

ADXL103/ADXL203

特長

シングルICチップの高性能、単軸／2軸加速度センサー
5mm×5mm×2mmのLCCパッケージ
分解能：60Hz時で1mG
低消費電力： $V_S=5V$ で700 μA (typ)
高ゼロGバイアス安定性
高感度精度
温度範囲：-40～+125°C
X軸とY軸を0.1° (typ) 内にアライメント
コンデンサ1個で帯域幅調整可
単電源動作
衝撃耐性：3500G

アプリケーション

車両ダイナミック制御 (VDC) / 走行安定システム (ESP) システム
電子シャシー制御
電子ブレーキ
プラットフォームの安定化 / レベリング
ナビゲーション
警報器およびモーション検出器
高精度の2軸傾き検出

概要

ADXL103/ADXL203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高精度、低消費電力の単軸および2軸加速度センサーで、シングル・モノリシックICにすべての機能を搭載しています。ADXL103/ADXL203は、±1.7Gのフルスケール・レンジで加速度を計測し、動的加速度（振動など）と静的加速度（重力など）の両方を計測します。

ノイズ・フロアが110 $\mu G/\sqrt{Hz}$ (typ) であるため、狭帯域（60Hz未満）を用いる傾き検出アプリケーションで1mG（0.06°の傾斜角度）より小さい信号を分解できます。

X_{OUT} と Y_{OUT} のピンにそれぞれ C_X と C_Y のコンデンサを接続して、加速度センサーの帯域幅を選択します。アプリケーションに合わせて、0.5～2.5kHzの帯域幅を選択できます。

ADXL103とADXL203は、5mm×5mm×2mmの8パッド・ハーメチックLCCパッケージを採用しています。

機能ブロック図

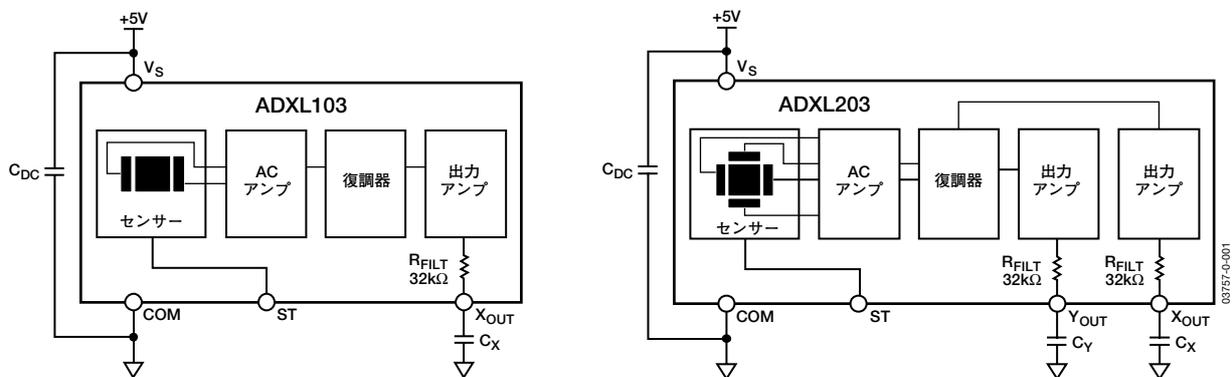


図1. ADXL103/ADXL203の機能ブロック図

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。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。
© 2004 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MTビル2号
電話06(6350)6868

ADXL103/ADXL203

目次

仕様	3	セルフ・テスト	9
絶対最大定格	4	フィルタ特性を選択するときの設計上のトレードオフ:	
代表的な性能特性	5	ノイズ/帯域幅のトレードオフ	9
動作原理	8	5V以外の動作電圧でADXL103/ADXL203を使用する方法	10
性能	8	ADXL203を2軸傾きセンサーとして使用する方法	10
アプリケーション	9	ピン配置と機能の説明	11
電源のデカップリング	9	外形寸法	12
C _x とC _y による帯域幅の設定	9	オーダー・ガイド	12

改訂履歴

リビジョン0: 初版

仕様

表1. 特に指定のない限り、 $T_A = -40 \sim +125^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $C_X = C_Y = 0.1\mu\text{F}$ 、加速度=0G

パラメータ	条件	Min	Typ	Max	単位
センサー入力 計測範囲 ¹ 非直線性 パッケージ・アライメント誤差 アライメント誤差 (ADXL203) 交差軸感度	各軸 フルスケールの% X軸センサー対Y軸センサー	± 1.7	± 0.5 ± 1 ± 0.1	± 2.5 ± 5	G % 度 度 %
感度 (レシオメトリック) ² X_{OUT} 、 Y_{OUT} の感度 温度による感度変化 ³	各軸 $V_S = 5\text{V}$ $V_S = 5\text{V}$	940	1000 ± 0.3	1060	mV/G %
ゼロGバイアス・レベル (レシオメトリック) X_{OUT} 、 Y_{OUT} の0G出力電圧 理想値からの初期0G出力偏差 0Gオフセット温度係数	各軸 $V_S = 5\text{V}$ $V_S = 5\text{V}$ 、 25°C	2.4	2.5 ± 25 ± 0.1	2.6	V mG mG/ $^\circ\text{C}$
ノイズ性能 出力ノイズ ノイズ密度	<4kHz、 $V_S = 5\text{V}$ 、 25°C @ 25°C		1 110	6	mV rms $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
周波数応答 ⁴ C_X 、 C_Y の容量範囲 ⁵ R_{FILT} の許容誤差範囲 センサー共振周波数		0.002 24	 32 5.5	10 40	μF k Ω kHz
セルフ・テスト ⁶ ロジック入力ローレベル電圧 ロジック入力ハイレベル電圧 グラウンドに対するST入力抵抗 X_{OUT} 、 Y_{OUT} の出力変動	セルフ・テスト0~1	 4 30 400	 50 750	1 1100	V V k Ω mV
出力アンプ 出力振幅ローレベル電圧 出力振幅ハイレベル電圧	無負荷 無負荷		0.3 4.5		V V
電源 動作電圧範囲 無負荷時電源電流 ターンオン時間 ⁷		3	0.7 20	6 1.1	V mA ms

¹ 初期オフセットおよび感度の測定により保証しています。² 感度は本質的に V_S に対してレシオメトリックです。 $V_S = 4.75 \sim 5.25\text{V}$ のとき、感度は $186 \sim 215\text{mV/V/G}$ の範囲で変化します。³ 周囲温度から最大温度または周囲温度から最小温度までの温度変化にともなって発生する出力の変化です。⁴ ユーザ支給の外部コンデンサ (C_X 、 C_Y) が制御する実際の周波数応答です。⁵ 帯域幅 = $1/(2 \times \pi \times 32\text{k}\Omega \times C)$ です。 C_X 、 $C_Y = 0.002\mu\text{F}$ の場合は帯域幅 = 2500Hz 、 C_X 、 $C_Y = 10\mu\text{F}$ の場合は帯域幅 = 0.5Hz です。最小値と最大値はテストを実施していません。⁶ セルフ・テストの応答性は、 V_S の変化にともなって三次変動します。⁷ C_X 、 C_Y の値が大きいと、ターンオン時間が増加します。ターンオン時間は、 $160 \times C_X$ または $C_Y + 4\text{ms}$ の式で概算できます。ここで、 C_X 、 C_Y の単位は μF です。

仕様の最小値と最大値はすべて保証されています。代表値は保証されていません。

ADXL103/ADXL203

絶対最大定格

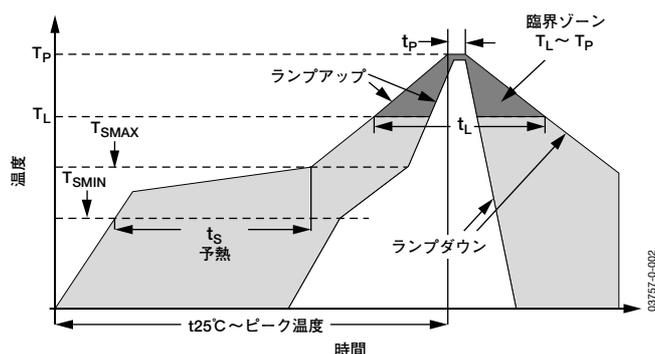
表2

パラメータ	定格値
加速度（任意の軸、電源未投入時）	3,500G
加速度（任意の軸、電源投入時）	3,500G
落下テスト（コンクリート面）	1.2m
V_s	-0.3~+7.0V
他のすべてのピン	(COM-0.3V) ~ (V _s +0.3V)
出力短絡期間（コモン対全ピン間）	無制限
動作温度範囲	-55~+125°C
保存温度範囲	-65~+150°C

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、この仕様の動作に関するセクションに記載されてい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。長時間デバイスを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。

表3. パッケージ特性

パッケージ・タイプ	θ_{JA}	θ_{JC}	デバイスの重量
8ピンCLCC	120°C/W	20°C/W	<1.0g



主要特性	条件	
	Sn63/Pb37	鉛フリー
平均ランプ・レート ($T_L \sim T_P$)	最大3°C/s	
予熱		
• 最小温度 (T_{SMIN})	100°C	150°C
• 最大温度 (T_{SMAX})	150°C	200°C
• 時間 ($T_{SMIN} \sim T_{SMAX}$) (t_s)	60~120秒	60~150秒
$T_{SMAX} \sim T_L$		
• ランプアップ・レート	3°C/s	
液化温度 (T_L) を超える温度条件が*続く時間		
• 液化温度 (T_L)	183°C	217°C
• 時間 (t_L)	60~150秒	60~150秒
ピーク温度 (T_P)	240°C+0°C/-5°C	260°C+0°C/-5°C
ピーク温度 (t_p) 許容時間	10~30秒	20~40秒
ランプダウン・レート	最大6°C/s	
25°Cからピーク温度までの時間	最大6分	最大8分

図2. 推奨するハンダ付けの特性表

代表的な性能特性

(特に指定のない限り、すべての図について $V_S=5V$)

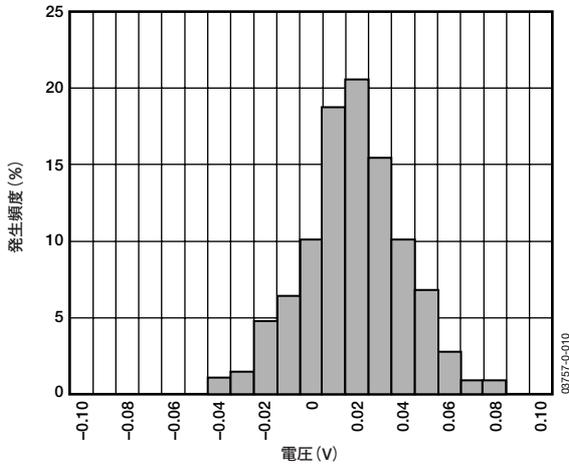


図3. 理想値からのX軸のゼロGバイアス偏差 (25°C時)

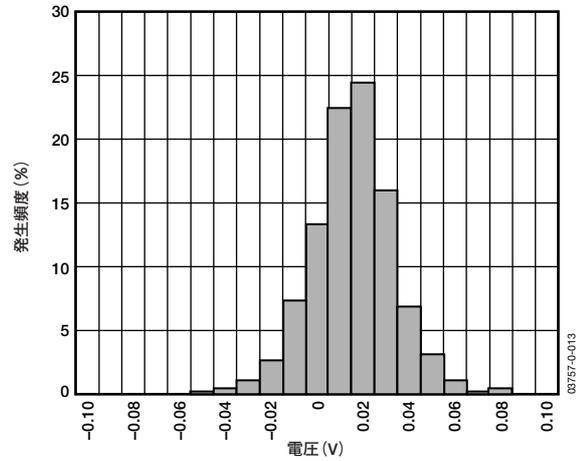


図6. 理想値からのY軸のゼロGバイアス偏差 (25°C時)

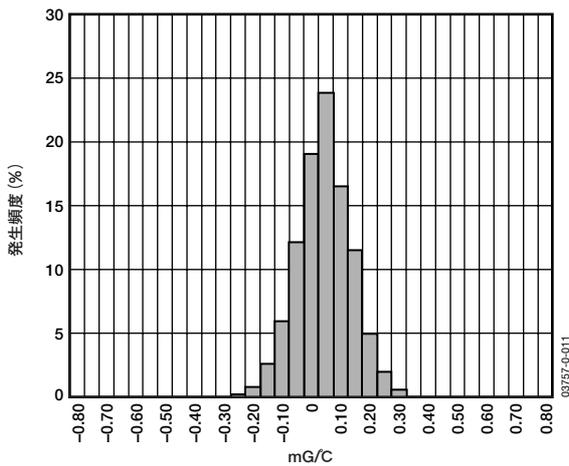


図4. X軸のゼロGバイアス温度係数

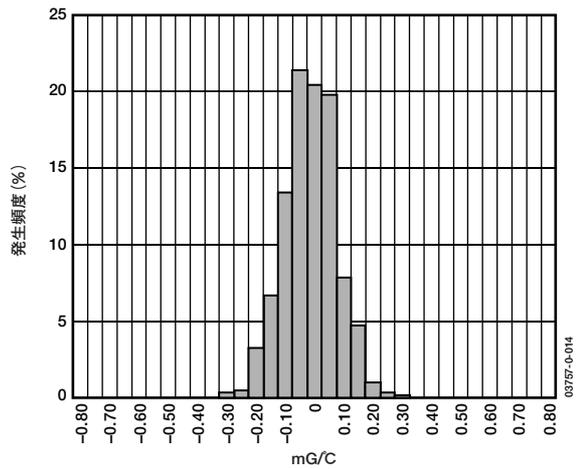


図7. Y軸のゼロGバイアス温度係数

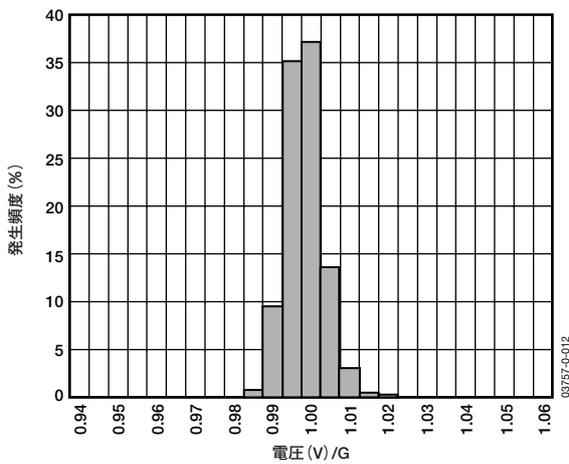


図5. X軸の感度 (25°C時)

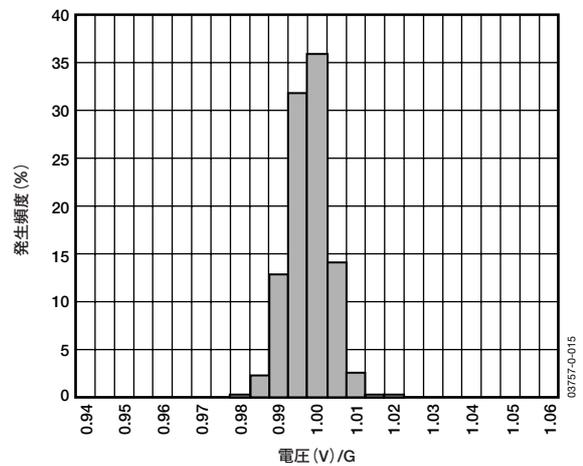


図8. Y軸の感度 (25°C時)

ADXL103/ADXL203

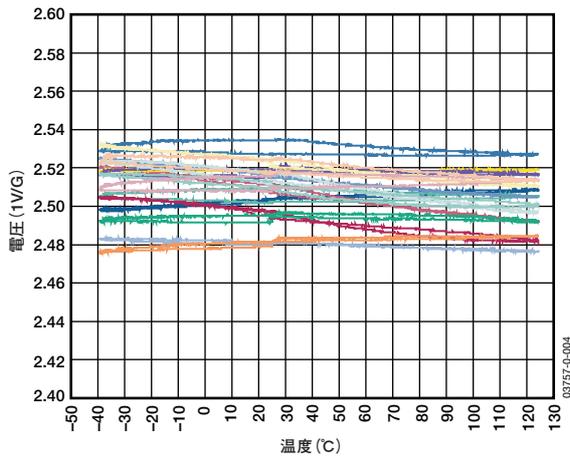


図9. ゼロGバイアスの温度特性 (デバイスをPCBにハンダ付け)

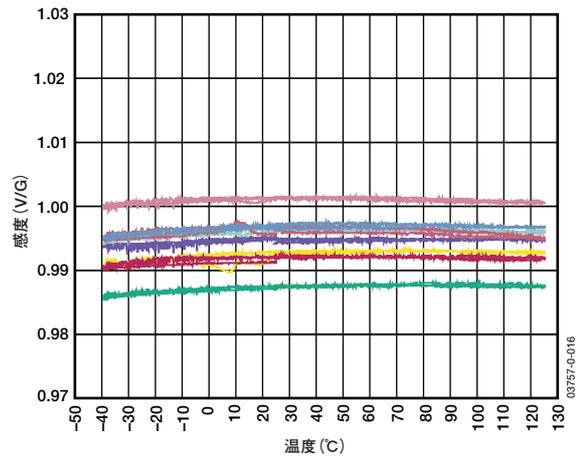


図12. 感度の温度特性 (デバイスをPCBにハンダ付け)

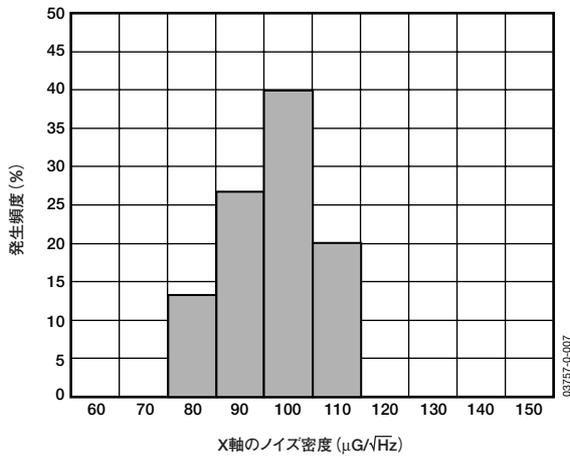


図10. X軸のノイズ密度 (25°C時)

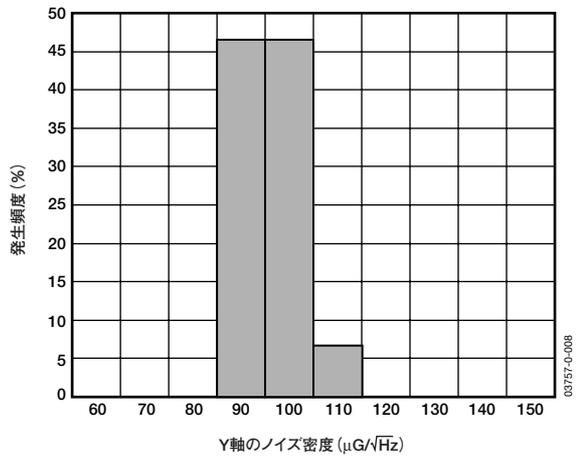


図13. Y軸のノイズ密度 (25°C時)

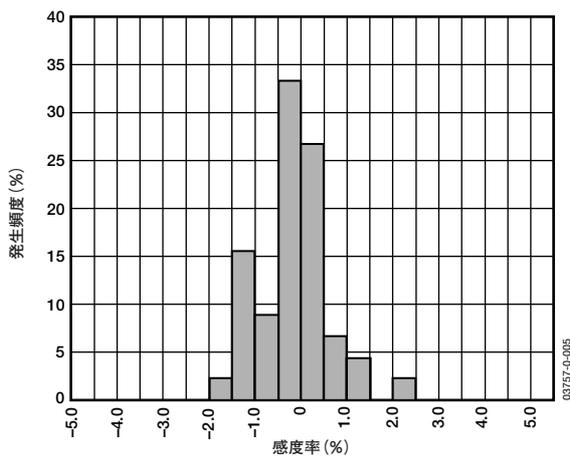


図11. Z軸対X軸の交差軸感度

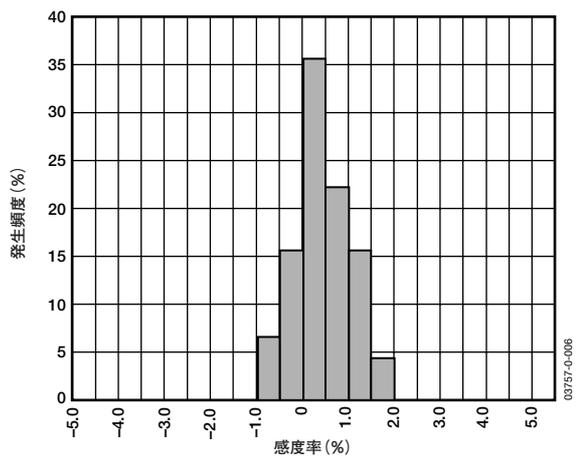


図14. Z軸対Y軸の交差軸感度

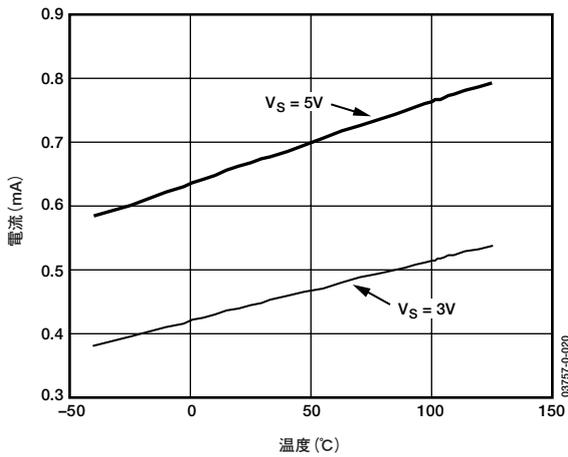


図15. 電源電流の温度特性

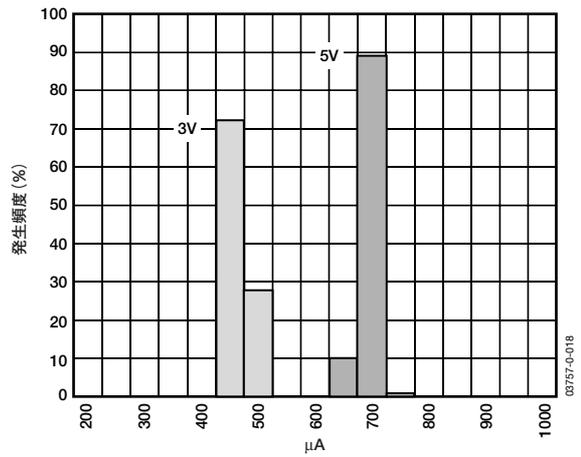


図18. 25°C時の電源電流

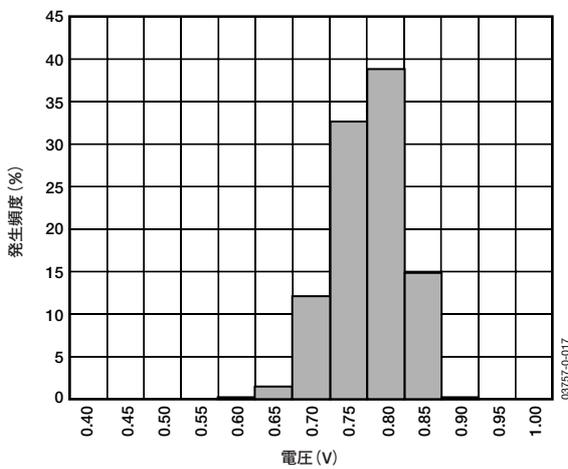


図16. X軸のセルフ・テスト応答性 (25°C時)

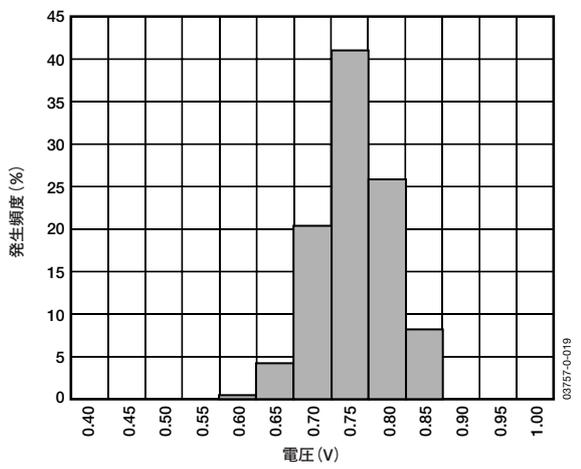


図19. Y軸のセルフ・テスト応答性 (25°C時)

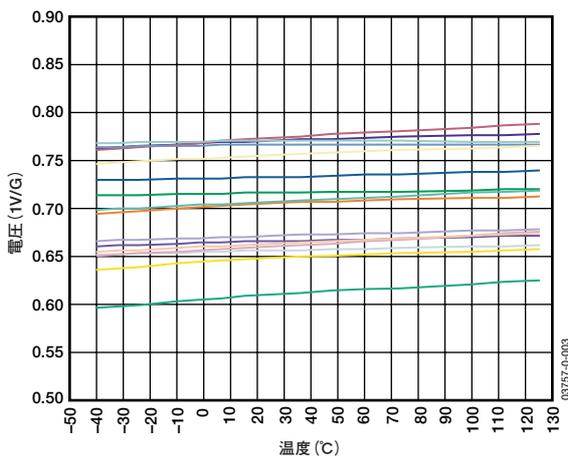


図17. セルフ・テスト応答性の温度特性

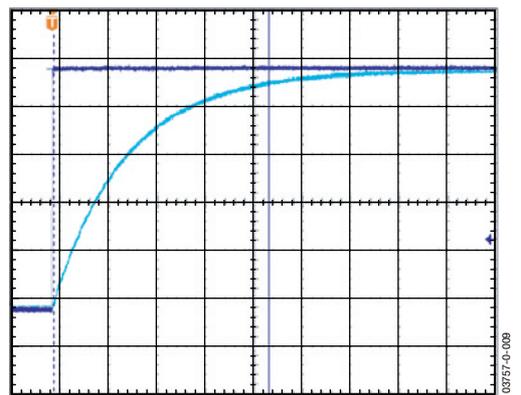


図20. ターンオン時間 (C_X 、 $C_Y=0.1\mu F$ 、時間スケール=2ms/1目盛)

ADXL103/ADXL203

動作原理

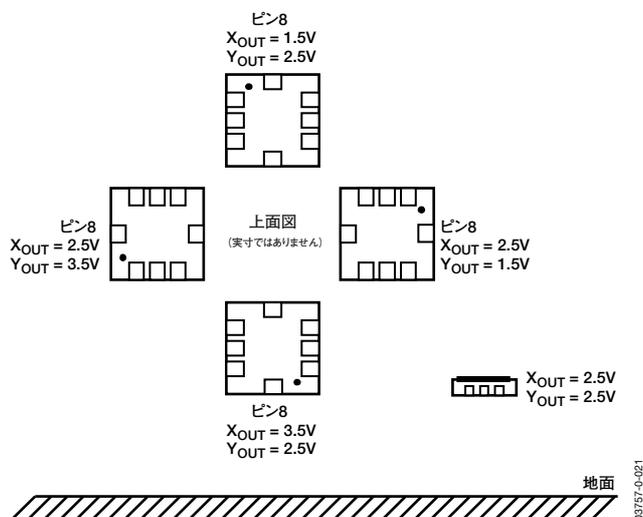


図21. デバイスの方向と出力応答の関係

ADXL103/ADXL203は、シングル・モノリシックIC上に必要な機能をすべて集積化した加速度計測システムです。ADXL103は単軸、ADXL203は2軸の加速度センサーです。いずれもポリシリコン表面マイクロマシニング・センサーとシグナル・コンディショニング回路を内蔵し、オープン・ループ加速度計測アーキテクチャとなっています。出力信号は、加速度に比例するアナログ電圧です。ADXL103/ADXL203は、 $\pm 1.7G$ までの正負両方の加速度を計測できます。重力などの静的な加速度を測定できるため、傾きセンサーとして利用できます。

センサーは、シリコン・ウェーハの上面に構成される表面マイクロマシニング・ポリシリコン構造となっています。この構造部をポリシリコン・スプリングがウェーハ表面上に支え、加速度に対する抵抗を与えます。構造部の偏位は、独立した固定プレートと可動マス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によって駆動します。加速度がビームを偏向し、差動コンデンサを不平衡にするため、加速度に比例する振幅をもった矩形波が出力されます。次いで、位相変化検出技法により信号を整流し、加速度の方向を測定します。

復調器の出力を増幅し、 $32k\Omega$ の抵抗を経由してチップの外部に送ります。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、エイリアシングを防止できます。

性能

温度補償のための回路を追加することなく、革新的な設計技術の採用によって、高い性能が確実に得られようになっています。その結果、本質的に量子化誤差または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 ($-40 \sim +125^\circ C$ の温度範囲で一般に $10mG$ を下回る値)。

図9に、 $-40 \sim +125^\circ C$ の温度範囲における8個のデバイス (X軸とY軸) のゼロG出力性能を示します。

図12に、 $V_S = 5V$ における代表的な感度の温度特性を示します。感度安定性は $V_S = 5V$ に対して最適化されていますが、全温度範囲で非常に良好です。 $V_S = 3V$ の場合、感度安定性は全温度範囲で一般に $\pm 1\%$ よりも優れた値になります。

アプリケーション

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、0.1μFコンデンサC_{DC}を1つ外付けするだけで、電源の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、140kHzの内部クロック周波数でノイズが発生する（または、そのために高調波ノイズが発生する）ときなど、場合によっては、電源上のノイズがADXL103/ADXL203の出力に干渉することがあります。デカップリングをさらに追加する必要がある場合は、100Ω（またはこれよりも値の小さい）抵抗もしくはフェライト・ビーズをADXL103/ADXL203の電源ラインに挿入してください。その他にさらに、容量の大きいパルク・バイパス・コンデンサ（1～22μFの範囲）をC_{DC}に対して並列に接続することもできます。

C_XとC_Yによる帯域幅の設定

ADXL103/ADXL203には、X_{OUT}とY_{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て、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の低減を行う必要があります。3dB帯域幅は、次の式で求めることができます。

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

あるいは、これをもっと簡単にすると以下の式になります。

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

内部抵抗 (R_{FILT}) の許容誤差は、その公称値 (32kΩ) の±25%となっています。このため、帯域幅もこれに応じて変動します。いずれの場合も、C_XとC_Yには最低2000pFの容量が必要です。

表4. フィルタ・コンデンサC_XとC_Yの容量の選択

帯域幅 (Hz)	コンデンサ (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、静電気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、750mG (750mVに相当) です。通常の使用時には、このピンを開放にしておくか、コモンに接続することができます。

決してV_S+0.3Vを超える電圧をSTピンに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場合（すなわち、複数の電源電圧を使用する場合）、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

選択する加速度センサーの帯域幅によって、計測分解能（検出可能な最小加速度）が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改善できます。分解能は、X_{OUT}とY_{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。

ADXL103/ADXL203の出力の帯域幅は、2.5kHz (typ) です。エイリアシング誤差を制限するために、この帯域幅で信号のフィルタ処理を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。アナログ帯域幅をさらに低くすれば、ノイズの低減と分解能の改善が可能になります。

ADXL103/ADXL203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・レンジを可能な限り高くするには、アプリケーションに必要な最低限の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ADXL103/ADXL203のノイズ (typ) は、次の式から求めることができます。

$$rms \text{ ノイズ} = (110\mu G/\sqrt{Hz}) \times (\sqrt{BW \times 1.6})$$

100Hzでは、以下のように計算できます。

$$rms \text{ ノイズ} = (110\mu G/\sqrt{Hz}) \times (\sqrt{100 \times 1.6}) = 1.4mG$$

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得られません。表5を使用すれば、与えられたrms値に対しさまざまなピーク値を超える確率を求めることができます。

表5. ピークtoピーク・ノイズの見積り

ピークtoピーク値	ノイズが公称ピークtoピーク値を超えるときの割合 (%)
2×rms	32
4×rms	4.6
6×rms	0.27
8×rms	0.006

ADXL103/ADXL203

ピークtoピーク・ノイズ値から、1回の計測における不確実性について最適な推定値が得られます。表6に、 C_x と C_y がさまざまな値をとるときのADXL103/ADXL203の一般的なノイズ出力値を示します。

表6. フィルタ・コンデンサの選択 (C_x と C_y)

帯域幅 (Hz)	C_x 、 C_y (μ F)	rmsノイズ (mG)	ピークtoピーク・ノイズの概算値 (mG)
10	0.47	0.4	2.6
50	0.1	1.0	6
100	0.047	1.4	8.4
500	0.01	3.1	18.7

5V以外の動作電圧でADXL103/ADXL203を使用する方法

ADXL103/ADXL203は $V_S=5V$ の条件でテストが行われ、仕様が規定されていますが、最低3Vまたは最高6Vの V_S を電源に使用できます。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。

ADXL103/ADXL203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。 $V_S=3V$ における出力感度は、代表値で560mV/G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時で $V_S/2$ 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、V単位の絶対値であるため、ノイズ密度は電源電圧の増加に従って減少します。これは、ノイズ電圧が一定であるのに対して、スケール・ファクタ (mV/G) が増加するからです。 $V_S=3V$ では、ノイズ密度の代表値は190 μ G/ $\sqrt{\text{Hz}}$ になります。

Gのセルフ・テスト応答は、およそ電源電圧の2乗に比例します。ただし、感度のレシオメトリック性を電源電圧とともに考慮に入れる場合は、セルフ・テストの電圧応答性は、およそ電源電圧の3乗に比例することになります。したがって $V_S=3V$ の場合、セルフ・テスト応答はほぼ150mVまたは270mG (typ) に等しくなります。

電源電流は、電源電圧の減少にともなって低下します。 $V_{DD}=3V$ での消費電流は、代表値で450 μ Aです。

ADXL203を2軸傾きセンサーとして使用する方法

ADXL203の最も一般的なアプリケーションの1つは、傾斜角度の計測です。加速度センサーは重力を入力ベクトルとし、空間におけるオブジェクトの方向を測定します。

傾斜角度に対する加速度センサーの感度が最も高くなるのは、その感度軸が重力に対して垂直になるとき、すなわち地面に対して平行になるときです。この方向のときに、傾斜角度の変化に対する感度が最も高くなります。加速度センサーを重力軸に沿った方向、すなわち+1Gまたは-1Gの値の近くに配置する場合は、傾斜の1°当たりの出力加速度変化はごくわずかです。加速度センサーを重力に対して垂直の位置に置く場合は、傾斜の1°当たりの出力加速度変化は約17.5mGにもなります。45°の位置にあるときは、傾斜の1°当たりの出力加速度変化はわずか12.2mGになり、分解能が低下します。

2軸傾きセンサー：加速度／傾斜角度変換

加速度センサーをX軸とY軸の両方が地面に対して平行になる方向に配置すると、ロール軸とピッチ軸を備えた2軸の傾きセンサーになります。加速度センサーからの出力信号が-1～+1Gの範囲で変動する加速度に変換されれば、出力傾斜角度は以下のように計算できます。

$$\text{ピッチ} = \text{ASIN}(A_x/1G)$$

$$\text{ロール} = \text{ASIN}(A_y/1G)$$

必ずオーバーレンジを考慮に入れてください。振動や衝撃、その他の加速度が原因で、加速度センサーが $\pm 1G$ の範囲を超える信号を出力することがあります。

ピン配置と機能の説明

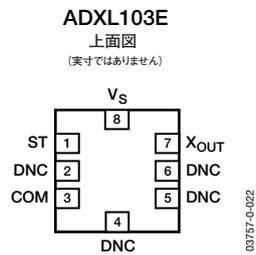


図22. ADXL103の8ピンCLCC

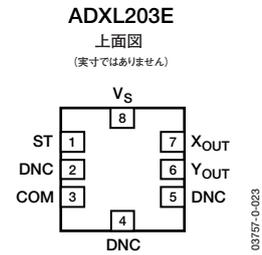


図23. ADXL203の8ピンCLCC

表7. ADXL103の8ピンCLCCのピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	ST	セルフ・テスト
2	DNC	無接続
3	COM	コモン
4	DNC	無接続
5	DNC	無接続
6	DNC	無接続
7	X _{OUT}	Xチャンネル出力
8	V _S	3~6V

表8. ADXL203の8ピンCLCCのピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	ST	セルフ・テスト
2	DNC	無接続
3	COM	コモン
4	DNC	無接続
5	DNC	無接続
6	Y _{OUT}	Yチャンネル出力
7	X _{OUT}	Xチャンネル出力
8	V _S	3~6V

ADXL103/ADXL203

外形寸法

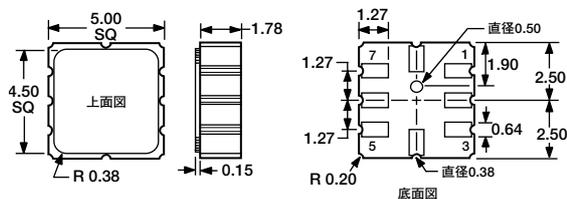


図24. 8ピン・セラミックLCC (E-8)

単位寸法：mm

注意

ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。人体や試験機器には4000Vもの高圧の静電気が容易に蓄積され、検知されないまま放電されることがあります。本製品は当社独自の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、回復不能の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。



オーダー・ガイド

ADXL103/ADXL203製品	軸数	規定電圧 (V)	温度範囲	パッケージの説明	パッケージ・オプション
ADXL103CE ¹	1	5	-40～+125℃	8ピン・セラミックLCC	E-8
ADXL103CE-REEL ¹	1	5	-40～+125℃	8ピン・セラミックLCC	E-8
ADXL203CE ¹	2	5	-40～+125℃	8ピン・セラミックLCC	E-8
ADXL203CE-REEL ¹	2	5	-40～+125℃	8ピン・セラミックLCC	E-8
ADXL203EB評価用ボード				評価用ボード	

¹ リードはタングステン、ニッケル、金の順で仕上げ処理を行っています。