

特長

- 3軸センシング
- 小型、低背型パッケージ
4 mm x 4 mm x 1.45 mm LFCSP
- 低消費電力:
 $V_s = 3.0 V$ 動作時に 350 μA (typ)
- 単電源動作:
1.8~3.6 V
- 10,000 g の衝撃耐性
- 優れた温度安定性
- 1 軸当たり 1 個のコンデンサで帯域幅の調整が可能
- RoHS/WEEE 準拠の鉛フリー製品

概要

ADXL327 は、シグナル・コンディショニング済みの電圧出力を備えた、小型・低背、低消費電力の完全 3 軸加速度センサーです。 $\pm 2 g$ の最小フルスケール・レンジで加速度を測定します。傾きセンシング・アプリケーションにおける重力の静的加速度のほか、動き、衝撃、振動による動的加速度も測定できます。

X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} の各ピンに、それぞれ C_X 、 C_Y 、 C_Z のコンデンサを接続することで、加速度センサーの帯域幅を選択できます。X 軸と Y 軸では 0.5~1600 Hz の帯域幅、Z 軸では 0.5~550 Hz の範囲で帯域を選択できます。

ADXL327 は、小型、低背型、4 mm x 4 mm x 1.45 mm の 16 ピン・プラスチック・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ (LFCSP_LQ) を採用しています。

アプリケーション

- コスト重視の低消費電力モーション検出/傾き検出アプリケーション
- モバイル機器
- ゲーム機
- ディスク駆動装置保護
- スポーツ/健康機器
- 手ぶれ補正

機能ブロック図

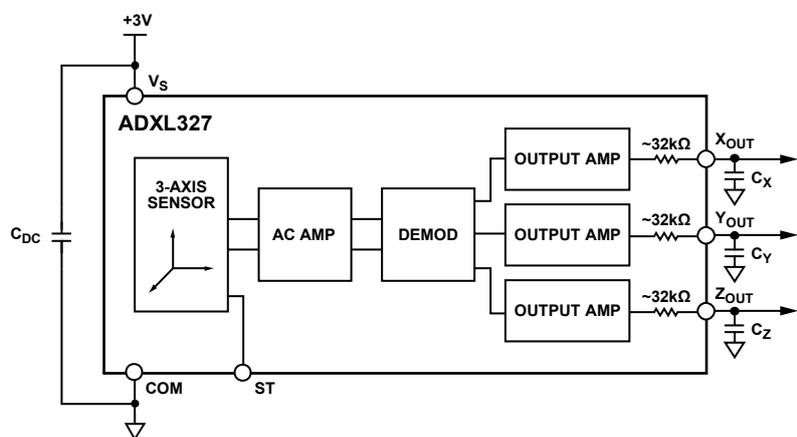


図 1. ブロック図

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、各社の所有に属します。
※日本語データシートは 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。
©2009 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目次

特長.....	1	性能.....	10
アプリケーション.....	1	アプリケーション情報.....	11
概要.....	1	電源のデカップリング.....	11
機能ブロック図.....	1	C _X 、C _Y 、C _Z による帯域幅の設定.....	11
改訂履歴.....	2	セルフ・テスト.....	11
仕様.....	3	フィルタ特性を選択するときの設計上のトレードオフ:	
絶対最大定格.....	4	ノイズ/帯域幅のトレードオフ.....	11
ESDに関する注意.....	4	3V以外の動作電圧で使用する方法.....	11
ピン配置と機能の説明.....	5	加速度検出軸方向.....	12
代表的な性能特性.....	6	レイアウトと設計についての推奨事項.....	13
動作原理.....	10	外形寸法.....	14
機械式センサー.....	10	オーダー・ガイド.....	14

改訂履歴

8/09—Revision 0: Initial Version

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 3\text{ V}$ 、 $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\ \mu\text{F}$ 、加速度 = 0 g 。仕様の最小値と最大値は保証されています。代表値は保証されていません。

表 1.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT					
Measurement Range	Each axis	± 2	± 2.5		g
Nonlinearity	Percent of full scale		± 0.2		%
Package Alignment Error			± 1		Degrees
Interaxis Alignment Error			± 0.1		Degrees
Cross Axis Sensitivity ¹			± 1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)²					
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	378	420	462	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		± 0.01		%/ $^\circ\text{C}$
ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.3	1.5	1.7	V
0 g Voltage at Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			± 1		mg/ $^\circ\text{C}$
NOISE PERFORMANCE					
Noise Density X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}			250		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
FREQUENCY RESPONSE⁴					
Bandwidth X_{OUT} , Y_{OUT} ⁵	No external filter		1600		Hz
Bandwidth Z_{OUT} ⁵	No external filter		550		Hz
R_{FILT} Tolerance			$32 \pm 15\%$		k Ω
Sensor Resonant Frequency			5.5		kHz
SELF TEST⁶					
Logic Input Low			+0.6		V
Logic Input High			+2.4		V
ST Actuation Current			+60		μA
Output Change at X_{OUT}	Self test 0 to 1	-210	-450	-850	mV
Output Change at Y_{OUT}	Self test 0 to 1	+210	+450	+850	mV
Output Change at Z_{OUT}	Self test 0 to 1	+210	+770	+1400	mV
OUTPUT AMPLIFIER					
Output Swing Low	No load		0.1		V
Output Swing High	No load		2.8		V
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range		1.8		3.6	V
Supply Current	$V_S = 3\text{ V}$		350		μA
Turn-On Time ⁷	No external filter		1		ms
TEMPERATURE					
Operating Temperature Range		-40		+85	$^\circ\text{C}$

¹ 任意の 2 軸間のカップリングとして定義。

² 感度は基本的に V_S に対してレシオメトリックです。

³ 常温から最大温度または常温から最小温度までの出力変動として定義。

⁴ 実際の周波数応答は、ユーザ支給の外付けフィルタ・コンデンサ (C_X , C_Y , C_Z) で制御。

⁵ 外付けコンデンサによる帯域幅 = $1/(2 \times \pi \times 32\text{ k}\Omega \times C)$ 。 C_X , $C_Y = 0.003\ \mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 1.6 kHz。 $C_Z = 0.01\ \mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 500 Hz。 C_X , C_Y , $C_Z = 10\ \mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 0.5 Hz。

⁶ セルフ・テストの応答性は、 V_S の変化の 3 乗に比例。

⁷ ターンオン時間は C_X , C_Y , C_Z に依存し、およそ $160 \times C_X/C_Y/C_Z + 1\text{ ms}$ です。ここで、 C_X , C_Y , C_Z の単位は μF です。

絶対最大定格

表 2.

Parameter	Rating
Acceleration (Any Axis, Unpowered)	10,000 g
Acceleration (Any Axis, Powered)	10,000 g
V_S	-0.3 V to +3.6 V
All Other Pins	(COM - 0.3 V) to ($V_S + 0.3$ V)
Output Short-Circuit Duration (Any Pin to Common)	Indefinite
Temperature Range (Powered)	-55°C to +125°C
Temperature Range (Storage)	-65°C to +150°C

左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。

ESDに関する注意



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。

ピン配置と機能の説明

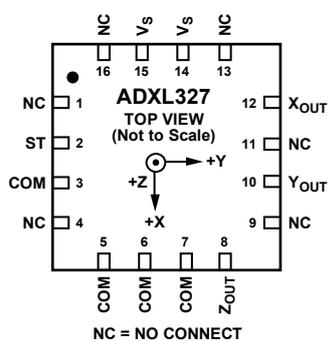


図 2. ピン配置

表 3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	NC	無接続もしくはコモン
2	ST	セルフ・テスト
3	COM	コモン
4	NC	無接続
5	COM	コモン
6	COM	コモン
7	COM	コモン
8	Z _{OUT}	Zチャンネル出力
9	NC	無接続もしくはコモン
10	Y _{OUT}	Yチャンネル出力
11	NC	無接続
12	X _{OUT}	Xチャンネル出力
13	NC	無接続
14	V _S	電源電圧 (1.8~3.6 V)
15	V _S	電源電圧 (1.8~3.6 V)
16	NC	無接続
EP	Exposed pad	内部的に無接続。機械的強度のためにハンダ付け。

代表的な性能特性

特に指定のない限り、すべての代表的な性能グラフは $N > 1000$ とします。

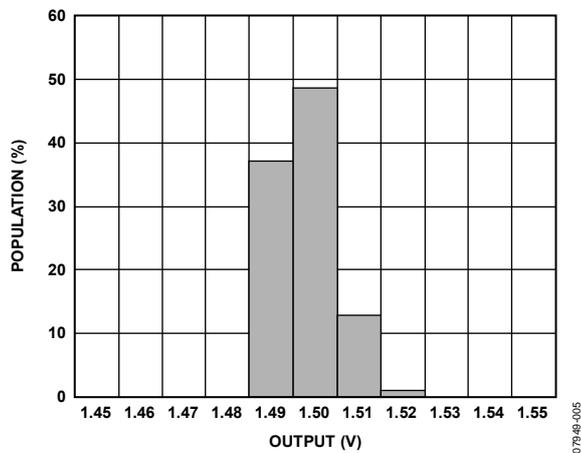


図 3. X 軸のゼロ g バイアス (25°C、 $V_S = 3$ V)

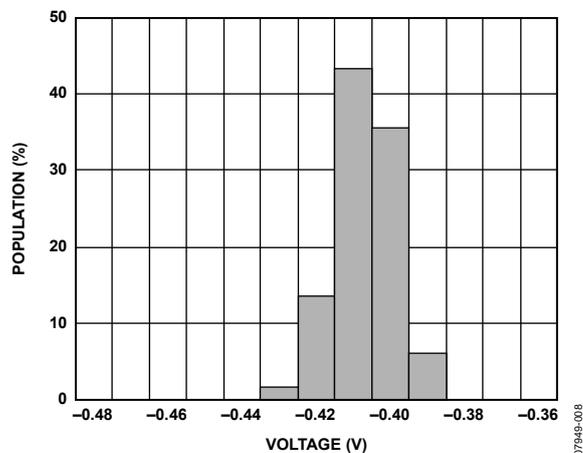


図 6. X 軸のセルフ・テスト応答性 (25°C、 $V_S = 3$ V)

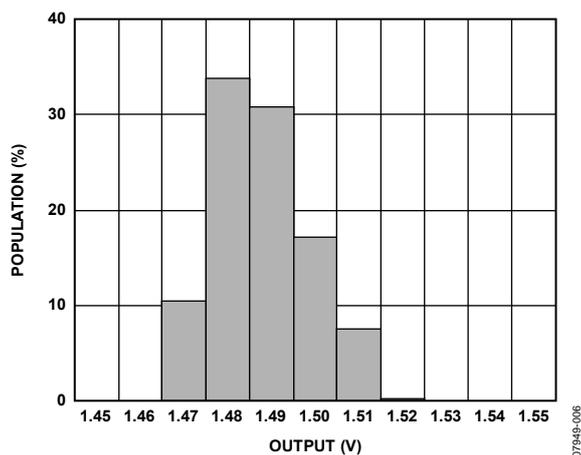


図 4. Y 軸のゼロ g バイアス (25°C、 $V_S = 3$ V)

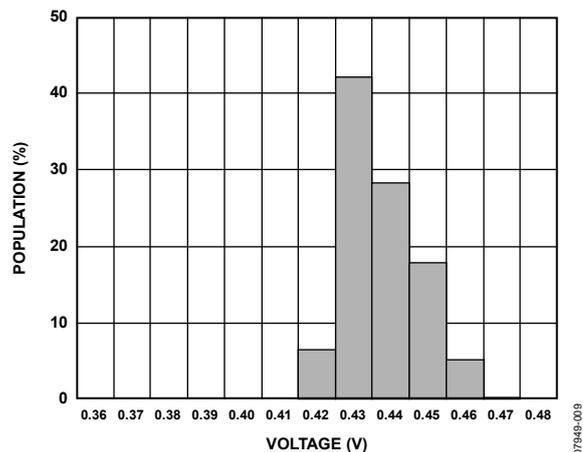


図 7. Y 軸のセルフ・テスト応答性 (25°C、 $V_S = 3$ V)

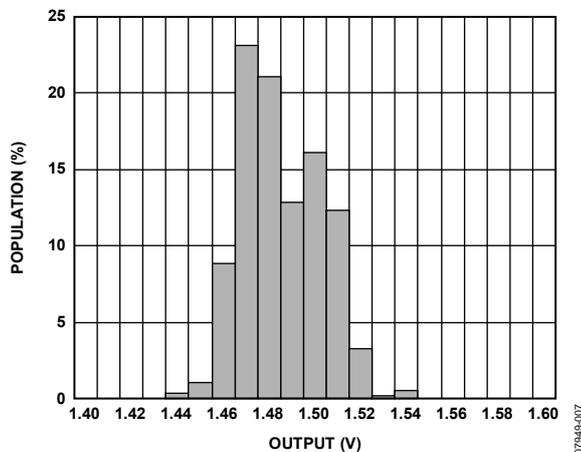


図 5. Z 軸のゼロ g バイアス (25°C、 $V_S = 3$ V)

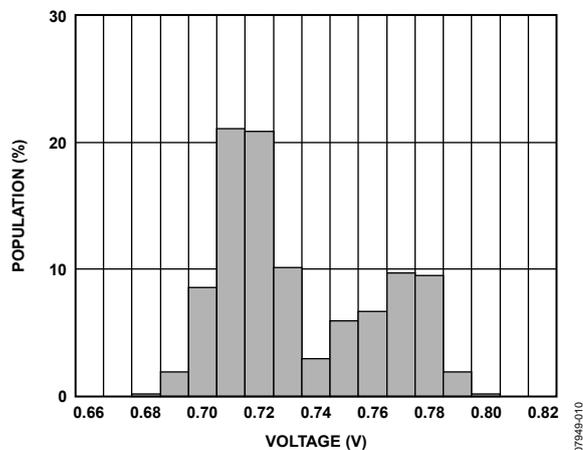


図 8. Z 軸のセルフ・テスト応答性 (25°C、 $V_S = 3$ V)

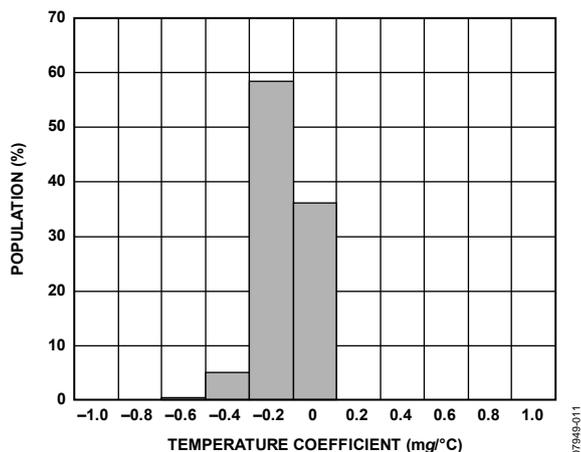


図 9. X 軸のゼロ g バイアス温度係数 ($V_S = 3 V$)

07949-011

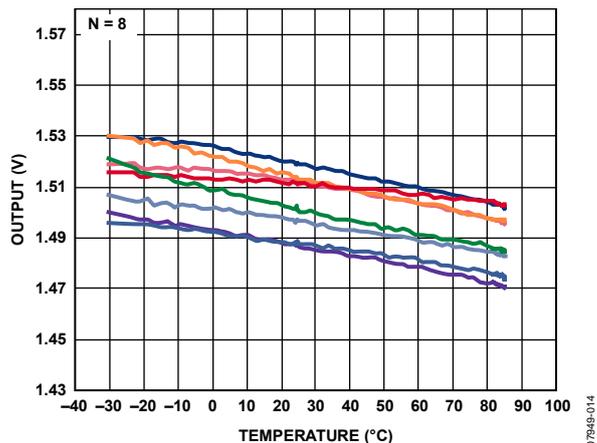


図 12. X 軸のゼロ g バイアスの温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け)

07949-014

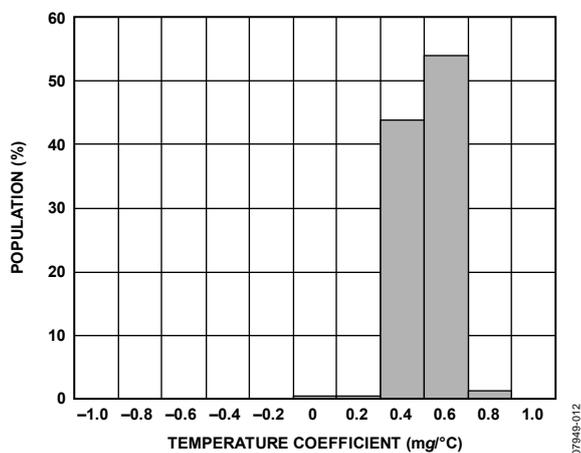


図 10. Y 軸のゼロ g バイアス温度係数 ($V_S = 3 V$)

07949-012

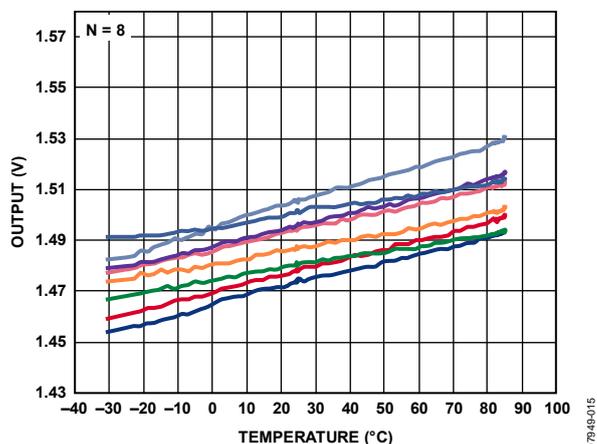


図 13. Y 軸のゼロ g バイアスの温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け)

07949-015

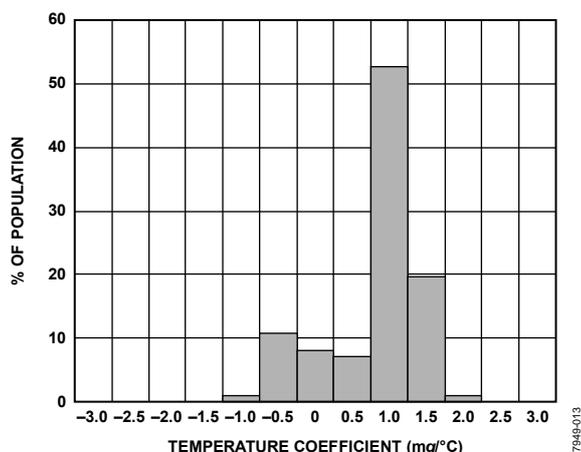


図 11. Z 軸のゼロ g バイアス温度係数 ($V_S = 3 V$)

07949-013

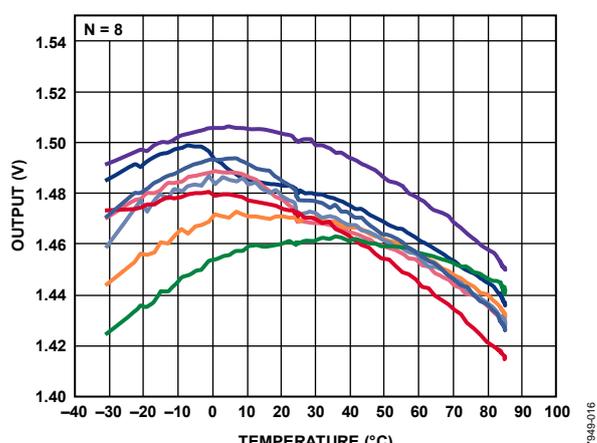


図 14. Z 軸のゼロ g バイアスの温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け)

07949-016

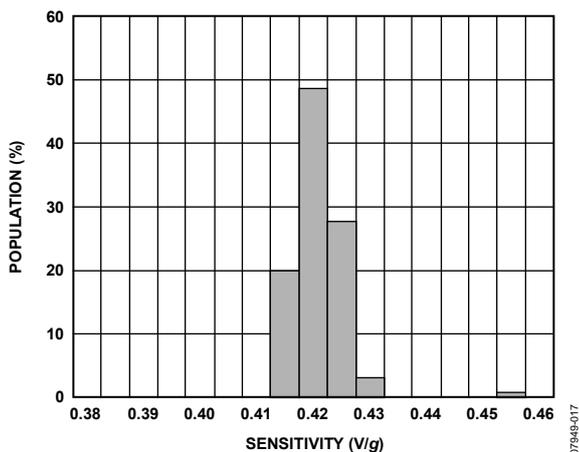


図 15. X 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

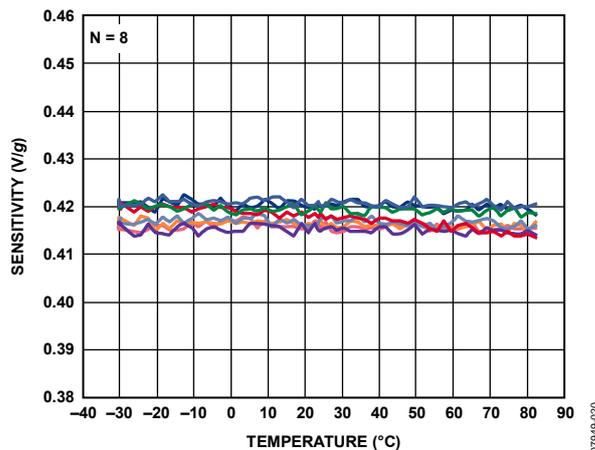


図 18. X 軸の感度の温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3\text{ V}$)

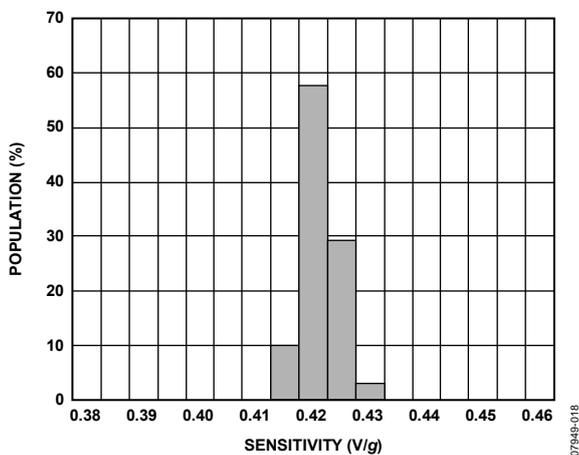


図 16. Y 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

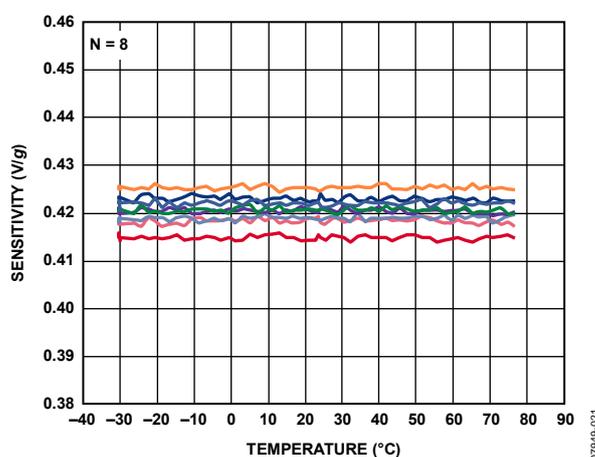


図 19. Y 軸の感度の温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3\text{ V}$)

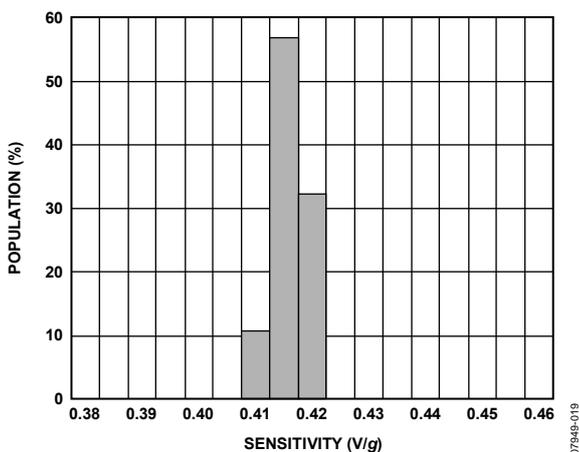


図 17. Z 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

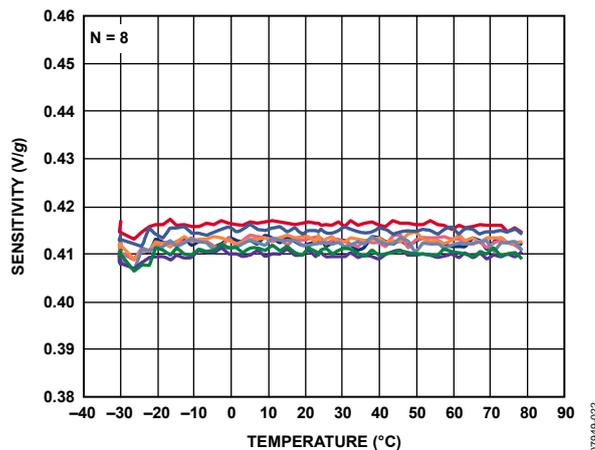


図 20. Z 軸の感度の温度特性 (8 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3\text{ V}$)

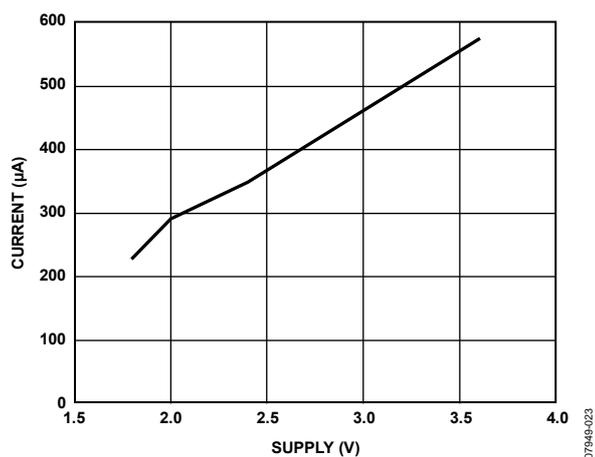


図 21. 代表的な消費電流と電源電圧の関係

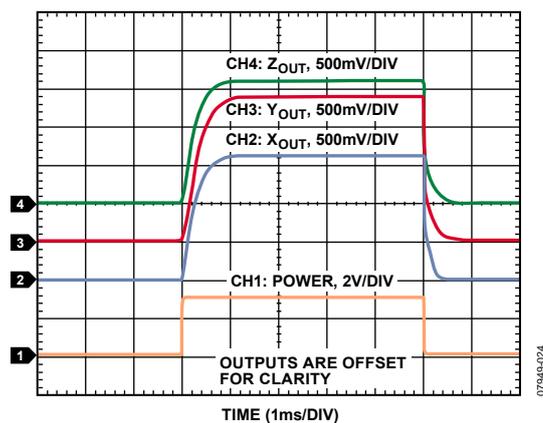


図 22. 代表的なターンオン時間 ($V_S = 3\text{ V}$ 、 $C_X、C_Y、C_Z = 0.0047\text{ }\mu\text{F}$)

動作原理

ADXL327 は、加速度計測に必要な機能をすべて備えた完全 3 軸加速度計測システムで、計測範囲は最小 $\pm 2 g$ です。ポリシリコン表面マイクロマシン・センサーとシグナル・コンディショニング回路を内蔵することにより、オープンループ加速度測定アーキテクチャを実現しております。出力信号は、加速度に比例するアナログ電圧です。この加速度センサーは、動き、衝撃、振動による動的加速度だけでなく、傾き検出アプリケーションでの重力による静的加速度も測定できます。

センサーは、シリコン・ウェーハの上面に構成されるポリシリコン表面マイクロマシン構造となっています。ポリシリコンのスプリングがこの構造部をウェーハ表面上に支え、加速力に対する抵抗を与えます。構造の偏位は、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、差動コンデンサによって測定します。固定プレートは、 180° 位相のずれた矩形波が印加されます。加速度は可動部を偏向させ、差動コンデンサを不平衡にするため、センサー出力の振幅は加速度に比例します。次いで、位相検波方式の復調技法を用いて、加速度の大きさと方向を決定します。

復調器の出力は増幅され、 $32 k\Omega$ の抵抗を経由してチップの外部に送られます。ここでコンデンサを追加することで、デバイスの信号帯域幅を設定できます。このフィルタ処理によって計測分解能が向上し、エイリアシングの防止に役立ちます。

機械式センサー

ADXL327 は、X 軸、Y 軸、Z 軸の検出に 1 つの構造を使用します。その結果、3 軸の検出方向は、直交性が高く交差軸感度が小さくなります。主な交差軸感度源は、パッケージに対するセンサー・チップの機械的なずれです。もちろん、機械的なずれはシステム・レベルで調整できます。

性能

ADXL327 は、革新的な設計技術を採用することによって、温度補償用の回路を追加することなく高い性能を実現しています。その結果、本質的に量子化誤差や非単調増加性が生じることなく、温度ヒステリシスも非常に低くなります ($-25\sim+70^\circ\text{C}$ の温度範囲で一般に 3 mg を下回る値)。

アプリケーション情報

電源のデカップリング

ほとんどのアプリケーションでは、1個の0.1 μFコンデンサ C_{DC} を ADXL327 の電源ピンの近くに外付けするだけで、電源ノイズから加速度センサーを十分にデカップリングできます。ただし、内部クロックの周波数である 50 kHz 付近（または、その高調波）のノイズが発生するアプリケーションでは、このノイズが加速度計測の誤差の原因になることがあるため、電源のバイパスにさらに注意が必要です。デカップリングを追加する必要がある場合は、100 Ω（またはそれ以下）の抵抗もしくはフェライト・ビーズを電源ラインに挿入してください。さらに、容量の大きいバルク・バイパス・コンデンサ（1 μF 以上）を C_{DC} に並列に接続することもできます。グラウンドを通じて伝送されるノイズには V_S を通じて伝送されるノイズと同様の効果があるため、ADXL327 のグラウンドから電源グラウンドへの接続は必ず低インピーダンスになるようにしてください。

C_X 、 C_Y 、 C_Z による帯域幅の設定

ADXL327 には、 X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} の各ピンの帯域幅を制限する機能があります。これらのピンにコンデンサを追加し、ローパス・フィルタ処理回路を形成し、アンチエイリアシングとノイズを低減する必要があります。3dB 帯域幅は、次の式で求めることができます。

$$f_{-3\text{dB}} = 1/(2\pi(32\text{ k}\Omega) \times C_{(X,Y,Z)})$$

さらに簡略化すると、次の式になります。

$$f_{-3\text{dB}} = 5\text{ }\mu\text{F}/C_{(X,Y,Z)}$$

内部抵抗 (R_{FILT}) の許容誤差は、公称値 (32 kΩ) の $\pm 15\%$ となっており、帯域幅もこれに応じて変動します。いずれの場合も、 C_X 、 C_Y 、 C_Z には最低 0.0047 μF の容量が必要です。

表 4. フィルタ・コンデンサ C_X 、 C_Y 、 C_Z の選択

Bandwidth (Hz)	Capacitor (μF)
1	4.7
10	0.47
50	0.10
100	0.05
200	0.027
500	0.01

セルフ・テスト

ST ピンでセルフ・テスト機能を制御します。このピンを V_S に設定すると、静電引力が加速度センサーのビームに加えられます。その結果ビームが移動することから、加速度センサーが正しく機能するかどうかをテストできます。出力変化の代表値は、X 軸で -1.08 g (-450 mV に対応)、Y 軸で $+1.08\text{ g}$ ($+450\text{ mV}$)、Z 軸で $+1.83\text{ g}$ ($+770\text{ mV}$) です。通常の使用時は、この ST ピンを開放にしておくか、コモン (COM) に接続してください。

ST ピンには $V_S + 0.3\text{ V}$ を超える電圧を印加しないでください。システム設計でこの条件を保証できない（たとえば、複数の電源電圧を使用する）場合は、 V_F の低いクランピング・ダイオードを ST と V_S のピンの間に接続することを推奨します。

フィルタ特性を選択するときの設計上のトレードオフ：

ノイズ/帯域幅のトレードオフ

計測分解能（検出可能な最小加速度）は、選択した加速度センサーの帯域幅によって最終的に決まります。フィルタ処理によって、ノイズ・フロアを低減し、加速度センサーの分解能を上げることができます。分解能は、 X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} に接続されるアナログ・フィルタの帯域幅に応じて変化します。

ADXL327 の出力の帯域幅 (typ) は、500 Hz 以上です。エイリアシング誤差を制限するために、この帯域幅で信号をフィルタ処理する必要があります。エイリアシングを最小にするには、アナログ帯域幅が A/D サンプル周波数の 1/2 を超えないようにする必要があります。アナログ帯域幅をさらに低くすれば、ノイズが低減され、分解能が向上します。

ADXL327 のノイズには、すべての周波数に等しく影響するホワイト・ガウス・ノイズの特性があり、これは $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ の単位で表すことができます（すなわち、ノイズは加速度センサーの帯域幅の 2 乗平方根に比例します）。加速度センサーの分解能とダイナミック・レンジを最大化するには、アプリケーションに必要な最低周波数に帯域幅を制限する必要があります。

単極ロールオフ特性における ADXL327 のノイズ (typ) は、次の式で求めることができます。

$$\text{rms ノイズ} = \text{ノイズ密度} \times (\sqrt{BW} \times 1.6)$$

場合によっては、ノイズのピーク値が必要になることがあります。ピーク to ピーク・ノイズは、統計的手法でなければ推定できません。表 5 を使用すれば、与えられた rms 値に対して、さまざまなピーク値を超える確率を推定することができます。

表 5. ピーク to ピーク・ノイズの推定

Peak-to-Peak Value	% of Time That Noise Exceeds Nominal Peak-to-Peak Value
2 × rms	32
4 × rms	4.6
6 × rms	0.27
8 × rms	0.006

3 V以外の動作電圧で使用する方法

ADXL327 は、 $V_S = 3\text{ V}$ の条件でテストが行われ、仕様が規定されていますが、電源に最低 1.8 V または最高 3.6 V の V_S を使用できます。電源電圧を変更すると、一部の性能パラメータも変わります。

ADXL327 の出力はレシオメトリックであるため、出力感度（またはスケール・ファクタ）は電源電圧に比例して変動します。 $V_S = 3.6\text{ V}$ 時の出力感度は 500 mV/g (typ)、 $V_S = 2\text{ V}$ 時の出力感度は 289 mV/g (typ) です。

ゼロ g バイアス出力もレシオメトリックであるため、ゼロ g 出力の公称値はすべての電源電圧で $V_S/2$ に等しくなります。

出力ノイズはレシオメトリックではなく、電圧換算で一定であるため、ノイズ密度は電源電圧の増加に伴って減少します。これは、ノイズ電圧が一定であるのに対し、スケール・ファクタ (mV/g) が増加するためです。 $V_S = 3.6\text{ V}$ 時の X 軸と Y 軸のノイズ密度は $200\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ) ですが、 $V_S = 2\text{ V}$ 時の X 軸と Y 軸のノイズ密度は $300\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ) です。

g 換算でのセルフ・テスト応答は、電源電圧の 2 乗にほぼ比例します。ただし、感度のレシオメトリック性をともに考慮する場合、電圧換算のセルフ・テスト応答は、電源電圧の 3 乗にほぼ比例します。

たとえば、 $V_S=3.6\text{ V}$ 時の ADXL327 のセルフ・テスト応答は、X 軸では約 -780 mV 、Y 軸では約 $+780\text{ mV}$ 、Z 軸では約 $+1330\text{ mV}$ になります。 $V_S=2\text{ V}$ 時のセルフ・テスト応答は、X 軸では約 -130 mV 、Y 軸では約 $+130\text{ mV}$ 、Z 軸では約 -220 mV になります。

電源電流は、電源電圧の減少に伴って低下します。消費電流 (typ) は、 $V_S=3.6\text{ V}$ 時に $375\text{ }\mu\text{A}$ 、 $V_S=2\text{ V}$ 時に $300\text{ }\mu\text{A}$ です。

加速度検出軸方向

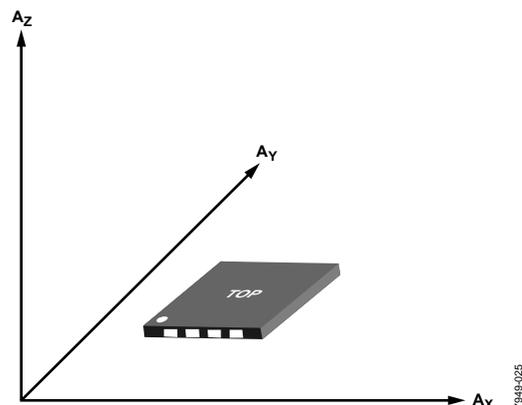


図 23. 加速度検出軸方向 (検出軸に沿って加速度が印加されると、対応する出力電圧が増加)

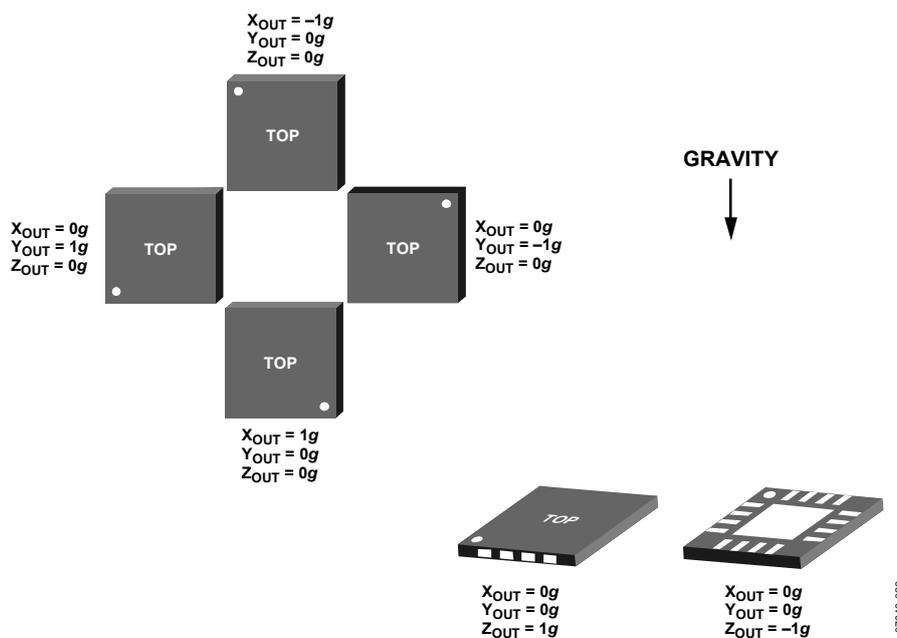


図 24. 出力応答と重力方向の関係

レイアウトと設計についての推奨事項

推奨するハンダ付けプロファイルを図 25 に、主要な特性を表 6 に示します。推奨する基板レイアウトとして、図 26 に PCB のレイアウト図を示します。

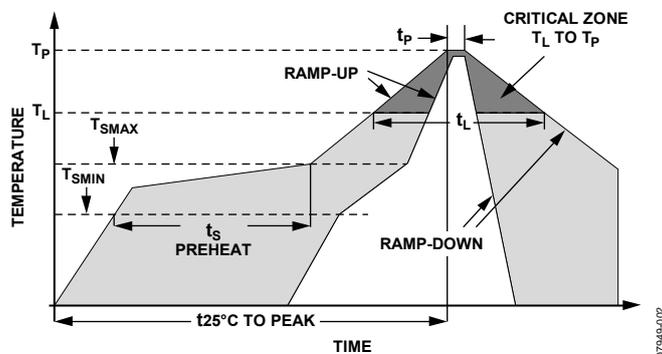


図 25. 推奨するハンダ付けプロファイル

表 6. 推奨するハンダ付けプロファイル

Profile Feature	Sn63/Pb37	Pb-Free
Average Ramp Rate (T_L to T_P)	3°C/sec maximum	3°C/sec maximum
Preheat		
Minimum Temperature (T_{SMIN})	100°C	150°C
Maximum Temperature (T_{SMAX})	150°C	200°C
Time (T_{SMIN} to T_{SMAX}), t_s	60 sec to 120 sec	60 sec to 180 sec
T_{SMAX} 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°C + 0°C/-5°C	260°C + 0°C/-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	6 minutes maximum	8 minutes maximum

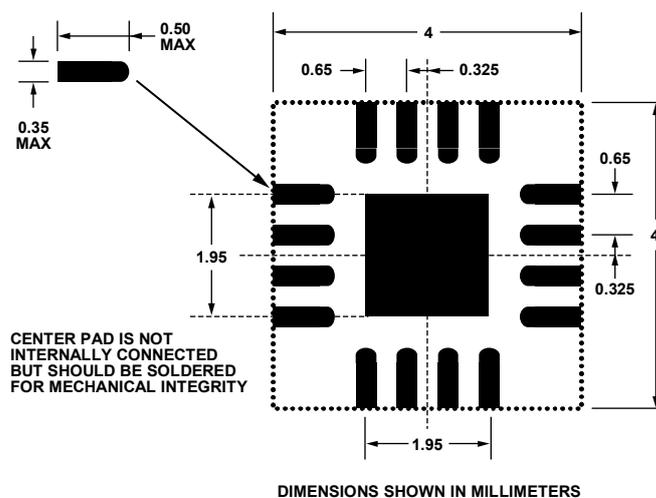


図 26. 推奨する PCB のレイアウト

外形寸法

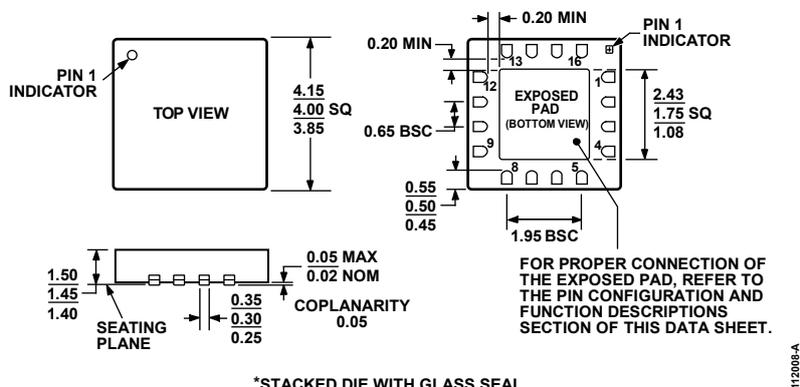


図 27. 16 ピン・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ [LFCSP_LQ]
 4 mm x 4 mm ボディ、厚さ 1.45 mm、クワッド
 (CP-16-5a*)
 寸法単位：mm

オーダー・ガイド

Model	Measurement Range	Specified Voltage	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADXL327BCPZ ¹	±2 g	3 V	-40°C to +85°C	16-Lead LFCSP_LQ	CP-16-5a
ADXL327BCPZ-RL ¹	±2 g	3 V	-40°C to +85°C	16-Lead LFCSP_LQ	CP-16-5a
ADXL327BCPZ-RL7 ¹	±2 g	3 V	-40°C to +85°C	16-Lead LFCSP_LQ	CP-16-5a
EVAL-ADXL327Z ¹				Evaluation Board	

¹ Z = RoHS 準拠製品