



小型、低消費電力、3軸 ±200 g 加速度センサー

データシート

ADXL377

特長

- 3軸センシング
- 小型、低背型パッケージ
3 mm × 3 mm × 1.45 mm LFCSP
- 低消費電力: 300 μA (typ)
- 単電源動作: 1.8 V ~ 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

アプリケーション

衝撃検出

概要

ADXL377 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。±200 g (typ) のフルスケール・レンジで、動き、衝撃、振動による加速度を測定します。

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。アプリケーションに応じて、X軸とY軸では 0.5 Hz ~ 1300 Hz の帯域幅、Z軸では 0.5 Hz ~ 1000 Hz の帯域幅を選択できます。

ADXL377 は小型、低背型、3 mm × 3 mm × 1.45 mm の 16ピン・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。

機能ブロック図

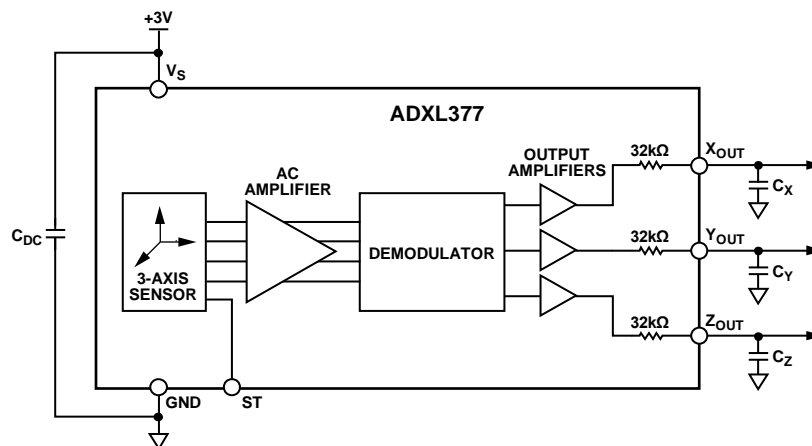


図 1.

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。©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

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

目次

特長.....	1	機械式センサー	8
アプリケーション.....	1	性能	8
概要.....	1	アプリケーション情報	9
機能ブロック図.....	1	電源のデカップリング	9
改訂履歴.....	2	C _X 、C _Y 、C _Z による帯域幅の設定.....	9
仕様.....	3	セルフ・テスト	9
絶対最大定格.....	4	フィルタ特性の選択: ノイズ/帯域幅のトレードオフ.....	9
ESD の注意	4	加速度検出軸方向	10
ピン配置と機能の説明	5	レイアウトと設計についての推奨事項.....	11
代表的な性能特性.....	6	外形寸法.....	12
動作原理.....	8	オーダー・ガイド	12

改訂履歴

9/12—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	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT	Each axis				
Measurement Range			±200		g
Nonlinearity	% of full scale up to 180 g		±0.5		%
Cross-Axis Sensitivity ¹			±1.4		%
SENSITIVITY, RATIOMETRIC ²	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	5.8	6.5	7.2	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		±0.02		%/°C
ZERO g BIAS LEVEL, RATIOMETRIC					
Zero g Voltage	$V_S = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	1.4	1.5	1.6	V
Zero g Offset vs. Temperature					
X-Axis and Y-Axis			±12		mg/°C
Z-Axis			±30		mg/°C
NOISE PERFORMANCE					
Noise Density					
X_{OUT} and Y_{OUT}			2.7		mg/√Hz
Z_{OUT}			4.3		mg/√Hz
FREQUENCY RESPONSE ⁴					
Bandwidth ⁵	No external filter				
X_{OUT} and Y_{OUT}			1300		Hz
Z_{OUT}			1000		Hz
R_{FILT} Tolerance			32 ± 15%		kΩ
Sensor Resonant Frequency			16.5		kHz
SELF-TEST ⁶					
Logic Input Low			0.6		V
Logic Input High			2.4		V
ST Actuation Current			60		μA
Output Change	Self-test, 0 to 1				
At X_{OUT}			-6.5		mV
At Y_{OUT}			6.5		mV
At Z_{OUT}			11.5		mV
OUTPUT AMPLIFIER	No load				
Output Swing Low			0.1		V
Output Swing High			2.8		V
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range ⁷		1.8	3.0	3.6	V
Supply Current	$V_S = 3\text{ V}$		300		μA
Turn-On Time ⁸	No external filter		1		ms
OPERATING TEMPERATURE RANGE		-40		+85	°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= $1/(2\pi \times 32\text{ k}\Omega \times C_X)$ 。

6. セルフ・テストの応答性は、 V_S の変化の 3 乗に比例。

7. 3.0 V でテスト済み。1.8 V ~ 3.6 V の全電圧範囲で動作することが設計で保証されていますが、テストは行われていません。

8. ターンオン時間は C_X 、 C_Y 、 C_Z に依存し、およそ $160 \times (C_X \text{ or } C_Y \text{ or } C_Z) + 1$ です。ここで、 C_X 、 C_Y 、 C_Z の単位は μF で、結果として得られるターンオン時間の単位は ms です。

絶対最大定格

表 2.

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

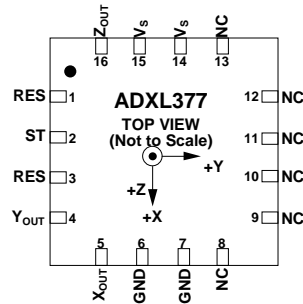
上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

ESD の注意



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



NOTES

1. NC=無接続。
2. エクスポーズド・パッドは内部で接続されていませんが、機械的強度を得るためにハンダ付けしてください。

10765-002

図 2. ピン配置

表 3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1, 3	RES	予備。GND に接続するか、開放にしてください。
2	ST	セルフ・テスト。
4	Y _{OUT}	Y チャンネル出力。
5	X _{OUT}	X チャンネル出力。
6, 7	GND	グラウンドに接続してください。
8 to 13	NC	無接続。内部で接続されていません。
14, 15	V _S	電源電圧。3.0 V (標準)。
16	Z _{OUT} EPAD	Z チャンネル出力。 エクスポーズド・パッド。エクスポーズド・パッドは内部で接続されていませんが、機械的強度を得るためにハンダ付けしてください。

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 $N > 250$ とします。N はテストされたデバイスの数で、ヒストグラムの作成に使用されたものです。

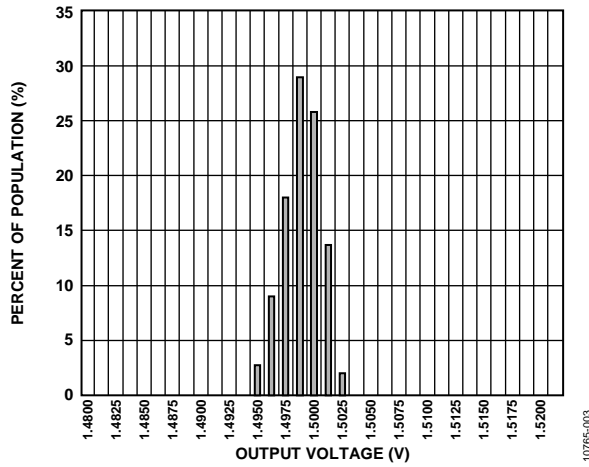


図 3. X 軸のゼロ g 出力電圧 (25°C、 $V_S = 3$ V)

10765-003

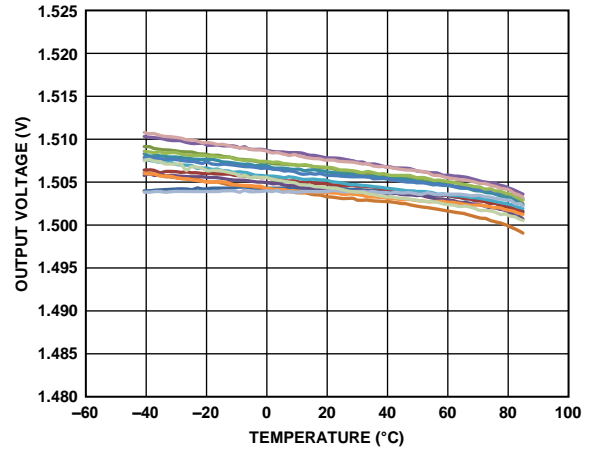


図 6. X 軸のゼロ g オフセットの温度特性
(14 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3$ V)

10765-006

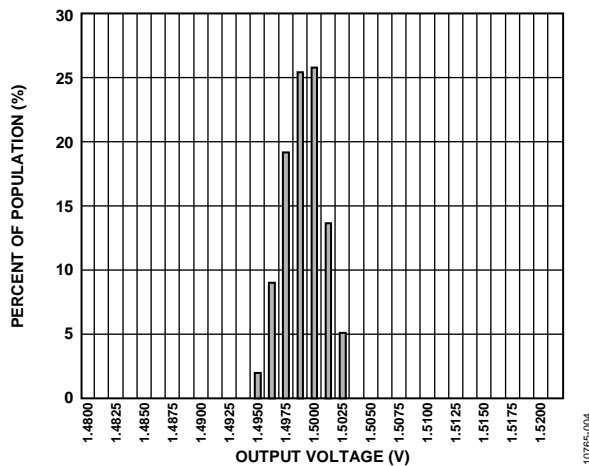


図 4. Y 軸のゼロ g 出力電圧 (25°C、 $V_S = 3$ V)

10765-004

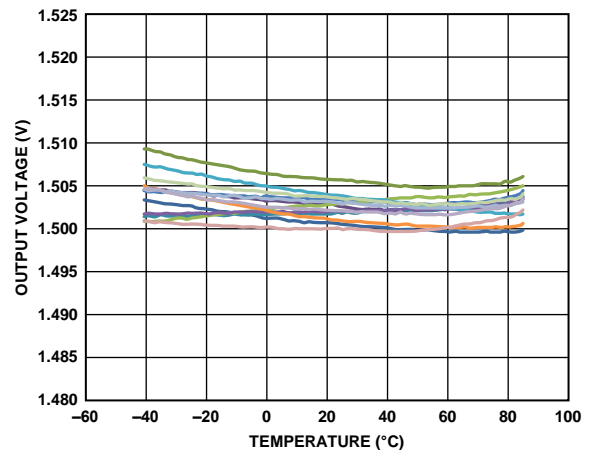


図 7. Y 軸のゼロ g オフセットの温度特性
(14 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3$ V)

10765-007

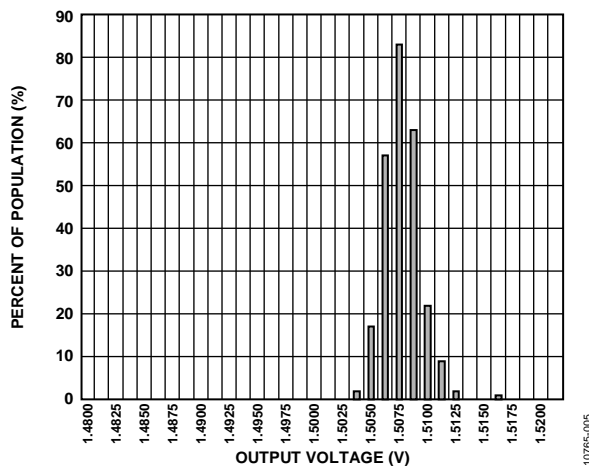


図 5. Z 軸の 1 g 出力電圧 (25°C、 $V_S = 3$ V)

10765-005

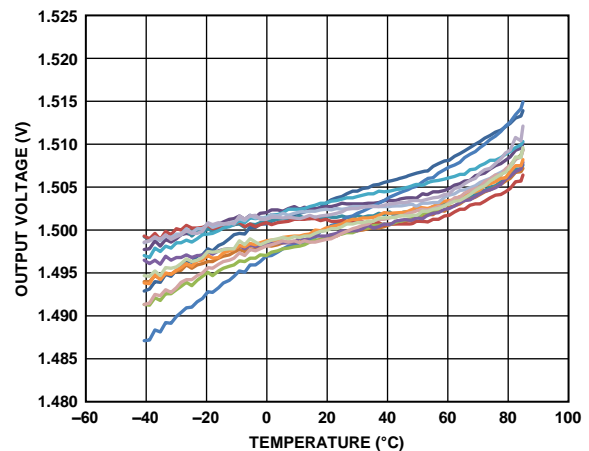


図 8. Z 軸のゼロ g オフセットの温度特性
(14 個のデバイスを PCB にハンダ付け、 $V_S = 3$ V)

10765-008

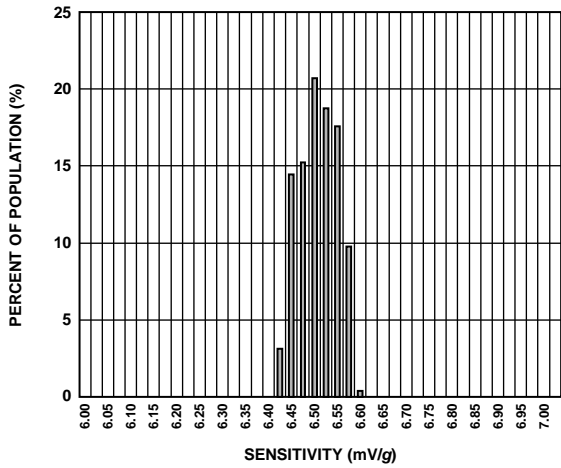


図 9. X 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

10765-009

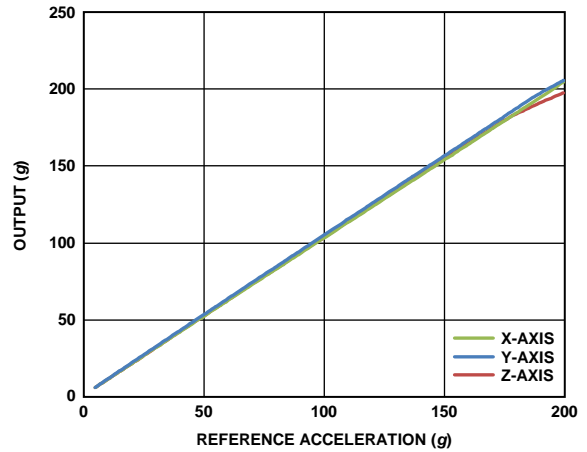


図 12. ダイナミック・レンジにわたる代表的な出力直線性

10765-012

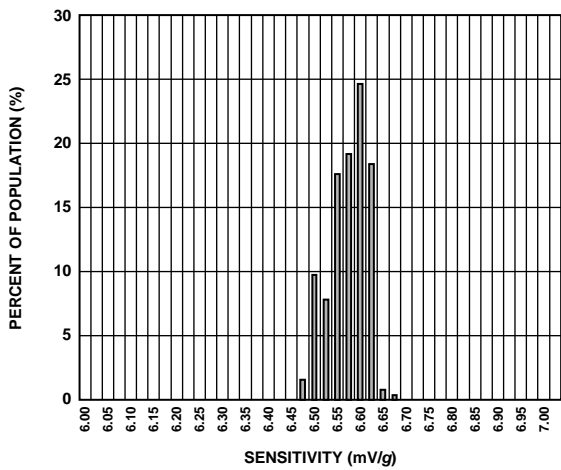


図 10. Y 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

10765-010

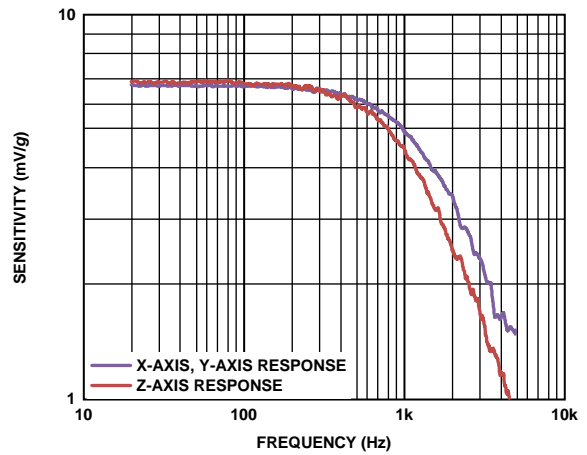


図 13. 代表的な周波数応答

10765-013

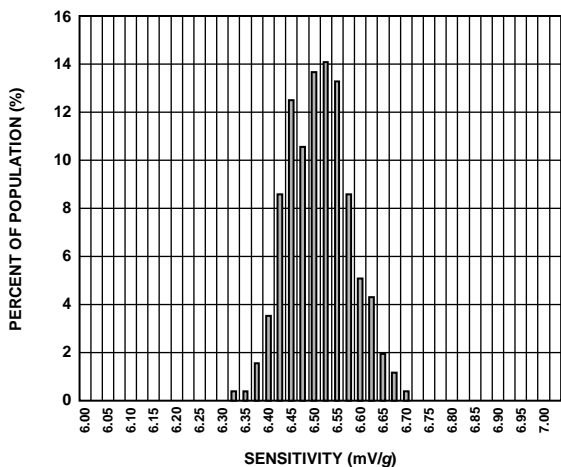


図 11. Z 軸の感度 (25°C、 $V_S = 3\text{ V}$)

10765-011

動作原理

ADXL377 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、計測範囲は標準 $\pm 200 g$ 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います。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・ウェハー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ハー表面上に支え、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されます。固定プレートには、 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

ADXL377 は、X 軸、Y 軸、Z 軸の加速度の検出に 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。交差軸感度は主に、パッケージに対するセンサー・チップの機械的なずれか、PCB に対するパッケージのずれです。機械的なずれはシステム・レベルで調整できます。

性能

ADXL377 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、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。

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 ADXL377 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は、V_S を通じて伝送されるノイズと同様に影響を与えるため、ADXL377 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

ADXL377 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、アンチエイリアシングとノイズ低減のためのローパス・フィルタ回路を形成する必要があります。-3 dB 帯域幅は、次の式で求めることができます。

$$f_{-3dB} = 1/(2\pi \times 32 \text{ k}\Omega \times C_x)$$

さらに簡略化すると、次の式になります。

$$f_{-3dB} = 5 \mu\text{F}/C_x$$

内部抵抗 (R_{FILT}) の許容誤差は、一般に、公称値(32 kΩ)の±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 1000 pF 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)
50	0.10
100	0.05
200	0.025
500	0.01
1000	0.005

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、静電気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 (-6.5 mV に対応)、Y 軸で +1.08 g (+6.5 mV)、Z 軸で +1.83 g (+11.5 mV) です。通常の使用時は、この ST ピンを開放にしておくか、グラウンド(GND)に接続してください。

ST ピンには V_S + 0.3 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、順方向電圧の低いクランピング・ダイオードを ST ピンと V_S ピンの間に接続することを推奨します。

フィルタ特性の選択:

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。

ADXL377 の出力の帯域幅 (typ) は 1000 Hz 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 サンプリング周波数の 1/2 を超えないようにする必要があります。アナログ帯域幅を低くすれば、ノイズが低減され、分解能が向上します。

ADXL377 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 μg/√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、アプリケーションで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 ADXL377 のノイズ

(typ) は、次式で求めることができます。

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

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	Percentage 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

加速度検出軸方向

加速度センサーの検出軸を

図 14 に示します。加速度センサーの向きがそれぞれの軸に対して平行である場合の出力応答を図 15 に示します。

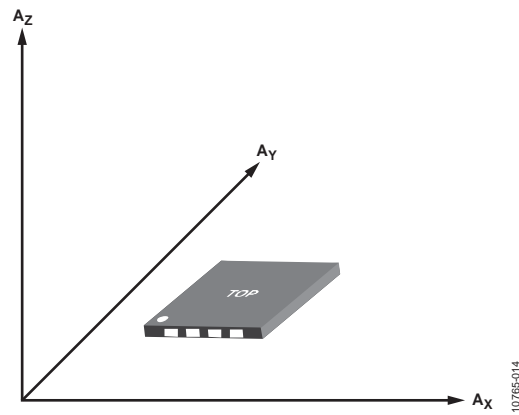


図 14. 加速度検出軸方向(検出軸に沿って加速度が印加されると、対応する出力電圧が増加)

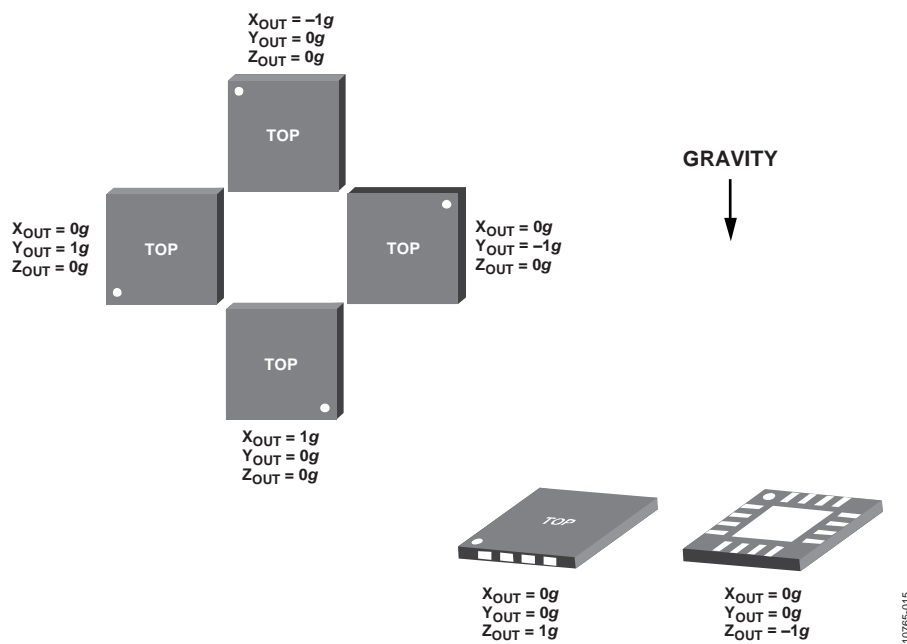


図 15. 出力応答と重力方向の関係

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 16 に、主要な特性を表 6 に示します。推奨する PCB レイアウト（ハンダ・ランド図）を図 17 に示します。

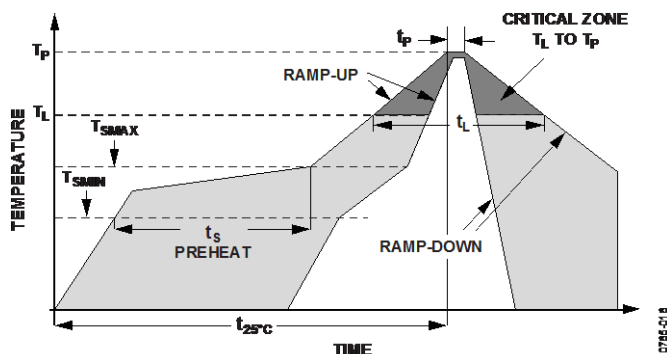


図 16. 推奨ハンダ付けプロファイル

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 max	3°C/sec max
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
Ramp-Up Rate (T_{SMAX} to T_L)	3°C/sec max	3°C/sec max
Time Maintained Above Liquidous (t_L)	60 sec to 150 sec	60 sec to 150 sec
Liquidous Temperature (T_L)	183°C	217°C
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 (T_P to T_L)	6°C/sec max	6°C/sec max
Time 25°C to Peak Temperature ($t_{25°C}$)	6 minutes max	8 minutes max

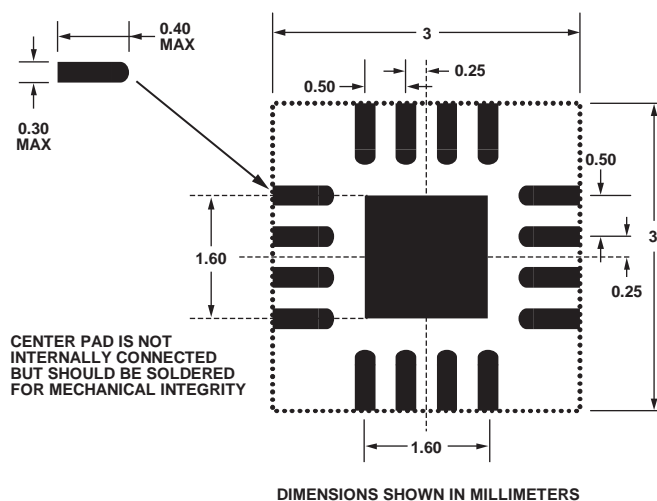


図 17. 推奨する PCB レイアウト

外形寸法

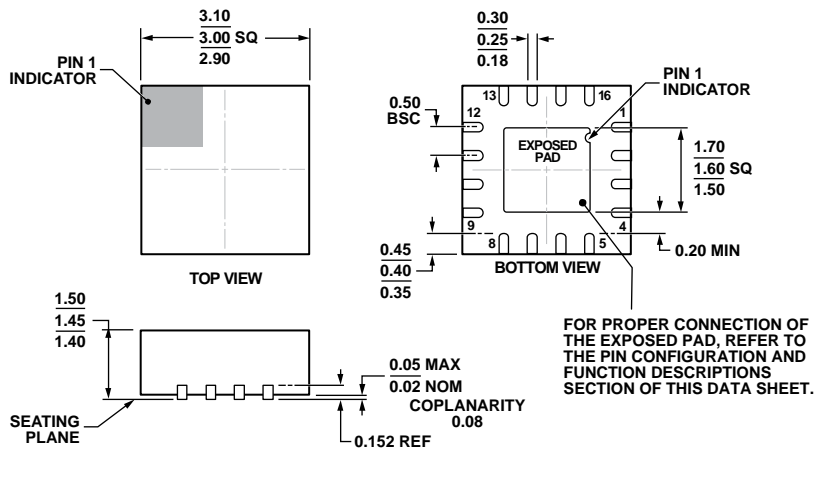


図 18. 16 ピン・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ[LFCSP_LQ]
 3 mm × 3 mm ボディ、厚さ 1.45 mm、クラウド
 (CP-16-28)
 寸法単位 : mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Measurement Range	Specified Voltage	Temperature Range	Package Description	Package Option	Branding
ADXL377BCPZ-RL	±200 g	3 V	-40°C to +85°C	16-Lead LFCSP_LQ	CP-16-28	Y4P
ADXL377BCPZ-RL7	±200 g	3 V	-40°C to +85°C	16-Lead LFCSP_LQ	CP-16-28	Y4P
EVAL-ADXL377Z				Evaluation Board		

¹ Z = RoHS 準拠製品