



低ノイズ、広帯域幅 MEMS 加速度センサー

データシート

ADXL1004

特長

アナログ出力を備えた面内 1 軸の加速度センサー
フルスケール・レンジ: $\pm 500 g$
リニア周波数応答範囲: DC ~ 24 kHz (代表値)
(3 dB ポイント)
共振周波数: 45 kHz (代表値)
超低ノイズ密度: $125 \mu g/\sqrt{Hz}$

オーバーレンジの検出と DC カップリングにより高速回復時間を実現

充実した電気機械式セルフ・テスト

感度性能

全温度範囲にわたる感度安定性: 5 % 以内
フルスケール・レンジの直線性: $\pm 0.25 \%$
交差軸感度: $\pm 1.5 \%$ (X 軸に対する Z 軸加速度の影響、
および X 軸に対する Y 軸加速度の影響)

単電源動作

電源に対してレシオメトリックな出力電圧
低消費電力: 1.0 mA (代表値)
高速回復の省電力スタンバイ動作モード

RoHS 準拠

動作温度範囲: $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$

32 ピン、5 mm × 5 mm × 1.80 mm LFCSP パッケージ

アプリケーション

状態監視

予知保全

アセット状態監視

テストおよび計測

HUMS (健康状態監視システム)

アコースティック・エミッション

概要

ADXL1004 は広い周波数範囲にわたり超低ノイズ密度を実現し、ベアリングの故障検出および診断向けに最適化されています。ADXL1004 のノイズ密度は、リニア周波数範囲で $125 \mu g/\sqrt{Hz}$ (代表値) です。マイクロマシン (MEMS) 加速度センサーの感度は安定していて再現性があり、10,000 g までの外部衝撃に耐えられます。

シグナル・コンディショニング回路を内蔵しているため、充実した静電気セルフ・テスト (ST) やオーバーレンジ (OR) イン

機能ブロック図

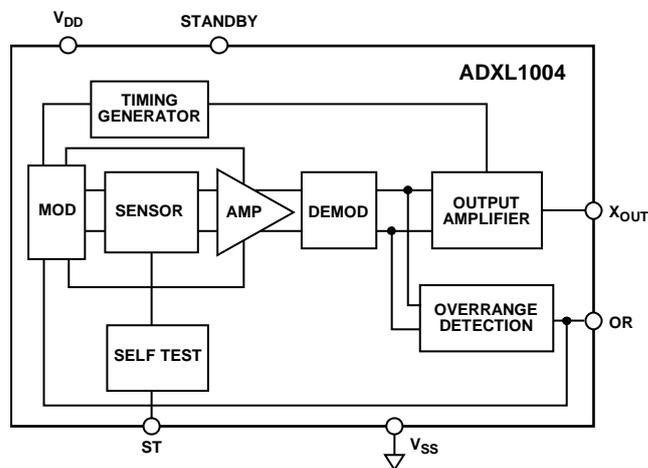


図 1.

16598-001

ジケータなどの組み込みアプリケーションに役立つ機能を提供します。また、ADXL1004 は低消費電力で 3.3 V ~ 5.25 V の単電源で動作するため、ワイヤレス・センシング製品の設計を可能にします。ADXL1004 は 5 mm × 5 mm × 1.80 mm の LFCSP パッケージで提供され、 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ の温度範囲で動作します。

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、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2018 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 10F
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 10F
電話 06 (6350) 6868
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 40F
電話 052 (569) 6300

目次

特長.....	1	動作モード.....	9
アプリケーション.....	1	帯域幅.....	9
機能ブロック図.....	1	アプリケーション情報.....	10
概要.....	1	アプリケーション回路.....	10
改訂履歴.....	2	オンデマンド・セルフ・テスト.....	10
仕様.....	3	レシオメトリックな出力電圧.....	10
絶対最大定格.....	4	10 kHz 未満のアナログ出力のインターフェース.....	11
熱抵抗.....	4	10 kHz を超えるアナログ出力の.....	12
推奨されるハンダ処理プロファイル.....	4	インターフェース.....	12
ESD に関する注意事項.....	4	オーバーレンジ.....	12
ピン配置およびピン機能の説明.....	5	取付けの機械的事項に関する留意点.....	12
代表的な性能特性.....	6	レイアウトと設計の推奨事項.....	13
動作原理.....	9	外形寸法.....	14
機械式デバイスの動作.....	9	オーダー・ガイド.....	14

改訂履歴

1/2018—Revision 0: Initial Version

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ 、加速度 = 0 g 。すべての最小仕様と最大仕様が確保されています。typ 仕様は確保されないことがあります。

表 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR					
Measurement Range		± 500			g
Nonlinearity ¹	Percentage of full-scale		± 0.25		%
Cross Axis Sensitivity ²	Z-axis acceleration affect on X-axis		± 1.5		%
	Y-axis acceleration affect on X-axis		± 1.5		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC TO V_{DD})					
Sensitivity	DC		4		mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		± 5		%
ZERO g OFFSET (RATIOMETRIC TO V_{DD})					
0 g Output Voltage			$V_{DD}/2$		V
0 g Output Range over Temperature ⁴	-40°C to $+125^\circ\text{C}$		11		g
NOISE					
Noise Density	100 Hz to 20 kHz		125		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
1/f Frequency Corner			0.1		Hz
FREQUENCY RESPONSE					
Sensor Resonant Frequency		41	45		kHz
5% Bandwidth ⁵			10		kHz
3 dB Bandwidth ⁶			24		kHz
SELF TEST					
Output Change (Ratiometric to V_{DD})	ST low to ST high	55	70		mV
Input Voltage Level					V
High, V_{IH}		$V_{DD} \times 0.7$		$V_{DD} \times 0.3$	V
Low, V_{IL}					V
Input Current			25		μA
OUTPUT AMPLIFIER					
Short-Circuit Current			3		mA
Output Impedance			<0.1		Ω
Maximum Resistive Load			20		M Ω
Maximum Capacitive Load ⁷	No external resistor		100		pF
	With external resistor		22		nF
POWER SUPPLY (V_{DD})					
Operating Voltage Range		3.3	5.0	5.25	V
Quiescent Supply Current			1.0	1.15	mA
Standby Current			225	285	μA
Standby Recovery Time (Standby to Measure Mode)	Output settled to 1% of final value		<50		μs
Turn On Time ⁸			<550		μs
OPERATING TEMPERATURE RANGE					
		-40		+125	$^\circ\text{C}$

¹ 非直線性は、13 kHz のサイン波の振動を用いてテストされています。

² 交差軸感度は、測定する軸出力に垂直な軸方向の励起カップリングとして定義されます。

³ 25°C からのパッケージ・ヒステリシスが含まれます。

⁴ 温度範囲の最大値および最小値の差。

⁵ DC 感度を基準とした偏差範囲に収まる周波数範囲として仕様規定されます。この範囲は、センサーの共振周波数の応答ゲインによる応答の増加によって制限されます。

⁶ DC 感度を基準とした偏差範囲に収まる周波数範囲として仕様規定されます。この範囲は、センサーの共振周波数の応答ゲインによる応答の増加によって制限されます。

⁷ 容量性負荷が 100 pF を超える場合は、外部直列抵抗 (最小 8 k Ω) を接続する必要があります。出力容量が 22 nF を超えないようにしてください。

⁸ V_{DD} がその値の半分に達した時点から出力が最終値の 1% にセトリングするまでの時間差。

絶対最大定格

表 2.

Parameter	Rating
Acceleration	
Any Axis, Powered or Unpowered	10,000 g
Drop Test (Concrete Surface)	1.2 m
V _{DD}	-0.3 V to +5.5 V
Output Short-Circuit Duration (Any Pin to Common Ground)	Indefinite
Temperature Range (Storage)	-55°C to +150°C

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。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間にわたり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。

熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板 (PCB) の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には、細心の注意を払う必要があります。

θ_{JA} は、1 立方フィートの密封容器内で測定された、自然対流でのジャンクションから周囲への熱抵抗です。

θ_{JC} は、ジャンクションからケースへの熱抵抗です。

表 3. パッケージ特性

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Device Weight
CP-32-26 ¹	48°C/W	14.1°C/W	<0.2 g

¹ 熱抵抗のシミュレーション値は、9 個のサーマル・ビアを備えた JEDEC 2S2P サーマル・テスト・ボードに基づいています。JEDEC JESD51 を参照。

推奨されるハンダ処理プロファイル

推奨されるハンダ処理プロファイルの詳細を図 2 と表 4 に示します。

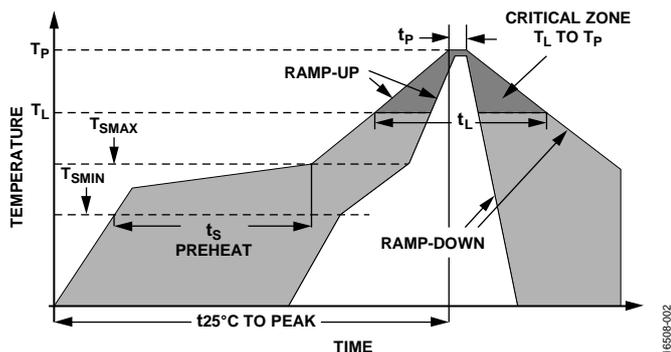


図 2. 推奨されるハンダ処理プロファイル

表 4. 推奨されるハンダ処理プロファイル

Profile Feature	Condition	
	Sn63/Pb37	Pb-Free
Average Ramp Rate (T _L to T _P)	3°C/sec maximum	3°C/sec maximum
Preheat		
Minimum Temperature (T _S MIN)	100°C	150°C
Maximum Temperature (T _S MAX)	150°C	200°C
Time (T _S MIN to T _S MAX)(t _S)	60 sec to 120 sec	60 sec to 180 sec
T _S MAX to T _L		
Ramp-Up Rate	3°C/sec maximum	3°C/sec maximum
Time Maintained Above Liquidous (T _L)		
Liquidous Temperature (T _L)	183°C	217°C
Time (t _L)	60 sec to 150 sec	60 sec to 150 sec
Peak Temperature (T _P)	240 + 0/-5°C	260 + 0/-5°C
Time Within 5°C of Actual Peak Temperature (t _P)	10 sec to 30 sec	20 sec to 40 sec
Ramp-Down Rate	6°C/sec maximum	6°C/sec maximum
Time 25°C to Peak Temperature (t _{25°C})	6 min maximum	8 min maximum

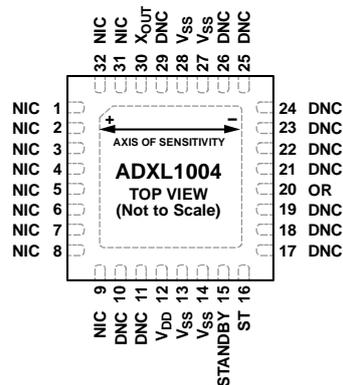
ESD に関する注意事項



ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。

電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能の説明



NOTES

1. NIC = NOT INTERNALLY CONNECTED.
2. DNC = DO NOT CONNECT. LEAVE THIS PIN UNCONNECTED.
3. EXPOSED PAD. THE EXPOSED PAD ON THE BOTTOM OF THE PACKAGE MUST BE CONNECTED TO GROUND AND IS REQUIRED FOR BOTH ELECTRICAL AND MECHANICAL PERFORMANCE.
4. AXIS OF SENSITIVITY IS IN PLANE TO THE PACKAGE AND HORIZONTAL AS SHOWN.

1650B-003

図 3. ピン配置

表 5. ピン機能の説明

Pin No.	Mnemonic	Description
1 to 9, 31, 32	NIC	内部では未接続。
10, 11, 17 to 19, 21 to 26, 29	DNC	接続なし。このピンは未接続のままにしておきます。
12	V _{DD}	3.3 V ~ 5.25 V の電源電圧。
13, 14, 27, 28	V _{SS}	電源グラウンド。
15	STANDBY	スタンバイ・モード入力、アクティブ・ハイ。
16	ST	セルフ・テスト入力、アクティブ・ハイ。
20	OR	オーバーレンジ出力。このピンは、オーバーレンジ検出回路が重大なオーバーレンジ状態を確認すると直ちに通知します。このピンはラッチされません。
30	X _{OUT}	アナログ出力電圧。
	EPAD	露出パッド。パッケージ底面にある露出パッドは、電気的および機械的性能を確保するため、グラウンドに接続する必要があります。

代表的な性能特性

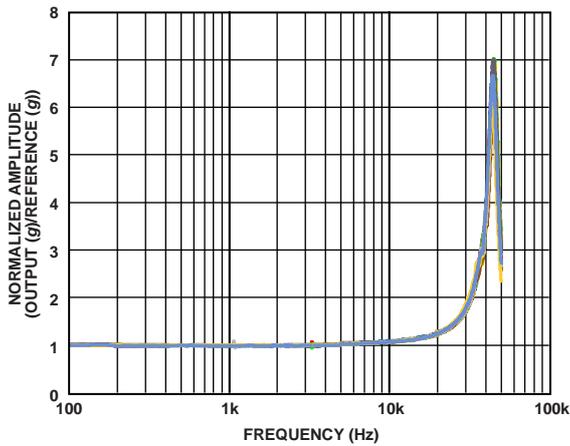


図 4. 周波数応答、高周波数 (>5 kHz) の振動応答、正確を期すため、ADXL1004 のパッケージを反映したレーザー振動計コントローラを使用

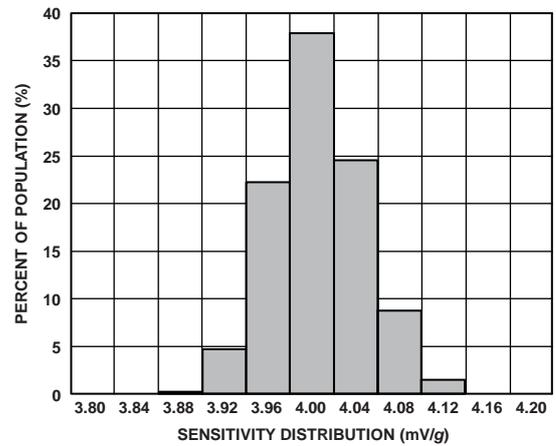


図 7. 25 °C での感度分布

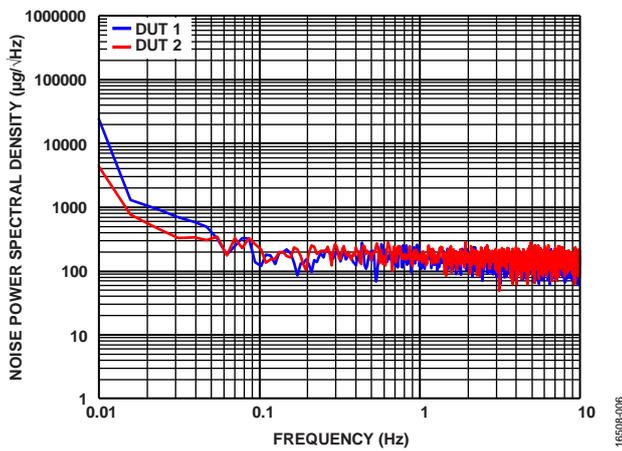


図 5. ノイズのパワー・スペクトラム密度 (PSD) の周波数特性、10 Hz 未満

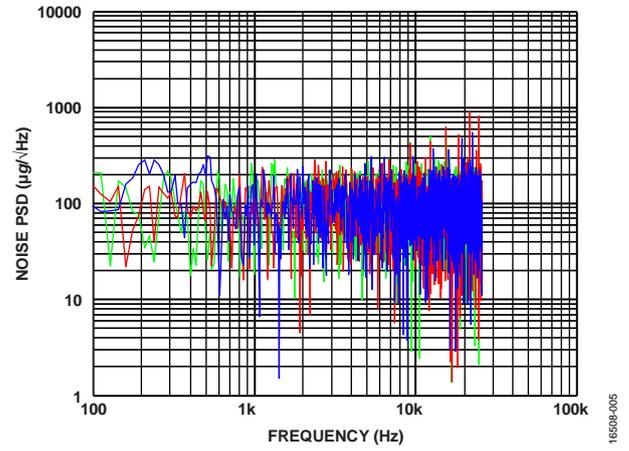


図 8. 100 Hz を超えるノイズの PSD

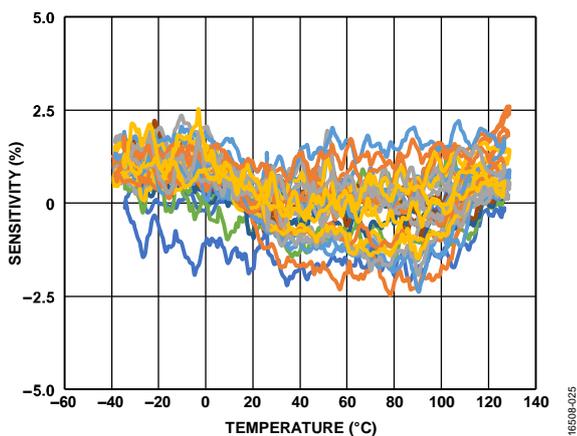


図 6. 感度の温度特性

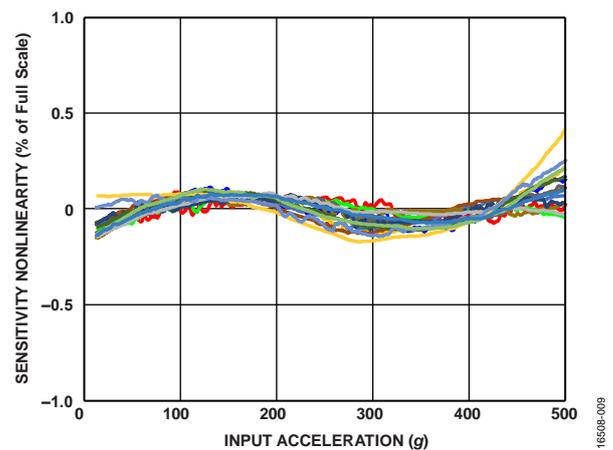


図 9. 感度の非直線性と入力加速度の関係

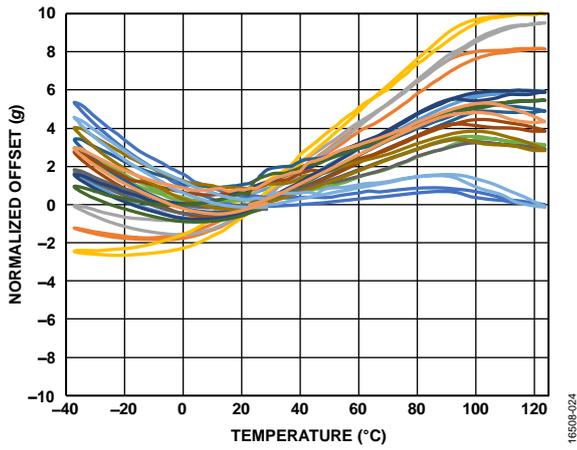


図 10. 正規化したオフセットの温度特性

16508-024

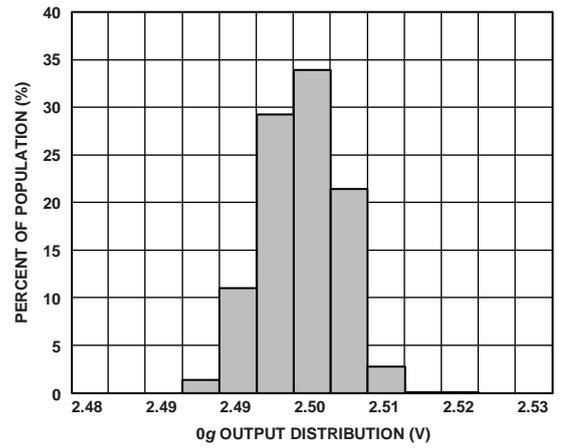


図 13. 25 °C での 0 g オフセットのヒストグラム

16508-017

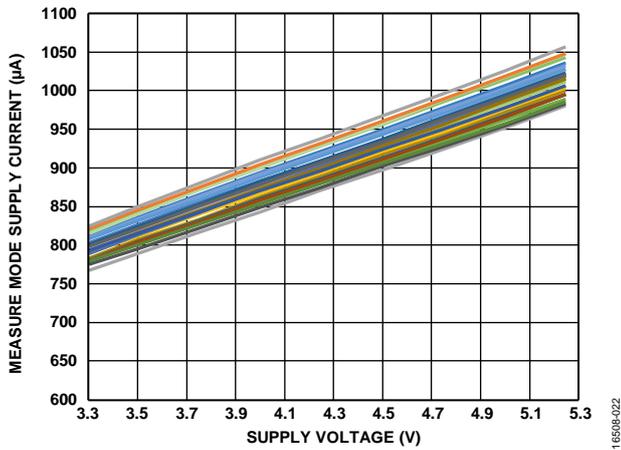


図 11. 測定モードの電源電流と電源電圧の関係

16508-022

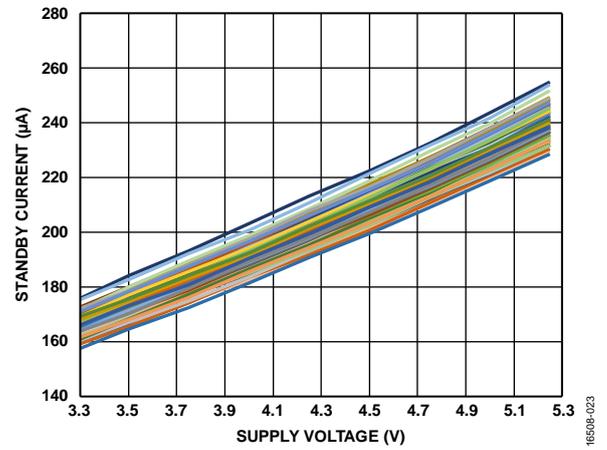


図 14. スタンバイ電流と電源電圧の関係

16508-023

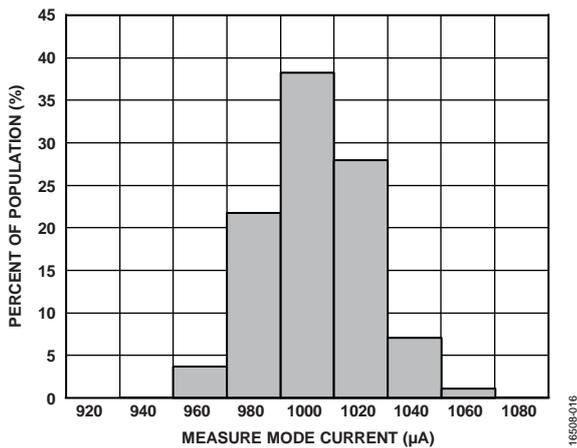


図 12. 25 °C での測定モードの電流ヒストグラム

16508-016

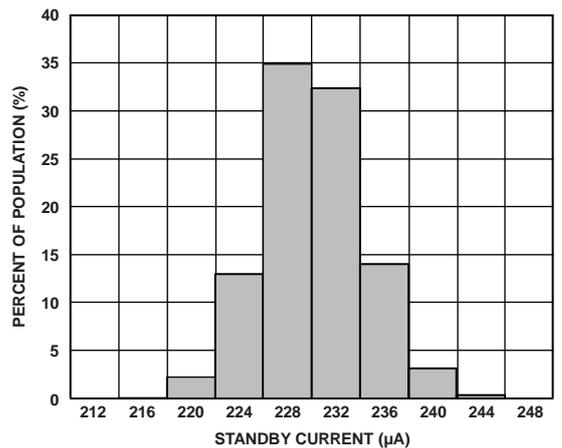


図 15. 25 °C でのスタンバイ電流のヒストグラム

16508-015

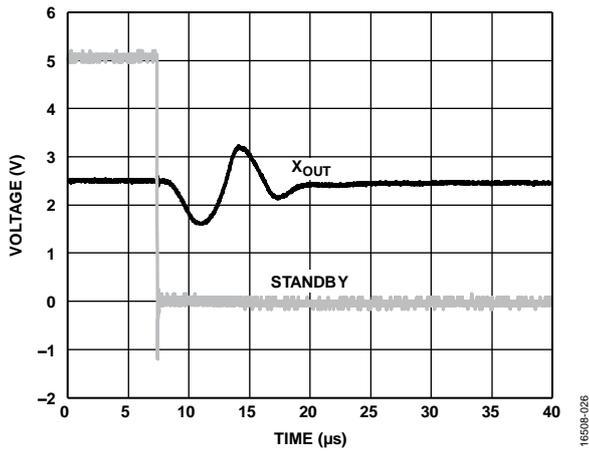


図 16. スタンバイ・モードから測定モードへの切替え時の X_{OUT} 出力回復

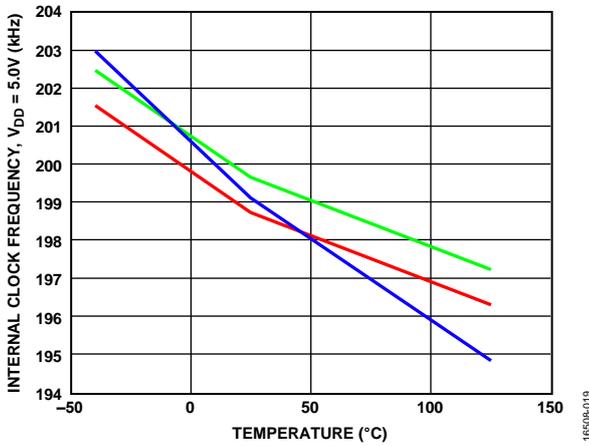


図 17. 5.0 V の電源電圧 (V_{DD}) での内部クロック周波数の温度特性

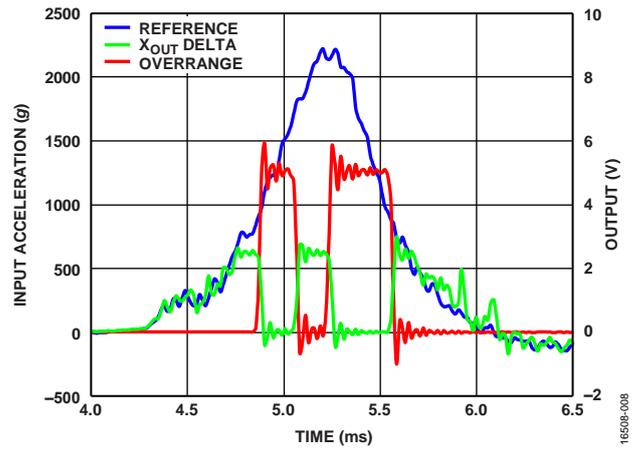


図 18. 過負荷状態に対する応答、X_{OUT} Delta はミッドスケール電圧との差

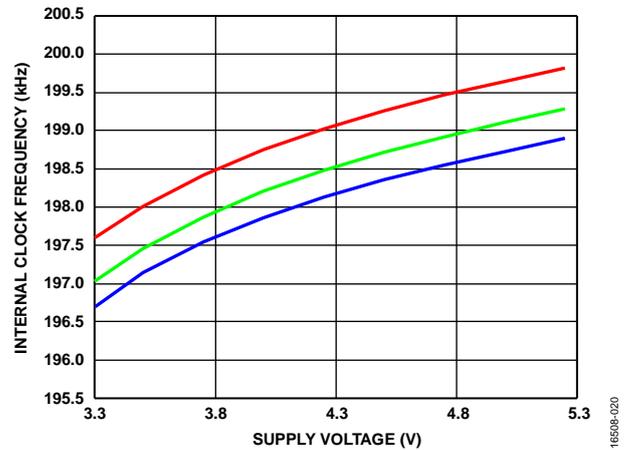


図 19. 25 °C での内部クロック周波数と電源電圧の関係

動作原理

ADXL1004 は、共振周波数が 45 kHz の低ノイズ 1 軸 MEMS 加速度センサーで、機械振動に比例するアナログ出力を備えています。ADXL1004 の g 範囲は $\pm 500 g$ と広く、機械やシステムの状態を監視/診断する振動解析システムなど、帯域幅の広いアプリケーションでの振動測定に適しています。

低ノイズと高い周波数帯域幅により、内部ベアリングなどの小さな可動部品によって発生する振動パターンを測定できます。 g 範囲が広いので、暖房、換気、空調 (HVAC) や重機などの高振動環境に必要なダイナミック・レンジを実現します。最適性能を得るには、システム・ノイズ、取り付け、シグナル・コンディショニングに留意してください。

システム・ノイズは、電源電圧ノイズの影響を受けます。ADXL1004 のアナログ出力は電圧に比例するので、電源電圧の変調が出力に影響を与えます。ADXL1004 を駆動し、デジタル化システム用のリファレンス電圧を供給するには、適切にデカップリングされた安定した電源電圧を使用します。

出力信号は、オーバーレンジ入力の影響を受けます。過負荷インジケータ出力機能は、インテリジェントな測定システムにとって危険な状態であることを通知します。オーバーレンジ機能の詳細については、オーバーレンジのセクションを参照してください。

センサーを含む測定システムの振動というより、目的の振動を正確に測定するには、センサーを正しく取り付けて、振動全体を機械的に確実に伝達します。高周波数で機械的結合を行う一般的な方法として、センサー・スタッド取り付けシステムを使用し、スタッドに ADXL1004 を固定する機械的インターフェースに注意を払います。周波数が低い (センサーが対応可能な全帯域幅よりも低い) 場合は、磁石または接着剤を使用した取り付けが可能です。この取り付け方法を使用すると、測定システムの機械的共振や、対象周波数での減衰の影響を受けずに、適切で再現性のある結果が得られます。また、被測定システムへの効率的で適切な機械的伝達を行うことができます。

最良の結果を得るには、アプリケーションに固有の適切なシグナル・コンディショニングが必要です。正確な結果を得るには、測定する周波数範囲の理解と、過負荷状態の管理が重要となります。ADXL1004 の電気出力信号には、帯域幅制限と適切なデジタル化帯域幅が必要です。詳細については、10 kHz 未満のアナログ出力のインターフェースのセクションと、10 kHz を超えるアナログ出力のインターフェースのセクションを参照してください。

機械式デバイスの動作

センサーの可動部分は、シリコン・ウェーハの上面に形成されるポリシリコン表面マイクロマシン構造になっています。ポリシリコンのスプリングがウェーハ表面でこの構造部を支え、加速力に対する抵抗を与えます。

構造部の変位は、独立した固定プレートと可動部に取り付けられたプレートで構成される差動コンデンサで測定します。加速度によって構造部が偏向し、差動コンデンサが不平衡になるため、センサー出力の振幅は加速度に比例します。位相検出復調により、加速度の大きさと極性が決定されます。

動作モード

ADXL1004 には、測定モードとスタンバイ・モードの 2 つの動作モードがあります。測定モードでは、連続したアナログ出力でアクティブな監視を行います。スタンバイ・モードは、動作のない低消費電力モードです。

測定モード

測定モードは ADXL1004 の通常動作モードです。このモードでは、加速度センサーは検出軸に沿った加速度を測定し、5.0 V 電源を使用して 1.0 mA (代表値) を消費します。

スタンバイ・モード

ADXL1004 をスタンバイ・モードにすると、測定が一時停止され、消費電流が内部で 225 μA まで (5.0 V 電源での代表値) 減少します。スタンバイ・モードから測定モードへの遷移時間は 50 μs 未満です。スタンバイ・モードから測定モードへの遷移を図 16 に示します。

帯域幅

ADXL1004 回路は、センサーの共振周波数を超える出力信号帯域幅に対応しているため、センサーの共振周波数に相当する帯域幅の加速度を測定できます。出力応答は、センサー応答と出力アンプ応答の組み合わせです。そのため、外部帯域制限 (フィルタ処理) が必要です。詳細については、10 kHz 未満のアナログ出力のインターフェースのセクションと、10 kHz を超えるアナログ出力のインターフェースのセクションを参照してください。

10 kHz を超える周波数で ADXL1004 を使用する場合は、センサーの共振周波数による非直線性、アンプの広帯域出力によるノイズの増加、内部 200 kHz クロックのカップリングによる離散周波数のスプリアス・トーンを考慮します。対象帯域内のエイリアス干渉は除去できず、測定性能が低下します。最適性能を得るには、高速サンプリングと適切な帯域幅の制限フィルタ処理を組み合わせる必要があります。

アプリケーション情報

アプリケーション回路

ほとんどのアプリケーションでは、1 個の 1 μF コンデンサで、加速度センサーを電源ノイズから十分にデカップリングできます。出力の帯域制限フィルタは、帯域外のノイズと信号を抑制します。100 pF ~ 22 nF の容量性負荷を推奨します。

出力アンプは、最大 2 mA のソース電流で抵抗負荷を駆動できます。例えば、5 V 動作では、2.5 k Ω より大きな負荷を駆動できます。出力が 100 pF 以上の容量性負荷を駆動する場合は、アンプの安定性を維持するため、8 k Ω 以上の直列抵抗が必要です。

非アクティブ状態では、ST ピンと STANDBY ピンはローに強制されます。オーバーレンジ・インジケータは、システムを監視し、そのステータスを識別することのできる出力機能です。

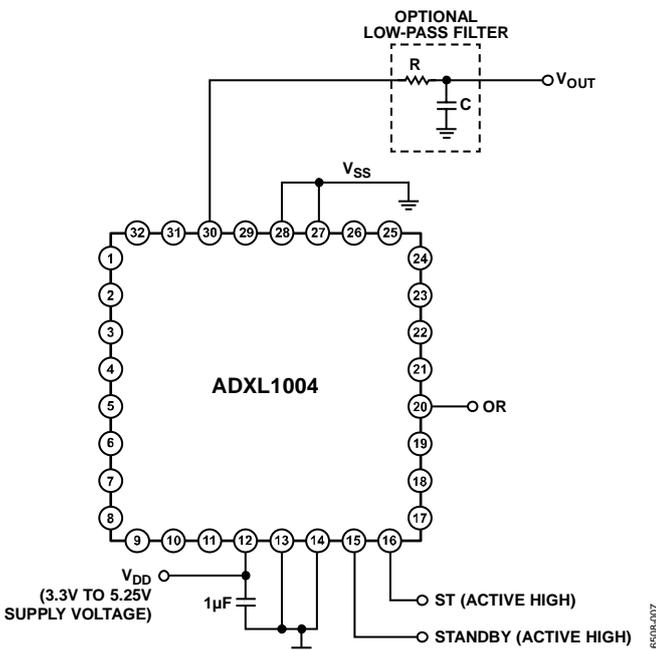


図 20. アプリケーション回路

オンデマンド・セルフ・テスト

ADXL1004 は、充実した電気機械式セルフ・テスト機能を内蔵しています。この機能は、加速度センサーのプルーフ・マスを静電的に作動させ、容量感知フィンガーを変位させます。この変位は、外部加速度入力の結果として発生する変位に相当します。プルーフ・マスの変位は、+ の加速度出力信号と同じ信号処理回路で処理され、センサー・システムの電気応答および機械応答の両方の全範囲をカバーします。

セルフ・テスト機能は、次の手順で実行できます。

1. 出力電圧を測定します。
2. ST ピンを V_{DD} に設定してセルフ・テストをオンにします。
3. 出力を再度測定します。

4. 2 つの測定値を差し引き、必要に応じて図 21 の電源電圧による応答曲線を考慮したうえで、この結果を表 1 の期待値と比較します。

ST ピンを V_{DD} に設定すると、通常の動作中にいつでもセルフ・テスト機能を実行することができます。セルフ・テストでは、ST ピンをアサートしてから結果が出るまで約 300 μs かかります。ST ピンをリリースしてから約 300 μs 後に加速度の出力に戻ります。セルフ・テストの測定中は、加速度センサーの出力を使用して外部加速度を測定しないでください。

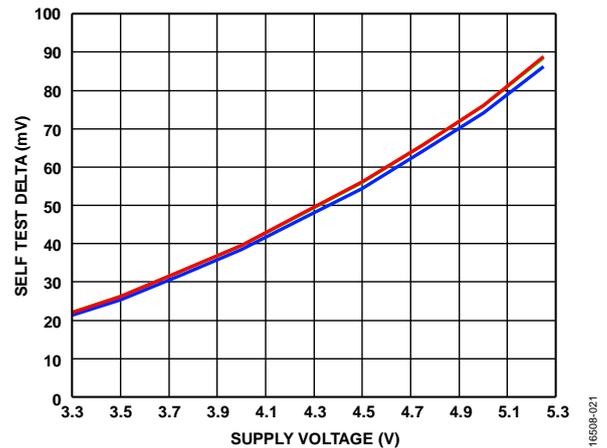


図 21. 典型的なセルフ・テストのデルタと電源の関係

レシオメトリックな出力電圧

ADXL1004 は、 $V_{\text{DD}} = 5.0 \text{ V}$ でテストされ、仕様が規定されていますが、最小 3.3 V ~ 最大 5.25 V の V_{DD} で駆動できます。性能パラメータによっては、電源電圧が変わると変化するものがあります。

ADXL1004 の出力は電源電圧 V_{DD} に対してレシオメトリックなので、出力感度 (スケール・ファクタ) は電源電圧に比例して変化します。ADXL1004 の出力感度は、 $V_{\text{DD}} = 5.0 \text{ V}$ で 4 mV/g (代表値) です。ゼロ g バイアス出力も電源電圧に対してレシオメトリックであり、通常は公称ミッドスケール ($V_{\text{DD}}/2$) になります。

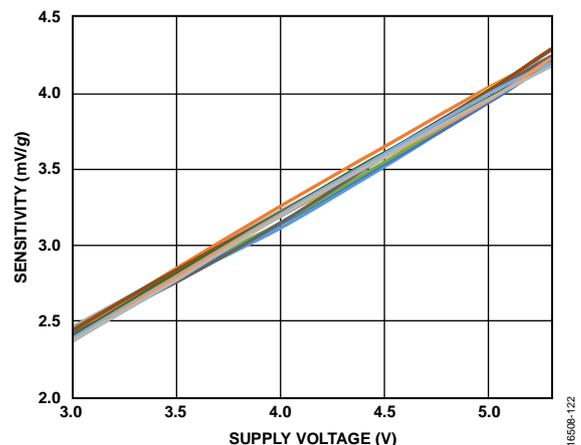


図 22. 感度と電源電圧の関係

10 kHz 未満のアナログ出力のインターフェース

ADXL1004 は、1 軸方向の機械的運動を感知し、出力電圧を生成します。システム性能は、感知された機械振動による出力応答と電気出力の信号処理によって決まります。

センサーの機械的結合は効果的に行う必要があります。機械的結合は、複数の部品の複雑な組み合わせになることがあり、通常は各アプリケーションに固有です。MEMS の PCB への取り付け（PCB 上の位置とハンダ材料）、PCB の寸法（厚みと有効表面積）、被測定システムへの PCB の取り付け（モジュール内または直接取り付け）など、すべての機械的なインターフェースを考慮する必要があります。

一般に、最大 10 kHz の帯域幅に対応するには、効果的な機械的インターフェースに関する以下のガイドラインを使用する必要があります。

- ADXL1004 を、PCB 上の安定した機械的支持点の近くに配置します。
- 強固な支持点を複数用意します。
- PCB を厚くし、（振幅が大きく周波数の低い共振を生じる）表面積が広い PCB を避けます。
- 必要な周波数までの機械的力を伝達するのに十分なだけ機械的接続が強いことを確認します。10 kHz を下回る場合は、適切な注意を払いながら、磁石または接着剤を使用した取り付けが可能です。EVAL-ADXL1004Z 評価用ボードをリファレンスとして使用できます。

ADXL1004 の電気出力は、センサーの共振周波数を超える帯域幅をサポートします。ADXL1004 の出力アンプの小信号帯域幅は 70 kHz です。デジタル化の処理中は、（高周波ノイズと信号が、所望の周波数に折り返される）エイリアシングが発生する可能性があります。アンプやその他の内部回路からのエイリアシング・ノイズ（内部 200 kHz クロックのカップリングなど）を避けるため、外部フィルタを所望の周波数で実装し、A/D コンバータ（ADC）のサンプリング・レートには、アンプの帯域幅より速いレートを選択することを推奨します。

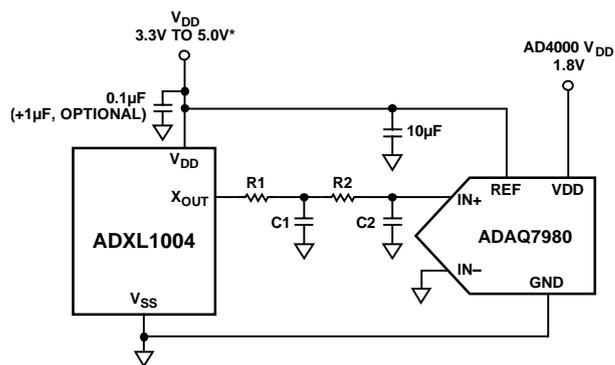
出力アンプは電源電圧に対してレシオメトリックで、デジタル変換に関しては、次のような 2 つの異なるケースがあります。

- 加速度センサーのダウストリームにある ADC に、 V_{DD} 電圧をリファレンスとして使用できる場合があります。この場合、（一般に外部レギュレータに関連した）電源電圧の許容誤差と電圧の温度係数は、センサーと ADC 間をトラッキングするので、電源とリファレンス電圧による誤差が相殺されます。この設計方法を推奨します。
- ADC が何らかの理由でセンサーと同じ 5 V 電圧をリファレンスにできない場合、デジタル化されたセンサー出力の感度は、レギュレータの許容誤差と温度係数の影響を受けます。

ADXL1004 出力アンプは、最大 100 pF までの容量性負荷を直接駆動しているときは、直列抵抗なしでも安定します。負荷が 100 pF を超える場合は、8 k Ω 以上の直列抵抗を使用する必要があります。

0 kHz ~ 5 kHz までの機械振動を測定する部品を含むインターフェースの例については、図 23 を参照してください。5 kHz のパスバンドでは、1 極の RC（抵抗/コンデンサ）フィルタを使用できますが、アプリケーションによっては、より強力なフィルタと低い ADC サンプル・レートを使用します。ADAQ7980 などの ADC にインターフェースする場合は、次の部品を使用して、ADXL1004 の出力に 5 kHz のローパス RC フィルタを構成することを推奨します。R1 = 91 k Ω 、C1 = 330 pF、R2 = 0 Ω 、C2 は不要。エイリアシングを避けるため、最小 16 kHz の ADC サンプル・レートを推奨します。共振周波数（代表値 45 kHz）未満のサンプリング・レートを使用する場合は、共振によるセンサー出力の実効ゲインに注意し、帯域外信号が適切に減衰され、帯域内にエイリアスを生じないことを確認してください。

0 kHz ~ 10 kHz の機械振動を測定する際の、部品を含むインターフェースの例については、図 23 を参照してください。ADXL1004 の出力に 2 極の RC フィルタを構成するには、次の部品を推奨します。R1 = 500 k Ω 、C1 = 10,000 pF、R2 = 1 k Ω 、C2 = 10,000 pF。エイリアシングを避けるため、最小 200 kHz の ADC サンプル・レートを推奨します。



*3.3V LIMITED BY ADXL1004; 5.0V LIMITED BY AD4000.

図 23. ADXL1004 のアプリケーション回路

16898-010

10 kHz を超えるアナログ出力のインターフェース

ADXL1004 は、センサーの共振周波数の範囲を超える出力信号パスバンドを提供する、高周波、1 軸 MEMS 加速度センサーです。出力の 3 dB 周波数応答の帯域幅は約 24 kHz ですが（これは 3 dB の応答で、この周波数で感度のゲインがあることを意味します）、この範囲を超える周波数を測定したい場合があります。これに対応するため、ADXL1004 の出力アンプは 70 kHz の小信号帯域幅をサポートします。この帯域幅はセンサーの共振周波数を十分に超えています。

MEMS アプリケーションで、再現性の高い正確な結果を得るには、機械的インターフェースが常に重要ですが、数 kHz を超える周波数を測定する場合は特に重要です。通常、磁石や接着剤による取り付けは、このような周波数で機械振動を正確に伝達するには不十分です。このようなアプリケーションでは、機械的なシステム解析が必要です。

10 kHz を超える周波数で ADXL1004 を使用する場合は、センサーの共振周波数による非直線性、アンプの広帯域出力によるノイズの増加、内部 200 kHz クロックのカップリングによる離散周波数のスプリアス・トーンを考慮します。対象帯域内に、これらのいずれかによるエイリアスがあると除去できず、測定性能が低下します。最適性能を得るには、高速サンプリングと適切なフィルタ処理を組み合わせる必要があります。

45 kHz のセンサー共振周波数による影響を最初に検討します。図 4 に示すように、入力励起信号に対する出力応答は、共振周波数に近づき、それを超えるところでピークを生じます。共振周波数の付近またはそれを超える周波数では、出力応答が直線的な応答範囲から外れるので、感度は低周波数で見られる感度と異なります。通常、このような周波数範囲では、時間の経過に伴う（絶対値ではなく）相対的な応答が見られます。

ADXL1004 の出力アンプの小信号帯域幅は 70 kHz です。対象帯域内に帯域外ノイズのエイリアシングが生じないようにするには、信号を適切にフィルタしてデバイスにインターフェースする必要があります。アンプ周波数応答のロールオフは、70 kHz の 1 極のローパス・フィルタでモデル化できます。外部ローパス・フィルタを追加しない場合、高周波ノイズのエイリアシングを避けるため、次のように、1 極ローパス・フィルタの等価ノイズ帯域幅 (ENBW) の 2 倍のサンプリング・レートを選択します。

$$ENBW = (\pi/2) \times 70 \text{ kHz} \approx 110 \text{ kHz}$$

サンプリング・レートは 220 kHz 以上にする必要があります。このサンプリング・レートにより、アンプからの広帯域ノイズのインバンドへの折返し（エイリアシング）は減少しますが、帯域外信号がインバンドにエイリアスを生じるのを防ぐことはできません。帯域外応答を防ぐには、外部ローパス・フィルタ処理を追加する必要があります。

これ以外にも、200 kHz の内部クロック信号が出力信号にカップリングする問題に対応する必要があります。このクロック・スプリアスは、結果の解析に影響を与えないように、アナログ・フィルタまたはデジタル・フィルタで処理する必要があります。

拡張された帯域幅のアプリケーションで rms ノイズ とノイズ密度を最小にするには、200 kHz の内部クロック信号に十分なフィルタ処理を行うものとする、ADXL1004 の出力に 1 つ以上の複数回ローパス・フィルタと、対象帯域幅の 4 倍以上のデジタル化サンプリング・レートを使用することを推奨します。デジタル・ローパス・フィルタで同様の性能を得るには、1 MSPS 以上の ADC サンプル・レートを使用します。

オーバーレンジ

ADXL1004 は、オーバーレンジ（加速度がフルスケール・レンジの 2 倍以上）が発生すると通知する出力 (OR ピン) を備えています。内蔵のオーバーレンジ検出回路は、仕様規定された g 範囲の約 2 倍を超える著しいオーバーレンジが発生したことを示すアラートを出力します。オーバーレンジが検出されると、センサーに対して内部クロックが 200 μs の間ディスエーブルされ、オーバーレンジの発生中は、センサー素子が最大限に保護されます。オーバーレンジが持続すると、オーバーレンジ検出回路は、約 500 μs ごとに定期的にトリガします（図 18 を参照）。

取り付けの機械的事項に関する留意点

ADXL1004 は、PCB の強固な支持点近くに取り付けます。ADXL1004 を PCB 上のしっかりと固定されていない位置に取り付けると（図 24 を参照）、基板の減衰されない振動により、見かけ上の測定誤差が大きくなる場合があります。加速度センサーを強固な支持点の近くに配置すると、加速度センサー位置での基板振動が、加速度センサーの機械的共振周波数を上回るため、加速度センサーがそれを事実上検知しなくなります。センサーの近くに複数の支持点を設け、PCB を厚くすることも、システムの共振がセンサー性能に与える影響を低減するのに効果的です。

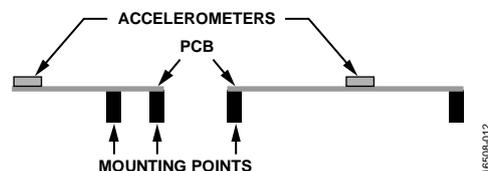


図 24. 不適切な加速度センサー配置

レイアウトと設計の推奨事項

PCB の推奨ランド・パターンを図 25 に示します。

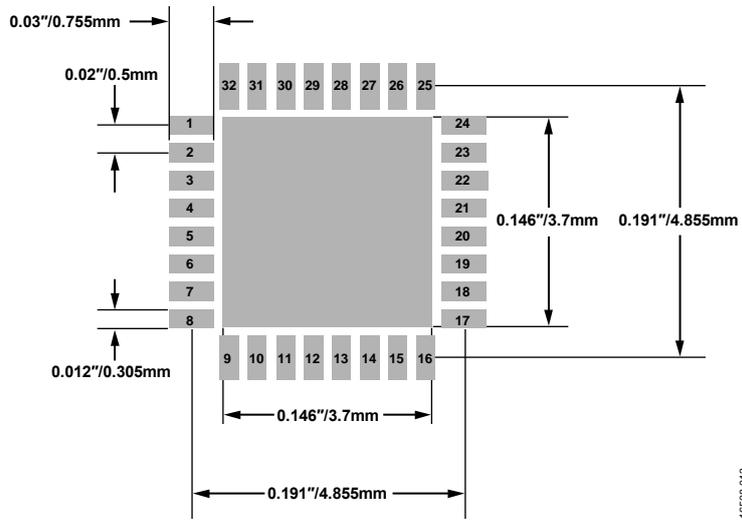


図 25. プリント配線基板の推奨ランド・パターン

16504-013

外形寸法

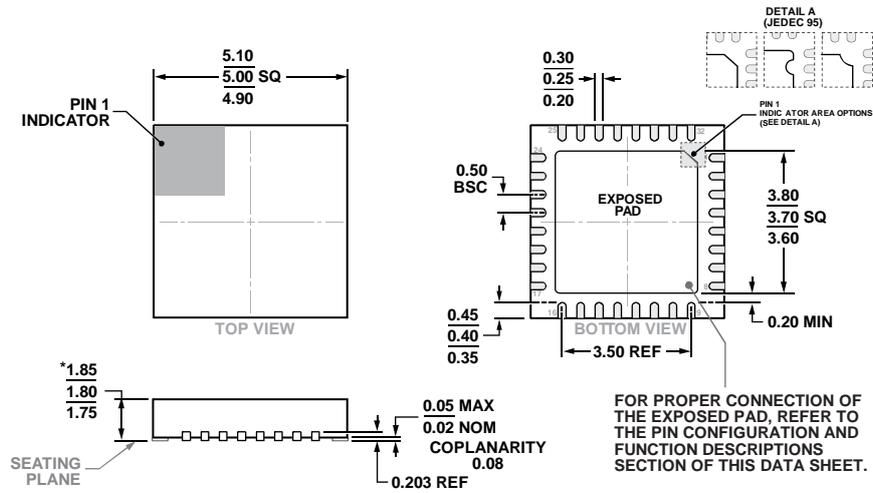


図 26. 32 ピン・リードフレーム・チップ・スケール・パッケージ [LFCSP]
 5 mm × 5 mm ボディ、1.8 mm パッケージ高
 (CP-32-26)
 寸法: mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	g Range	Package Description	Package Option
ADXL1004BCPZ	-40°C to +125°C	±500 g	32-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP]	CP-32-26
ADXL1004BCPZ-RL	-40°C to +125°C	±500 g	32-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP]	CP-32-26
ADXL1004BCPZ-RL7	-40°C to +125°C	±500 g	32-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP]	CP-32-26
EVAL-ADXL1004Z			ADXL1004 Evaluation Board	

¹ Z = RoHS 準拠製品。