



# AN-1308 アプリケーション・ノート

## 電流検出アンプの同相ステップ応答

著者 : Paul Blanchard and Anna Fe Briones

### はじめに

電流検出アンプは、アナログ・デバイセズが得意とするアンプの1つで、大きな同相電圧が存在する状態で小さな差動信号を増幅するのに使用します。電流検出アンプの標準的なアプリケーションは、シャント抵抗両端の電圧を増幅することです。アナログ・デバイセズは、動作電源電圧が最小 1.8V、入力同相耐電圧が最大 600V の各種電流検出アンプを提供しています。

表 1. アナログ・デバイセズの電流検出アンプの電源電圧と入力同相電圧

Part Number	V <sub>SUPPLY</sub>		Input Common-Mode Voltage	
	Min	Max	Min	Max
AD8293G80	1.8 V	5.5 V	1.8 V	5.5 V
AD626	2.4 V	10 V	-24 V	24 V
AD8274	2.5 V	18 V	-40.5 V	40.5 V
AD8279	4 V	36 V	-45.3 V	40.5 V
AD8210	4.5 V	5.5 V	-2 V	65 V
AD8207	4.5 V	5.5 V	-4 V	65 V
AD8418/AD8418A	2.7 V	5.5 V	-2 V	70 V
AD628	4.5 V	36 V	-120 V	120 V
AD629	5 V	36 V	-270 V	270 V
AD8479	5 V	36 V	-600 V	600 V

シャント抵抗を使用する多くのアプリケーションでは、時間に応じて変化する同相電圧の問題があります。同相電圧が変化するシャント・アプリケーションの例として、Hブリッジ・モーター・ドライバ、ソレノイド・コントローラ、DC/DC スイッチング・コンバータなどがあります。これらのアプリケーションでは、電流検出アンプから見た同相電圧は PWM のようにバッテリー電圧からグラウンドまで変化します。

理想的な電流検出アンプは入力同相電圧の変化に反応しません。しかし実際には、電流検出アンプの同相除去は有限であり、一般に DC で規定して 100 $\mu$ V/V、すなわち 80dB 程度です。

表 2. アナログ・デバイセズの電流検出アンプの CMRR

Part Number	CMRR
ADA4830-1	65 dB
AD8270	76 dB
AD8210	80 dB
AD8207	80 dB
AD8203	82 dB
AD8418/AD8418A	86 dB
AD8207	90dB
AD8210	100 dB
AD8211	120 dB
AD8293G80	140 dB

DC の同相除去比 (CMRR) による出力誤差に加えて、アンプの AC の CMRR と同相ステップ応答に関連する誤差があります。このアプリケーション・ノートでは、電流検出アンプの同相ステップ応答を中心に説明します<sup>1</sup>。

<sup>1</sup>米国特許 No. 8624668 により保護されています。その他の特許は申請中です。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。\*日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご確認ください。

Rev. 0

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル  
電話 03 (5402) 8200  
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー  
電話 06 (6350) 6868

## 目次

はじめに .....	1	同相ステップ応答の測定手法 .....	4
改訂履歴 .....	2	まとめ .....	6
同相ステップ応答 .....	3	さらに詳しくは .....	6
同相ステップ応答の測定 .....	3		
同相ステップ応答の測定結果 .....	4		

## 改訂履歴

6/14—Revision 0: 初版

## 同相ステップ応答

理論上、電流検出アンプは実際の入力値（つまり、同相電圧）に関係なく、その入力の変化（差動電圧）に基づいた出力を生成します。しかし実際、アンプの出力は入力と同相レベルが異なると変化する可能性があります。同相入力の変化による出力の変化は同相ステップ応答と呼ばれます。

入力同相電圧の変化が大きいアプリケーションでは、アンプの同相ステップ応答が特に重要になる可能性があります。それは、アンプが入力同相電圧の変化から整定するとき、新たな同相レベルによって生じる新たなオフセットにより、アンプの出力が無効になる可能性があるからです。したがって、アンプの長いセトリング・タイム（この間の大きな誤差）がアンプの動的性能を大きく低下させる可能性があります。

### 同相ステップ応答の測定

電流検出アンプの非常に高速かつ高精度の同相ステップ応答を達成するのは大変困難です。それには、非常に安定した高速のソース、完全にシールドされたコネクタ、適切に設計された回路を必要とします。この測定に使用した基本的な機能ブロック図を図1に示します。

### PWM 入力

波形発生器によって 0Hz~100kHz の PWM 信号を生成し、MOSFET ドライバの入力信号として使用します。

### MOSFET ドライバ

このドライバは MOSFET に大電流を注入し非常に高速のスイッチングを実現して、発熱が過渡にならないよ

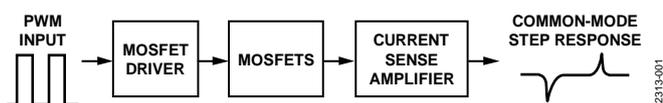


図 1. 機能ブロック図

うにします。ドライバによって供給される電流は数百ミリアンペア、場合によっては数アンペアに達します。

### MOSFET

ドライバの出力は正電圧なので、Nチャンネル・パワーMOSFETを使用します。これらの MOSFET は最大 100V の電圧に耐え、標準的な立上がり時間と逆回復時間はそれぞれ、35ns と 115ns です。さらに、これらの MOSFET の  $R_{ON}$  は 44m $\Omega$ （信号の完全性を維持するのに十分な値）で、最大 130W の電力を消費可能です。これらの MOSFET の出力は、電流検出アンプの同相入力電圧 ( $V_{CM}$ ) となります。

### 電流検出アンプ

このアンプは、大きな同相電圧が存在する状態で小さな差動信号を増幅します。このアプリケーションでテストした電流検出アンプは同相電圧が最大+80Vで、+5V単電源から給電しました。

### 同相ステップ応答

電流検出アンプの出力に同相ステップ応答波形が生じます。この応答では、入力が反転または非反転かによって決まる立上がりエッジまたは立下がりエッジの正または負のピーキングによる波形を観測することができます。

同相ステップ応答測定用の簡略回路図を図2に示します。この回路図でモデル化した電流検出アンプは AD8210 です。

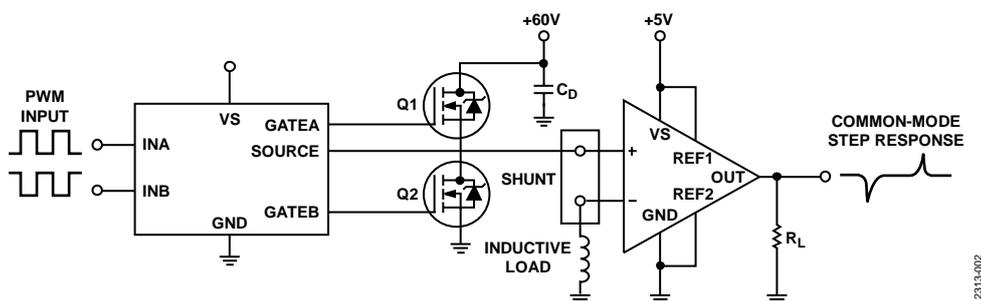


図 2. 電流検出アンプの同相ステップ応答測定の簡略回路図（全接続の一部およびデカップリングは省略されています）

## 同相ステップ応答の測定結果

アナログ・デバイセズのシャント回路構成用の電流検出アンプをいくつか評価し、競合他社から広く販売されている電流検出アンプと比較しました。最初に評価した電流検出アンプ AD8210 は単電源、双方向電流検出アンプで、 $-2V \sim +65V$  の同相電圧に耐えることができます。このデバイスは、出力オフセットの調整に用いるリファレンス・ピン ( $V_{REF}$ ) と 20 倍の固定ゲインを備えています。

電流シャント・アンプ構成の双方向ディファレンス・アンプ AD8207 も評価しました。このデバイスは、 $+5V$  電源で  $-4V \sim +65V$  の同相電圧、 $+3.3V$  電源で  $-4V \sim +35V$  の同相電圧に耐えることができます。また、 $500 \text{ nV}/^\circ\text{C}$  未満のオフセット・ドリフト (代表値) と  $10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  未満のゲイン・ドリフト (代表値) を実現するゼロ・ドリフト・コアを採用しています。ゲインは、20 倍の固定です。

AD8418 と AD8418A も評価しました。これら 2 つの電流検出アンプは、全動作温度範囲で  $0.1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  のオフセット・ドリフト (代表値) を実現するゼロ・ドリフト・コアを採用し、 $-2V \sim +70V$  の同相電圧範囲を備えています。また、これら 2 つのアンプは車載アプリケーションに対して十分に評価されており、入力 EMI フィルタと、パルス幅変調 (PWM) タイプの入力同相電圧で高精度の出力を可能にする特許取得済みの回路を備えています。

$+60V$  の入力同相電圧に対して、アナログ・デバイセズの各種電流検出アンプと競合製品の波形の比較を図 3 に示します。

## 同相ステップ応答の測定手法

電流検出アンプの同相ステップ応答を正確に測定するには、接続、使用部品、部品配置に注意を払います。

### 接続

ノイズの誘導や発生、配線の干渉を防ぐため、電源、波形発生器、入力、出力、オシロスコープのプロープなどのコネクタ配線やその他のインターフェース・コネクタは、テスト対象のデバイス (DUT) のできるだけ近くに配置する必要があります。

システム内に異なるグラウンド電位が生じることによるグラウンド・ループの問題を防ぐため、グラウンド接続は 1 点接地と呼ばれる 1 点に全て集めた接続にする必要があります。

オシロスコープのプロープのグラウンドにワニ口クリップを使用する代わりに、プロープ・チップ・グラウンド (電線コイルのようなもの) を使ってこれをプロープに挿入します。このようなプロープ・チップを入手できない場合は、単線またはより線のコイルを作成し、プロープ・ポイント (電流検出アンプの入力ピンと出力ピン) の隣に半田付けして必要な信号だけを測定します。これにより、不要なリングングやピーキングを生じる可能性がある誘導性ノイズが除去されません。

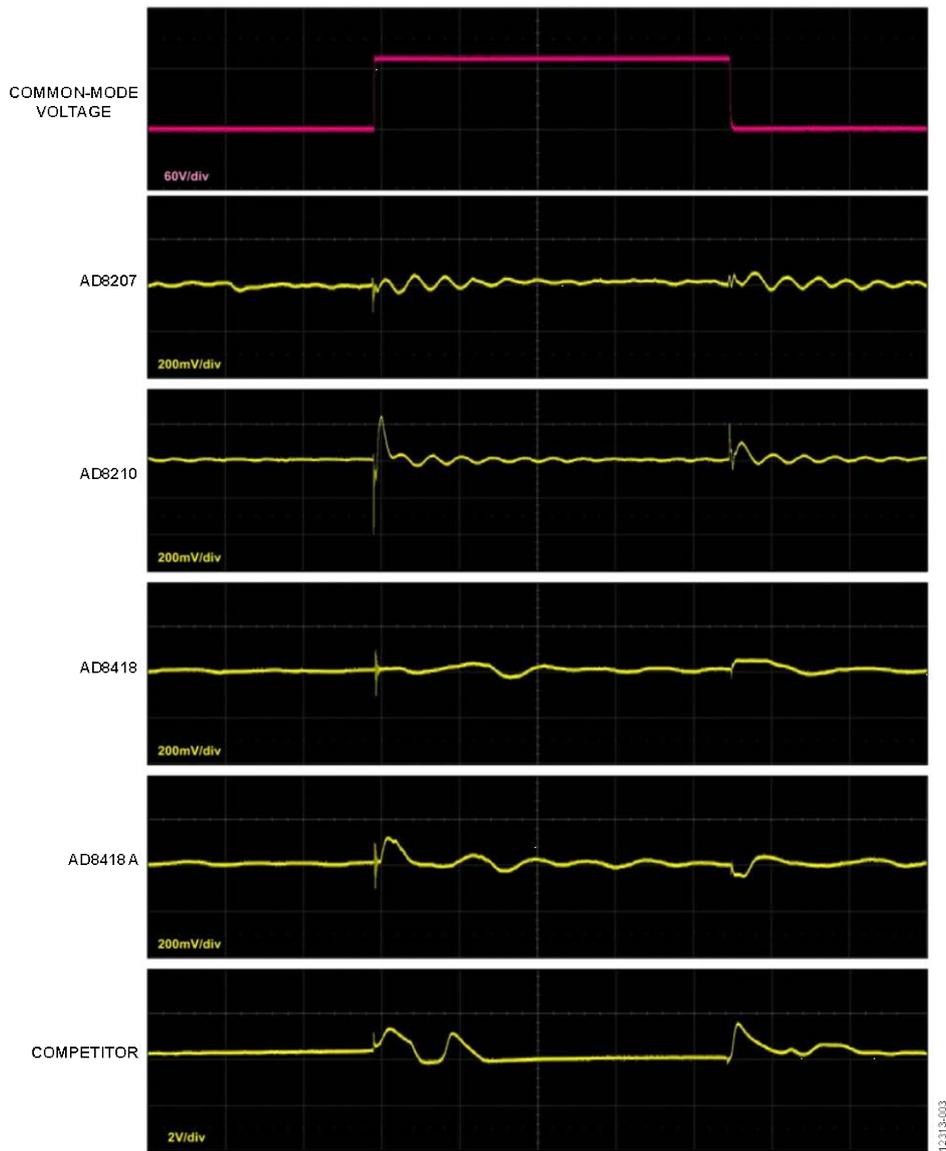


図 3. アナログ・デバイセスと競合他社の電流検出アンプの同相ステップ応答の測定

12213-003

## 使用部品

回路のリップル電圧を低減するため、電源にバイパス・コンデンサを付加する必要があります。また、使うコンデンサには配慮が必要です。セラミック・コンデンサは高安定性、高効率、低損失なので、バイパス・コンデンサに使用するのに適しています。

このアプリケーションで使用される入力同相電圧は+60Vなので、MOSFETドライバの負荷抵抗の電力定格を大きくし、負荷抵抗を流れる大電流に耐えられるようにする必要があります。

MOSFETは逆回復時間が短いものにし、頻繁に行われるMOSFETダイオードの充放電によって生じる損失を最小限に抑える必要があります。

## 部品配置

MOSFET、電流検出回路を含むMOSFETドライバ回路を構成するディスクリート・デバイスはMOSFETドライバのできるだけ近くに配置して、ACインピーダンスを最小限に抑え、長いパターンによって生じるノイズや干渉を防止する必要があります。

## まとめ

テストして検証したように、アナログ・デバイセズの電流検出アンプのオーバーシュートやアンダーシュートは700mV未満です。競合製品にはほぼ2Vのオーバーシュートがあります。このアプリケーションで解説したアナログ・デバイセズの電流検出アンプは、入力同相電圧の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの両方で、競合製品より速く安定しました。さらに、これらのアンプは最大+60Vの非常に高い入力同相電圧を実際に除去します。競合製品に対するこれらの利点により、アナログ・デバイセズの電流検出アンプは、回路誤動作の防止、過放電バッテリーの防止、さらにはバッテリー・モニタ、電源レギュレータ、電気自動車、発電機、モーター制御などのシステムの健全性の維持に最適です。

## さらに詳しくは

このアプリケーション・ノートの1ページに示されているオートゼロ・アンプの同相ステップ応答の改善に関する特許の詳細情報をオンラインで入手できます。

以下のデータシートも参照してください。

- [AD8210](#)
- [AD8207](#)
- [AD8418](#)
- [AD8418A](#)