

双方向のゼロドリフト電流検出アンプ

特長

- ▶ オフセット・ドリフト：0.1 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (代表値)
- ▶ 電圧オフセット：全温度範囲で最大 $\pm 400\ \mu\text{V}$
- ▶ 動作電源電圧範囲：2.7V~5.5V
- ▶ 電磁干渉 (EMI) フィルタ搭載
- ▶ 広い入力コモンモード電圧範囲：
 - ▶ -2V~+36V (連続)
 - ▶ 初期ゲイン = 60V/V
- ▶ 広い動作温度範囲：-40 $^\circ\text{C}$ ~+125 $^\circ\text{C}$
- ▶ 双方向動作
- ▶ 1 mm x 1.9 mmの小型WLCSPパッケージでデュアル・チャンネルを実現
- ▶ 同相ノイズ除去比 (CMRR)：86dB、DC~10kHz

アプリケーション

- ▶ ハイサイド電流検出の用途：
 - ▶ モータ・コントロール
 - ▶ ソレノイド・コントロール
 - ▶ パワー・マネージメント
- ▶ ローサイド電流の検出
- ▶ 診断保護

代表的なアプリケーション回路

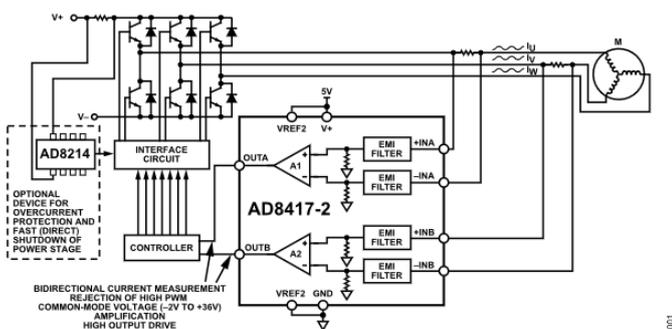


図 1. 3相モータ・コントロール

機能ブロック図

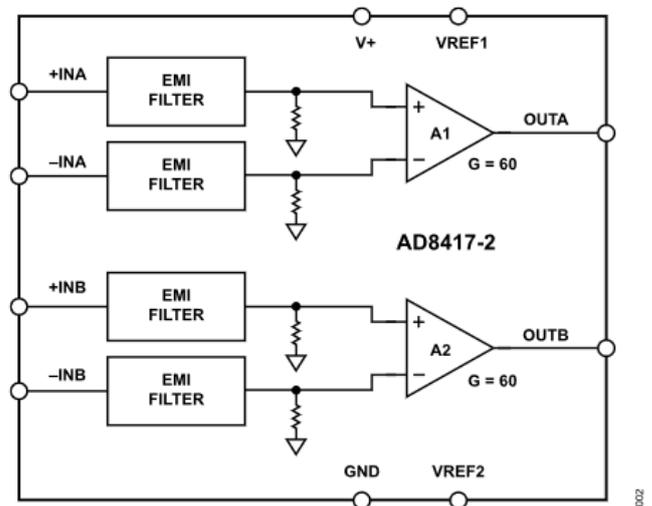


図 2. 機能ブロック図

概要

AD8417-2は、高電圧、高分解能、デュアル・チャンネルの電流シャント・アンプです。60V/Vの初期ゲインを特長とし、モータ・コントロール、パワー・マネージメント、ソレノイド・コントロールなどの多様な車載アプリケーションや工業用アプリケーションで使用されるシャント抵抗の両端で双方向電流測定を行います。

AD8417-2は、-40 $^\circ\text{C}$ ~+125 $^\circ\text{C}$ の温度範囲にわたって画期的な性能を実現します。ゼロ・ドリフト・コアを採用しているため、動作温度範囲およびコモンモード電圧範囲にわたって、0.1 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (代表値)のオフセット・ドリフトを実現します。このデバイスはEMIフィルタと、パルス幅変調 (PWM) 形式の入力コモンモード電圧で高精度な出力が可能な特許取得済み回路を内蔵しています。入力オフセット電圧は $\pm 200\ \mu\text{V}$ (代表値)です。

AD8417-2は10ボール、1mm x 1.9mmの小型WLCSPパッケージを採用しています。デバイスに必要な基板面積は標準的なシングル・チャンネル電流検出アンプより小さく、チャンネル密度は2倍に達し、性能を低下させることなく1チャンネルあたりのコストを削減しています。

表 1. 関連デバイス

Part No.	Description
AD8205	Current sense amplifier, gain = 50
AD8206	Current sense amplifier, gain = 20
AD8207	High accuracy current-sense amplifier, gain = 20
AD8210	High speed current sense amplifier, gain = 20
AD8417	High accuracy current sense amplifier, gain = 60
AD8418	High accuracy current sense amplifier, gain = 20

目次

双方向のゼロドリフト電流検出アンプ	1	単方向動作	11
特長	1	双方向動作	11
アプリケーション	1	外部基準の出力	11
代表的なアプリケーション回路	1	電源電圧の分割	12
機能ブロック図	1	外部リファレンス電圧の分割	12
概要	1	アプリケーション情報	13
仕様	3	モータ・コントロール	13
絶対最大定格	4	ソレノイド・コントロール	14
静電放電 (ESD) 定格	4	外形寸法	15
ESDに関する注意	4	オーダー・ガイド	15
ピン配置およびピン機能の説明	5		
代表的な性能特性	6		
動作原理	10		
出力オフセットの調整	11		

改訂履歴

2022年9月 Revision 0: 初版

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ (動作温度範囲)、 $V_S = 5\text{V}$ 。

表 2. 電気的特性

パラメータ	テスト条件/コメント	最小値	代表値	最大値	単位
GAIN					
Initial			60		V/V
Error Over Temperature	規定温度範囲			± 0.3	%
Gain vs. Temperature		-10		+10	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
VOLTAGE OFFSET					
Offset Voltage, Referred to the Input (RTI)	25 $^{\circ}\text{C}$		± 200		μV
Over Temperature, RTI	規定温度範囲			± 400	μV
Offset Drift		-0.4	+0.1	+0.4	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
INPUT					
Input Bias Current			160		μA
Input Voltage Range	コモンモード、連続	-2		+36	V
Common-Mode Rejection Ratio (CMRR)	規定温度範囲、 $f = \text{DC}$ $f = \text{DC} \sim 10\text{kHz}$	90	100		dB
			86		dB
OUTPUT					
Output Voltage Range	$R_L = 25\text{k}\Omega$	0.045		$V_S - 0.035$	V
Output Resistance			2		Ω
DYNAMIC RESPONSE					
Small Signal -3 dB Bandwidth			250		kHz
Slew Rate			1		V/ μs
NOISE					
0.1 Hz to 10 Hz, RTI			2.3		$\mu\text{V p-p}$
Spectral Density, 1 kHz, RTI			110		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
OFFSET ADJUSTMENT					
Ratiometric Accuracy ¹	分圧器を電源に接続	0.499		0.501	V/V
Accuracy, Referred to the Output (RTO)	並列接続した $V_{\text{REF}1}$ と $V_{\text{REF}2}$ に電圧を印加			± 1	mV/V
Output Offset Adjustment Range	$V_S = 5\text{V}$	0.045		$V_S - 0.035$	V
POWER SUPPLY					
Operating Range		2.7		5.5	V
Quiescent Current Over Temperature	$V_{\text{OUT}} = 0.1\text{V DC}$			8.2	mA
Power-Supply Rejection Ratio		80			dB
TEMPERATURE RANGE					
For Specified Performance					
Operating Temperature Range		-40		+125	$^{\circ}\text{C}$

1 $V_{\text{REF}1}$ と $V_{\text{REF}2}$ を電源間の分圧器として使用する場合、オフセット調整は電源に比例します。

絶対最大定格

表 3. 絶対最大定格

Parameter	Rating
Supply Voltage	6 V
Input Voltage Range	
Continuous	-2 V to +36 V
Differential Input Survival	5.5 V (magnitude)
Reverse Supply Voltage	0.3 V
Operating Temperature Range	-40°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Output Short-Circuit Duration	Indefinite

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これはストレス定格のみを定めたものであり、本規格の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを示唆するものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

静電放電 (ESD) 定格

以下のESD情報は、ESDに敏感なデバイスを取り扱うために示したものです。対象はESD保護区域内だけに限られます。

ANSI/ESDA/JEDEC JS-001準拠の人体モデル (HBM)。

AD8417-2のESD定格

表 4. AD8417-2、10ボールWLCSP

Model	Withstand Voltage (V)	Class
HBM	±2000	2

ESDに関する注意



ESD (静電気放電) に敏感なデバイスです。帯電したデバイスおよび回路基板は、放電しても検出されないことがあります。この製品は特許取得済みまたは独自の保護回路を備えていますが、高エネルギーESDにさらされるとデバイスに損傷が生じる可能性があります。したがって、性能低下や機能低下を避けるために、適切なESD予防措置を講じる必要があります。

ピン配置およびピン機能の説明

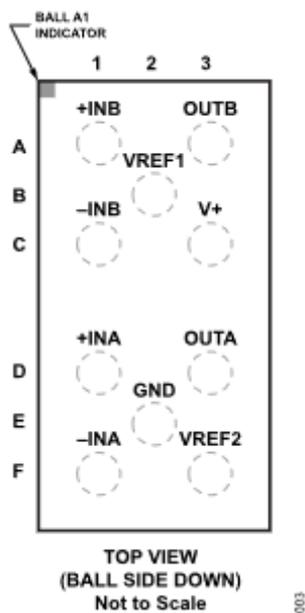


図 3. ピン配置

表 5. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
A1	+INB	正入力、チャンネルB
A3	OUTB	出力、チャンネルB
B2	V _{REF1}	リファレンス入力1
C1	-INB	負入力、チャンネルB
C3	V ₊	電源
D1	+INA	正入力、チャンネルA
D2	OUTA	出力、チャンネルA
E2	GND	グラウンド
F1	-INA	負入力、チャンネルA
F2	V _{REF2}	リファレンス入力2

代表的な性能特性

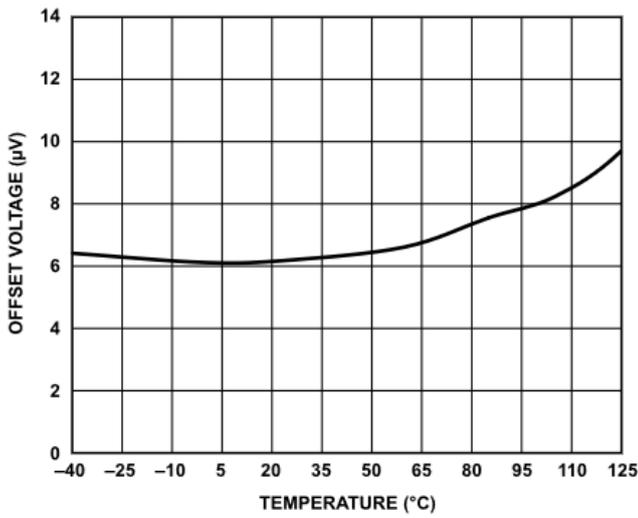


図 4. オフセット電圧ドリフト (代表値) の温度特性

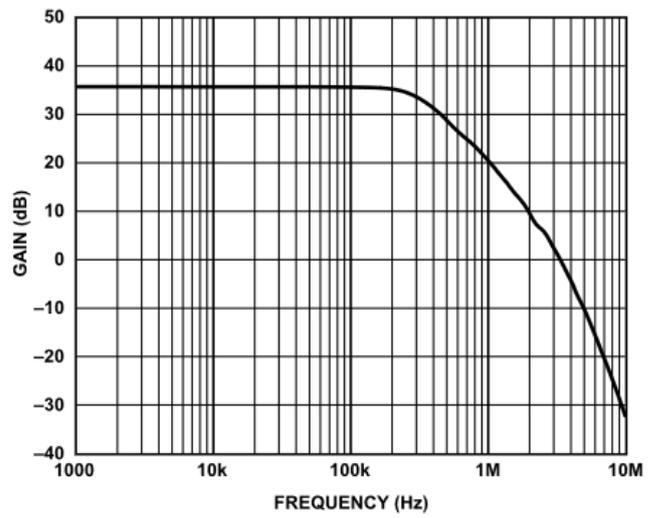


図 7. 小信号帯域幅 (代表値) ($V_{OUT} = 200\text{mV p-p}$)

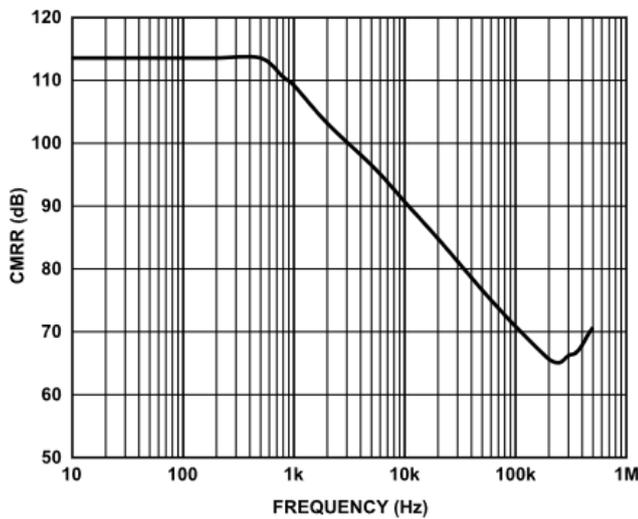


図 5. CMRR (代表値) の周波数特性

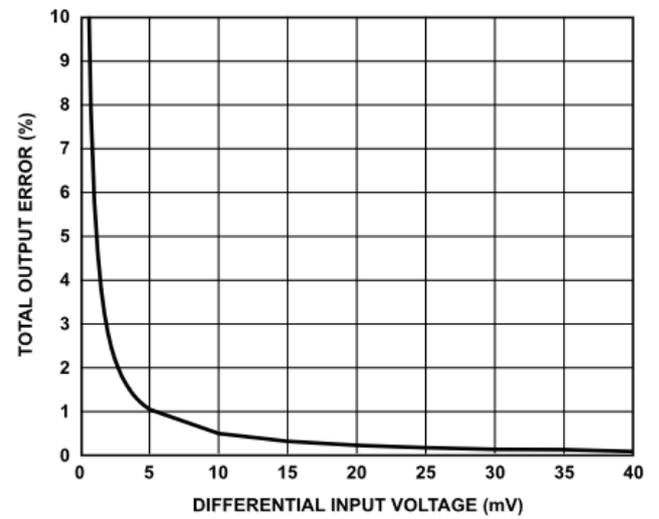


図 8. 総出力誤差と差動入力電圧の関係

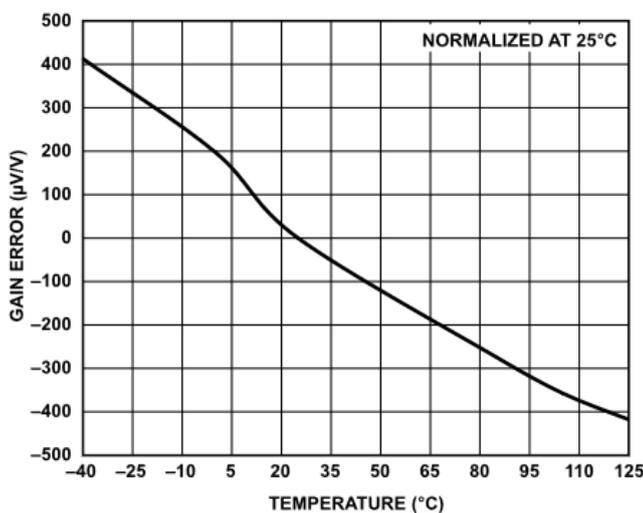


図 6. ゲイン誤差 (代表値) の温度特性

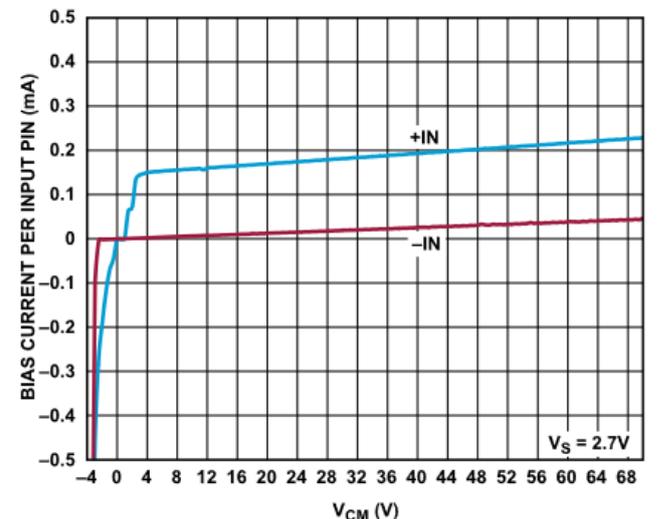


図 9. 入力ピン当たりのバイアス電流と V_{CM} の関係

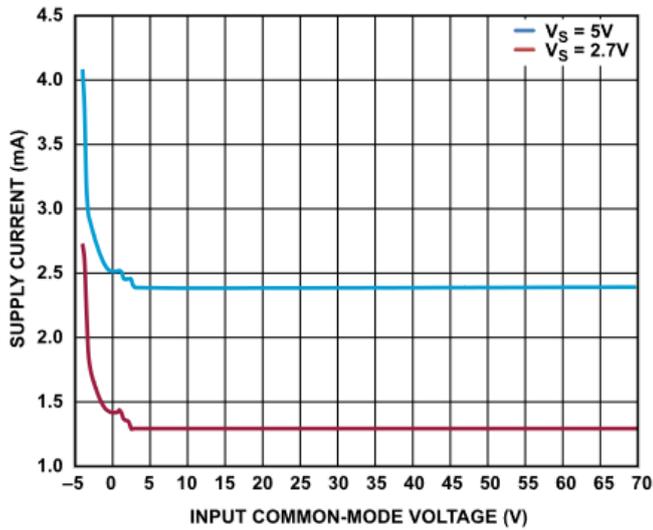


図 10. 電源電流と入力コモンモード電圧の関係

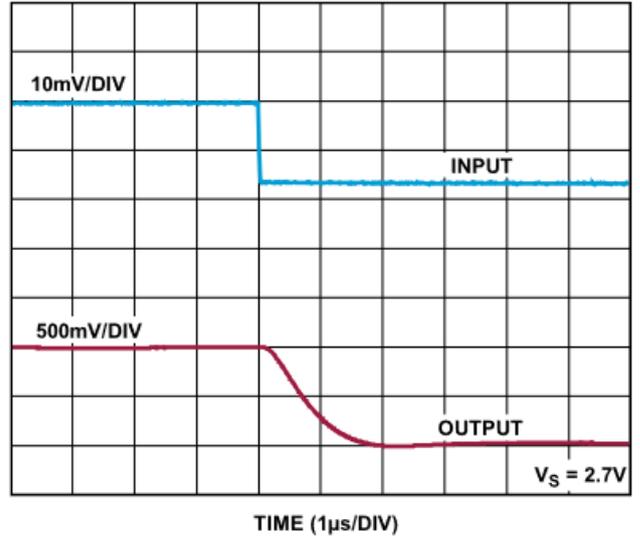


図 13. 立下がり時間 ($V_S = 2.7V$)

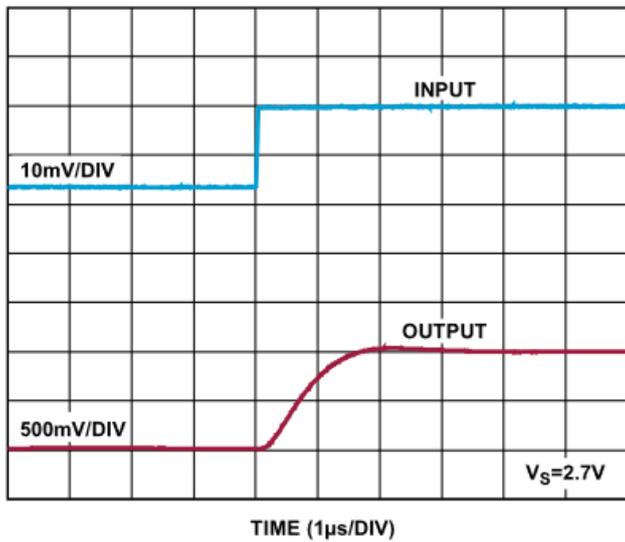


図 11. 立上がり時間 ($V_S = 2.7V$)

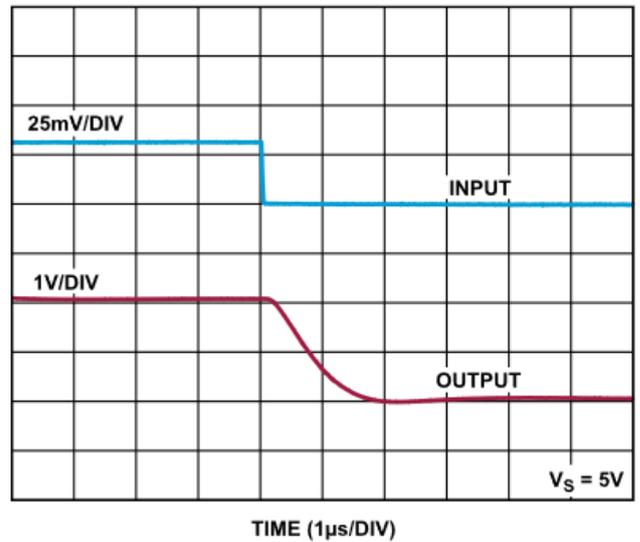


図 14. 立下がり時間 ($V_S = 5V$)

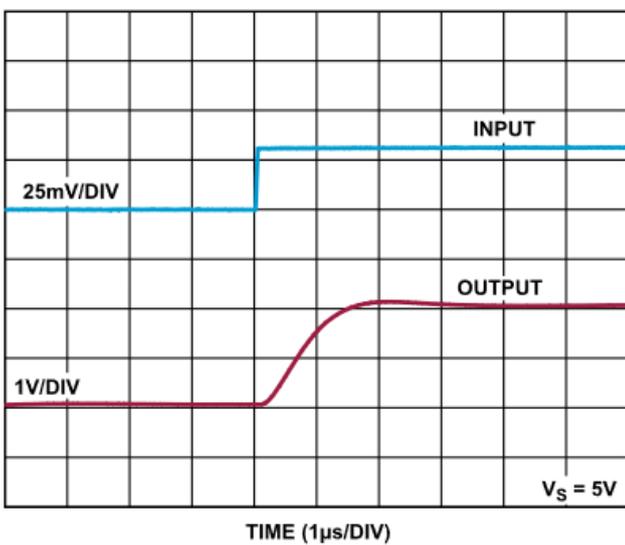


図 12. 立上がり時間 ($V_S = 5V$)

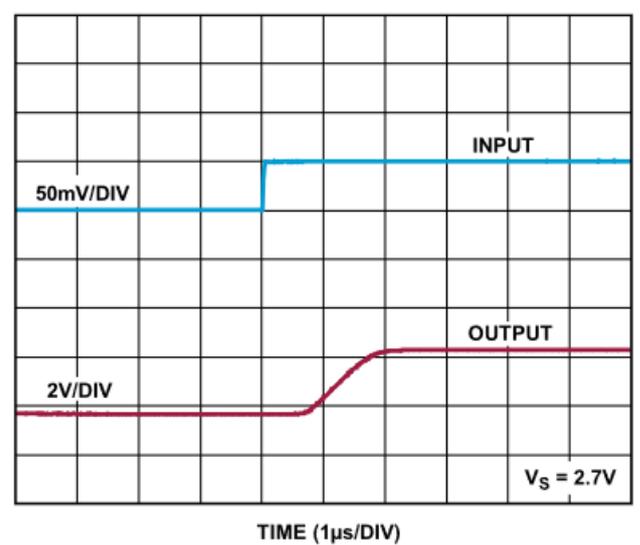


図 15. 差動過負荷回復、立上がり ($V_S = 2.7V$)

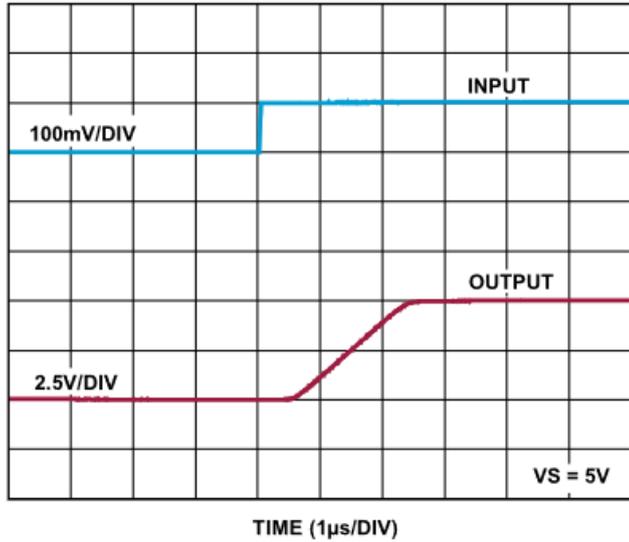


図 16. 差動過負荷回復、立上がり ($V_S = 5V$)

016

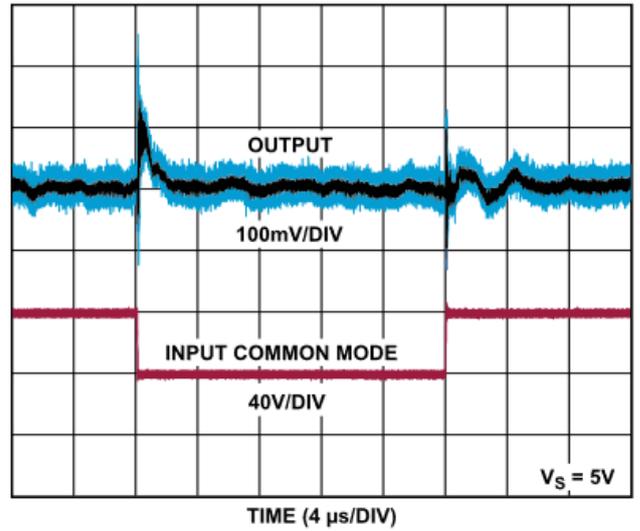


図 19. 入力コモンモード・ステップ応答 ($V_S = 5V$ 、入力短絡)

019

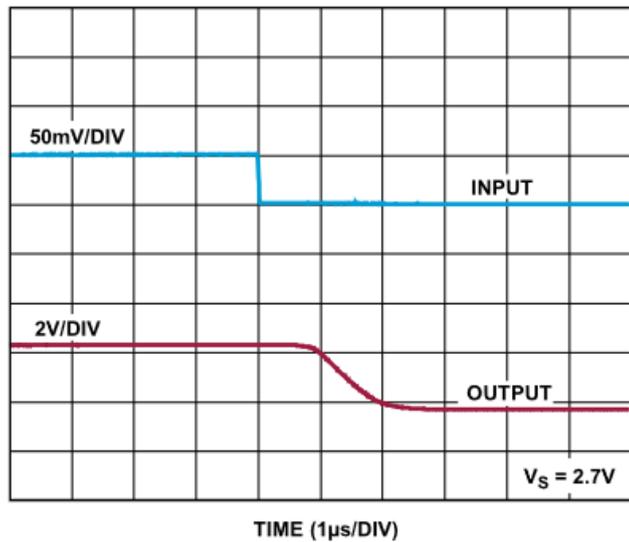


図 17. 差動過負荷回復、立下がり ($V_S = 2.7V$)

017

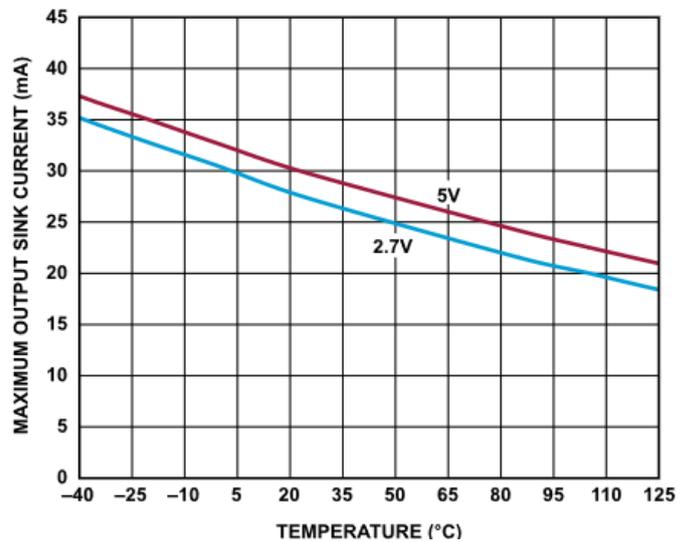


図 20. 最大出力シンク電流の温度特性

020

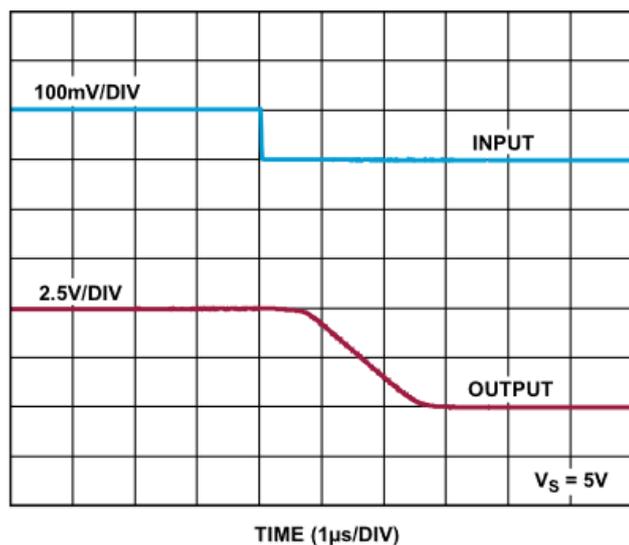


図 18. 差動過負荷回復、立下がり ($V_S = 5V$)

018

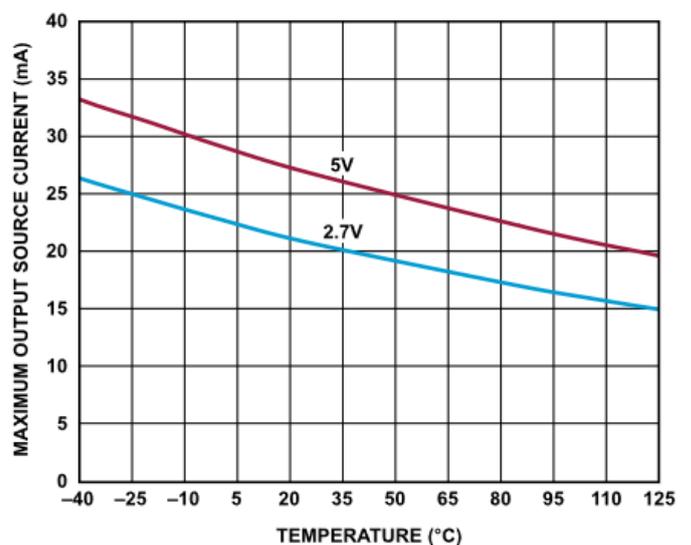


図 21. 最大出力ソース電流の温度特性

021

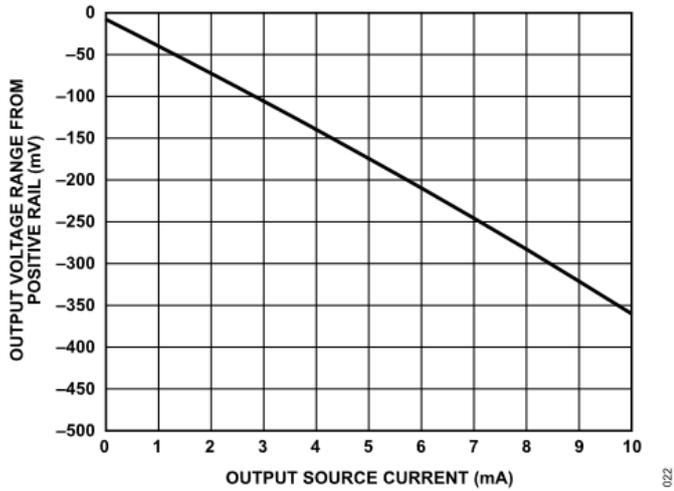


図 22. 正電源レールを基準とする出力電圧範囲と出力ソース電流の関係

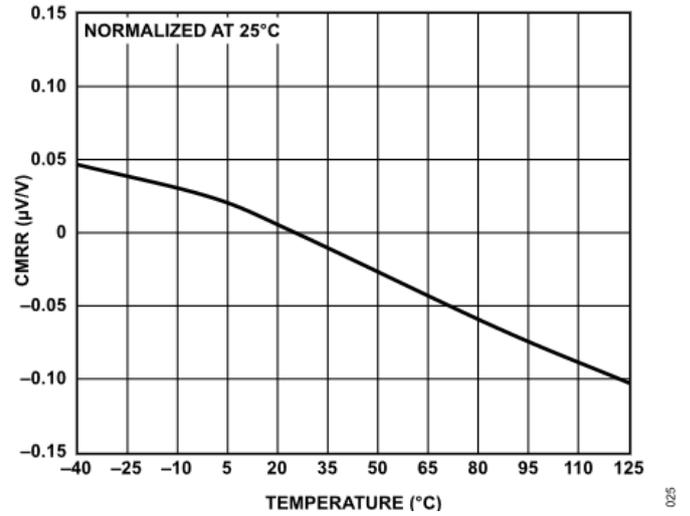


図 25. CMRRの温度特性

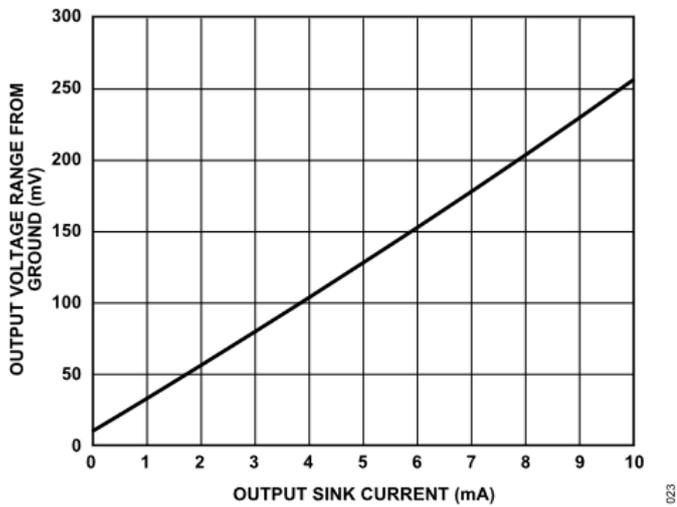


図 23. グラウンドを基準とする出力電圧範囲と出力シンク電流の関係

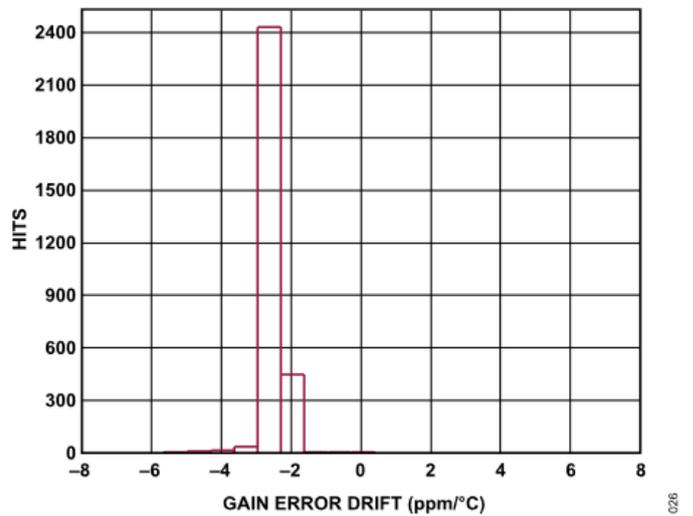


図 26. ゲイン誤差ドリフトの分布

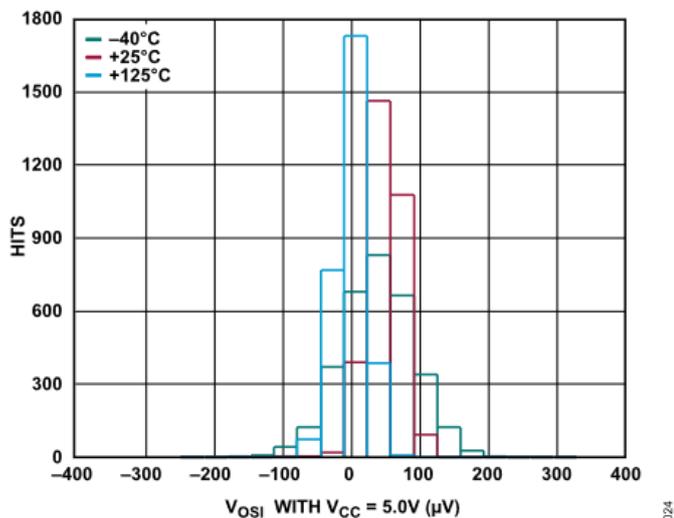


図 24. オフセット電圧の分布

動作原理

AD8417-2は単電源、ゼロ・ドリフトのディファレンス・アンプです。高速で変化するコモンモード電圧が存在する中で小さい差動電流シャント電圧を正確に増幅する独自のアーキテクチャを採用しています。

AD8417-2は、非常に高速なレート(例えば 1V/ns)で変化する可能性のあるPWM コモンモード入力の場合でも、優れた同相ノイズ除去比が得られるようにデザインされています。AD8417-2は、このような高速変化する外部コモンモード変動による悪影響をなくす特許技術 (U.S. Patent 8,624,668 B2) を採用しています。

AD8417-2の入力オフセット・ドリフトは0.4 μ V/ $^{\circ}$ C未満です。この性能は、定格250kHz (代表値) の帯域幅を犠牲にしない新しいゼロ・ドリフト・アーキテクチャの採用により可能になりました。

リファレンス入力 V_{REF1} と V_{REF2} は、各々100k Ω の抵抗を經由してメイン・アンプの正入力に接続されているため、出力オフセットを出力動作範囲内の任意の電圧に調整することができます。両方のリファレンス・ピンを並列に使用した場合、リファレンス・ピンから出力までのゲインは1V/Vになります。これらのピンを使って電源を分圧すると、ゲインは0.5V/Vになります。

AD8417-2は、ソレノイドまたはモータのコントロールで通常必要とされる強固なアプリケーション・ニーズを何一つ犠牲にすることなく、画期的な性能を提供します。AD8417-2は、PWM入力コモンモード電圧除去機能と、低オフセットと低オフセット・ドリフトを実現するゼロ・ドリフト・アーキテクチャにより、このような要求の厳しいアプリケーションに対して総合的な精度を提供できます。

出力オフセットの調整

AD8417-2の出力は、単方向動作、双方向動作のどちらに対しても調整することができます。

単方向動作

単方向動作では、抵抗シャントを通る一方の電流を測定できます。単方向動作の基本モードは、グラウンド基準出力モードと V_S 基準出力モードです。

単方向動作では、差動入力 $0V$ のときに出力を負電源レール(グラウンド付近) または正電源レール(V_S 付近) に設定できます。正しい極性の差動入力電圧を加えると、出力は反対側の電源レールへ向かって移動します。差動入力が必要とされる極性は、出力電圧の設定によって決まります。出力が正電源レールに設定されている場合は、入力極性を負にして出力電圧を下げる必要があります。出力がグラウンドに設定されている場合は、極性を正にして出力電圧を上げる必要があります。

グラウンド基準出力モード

AD8417-2をグラウンド基準出力モードで使うときは、両方のリファレンス入力をグラウンドに接続します。これにより、差動入力電圧が $0V$ のときに出力が負電源レールに設定されます(図27参照)。

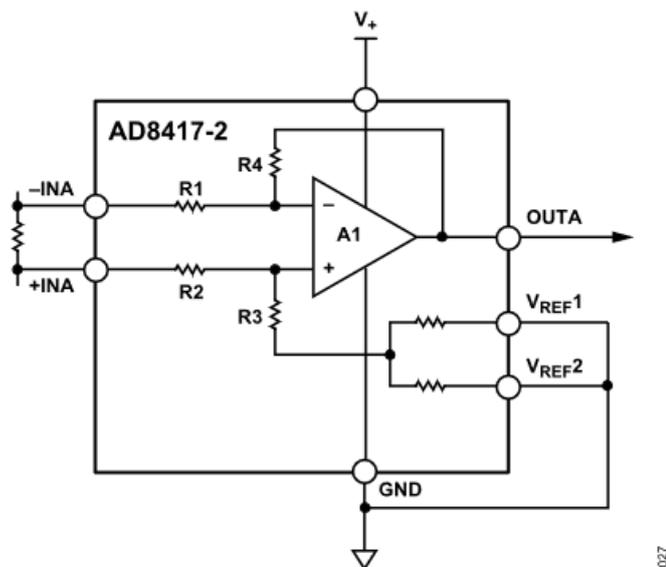


図 27. グラウンド基準出力

V_S 基準出力モード

両方のリファレンス・ピンを正電源に接続すると、 V_S 基準出力モードが設定されます。通常このモードが使用されるのは、診断方式において、電源を負荷に供給する前にアンプと配線の検出が必要になる場合です(図28 参照)。

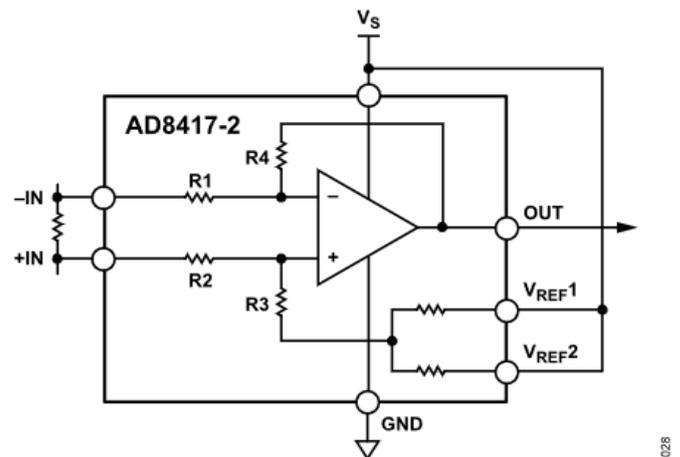


図 28. V_S 基準出力

双方向動作

双方向動作では、抵抗シャントを通る双方向の電流を測定できます。この場合、出力は、出力範囲内のどこにでも設定できます。通常はハーフスケールに設定し、双方向で同じ測定範囲にします。ただし、双方向の電流が非対称な場合は、ハーフスケール以外の電圧に設定します。

リファレンス入りに電圧を加えて出力を調整することもできます。 V_{REF1} と V_{REF2} は、内部オフセット・ノードに接続されている各内部抵抗に接続します。両ピン間には動作上の違いはありません。

外部基準の出力

差動入力が存在しない場合、両方の V_{REF} ピンを互いに接続してリファレンスに接続すると、リファレンス電圧に等しい出力が発生します(図29を参照)。 $-IN$ ピンを基準にして入力が負の場合は、出力によってリファレンス電圧が下がり、正の場合はリファレンス電圧が上がります。

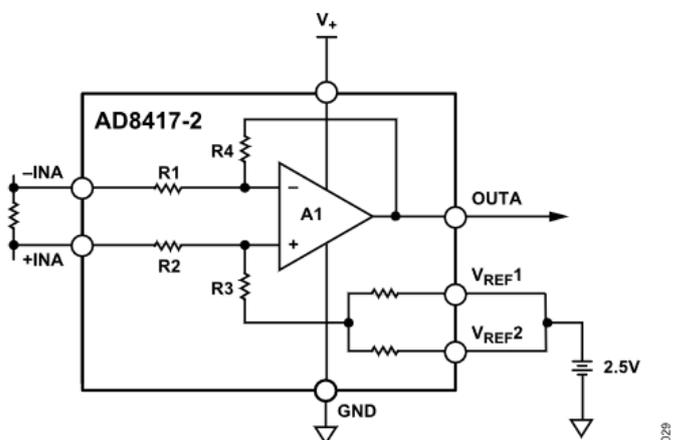


図 29. 外部基準の出力

電源電圧の分割

1本のリファレンス・ピンを V_S に接続し、他方のリファレンス・ピンをGNDピンに接続することにより、差動入力が存在しない場合、出力が電源電圧の1/2に設定されます (図30を参照)。この構成の利点は、外部リファレンスを使用しなくても双方向電流の測定のために出力をオフセットできることです。1本のリファレンス・ピンを V_S に、他方のリファレンス・ピンをGNDにそれぞれ接続すると、電源電圧に比例するミッドスケール・オフセットを生成できます。これは、電源電圧が上昇または下降しても、出力は電源電圧の1/2に留まることを意味します。例えば、電源電圧=5.0Vの場合、出力はハーフスケールすなわち2.5Vになります。電源電圧が10%上昇すると(5.5V)、出力は2.75Vになります。

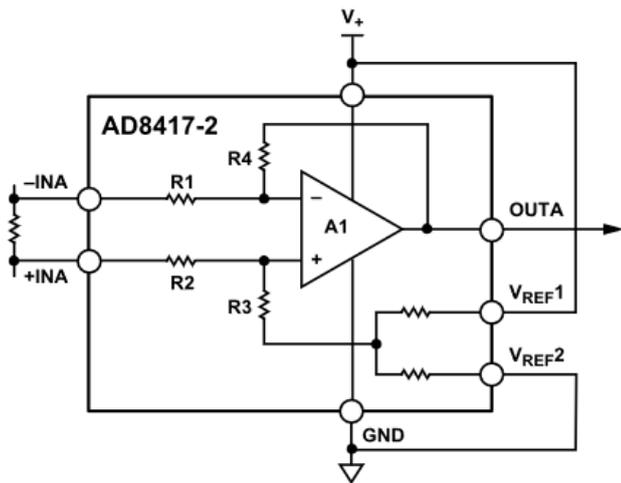


図 30. 電源電圧の分割

030

外部リファレンス電圧の分割

約0.2%の精度で外部リファレンス電圧を1/2にするときは、内部リファレンス抵抗を使ってください。一方の V_{REFX} ピンをグラウンドに、他方の V_{REFX} ピンをリファレンスにそれぞれ接続して、外部リファレンス電圧を分割します (図31参照)。

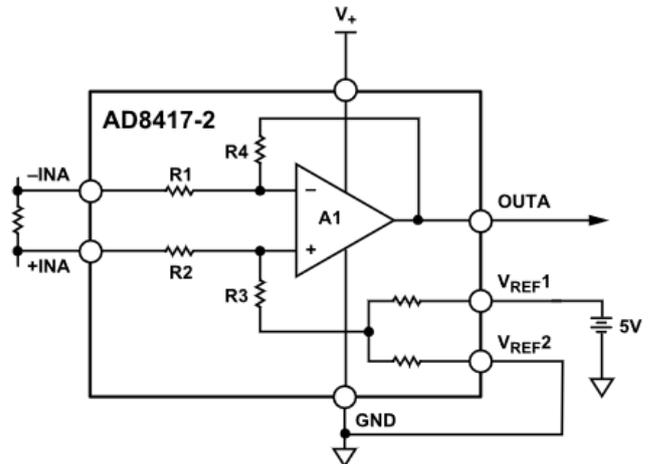


図 31. 外部リファレンス電圧の分割

031

アプリケーション情報

モータ・コントロール

3相モータ・コントロール

AD8417-2は、三相モータ・アプリケーションでの電流モニタに最適です。

帯域幅が250kHz（代表値）なので、瞬時に電流をモニタすることができます。さらに、オフセット・ドリフトが $0.1\mu\text{V}/\text{C}$ （代表値）と低いので、モータの2相間の測定誤差は全温度範囲で最小になります。

AD8417-2は、 $-2\text{V}\sim+70\text{V}$ （5 V電源）の範囲のPWM入力コモンモード電圧を除去します。モータ相電流をモニタすることで、任意のポイントで電流をサンプリングできるため、GND またはバッテリーへの短絡などの診断情報を提供することができます。AD8417-2を使用した代表的な相電流測定のセットアップについては、[図33](#)を参照してください。

Hブリッジ・モータ・コントロール

AD8417-2のもう1つの代表的なアプリケーションは、Hブリッジ・モータ・コントロールの制御ループの一部を構成することです。この場合、モータで使用可能なシャントを使って両方向の電流を正確に測定できるように、シャント抵抗をHブリッジの中央に接続します（[図](#)

[32](#)参照）。この位置にアンプとシャントを使うことは、グラウンド基準オペアンプを使用するよりも優れたソリューションになります。これは、このタイプのアプリケーションではグラウンドは安定した基準電圧にならないためです。グラウンド基準が不安定であるため、シンプルなグラウンド基準のオペアンプを使った測定は不正確になります。AD8417-2は、Hブリッジによる切り替えでモータの回転方向が変わるため、両方向の電流を測定します。AD8417-2の出力は外部基準の双方向モードに設定されます（[双方向動作](#)のセクション参照）。

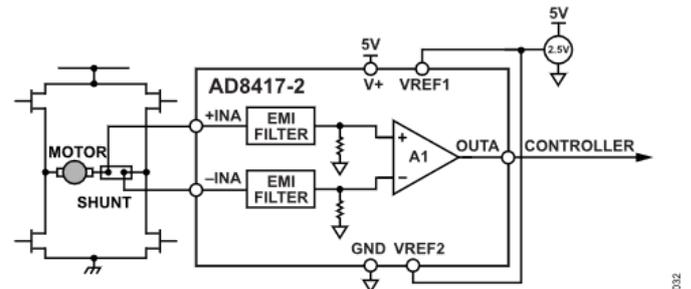


図 32. Hブリッジ・モータ・コントロール

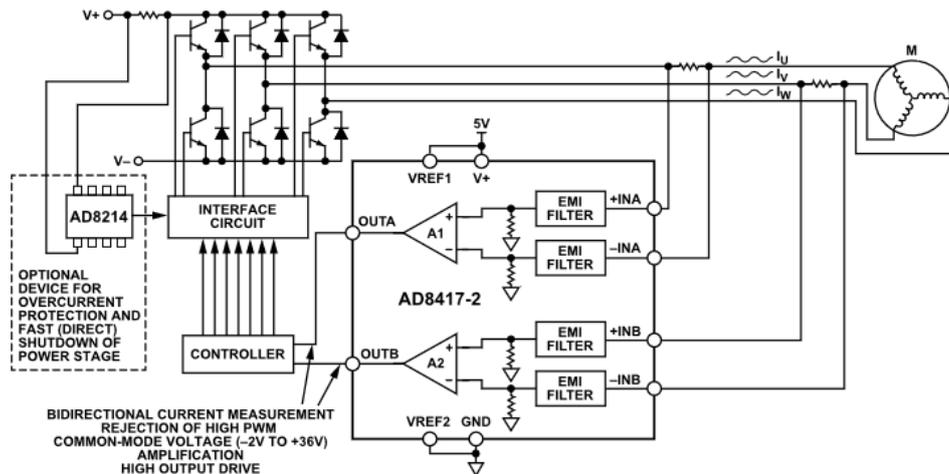


図 33. 3相モータ・コントロール

ソレノイド・コントロール

ローサイド・スイッチを使用したハイサイド電流検出

ローサイド・スイッチを使うハイサイド電流検出の場合、PWM制御スイッチはグラウンド基準になります。誘導性負荷（ソレノイド）を電源に接続し、スイッチと負荷の間に抵抗シャントを配置します（[図34](#)参照）。ハイサイドにシャントを配置する利点は、循環電流を含むすべての電流を測定できることです。これは、スイッチがオフのときにもシャントがループ内にあるためです。また、ハイサイドに配置したシャントを使ってグラウンドへの短絡を検出できるので、診断機能が強化できます。

この回路構成では、スイッチを閉じると、コモンモード電圧が負電源レール近くまで下がります。スイッチを開くと、誘導性負荷の両端にかかる電圧が反転し、クランプ・ダイオードによってコモンモード電圧をバッテリー電圧よりダイオード1個の電圧降下分だけ高い電圧に維持します。

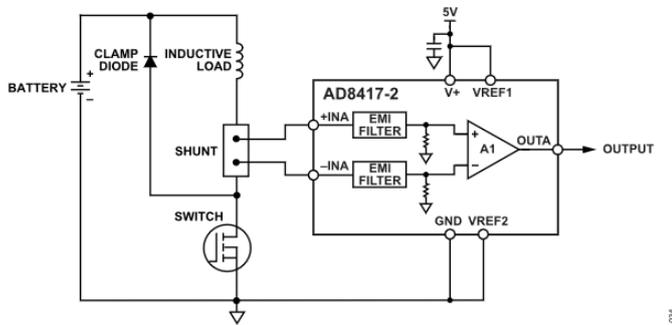


図 34. ローサイド・スイッチ

ハイサイド・スイッチを使用したハイサイド電流検出

ハイサイド・スイッチ構成でのハイサイド電流検出では、予期しないソレノイド起動や過度の腐食の可能性を最小限に抑えることができます（[図35](#)を参照）。この場合、スイッチとシャントの両方がハイサイドになります。スイッチがオフになるとバッテリーが負荷から切り離されるため、グラウンドへの短絡による損傷を防ぐことができ、しかもこの状態で再循環電流の測定や診断を行うこともできます。スイッチが開いているほとんどの期間は電源が負荷から切り離されているため、負荷とグラウンド間の電位差によって発生する腐食の影響が小さくなります。

ハイサイド・スイッチを使う場合、スイッチが閉じると、バッテリー電圧が負荷に接続されるため、コモンモード電圧がバッテリー電圧まで上昇します。この場合、スイッチを開くと、誘導性負荷の両端にかかる電圧が反転し、クランプ・ダイオードによってコモンモード電圧をグラウンドよりダイオード1個の電圧降下分だけ低い電圧に維持します。

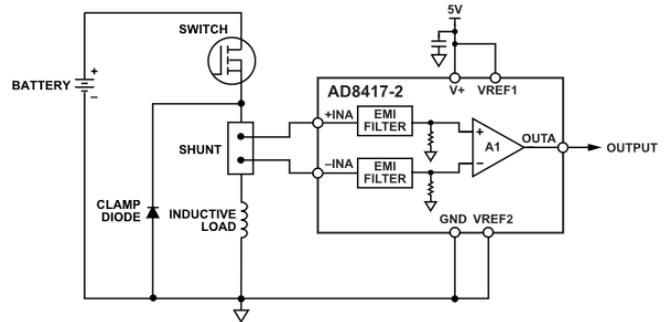


図 35. ハイサイド・スイッチ

高レール電流検出

高レール電流検出の構成では、シャント抵抗はバッテリーの電位を基準とします。電流検出アンプへの入力には、高電圧がかかっています。シャントがバッテリーの電位を基準としている場合、AD8417-2はグラウンドを基準としてリニアなアナログ出力を生成します。さらに、AD8214を使うと、わずか100nsで過電流検出信号を出力することができます（[図36](#)を参照）。この特性は、過電流が発生している状態で高速シャットダウンが重視される高電流システムで役に立ちます。

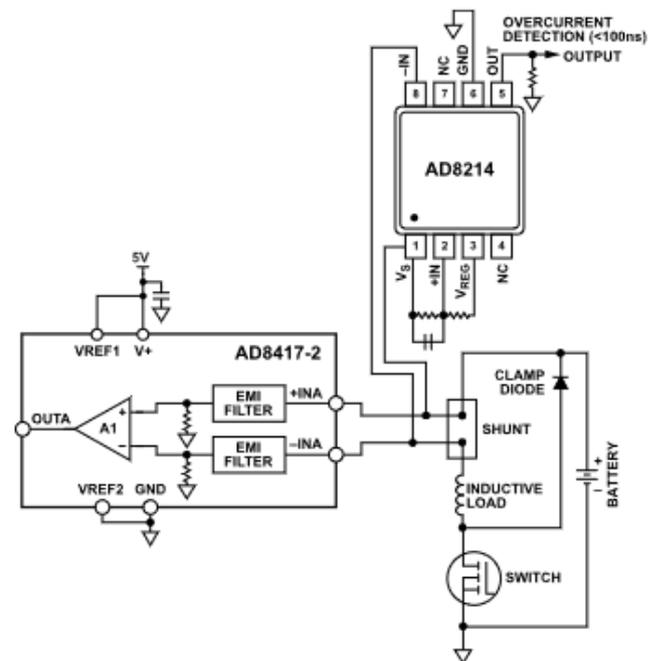


図 36. 高レール電流検出

外形寸法

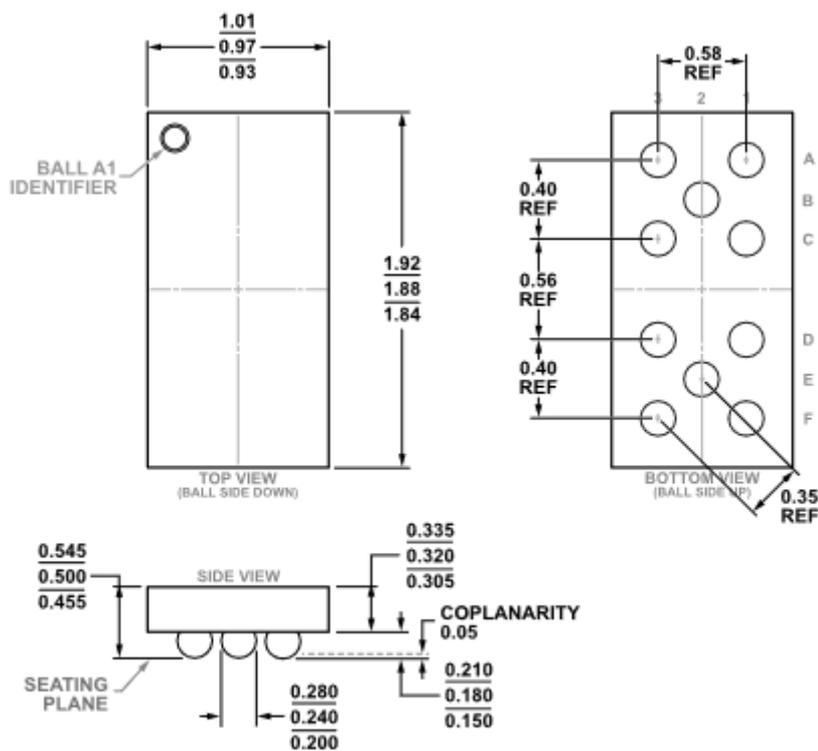


図 37. 10ボール、ウェーハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ [WLCSP]
(CB-10-2)
寸法 : mm

08-35-2026-A

更新 : 2022年8月30日

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Packing Quantity	Package Option	Marking Code
AD8417-2ACBZ-R7	-40°C to +125°C	10-Ball Wafer Level Chip Scale Package [WLCSP]	Reel, 3000	CB-10	Y78

¹ Z = RoHS準拠製品。