は、この情報の適用または使用、あるいは本書に記載された製品または回路の適用または使用から生じるいかなる責任も負わず、特許権や他の権利によるいかなるライセンスも譲渡しません。