

INA299-Q1 AEC-Q100、-2V ~ 80V、双方向、650kHz、高精度電流センス アンプ

1 特長

- 車載アプリケーション用に AEC-Q100 認定済み:
 - 温度グレード 1: -40°C ~ +125°C、T_A
- 機能安全対応
 - 機能安全システムの設計に役立つ資料を利用可能
- 広いコモン モード電圧範囲:
 - 動作電圧: -2V ~ +80V
 - 残存電圧: -12V ~ +85V
- 双方向動作
- 高い小信号帯域幅: 650kHz (20V/V ゲイン)
- スルーレート: 2.5V/μs
- 1% までのステップ応答セトリング タイム: 6.5μs
- 高 CMRR: 120dB
- ゲイン誤差 (最大値): ±0.25%、±10ppm/°C のドリフト
- オフセット電圧 (最大値): ±150μV、±0.5μV/°C のドリフト
- 2.7V ~ 12V 電源で動作
- 動作時電流: 650μA
- 利用可能なゲイン:
 - INA299A1-Q1: 20 V/V
 - INA299A2-Q1: 50 V/V
 - INA299A3-Q1: 100 V/V
- パッケージ オプション: SOT23-6 (DBV)

2 アプリケーション

- eTurbo / チャージャ
- 電動パワー ステアリング (EPS)
- スタータ / 発電機
- 回生ブレーキ
- ブレーキ システム

3 説明

INA299-Q1 は、電源電圧に関係なく、-2V ~ 80V の広いコモン モード電圧範囲にわたってシャント抵抗両端での電圧降下を測定できる超高精度の双方向電流センスアンプです。低いオフセット電圧 (最大値 ±150μV)、小さいゲイン誤差 (最大値 ±0.25%)、高い DC CMRR (代表値 120dB) の組み合わせにより、高精度の電流測定を実現します。INA299-Q1 は、高電圧の双方向 DC 電流測定だけでなく、650kHz の高い信号帯域幅と高速なセトリング タイムを持つ高速アプリケーション (過渡検出および高速過電流保護など) 向けに設計されています。

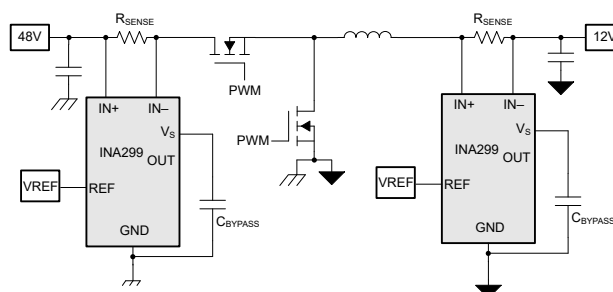
INA299-Q1 は 2.7V ~ 12V 単電源で動作し、消費電流は 650μA です。INA299-Q1 には次の 3 種類のゲイン オプションが提供されています。20V/V、50V/V、100V/V 複数のゲイン オプションにより、利用可能なシャント抵抗値と広い出力ダイナミックレンジ要件の間で最適化を行えます。

INA299-Q1 は、-40°C ~ +125°C の動作温度範囲が規定されており、6 ピン SOT-23 パッケージで供給されます。

パッケージ情報

部品番号	パッケージ ⁽¹⁾	パッケージ サイズ ⁽²⁾
INA299-Q1	DBV (SOT-23、6)	2.90mm × 2.80mm

- 利用可能なパッケージについては、データシートの末尾にあるパッケージ オプションについての付録を参照してください。
- パッケージ サイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンを含みます。



代表的なアプリケーション - DC/DC コンバータ



目次

1 特長.....	1	6.4 デバイスの機能モード.....	13
2 アプリケーション.....	1	7 アプリケーションと実装.....	16
3 説明.....	1	7.1 アプリケーション情報.....	16
4 ピン構成および機能.....	2	7.2 代表的なアプリケーション.....	17
5 仕様.....	3	7.3 電源に関する推奨事項.....	18
5.1 絶対最大定格.....	3	7.4 レイアウト.....	18
5.2 ESD 定格.....	3	8 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	20
5.3 推奨動作条件.....	3	8.1 ドキュメントのサポート.....	20
5.4 熱に関する情報.....	3	8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	20
5.5 電気的特性.....	4	8.3 サポート・リソース.....	20
5.6 代表的特性.....	6	8.4 商標.....	20
6 詳細説明.....	12	8.5 静電気放電に関する注意事項.....	20
6.1 概要.....	12	8.6 用語集.....	20
6.2 機能ブロック図.....	12	9 改訂履歴.....	20
6.3 機能説明.....	12	10 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	20

4 ピン構成および機能

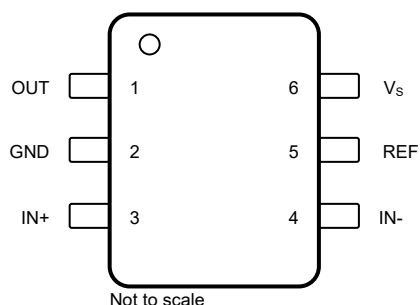


図 4-1. INA299-Q1 : DBV パッケージ 6 ピン SOT-23 上面図

表 4-1. ピンの機能 : DBV パッケージ

ピン		タイプ	説明
名称	番号		
GND	2	グラウンド	グラウンド
IN+	3	入力	電流検出アンプの正入力。ハイサイド アプリケーションの場合、検出抵抗のバス電圧側に接続します。ローサイド アプリケーションの場合、検出抵抗の負荷側に接続します。
IN-	4	入力	電流検出アンプの負入力。ハイサイド アプリケーションの場合、検出抵抗の負荷側に接続します。ローサイド アプリケーションの場合、検出抵抗のグラウンド側に接続します。
OUT	1	出力	出力電圧
REF	5	入力	基準電圧 $0V \sim V_S$ の電位に接続します。接続オプションについては、「リファレンス ピンによる出力の調整」を参照してください。
V_S	6	電源	電源、 $2.7V \sim 12V$

5 仕様

5.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
電源電圧 (V_S)	$(V_S - GND)$	-0.3	13.2	V
アナログ入力、 V_{IN+} 、 V_{IN-} ⁽²⁾	差動 ($V_{IN+} - V_{IN-}$)	-6	6	V
アナログ入力、 V_{IN+} 、 V_{IN-} ⁽²⁾	同相	-12	85	V
REF		GND - 0.3	$V_S + 0.3$	V
出力		GND - 0.3	$V_S + 0.3$	V
T_A	動作温度	-55	150	°C
T_J	接合部温度		150	°C
T_{stg}	保存温度	-65	150	°C

- (1) 絶対最大定格を超えた動作は、デバイスに恒久的な損傷を与える可能性があります。絶対最大定格は、これらの条件において、または推奨動作条件に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを暗に示すものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用了場合、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります。
- (2) V_{IN+} と V_{IN-} はそれぞれ $IN+$ ピンと $IN-$ ピンの電圧です。

5.2 ESD 定格

			値	単位
$V_{(ESD)}$	静電放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 ⁽¹⁾ HBM ESD 分類レベル 2 準拠	±2000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、AEC Q100-011 CDM ESD 分類レベル C6 準拠	±1000	

- (1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI / ESDA / JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

5.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
V_{CM}	同相入力範囲	-2	48	80	V
V_S	動作電源電圧範囲	2.7	5	12	V
V_{SENSE}	差動センス入力範囲	0		V_S / G	V
T_A	周囲温度	-40		125	°C

5.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		INA299-Q1	単位
		DBV (SOT-23)	
		6 ピン	
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	158.8	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	76.9	°C/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	41.4	°C/W
Ψ_{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	17.3	°C/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	41.1	°C/W

熱評価基準 ⁽¹⁾		INA299-Q1	単位
		DBV (SOT-23)	
		6ピン	
$R_{\theta JC(bot)}$	接合部からケース (底面) への熱抵抗	該当なし	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『[半導体および IC パッケージの熱評価基準](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

5.5 電気的特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $V_{REF} = V_S / 2$ 、 $V_{SENSE} = 0\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_{IN-} = 48\text{V}$ (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
入力						
V_{CM}	同相入力範囲 ⁽¹⁾	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$	-2		80	V
CMRR	同相除去比、 参照入力	$2.5\text{V} < V_{CM} < 80\text{V}$ 、	110	120		dB
		$0\text{V} < V_{CM} < 80\text{V}$ 、	80	90		
		$-2\text{V} < V_{CM} \leq 2.5\text{V}$ 、	65			
		$f = 50\text{kHz}$ 、 $V_{CM} = 12\text{V}$		65		
V_{os}	オフセット電圧、入力換算	$V_{CM} = 2.5\text{V}$	-150		150	μV
		$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$	-200		200	
dV_{os}/dT	オフセット電圧ドリフト	$V_{CM} = 2.5\text{V}$			± 0.5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
PSRR	電源電圧除去比、参照入力	$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $2.7\text{V} \leq V_S \leq 12\text{V}$ 、 $V_{REF} = 1\text{V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$			± 6	$\mu\text{V}/\text{V}$
I_B	入力バイアス電流	I_{B+} 、 I_{B-} 、 $V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $V_{SENSE} = 0\text{V}$		13	± 21	μA
		I_{B+} 、 I_{B-} 、 $V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $V_{SENSE} = 0\text{V}$ 、 $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$			± 28	
	基準入力範囲		0		V_S	V
RVRR	基準電圧除去比、 入力換算	$V_{REF} = 0.5\text{V} \sim 4.5\text{V}$ 、 $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$		± 5	± 20	$\mu\text{V}/\text{V}$
出力						
G	ゲイン	INA299A1-Q1		20		V/V
		INA299A2-Q1		50		
		INA299A3-Q1		100		
G_{ERR}	ゲイン誤差	$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 ($\text{GND} + 50\text{mV}$) $< V_{OUT} < (V_S - 200\text{mV})$			± 0.25	%
	ゲインドリフト	$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ 、 ($\text{GND} + 50\text{mV}$) $< V_{OUT} < (V_S - 200\text{mV})$			10	ppm/°C
NL _{ERR}	非直線性誤差	$V_{OUT} = 0.5\text{V} \sim 4.5\text{V}$ 、 $V_{CM} = 12\text{V}$		0.01		%
	最大容量性負荷	発振が持続しない、絶縁抵抗なし		500		pF
電圧出力						
	V_S (電源レール) までスイング	$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega \sim \text{GND}$	4.9			V
	グラウンドまでスイング	$V_{CM} = 2.5\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega \sim \text{GND}$			80	mV
周波数応答						
BW	帯域幅	INA299A1-Q1		650		kHz
		INA299A2-Q1		500		
		INA299A3-Q1		400		

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$, $V_{\text{SENSE}} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN-}} = 48\text{V}$ (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
	セトリング タイム	$V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V} \sim 4.5\text{V}$ ステップ、 出力が 1% までセトリング		6.5		μs
		$V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V} \sim 4.5\text{V}$ ステップ、 出力が 5% までセトリング		3		
SR	スルー レート	INA299A1-Q1, $V_{\text{SENSE}} = \pm 100\text{mV}$ 、 INA299A2-Q1, $V_{\text{SENSE}} = \pm 40\text{mV}$ 、 INA299A3-Q1, $V_{\text{SENSE}} = \pm 20\text{mV}$		2.5		$\text{V}/\mu\text{s}$
ノイズ						
ベン	電圧ノイズ密度	$f > 10\text{kHz}$		117		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
電源						
I_Q	静止時電流	$V_{\text{CM}} = 2.5\text{V}$		450	600	μA
		$V_{\text{CM}} = 2.5\text{V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$			650	μA
		$V_{\text{CM}} = -2\text{V}$		950	1100	μA
		$V_{\text{CM}} = -2\text{V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$			1200	μA
T_A	仕様範囲		-40		125	$^\circ\text{C}$

(1) $V_{\text{IN+}}$ と $V_{\text{IN-}}$ の両方の同相電圧が、指定された同相入力範囲を超えないようにする必要があります。

5.6 代表的特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

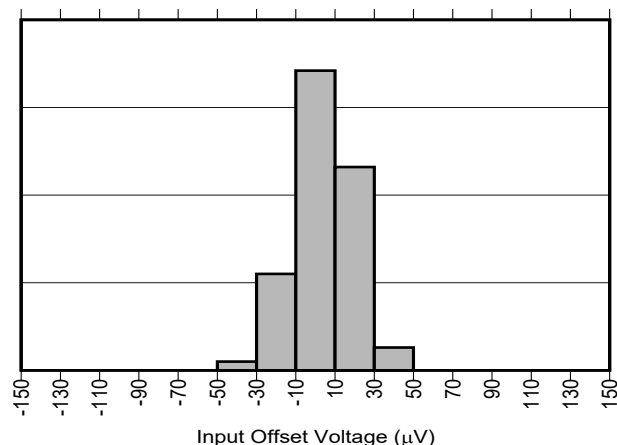


図 5-1. INA299-Q1 入力オフセット電圧の製品分布

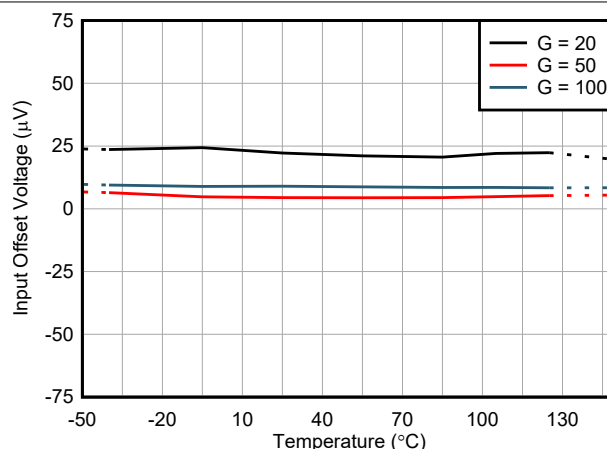


図 5-2. 入力オフセット電圧と温度との関係

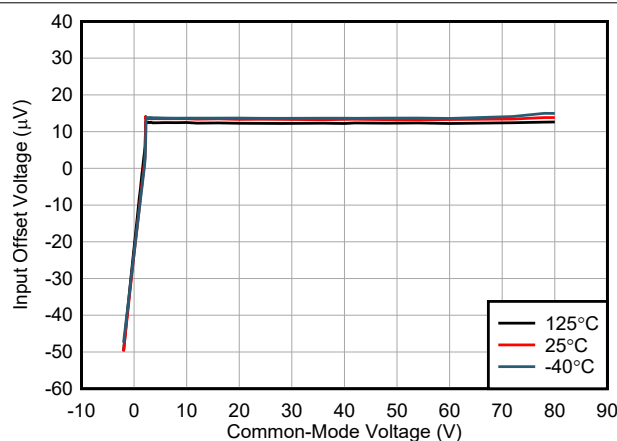


図 5-3. 入力オフセット電圧と同相電圧との関係

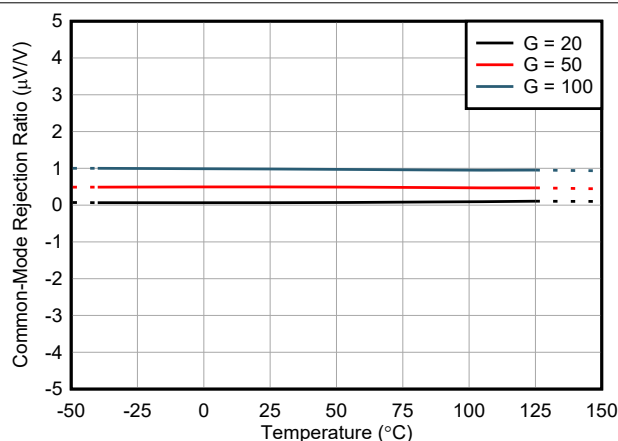


図 5-4. 同相除去比と温度との関係

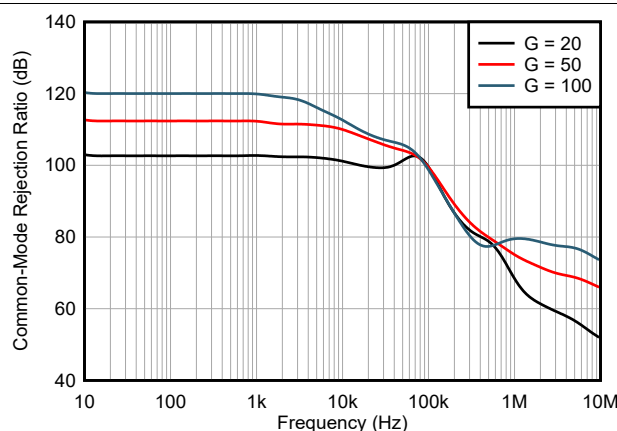


図 5-5. 同相除去比と周波数との関係

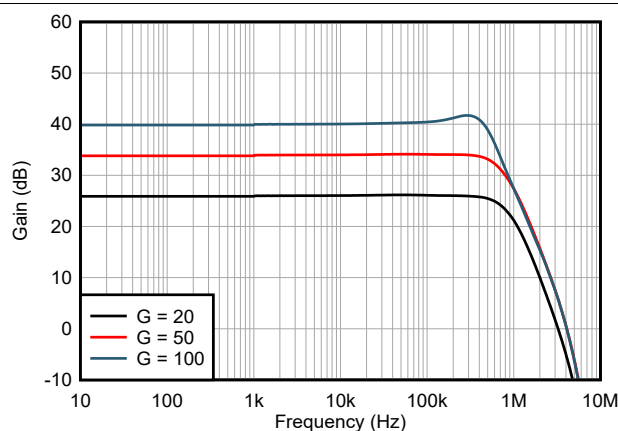


図 5-6. ゲインと周波数との関係

5.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

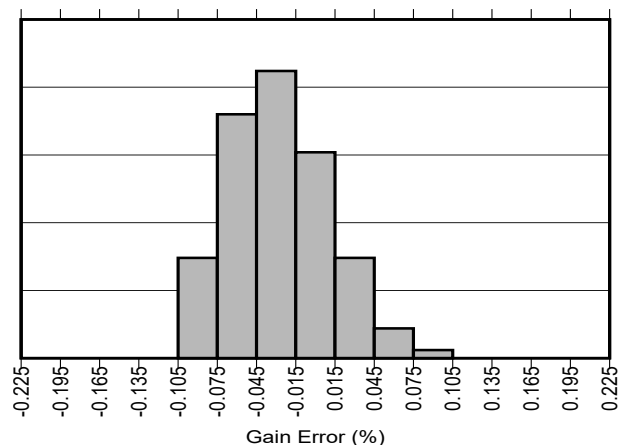


図 5-7. INA299-Q1 ゲイン誤差の製品分布

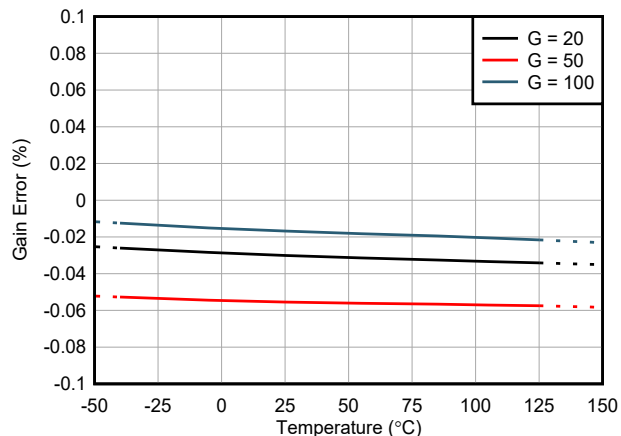


図 5-8. ゲイン誤差と温度との関係

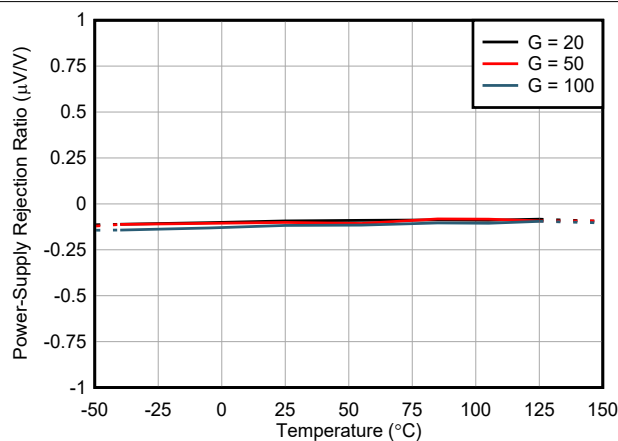


図 5-9. 電源除去比と温度との関係

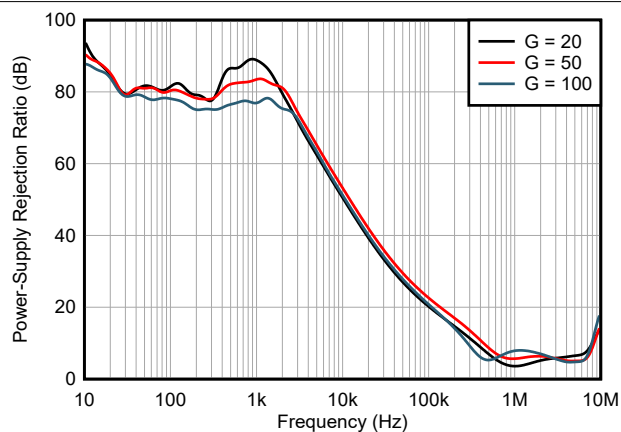


図 5-10. 電源除去比と周波数との関係

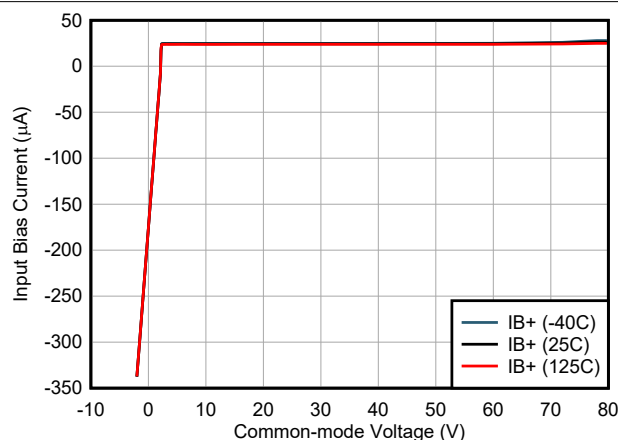


図 5-11. 入力バイアス電流と同相電圧との関係

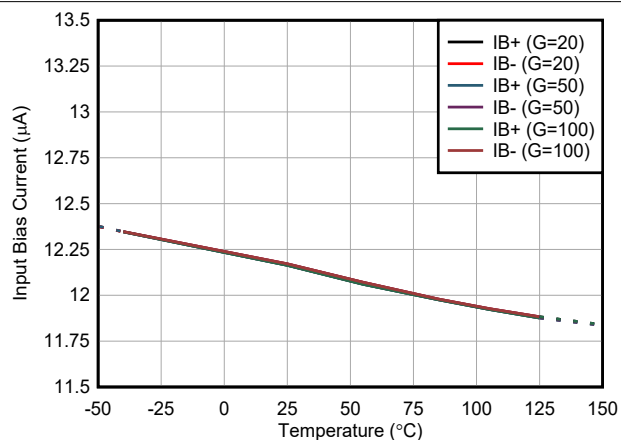


図 5-12. 入力バイアス電流と温度との関係

5.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

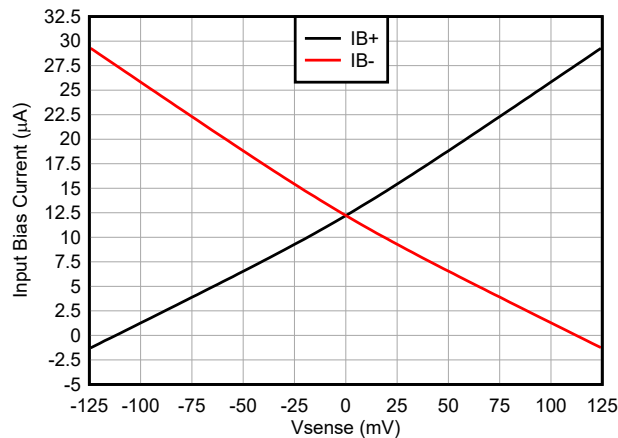


図 5-13. INA299-Q1 ゲイン = 20V/V、入力バイアス電流と V_{SENSE} との関係

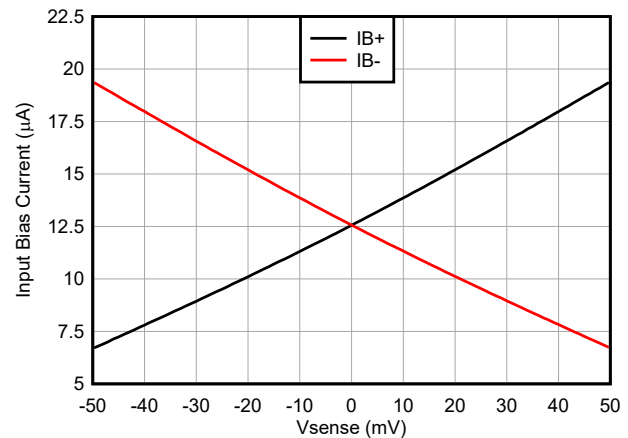


図 5-14. INA299-Q1 ゲイン = 50V/V、入力バイアス電流と V_{SENSE} との関係

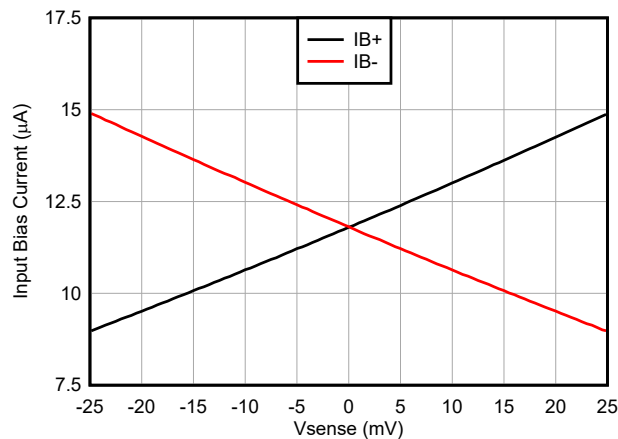


図 5-15. INA299-Q1 ゲイン = 100V/V 入力バイアス電流と V_{SENSE} との関係

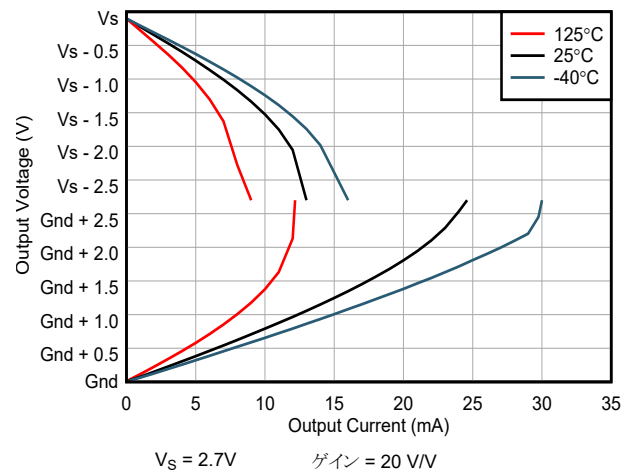


図 5-16. 出力電圧と出力電流との関係

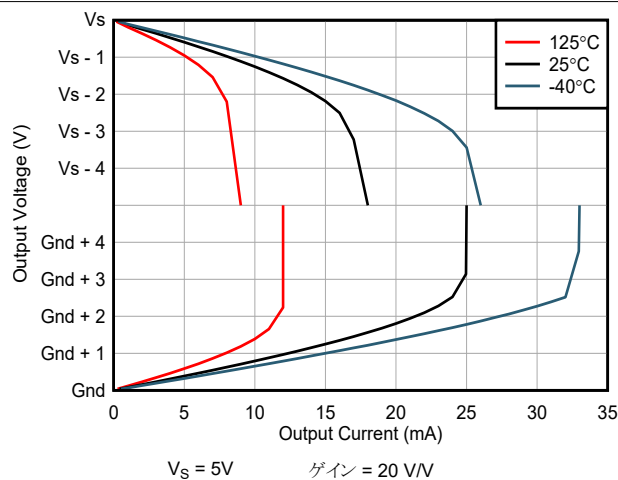


図 5-17. 出力電圧と出力電流との関係

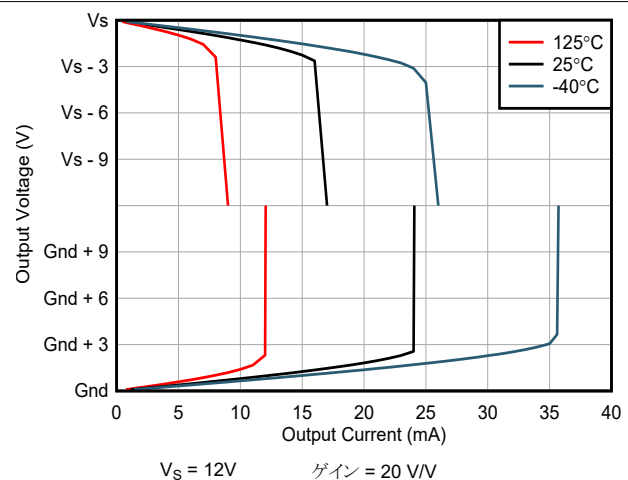


図 5-18. 出力電圧と出力電流との関係

5.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

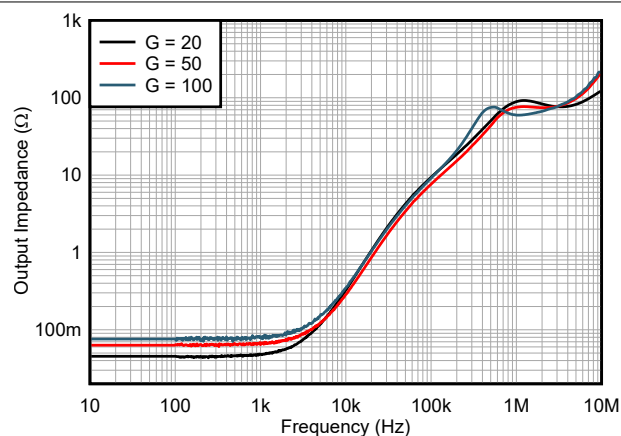
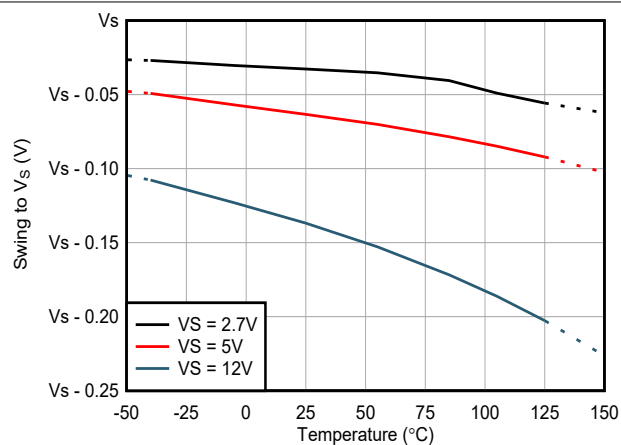
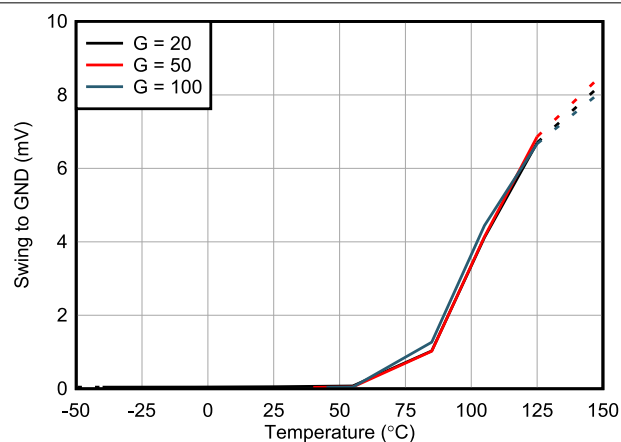


図 5-19. 出力インピーダンス 対 周波数



$R_L = 10\text{k}\Omega$ を GND に
接続

図 5-20. 電源電圧までのスイングと温度との関係



$R_L = 10\text{k}\Omega$ を GND に
接続

図 5-21. GND までのスイングと温度との関係

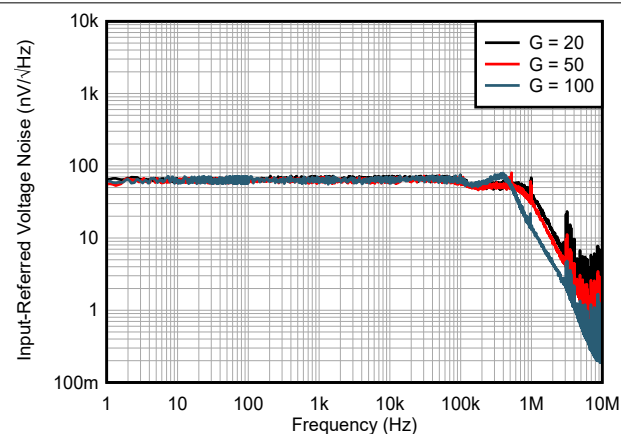


図 5-22. 入力換算ノイズと周波数との関係

5.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

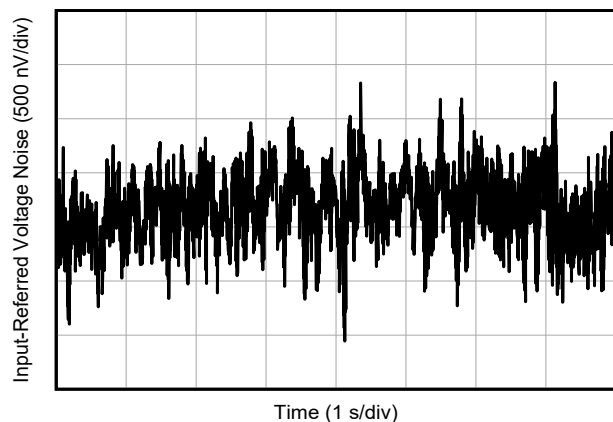


図 5-23. 0.1Hz~10Hz の電圧ノイズ

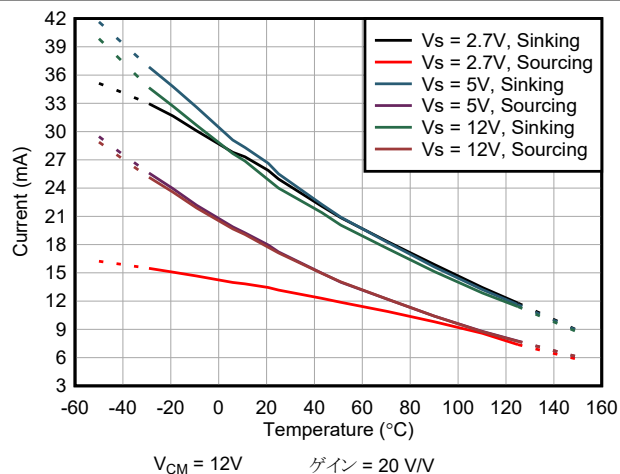


図 5-24. 短絡電流と温度との関係

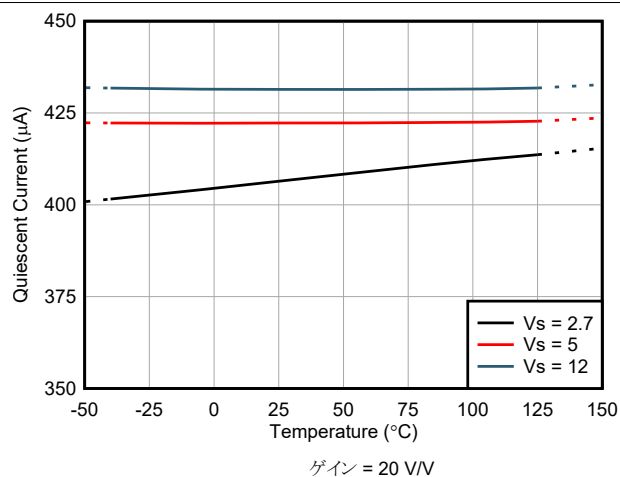


図 5-25. 静止電流と温度との関係

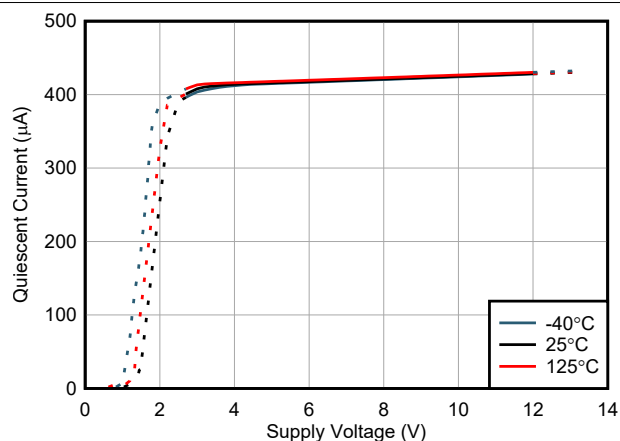


図 5-26. 静止電流と電源電圧との関係

5.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{IN}-} = 48\text{V}$, $V_{\text{REF}} = V_S / 2$ (特に記述のない限り)

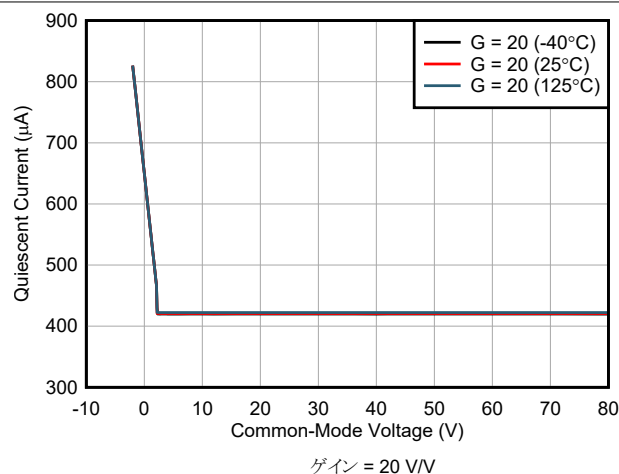


図 5-27. 静止電流と同相電圧との関係

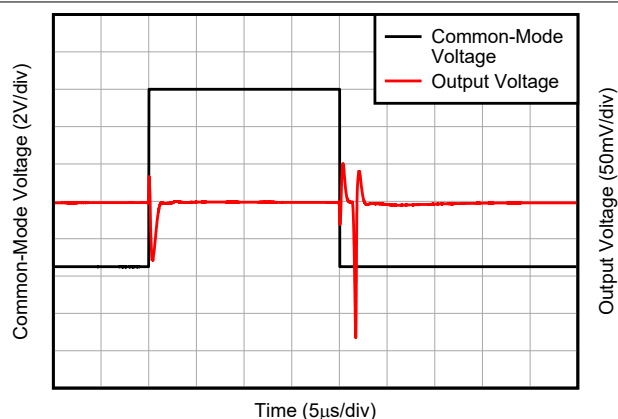


図 5-28. 同相電圧の高速過渡パルス

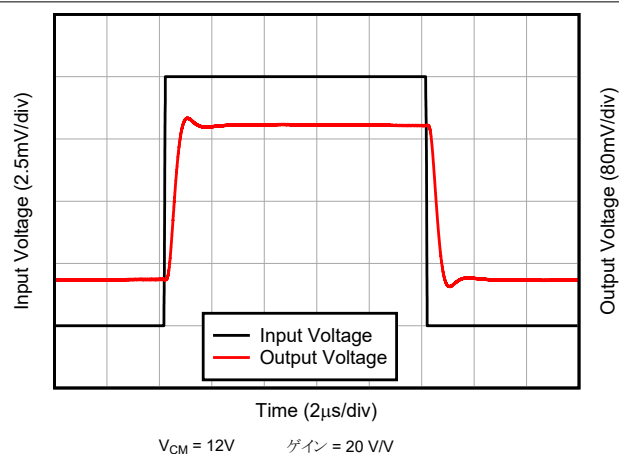


図 5-29. スmallステップ応答

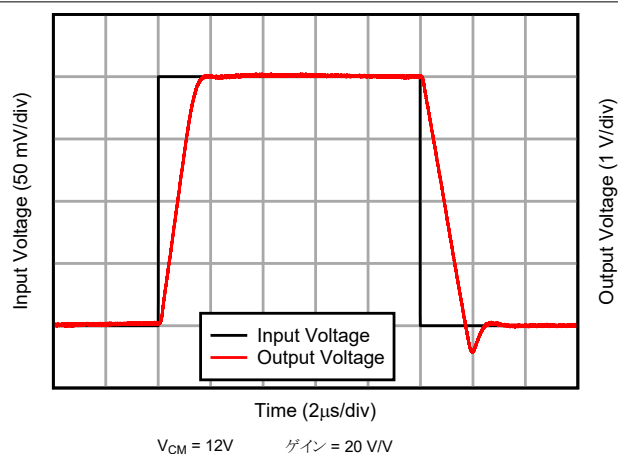


図 5-30. 大ステップ応答

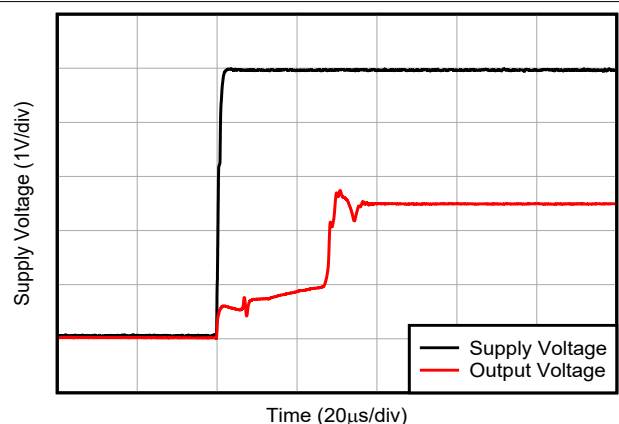


図 5-31. スタートアップ応答

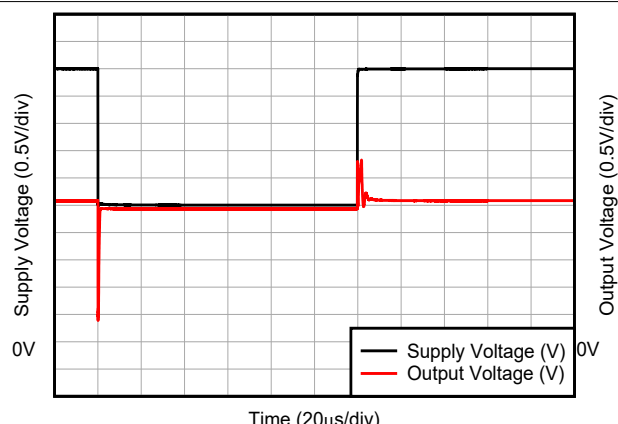


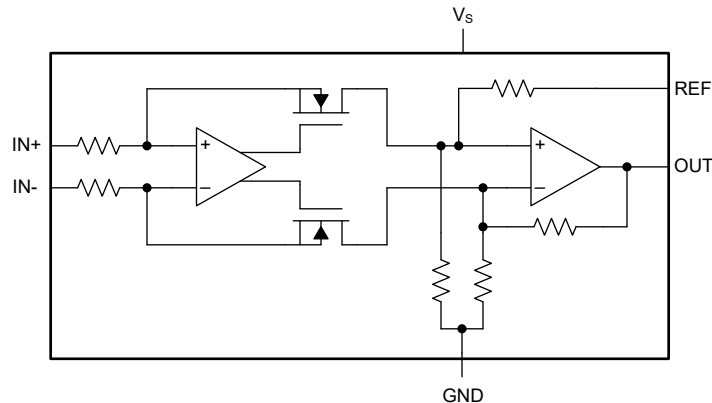
図 5-32. ブラウンアウトからの復帰

6 詳細説明

6.1 概要

INA299-Q1 は、ハイサイドまたはローサイドの双方向高速電流センス アンプで、広い同相範囲、高精度のゼロドリフトポロジ、優れた同相除去比 (CMRR)、高速スルーレートを實現します。アプリケーションに応じて出力ダイナミック・レンジを最適化できるよう、各種のゲイン・バージョンが用意されています。INA299-Q1 は、信号帯域幅が最大 650kHz、定格同相電圧範囲が $-2\text{V} \sim 80\text{V}$ で、 $13\mu\text{A}$ の低バイアス電流を實現するアーキテクチャを使用して設計されています。

6.2 機能ブロック図



6.3 機能説明

6.3.1 アンプの入力同相信号

INA299-Q1 は、 $-2\text{V} \sim +80\text{V}$ で大きな入力同相電圧をサポートしています。INA299-Q1 の内部トポロジにより、同相範囲が電源電圧 (V_S) を超えることができます。これにより、 $2.7\text{V} \sim 12\text{V}$ の電源電圧範囲を超えるローサイドまたはハイサイド電流検出アプリケーションに INA299-Q1 を使用できます。

6.3.2 低い入力バイアス電流

INA299-Q1 の入力、最大 80V の同相電圧で入力ピンごとに $13\mu\text{A}$ (標準値) のバイアス電流を消費するため、電流リークが低いことが要求されるアプリケーションでも、高精度の電流検出を實現できます。入力バイアス電流は、 $-2\text{V} \sim 2.5\text{V}$ の同相電圧に比例します。その後、INA299-Q1 の入力バイアス電流は同相電圧範囲全体にわたって一定に保持されます。

6.3.3 低い V_{SENSE} での動作

INA299-Q1 は、有効な V_{SENSE} 範囲の全体にわたって高い性能で動作します。INA299-Q1 のゼロドリフト入力アーキテクチャは、 $-40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ の広い動作温度範囲の全体にわたって低い V_{SENSE} レベルを正確に測定するために必要な、低いオフセット電圧と低いオフセットドリフトを實現しています。シャントの両端での電力損失が大幅に低減されるため、低電流測定に低抵抗シャントを使用する場合は、低い V_{SENSE} での動作が特に役立ちます。

6.3.4 広い固定ゲイン出力

INA299-Q1 の最大ゲイン誤差は室温で $\pm 0.25\%$ 、 $-40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ の温度範囲の全体で最大ドリフトは $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ です。INA299-Q1 には、 $20\text{V}/\text{V}$ 、 $50\text{V}/\text{V}$ 、 $100\text{V}/\text{V}$ の各ゲインのオプションがあります。システム設計者は、要求される信号対雑音比、ダイナミック電流範囲、フルスケール出力電圧目標などのシステム要件に基づいてゲインを選択する必要があります。

6.3.5 広い電源電圧範囲

INA299-Q1 は、 $2.7\text{V} \sim 12\text{V}$ と広い電源電圧範囲で動作します。INA299-Q1 の入力同相電圧範囲は電源電圧に依存しませんが、出力電圧はデバイスに供給される電源電圧によって制限されます。出力電圧の範囲は、最小 80mV から、電源電圧の 100mV 下までです。

6.4 デバイスの機能モード

6.4.1 リファレンス ピンによる出力の調整

図 6-1 には、差動入力電圧が 0V のときに出力電圧を同じ電圧にバイアスするため、分割された供給電圧で駆動されるリファレンス ピンを示しています。INA299-Q1 の出力は、単方向または双方向で動作するよう構成できます。

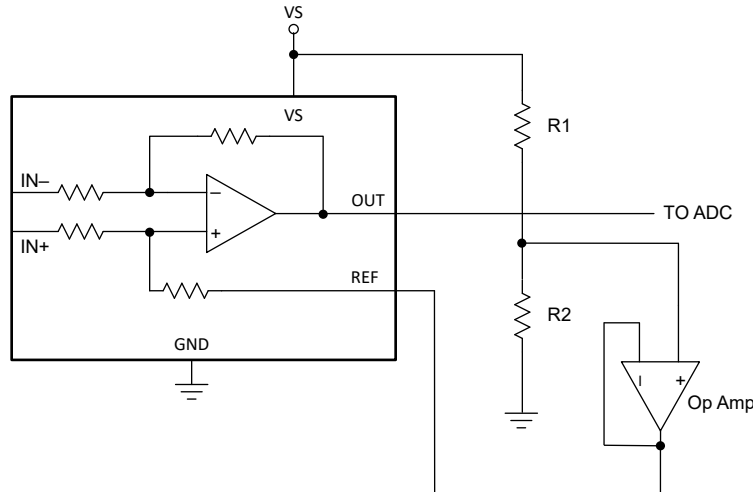


図 6-1. 出力調整のリファレンス ピン

出力電圧は、リファレンス入力ピン (REF) に電圧を印加することにより設定されます。REF は、高精度にマッチングされた内部ゲイン ネットワークに接続されます。REF がバッファ付き分圧電源電圧に接続されている場合、式 1 に示すように、電流検出の入力電圧が 0V のとき、出力は中間点の電圧に設定されます。ほとんどの双方向アプリケーションでは、REF は中間電源電圧に駆動し、出力電圧を中間点の電源電圧に設定します。

$$V_{OUT} = G \times (V_{IN+} - V_{IN-}) + V_{REF} \quad (1)$$

6.4.2 単方向電流を測定するためのリファレンス ピンの接続

単方向動作では、抵抗性シャントを使用して一方向への電流を測定できます。単方向で動作させるには、デバイスのリファレンス ピンを、負のレール (「[グラウンド基準の出力](#)」セクションを参照) または正のレール (「[VS 基準の出力](#)」セクションを参照) に接続します。必要な差動入力の極性は、リファレンス入力の設定によって異なります。アンプの出力は、外付けシャント抵抗を通過する電流に比例して、リファレンス レールから離れます。アンプのリファレンス ピンを正のレールに接続するときは、アンプの出力を (グラウンドに向かって) 下に移動させるため、入力の極性を負にする必要があります。アンプのリファレンス ピンをグラウンドに接続するときは、アンプの出力を (電源に向かって) 上に移動させるため、入力の極性を正にする必要があります。

以下のセクションでは、単方向の動作用に出力を構成する方法について説明します。

6.4.2.1 グラウンド基準の出力

INA299-Q1 をグラウンド基準出力の単方向モードで使用するときは、リファレンス入力をグラウンドに接続します。この構成では、入力に 0V の差動が存在する場合、出力がグラウンドに接続されます (「[図 6-2](#)」を参照)。

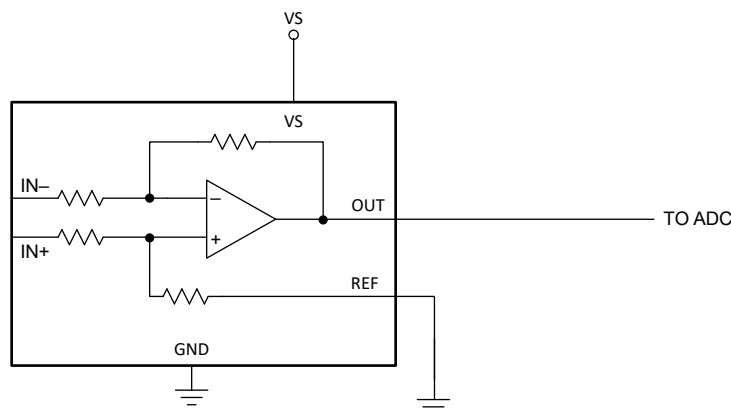


図 6-2. グランド基準の出力

6.4.2.2 VS 基準の出力

VS 基準の出力を持つ単方向モードは、リファレンス ピンを正の電源に接続することにより構成されます。この構成は、電流の符号が負の回路に使用します。この構成では、入力に 0V の差動が存在する場合、出力が電源に接続されます (「[図 6-3](#)」を参照)。

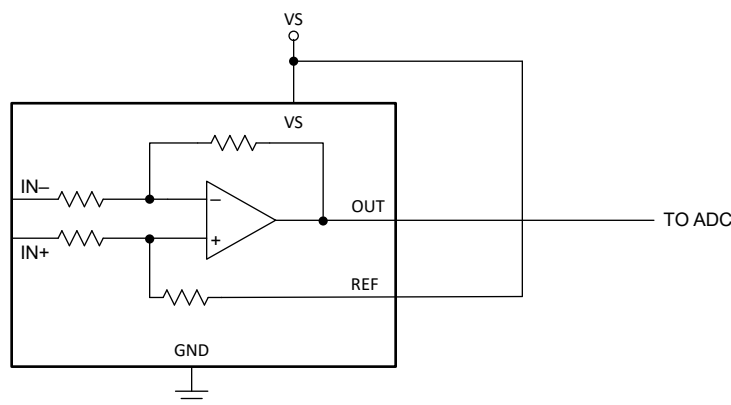


図 6-3. VS 基準の出力

6.4.3 双方向電流を測定するためのリファレンス ピンの接続

INA299-Q1 は、一般に電流検出抵抗または電流シャント抵抗と呼ばれる抵抗を流れる電流によって発生する差動電圧を測定します。INA299-Q1 は、リファレンス ピンに印加される電圧に基づいて、単方向または双方向モードで動作できます。

出力段の線形範囲は、出力電圧がグラウンドにどれだけ近づくことができるかと、「[仕様](#)」で説明されている電源電圧によって制限されます。電流検出抵抗の値、測定対象の電流範囲、最適なゲイン オプション、リファレンス ピンに印加される電圧は、INA299-Q1 が常に線形領域内で動作するように選択する必要があります。

6.4.3.1 出力を外部のリファレンス電圧に設定する

リファレンス ピンを外部のリファレンス電圧に接続すると、入力ピンの短絡または 0V 差動入力の場合で、出力電圧はリファレンス電圧と等しくなります。この構成を、[図 6-4](#) に示します。IN+ ピンが IN- ピンに対して負の場合、出力電圧はリファレンス電圧より低くなり、IN+ ピンが IN- ピンに対して正の場合には高くなります。この手法は、出力を高精度の電圧にバイアスする最も正確な方法です。

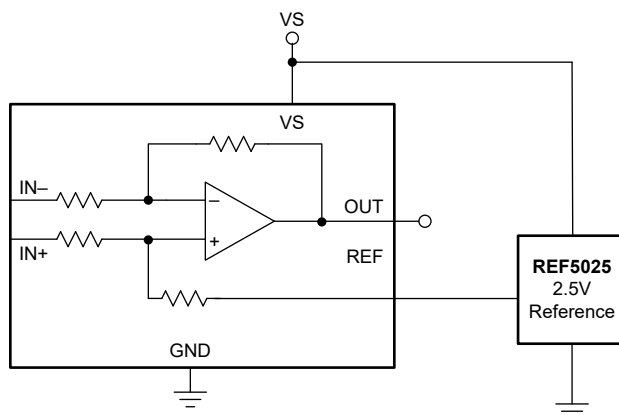


図 6-4. 外部リファレンス出力

6.4.3.2 出力を中間電源電圧に設定する

図 6-5 には、リファレンス ピンを接続することにより、供給電圧 VS を均等に分割し、差動入力がない場合に出力を供給電圧の半分に設定することが示されています。この方法では、電源電圧に対してレシオメトリックなオフセットが作成され、出力電圧は入力に印加された $0V$ について $VS/2$ のままになります。

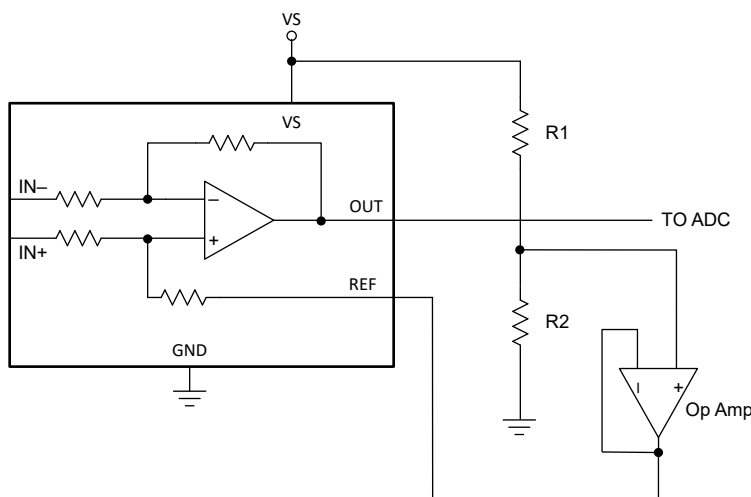


図 6-5. 中間電圧出力

7 アプリケーションと実装

注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツはその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

7.1 アプリケーション情報

INA299-Q1 は、電流が抵抗を経由して負荷に流れるとき、電流検出抵抗の両端に発生する電圧を増幅します。INA299-Q1 は入力同相電圧範囲が広く、同相除去率が高いため、高精度の電流測定を維持しながら、広い範囲の電圧レールで使用できます。

7.1.1 R_{SENSE} とデバイスのゲインの選択

電流検出アンプの精度を最大にするには、できるだけ大きな値の電流検出抵抗を選択します。検出抵抗の値が大きいと、与えられた電流に対して差動入力信号が最大化され、オフセット電圧の誤差寄与が低減されます。ただし、パッケージの物理的な寸法、パッケージの構造、最大消費電力によって、特定のアプリケーションで電流検出抵抗の値をどれだけ大きくできるかには実用的な制限があります。特定の消費電力予算について、電流検出抵抗の最大値は [式 2](#) で与えられます。

$$R_{SENSE} < \frac{PD_{MAX}}{I_{MAX}^2} \quad (2)$$

ここで

- PD_{MAX} は、 R_{SENSE} で許容される最大消費電力です。
- I_{MAX} は、 R_{SENSE} を流れる最大電流です。

電流検出抵抗とデバイスのゲインの大きさは、電源電圧、 V_S 、およびデバイスのスイング ツー レール制限によっても制限されます。電流検出信号が出力に正しく渡されるよう、正と負の両方の出力スイングについて制限を調べる必要があります。デバイスが正のスイング制限を超えないための R_{SENSE} とゲインの最大値は、[式 3](#) で示されます。

$$I_{MAX} \times R_{SENSE} \times GAIN < V_{SP} \quad (3)$$

ここで

- I_{MAX} は、 R_{SENSE} を流れる最大電流です。
- $GAIN$ は電流検出アンプのゲインです。
- V_{SP} は、「[仕様](#)」に規定されているデバイスの正の出力スイングです。

R_{SENSE} の値を選択するときに正の出力スイング制限を回避するため、検出抵抗の値とデバイスのゲインとの間には常にトレードオフが存在します。最大消費電力に対して選択した検出抵抗が大きすぎる場合は、正のスイング制限を回避するため、ゲインの低いデバイスを選択できます。

負のスイング制限は、特定のアプリケーションで検出抵抗の値をどれだけ小さくできるかを制限します。検出抵抗の最小値の制限は、[式 4](#) で示されます。

$$I_{MIN} \times R_{SENSE} \times GAIN > V_{SN} \quad (4)$$

ここで

- I_{MIN} は、 R_{SENSE} を流れる最小電流です。
- $GAIN$ は電流検出アンプのゲインです。

- V_{SN} は、「仕様」に規定されているデバイスの負の出力スイングです。

INA299-Q1 の 5 種類の異なるゲインのバージョンを使用した場合のさまざまな結果の例を、表 7-1 に示します。表のデータから、最もゲインの大きなデバイスでは、電流シャント抵抗を小さくでき、素子の消費電力も減らすことができます。

表 7-1. R_{SENSE} の選択と消費電力 (1)

パラメータ		式	$V_S = 5V$ での結果		
			A1 デバイス	A2 デバイス	A3 デバイス
G	ゲイン		20 V/V	50 V/V	100 V/V
V_{SENSE}	理想的な差動入力電圧	$V_{SENSE} = V_{OUT} / G$	250mV	100mV	50mV
R_{SENSE}	電流検出抵抗の値	$R_{SENSE} = V_{SENSE} / I_{MAX}$	25mΩ	10mΩ	5mΩ
P_{SENSE}	電流検出抵抗の消費電力	$R_{SENSE} \times I_{MAX}^2$	2.5W	1W	0.5W

(1) 10A フルスケール電流で、最大出力電圧が 5V に設定された設計例。

7.2 代表的なアプリケーション

INA299-Q1 は双方向の電流検出アンプで、-2V ~ +80V の同相電圧で抵抗性シャントを通過する電流を測定できます。

7.2.1 モーター アプリケーションにおけるハイサイド電流センシング

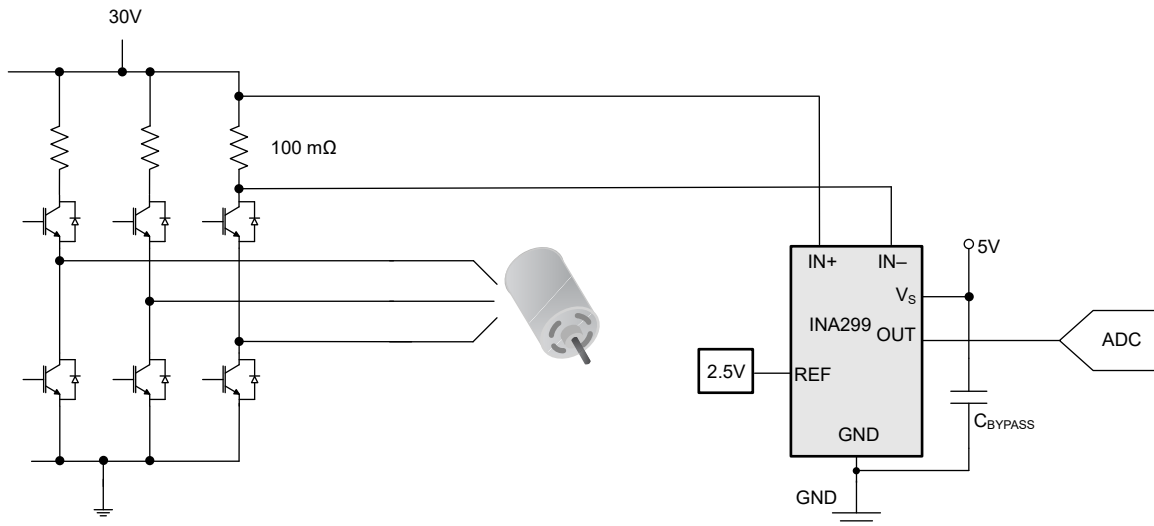


図 7-1. ハイサイド モーター電流センシング アプリケーション回路

7.2.1.1 設計要件

この応用例では、同相電圧範囲は 0V~30V です。最大センス電流は 0.5A で、INA299-Q1 用に 5V 電源が利用可能です。「 R_{SENSE} とデバイスのゲインの選択」の設計ガイドラインに従い、良好な出力ダイナミック レンジを実現するために、 R_{SENSE} は 100mΩ、ゲインは 50V/V を選択します。このアプリケーションの設計の設定を、表 7-2 に示します。

表 7-2. 設計パラメータ

設計パラメータ	数値の例
電源電圧	5V
同相電圧範囲	30V
最大検出電流	0.5A
R_{SENSE} 抵抗	100mΩ
ゲイン オプション	50 V/V

7.2.1.2 詳細な設計手順

INA299-Q1 は、モーター アプリケーションの標準的なハイサイド電流を測定するように設計されています。INA299-Q1 は、電源に配置された $100\text{m}\Omega$ シャント電流を測定します。このシャントは、モーターを駆動するハーフブリッジと直列に配置されます。INA299-Q1 はシャント抵抗の両端で差動電圧を測定し、 50V/V のゲインで信号が内部で増幅されます。INA299-Q1 の出力は、MCU の A/D コンバータ (ADC) に接続され、電流の測定値をデジタル化します。

モーターの電流を測定すると、故障の兆候を判断できます。ハイサイド電流を測定すると、モーターや FET にグラウンド障害が発生しているかどうかを示されます。これらの部品はアプリケーション内で損傷する可能性がある部分です。INA299-Q1 は、帯域幅とスルーレートが高いため、高速な過電流状態を検出して、グラウンド短絡障害によるモーターの損傷を防止するために使用できます。

7.2.1.3 アプリケーション曲線

図 7-2 は、モーターの電流応答を示します。

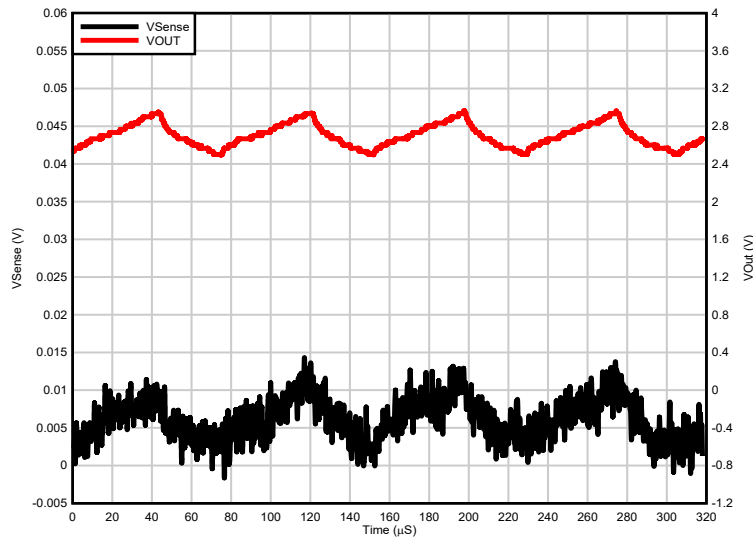


図 7-2. ハイサイド モーター電流測定

7.3 電源に関する推奨事項

INA299-Q1 は、接続されている電源電圧 (V_S) を超えて高精度の測定を行います。これは、入力 (IN+ および IN-) が V_S と独立に $-2\text{V} \sim +80\text{V}$ の範囲で動作できるためです。たとえば、 V_S 電源が 5V のとき、同相電圧が $+80\text{V}$ までのシャントを測定できます。

7.3.1 電源のデカップリング

電源バイパス コンデンサは、電源とグラウンドのピンのできるだけ近くに配置します。バイパス コンデンサの推奨値は $0.1\mu\text{F}$ です。ノイズが多い、またはインピーダンスが高い電源を補償するため、デカップリング容量を増やすこともできます。

7.4 レイアウト

7.4.1 レイアウトのガイドライン

優れたレイアウト手法に対して、常に関心を持つことをお勧めします。

- 入力ピンと検出抵抗との接続には、ケルビン接続や 4 線接続を使用します。この接続技術により、入力ピン間の電流検出抵抗のインピーダンスだけを検出できます。一般に、電流検出抵抗の配線に不備があると、入力ピン間の抵抗が増加します。電流検出抵抗の値が非常に低い場合、大電流が流れるインピーダンスを追加すると、測定値に大きな誤差が生じます。

- 電源バイパス コンデンサは、デバイスの電源ピンとグランド ピンのできるだけ近くに配置します。このバイパス コンデンサの推奨値は $0.1\mu\text{F}$ です。ノイズが多い、またはインピーダンスが高い電源を補償するため、デカップリング容量を増やすこともできます。

7.4.2 レイアウト例

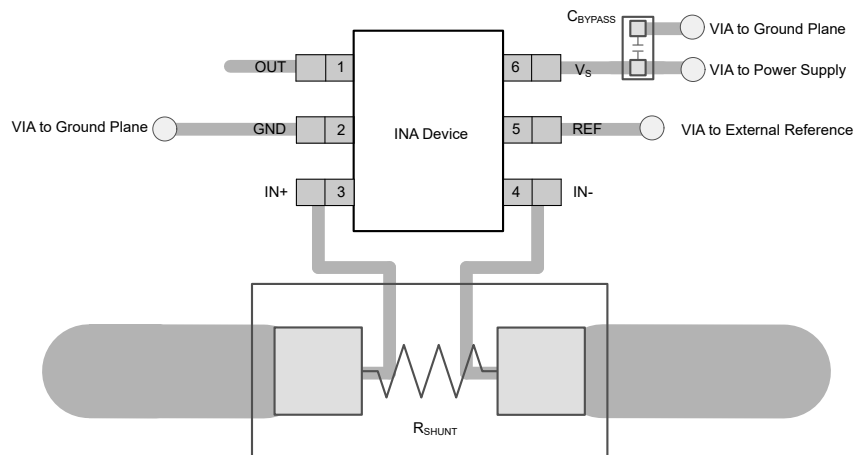


図 7-3. INA299-Q1 SOT-23 6 ピン (DBV) パッケージの推奨レイアウト

8 デバイスおよびドキュメントのサポート

8.1 ドキュメントのサポート

8.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。テキサス インスツルメンツ、

- テキサス インスツルメンツ、『[INA299xEVM](#)』EVM ユーザーガイド

8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。右上の [アラートを受け取る] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、修正されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

8.3 サポート・リソース

[テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

8.4 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

8.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

8.6 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#)

この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

9 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

日付	改訂	注
July 2025	*	初版リリース

10 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
INA299A1QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	3NCF
INA299A2QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	3NEF
INA299A3QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	3NDF

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF INA299-Q1 :

- Catalog : [INA299](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product

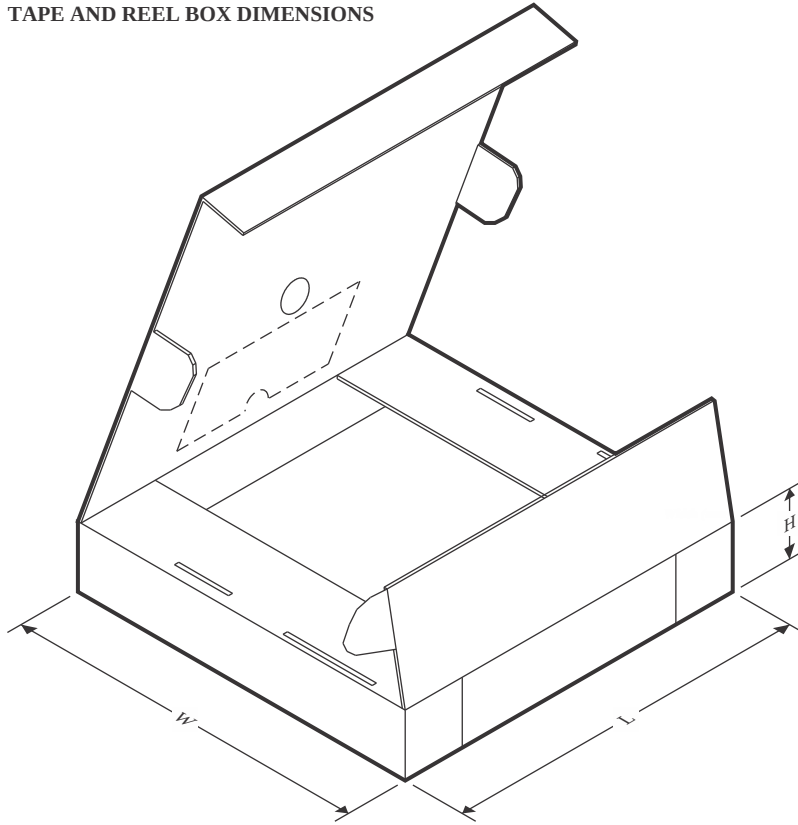
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
INA299A1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
INA299A2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
INA299A3QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
INA299A1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0
INA299A2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0
INA299A3QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0



SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



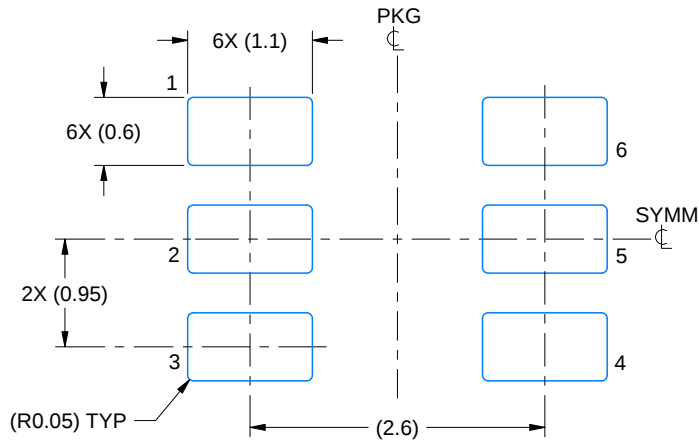
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash and protrusion shall not exceed 0.25 per side.
4. Leads 1,2,3 may be wider than leads 4,5,6 for package orientation.
5. Reference JEDEC MO-178.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

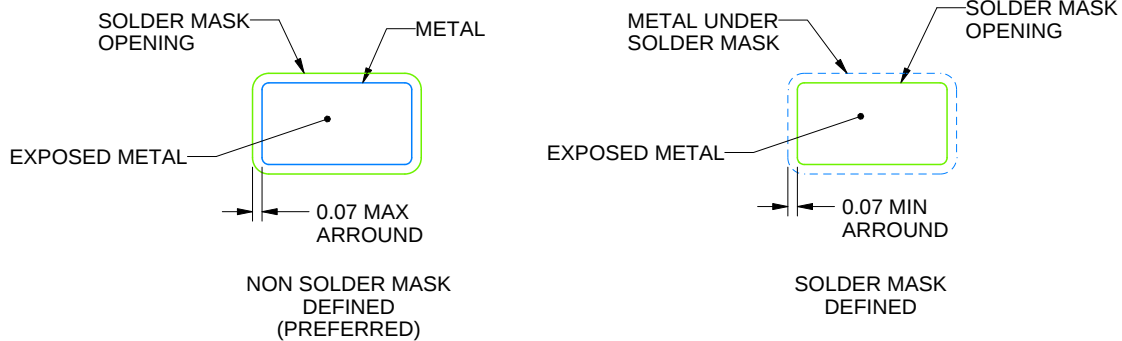
DBV0006A

SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X



SOLDER MASK DETAILS

4214840/G 08/2024

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

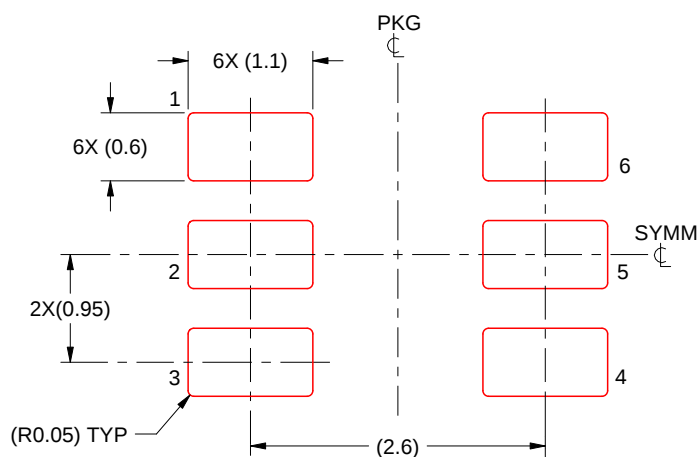
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DBV0006A

SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:15X

4214840/G 08/2024

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月