

小型、低消費電力、 3 軸、 $\pm 16\text{ G}$ の加速度センサー

データシート

ADXL316

特長

測定範囲は最小 $\pm 16\text{ G}$ (min) の 3 軸検出

小型、薄型パッケージ

12 ピン、4 mm × 4 mm × 1.45 mm LFCSP パッケージを採用

低静止電源電流: 350 μA (typ)

単電源動作: 1.8 V ~ 3.6 V

10,000 G のショック耐性

優れた温度安定性

1 軸あたり 1 個のコンデンサで帯域幅 (BW) を調整可能

RoHS / WEEE 鉛フリー準拠

動作温度範囲: -40 °C ~ +105 °C

車載アプリケーション向けの性能を評価済み

アプリケーション

低電力、モーション検出／傾き検出アプリケーション

モバイル・デバイス

ゲーム・システム

ディスク・ドライブ保護

手振れ防止

アクティブ・ノイズ制御 (ANC)

スポーツ用器具と健康用器具

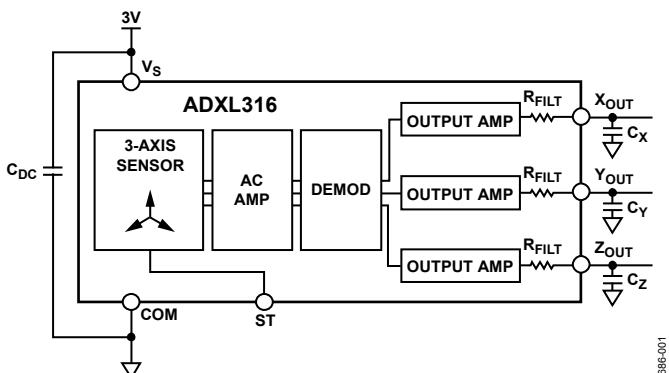
概要

ADXL316 は小型、薄型、低消費電力という特性を実現した、シグナル・コンディショニングされた電圧出力型の包括的な 3 軸加速度センサーで、すべての機能が单一のモノリシック IC に組み込まれています。この製品は、 $\pm 16\text{ G}$ (min) の測定範囲で加速度を計測します。傾き検出アプリケーションでの重力による静的加速度に加え、動作、衝撃、振動による動的加速度も測定できます。

XOUT, YOUT, ZOUT ピンにコンデンサ CX, CY, CZ を使用して、加速度の帯域幅を選択することができます。アプリケーションに応じて X 軸と Y 軸の帯域幅を 0.5 Hz ~ 1600 Hz の範囲に、また Z 軸の帯域幅を 0.5 Hz ~ 550 Hz の範囲に設定することができます。

ADXL316 は、小型、薄型の 4 mm × 4 mm × 1.45 mm、12 ピン、プラスチック製リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ (LFCSP) を採用しています。

機能ブロック図



13886-01

図 1.

目次

特長	1
アプリケーション	1
概要	1
機能ブロック図	1
改訂履歴	2
仕様	3
絶対最大定格	4
ESD に関する注意	4
ピン配置およびピン機能の説明	5
代表的な性能特性	6
動作原理	10
機械式センサー	10
性能	10

アプリケーション情報	11
電源のデカップリング	11
C_X, C_Y, C_Z による帯域幅の設定	11
セルフ・テスト	11
フィルタ特性を選択する際の設計上のトレードオフ:ノイズ / 帯域幅のトレードオフ	11
3 V 以外の動作電圧での使用	12
加速度検出軸	12
レイアウトと設計の推奨事項	13
外形寸法	14
オーダー・ガイド	14
車載製品	14

改訂履歴

10/15—Revision 0:初版

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 3\text{ V}$ 、 $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ 、加速度 = 0 G 。すべての最小仕様と最大仕様を確保しています。代表仕様は確保されていません。

表 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT	Each axis				
Measurement Range ¹		±16	±19		g
Nonlinearity	% of measurement range		±0.2		%
Package Alignment Error			±1		Degrees
Interaxis Alignment Error			±0.1		Degrees
Cross Axis Sensitivity			±1		%
SENSITIVITY (RATIO METRIC) ²	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	50	57	64	mV/g
Sensitivity Change due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		±0.5		mV
ZERO g BIAS LEVEL (RATIO METRIC)	Each axis				
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	1.2	1.5	1.8	V
Initial 0 g Output Deviation from Ideal	$V_S = 3\text{ V}, 25^\circ\text{C}$		±100		mV
0 g Offset vs. Temperature			±1		$\text{mg/}^\circ\text{C}$
NOISE PERFORMANCE					
Output Noise	<4 kHz, $V_S = 3\text{ V}$		1		mV
Noise Density					
X_{OUT} and Y_{OUT}		210			$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz rms}}$
Z_{OUT}		450			$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz rms}}$
FREQUENCY RESPONSE ⁴					
X_{OUT} and Y_{OUT} Bandwidth ⁵	No external filter		1600		Hz
Z_{OUT} Bandwidth ⁵	No external filter		550		Hz
R_{FILT} Tolerance		27	32	37	$\text{k}\Omega$
Sensor Resonant Frequency			4.2		kHz
SELF TEST (ST) ⁶					
Logic Input Low			0.3		V
Logic Input High		2.7			V
ST Input Resistance to Ground		30	50		$\text{k}\Omega$
Output Change	ST = 0 to ST = 1				
At X_{OUT}		−65	−50	−35	mV
At Y_{OUT}		35	50	65	mV
At Z_{OUT}		70	90	110	mV
OUTPUT AMPLIFIER					
Output Swing					
Low	No load		0.1		V
High	No load		2.8		V
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range		1.8		3.6	V
Quiescent Supply Current			350		μA
Turn-On Time ⁷			10		ms
OPERATING TEMPERATURE RANGE		−40		+105	$^\circ\text{C}$

¹ 初期オフセットおよび感度の測定により確保されています。

² 感度は本質的に V_S に対してレシオメトリックです。スケール係数 (mV/V/G) を使用して感度を計算します。感度 = スケール係数 $\times V_S$ 。最小/最大感度を計算するには、それぞれ 15 mV/V/g と 23 mV/V/g のスケール係数を使用します。

³ このパラメータは、周囲温度から最大温度、または周囲温度から最小温度の出力の変化として定義しています。

⁴ 実際の周波数応答は、ユーザーが用意した外部フィルタ容量 (C_X , C_Y , C_Z) によって制御されます。

⁵ 帯域幅 = $1/(2 \times \pi \times 32\text{ k}\Omega \times C)$ 。 C_X , C_Y = $0.003\text{ }\mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 1.6 kHz 。 C_Z = $0.01\text{ }\mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 500 Hz 。 C_X , C_Y , C_Z = $10\text{ }\mu\text{F}$ の場合、帯域幅 = 0.5 Hz 。

⁶ V_S によりセルフ・テスト応答性は 3 乗で変化します。

⁷ C_X , C_Y , C_Z の値が大きいと、ターンオン・タイムが増加します。ターンオン・タイムは約 $160 \times (C_X, C_Y, C_Z) + 4\text{ ms}$ 、ここで C_X , C_Y , C_Z の単位は μF 。

絶対最大定格

表 2.

Parameter	Rating
Acceleration	
Shock Survival, Any Axis, and Unpowered	10,000 g
Shock Survival, Any Axis, and Powered	10,000 g
V_S	-0.3 V to +3.6 V (COM - 0.3 V) to (V_S + 0.3 V)
All Other Pins	Indefinite
Output Short-Circuit Duration (Any Pin to COM)	
Temperature Range (Powered)	-55°C to +125°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。製品を長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、製品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。

ピン配置およびピン機能の説明

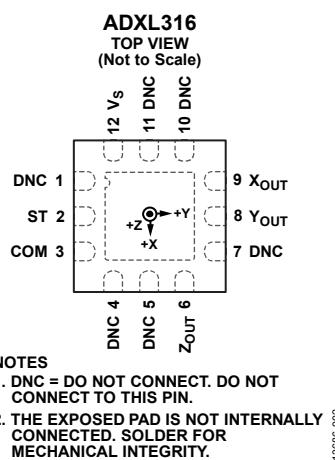


図 2. ピン配置

表 3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	DNC	接続なし。
2	ST	セルフ・テスト
3	COM	グラウンド。
4	DNC	接続なし。
5	DNC	接続なし。
6	Z _{OUT}	Z チャンネル出力。
7	DNC	接続なし。
8	Y _{OUT}	Y チャンネル出力。
9	X _{OUT}	X チャンネル出力。
10	DNC	接続なし。
11	DNC	接続なし。
12	V _S	電源電圧 (1.8 V ~ 3.6 V)。
	EP	エクスボーズド・パッド。エクスボーズド・パッドは内部で接続されていません。機械的強度を向上す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、すべての代表性能プロットで N (テストしたデバイス数) > 1000 です。

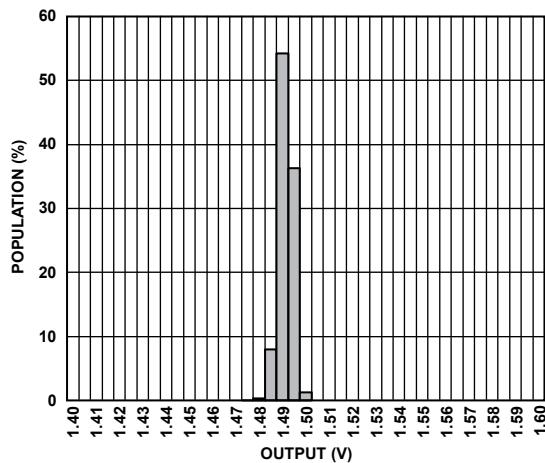


図 3. X 軸の 0 G バイアス (25 °C、 $V_S = 3$ V)

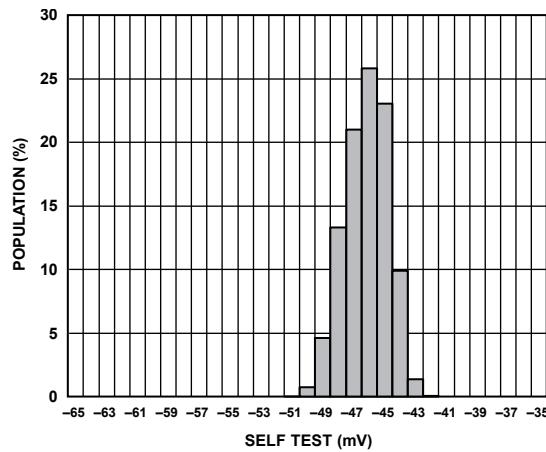


図 6. X 軸のセルフ・テスト応答性 (25 °C、 $V_S = 3$ V)

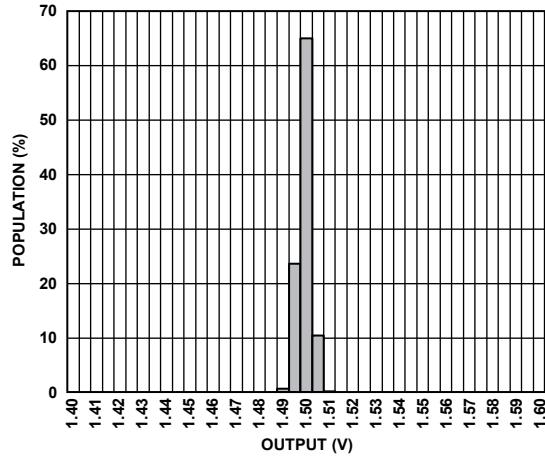


図 4. Y 軸の 0 G バイアス (25 °C、 $V_S = 3$ V)

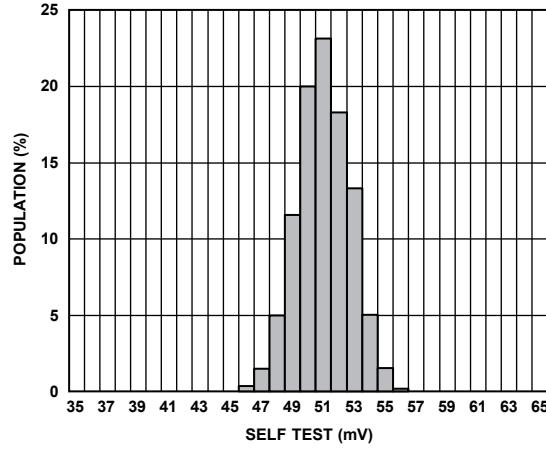


図 7. Y 軸のセルフ・テスト応答性 (25 °C、 $V_S = 3$ V)

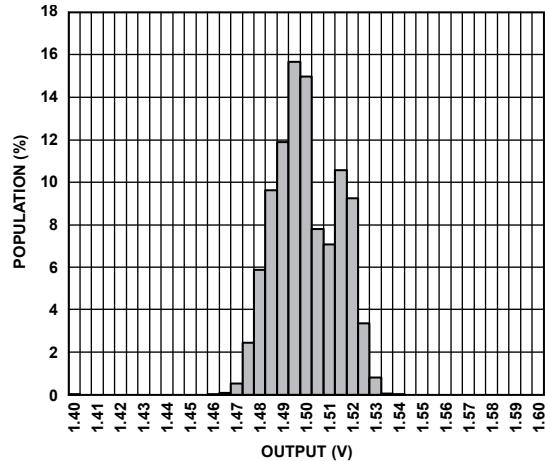


図 5. Z 軸の 0 G バイアス (25 °C、 $V_S = 3$ V)

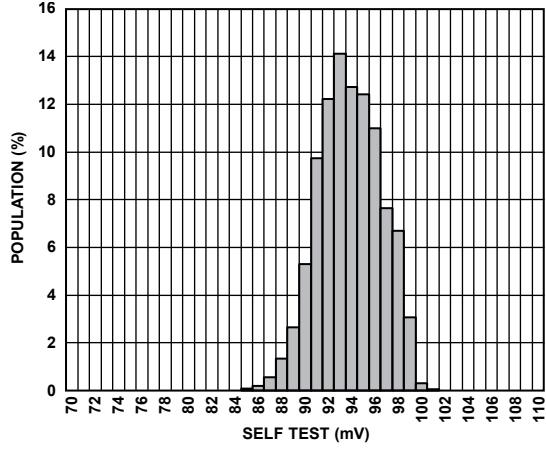
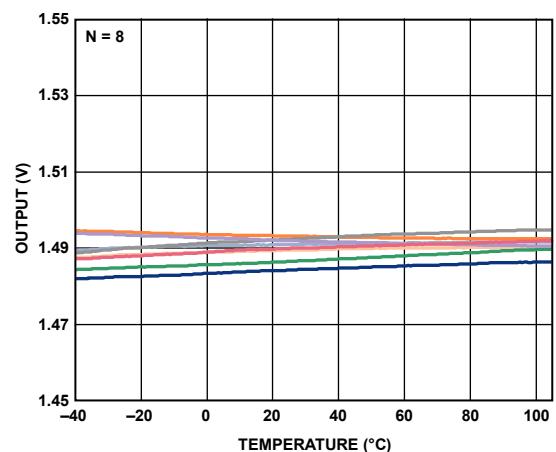
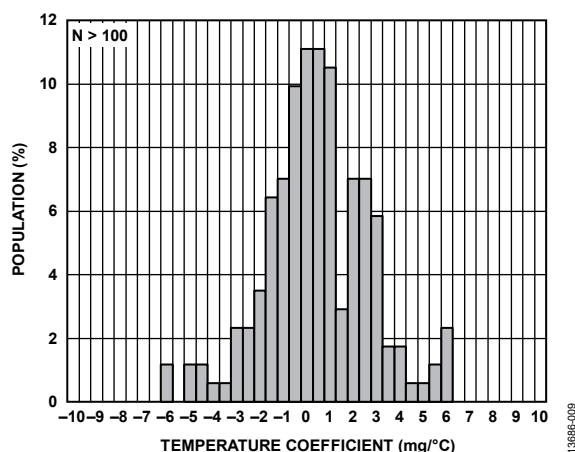
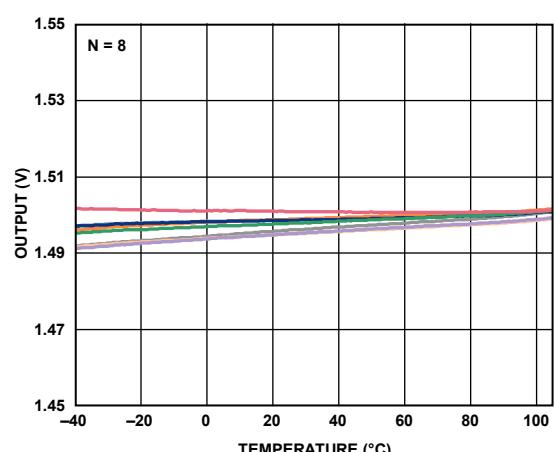
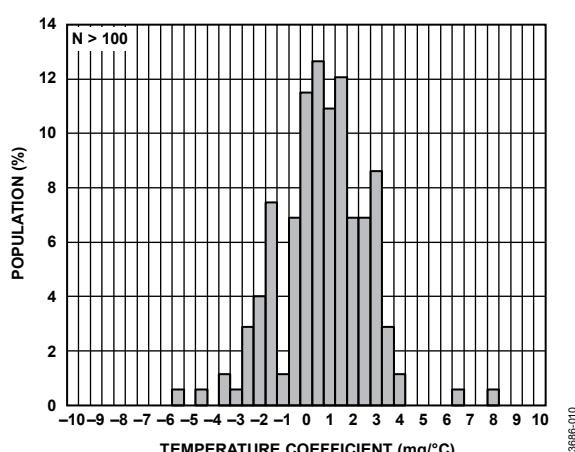


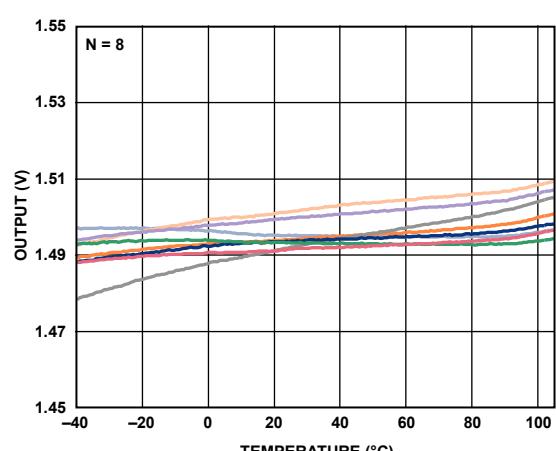
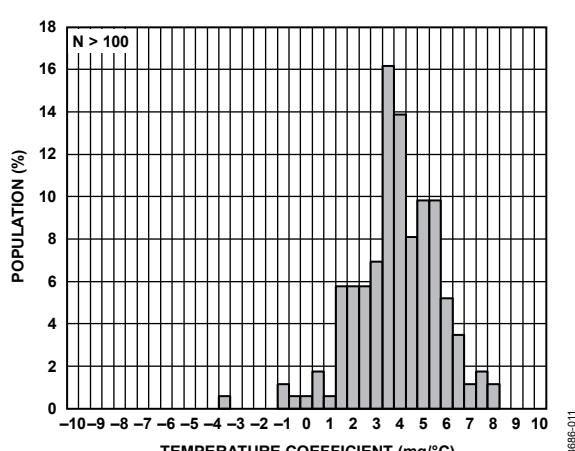
図 8. Z 軸のセルフ・テスト応答性 (25 °C、 $V_S = 3$ V)



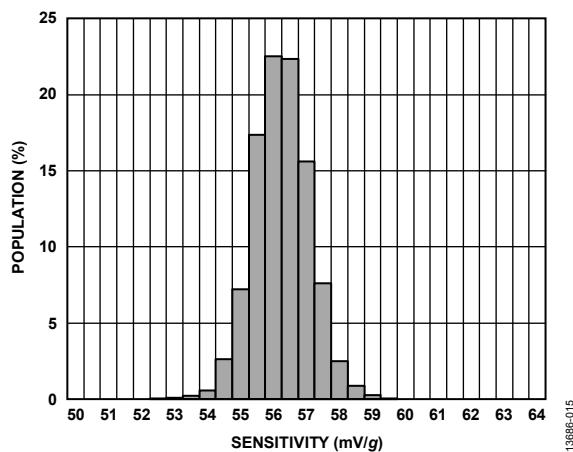
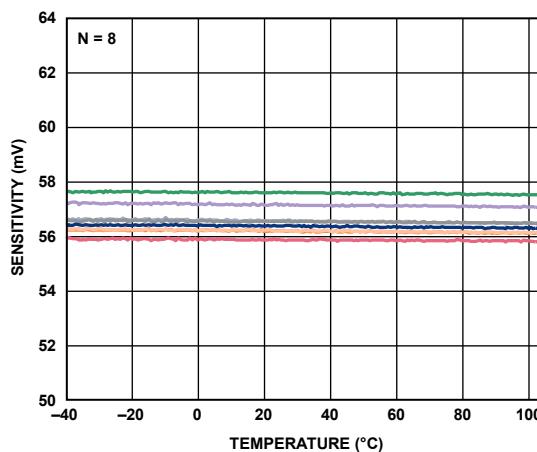
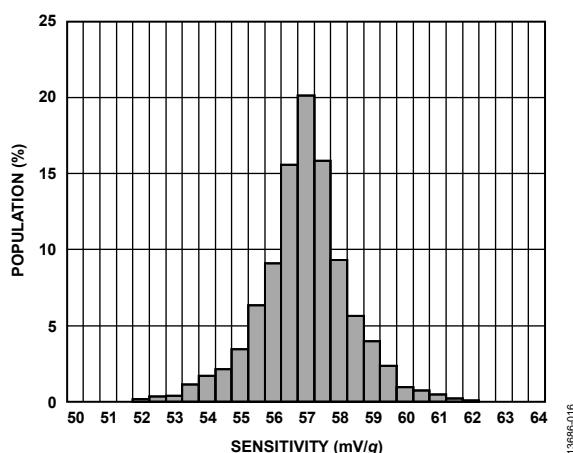
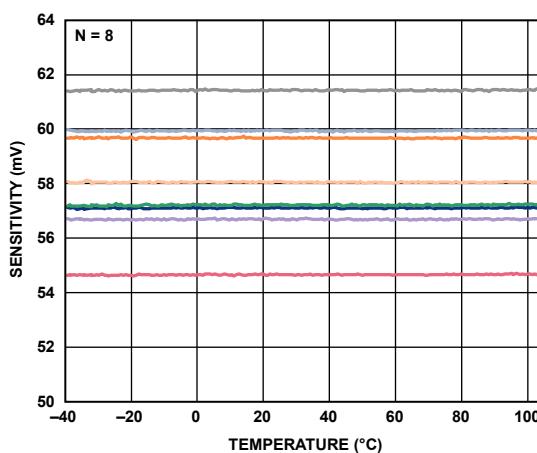
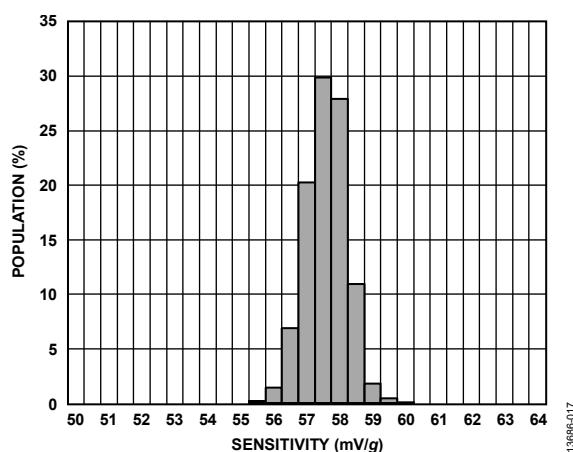
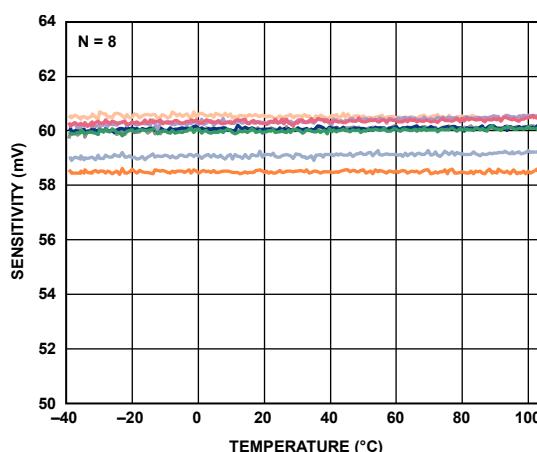
13886-012



13886-013



13886-014

図 15. X 軸感度 (25 °C, $V_S = 3$ V)図 18. X 軸感度と温度の関係、 $V_S = 3$ V図 16. Y 軸感度 (25 °C, $V_S = 3$ V)図 19. Y 軸感度と温度の関係、 $V_S = 3$ V図 17. Z 軸感度 (25 °C, $V_S = 3$ V)図 20. Z 軸感度と温度の関係、 $V_S = 3$ V

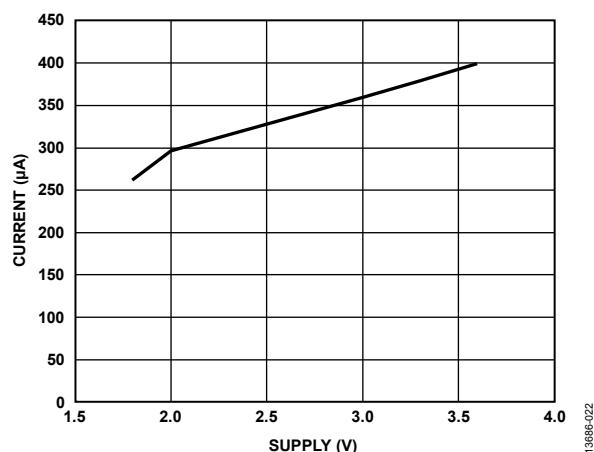


図 21. 消費電流 (typ) と電源電圧の関係

動作原理

ADXL316 は必要な機能をすべて備えた 3 軸加速度測定システムです。ADXL316 の測定範囲は $\pm 16\text{ G}$ (min) 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が内蔵されていて、オープンループ加速度測定アーキテクチャが実現されています。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、動作、衝撃、振動による動的加速度に加え、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の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ウェーハ表面上でこの構造部を支え、加速力に対する抵抗をもたらします。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、差動コンデンサによって測定します。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。加速度によって可動部が偏向し、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。位相変化の検出技法により、加速度の大きさと方向を決定します。

$32\text{ k}\Omega$ の抵抗によって増幅され、復調器の出力が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

ADXL316 は、X 軸、Y 軸、Z 軸の検出に单一の構造を使用します。この結果、3 軸の検出方向の直交性が高くなり、交差軸感度が最小限に抑えられます。パッケージに対するセンサー・チップの機械的なずれが、交差軸感度の主な発生源になります。機械的なずれは、システム・レベルで較正できます。

性能

ADXL316 は、革新的な設計技術の採用により、温度補償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、量子化の誤差や非単調な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 $0.1 \mu\text{F}$ コンデンサ C_{DC} を ADXL316 の電源ピンの近くに配置することで、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を払う必要があります。デカップリングを追加する必要がある場合は、 100Ω （またはそれ以下）の抵抗またはフェライト・ビーズを電源ラインに挿入します。さらに、容量の大きいバルク・バイパス・コンデンサ（ $1 \mu\text{F}$ 以上）を C_{DC} に並列に接続することもできます。グラウンドから伝わるノイズには、 V_S からのノイズと同じような影響があるため、ADXL316 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

ADXL316 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・フィルタ回路を実装する必要があります。 -3 dB 帯域幅は、次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、次式になります。

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

内部抵抗 (R_{FILT}) の許容誤差は、公称値（ $32 \text{ k}\Omega$ ）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 には最小 $0.0047 \mu\text{F}$ 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 に接続すると、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 -0.88 G （ -50 mV に対応）、Y 軸で 0.88 G （または $+50 \text{ mV}$ ）、Z 軸で 1.58 G （または $+90 \text{ mV}$ ）です。通常使用時は、ST ピンはオープン・サーキットのままにしておくか、コモン・ピン（COM）に接続します。

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確保できない場合（複数の電源電圧を使用する場合など）は、 V_F が低いクランピング・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。

フィルタ特性を選択する際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。

ADXL316 の出力の帯域幅（typ）は 500 Hz を超えます。エイリアシング誤差を制限するため、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 $1/2$ を超えないようになります。アナログ帯域幅を低くすれば、ノイズがさらに低減され、分解能が向上します。

ADXL316 のノイズは、すべての周波数に等しく影響するホワイト・ガウス・ノイズの特性を備えているので、 $\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$ の単位で表現できます（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での ADXL316 のノイズ（typ）は、次式で求めることができます。

$$\text{RMSNoise} = \text{NoiseDensity} \times (\sqrt{BW} \times 1.6)$$

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、所定の rms 値に対して、さまざまなピーク値を超える確率を推定できます。

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
$2 \times \text{rms}$	32
$4 \times \text{rms}$	4.6
$6 \times \text{rms}$	0.27
$8 \times \text{rms}$	0.006

3 V 以外の動作電圧での使用

ADXL316 は $V_S = 3\text{ V}$ でテストおよび仕様規定されていますが、 $1.8\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ の V_S でも駆動できます。一部の性能パラメータは、電源電圧が変わると変化します。

ADXL316 の出力はレシオメトリックであるため、出力感度（またはスケール係数）は電源電圧に比例します。 $V_S = 3.6\text{ V}$ で、出力感度は 78 mV/g (typ) です。 $V_S = 2\text{ V}$ で、出力感度は 42 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、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。ノイズ電圧が一定であるのに対して、スケール係数 (mV/G) が増加することが理由です。 $V_S = 3.6\text{ V}$ では X 軸と Y 軸のノイズ密度は $150\text{ }\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ) で、 $V_S = 2\text{ V}$ では X 軸と Y 軸のノイズ密度は $280\text{ }\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ) です。

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した場合、セルフ・テストの電圧応答性は、概算で電源電圧の 3 乗に比例します。例えば、 $V_S = 3.6\text{ V}$ の場合、ADXL316 のセルフ・テスト応答は、X 軸で約 -86 mV 、Y 軸で $+86\text{ mV}$ 、Z 軸で $+162\text{ mV}$ になります。 $V_S = 2\text{ V}$ の場合、セルフ・テスト応答は、X 軸で約 -14 mV 、Y 軸で $+14\text{ mV}$ 、Z 軸で $+28\text{ mV}$ 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。 $V_S = 3.6\text{ V}$ での消費電力は $400\text{ }\mu\text{A}$ (typ) になり、 $V_S = 2\text{ V}$ での消費電力は $300\text{ }\mu\text{A}$ (typ) になります。

加速度検出軸

図 22 に、加速度検出軸 (A_X 、 A_Y 、 A_Z) を示します。検出軸で加速が生じると、対応する出力電圧が増加します。

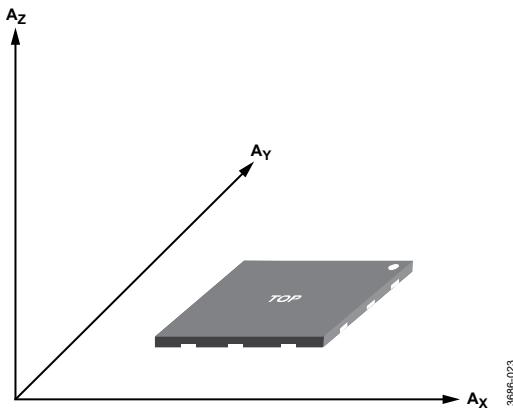
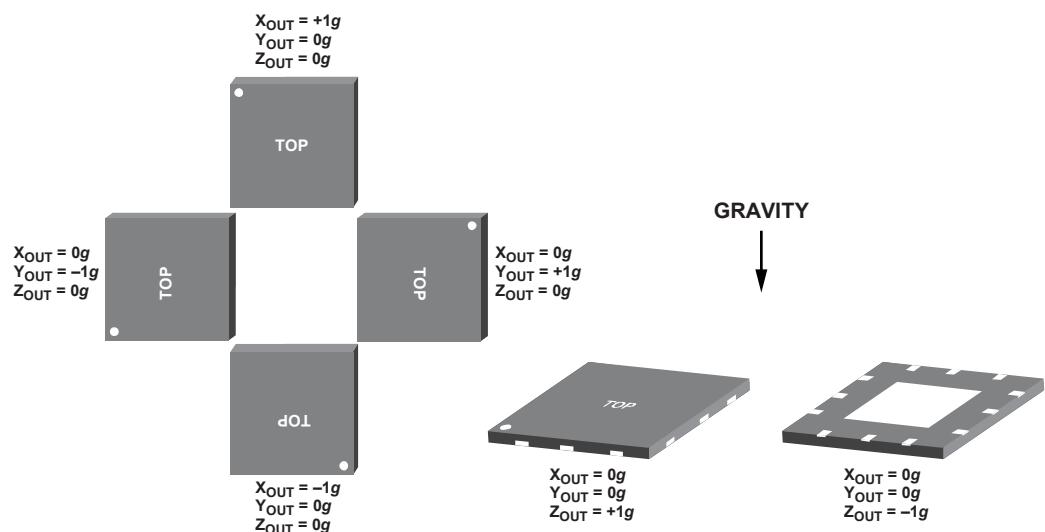


図 22. 加速度検出軸 (A_X 、 A_Y 、 A_Z)

13866-023



13866-024

図 23. 重力方向と出力応答の関係

レイアウトと設計の推奨事項

図24に、推奨するハンダ付けプロファイルを示し、表6にその説明を示します。

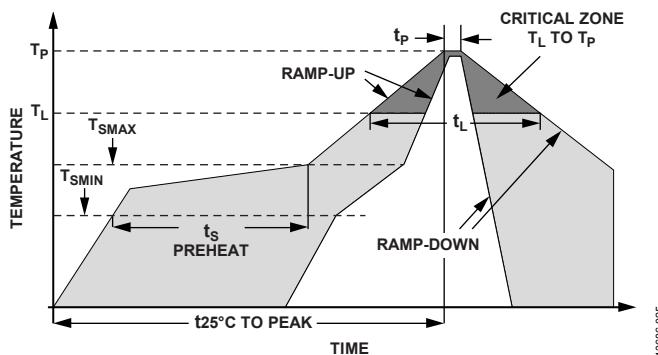


図 24. 推奨のハンダ付けプロファイル

表 6. 推奨の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 ($t_{25°C}$) to Peak Temperature	6 minutes maximum	8 minutes maximum

外形寸法

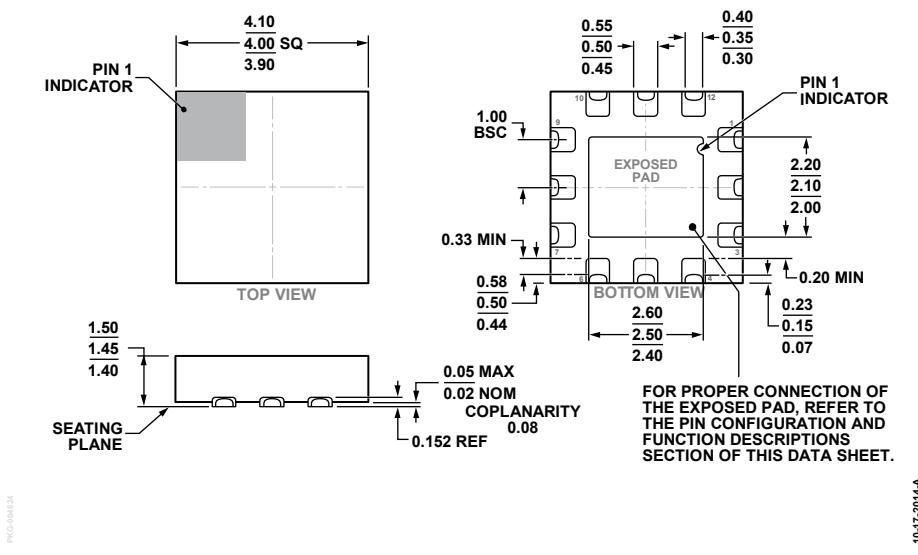


図 25.12 12 ピン・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ [LFCSP_SS]
4 mm × 4 mm ボディ、1.45 パッケージ高さ、側面からハンダ付け可能なリード付き
(CS-12-3)
寸法: mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Measurement Range (g)	Specified Voltage (V)	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADXL316WBCSZ	±16	3	-40°C to +105°C	12-Lead LFCSP_SS	CS-12-3
ADXL316WBCSZ-RL	±16	3	-40°C to +105°C	12-Lead LFCSP_SS	CS-12-3
ADXL316WBCSZ-RL7	±16	3	-40°C to +105°C	12-Lead LFCSP_SS	CS-12-3

¹ Z = RoHS 準拠製品。

車載製品

ADXL316W モデルでは、車載アプリケーションの品質と信頼性の要件をサポートするため、品質管理された製品を販売しています。これらの車載モデルの仕様は商用モデルと異なる場合があるため、設計者はこのデータシートの仕様のセクションを慎重にレビューしてください。ここに記載する車載グレード製品のみを車載アプリケーション向けに提供しています。特定製品のオーダー情報とこれらのモデルに特有の車載信頼性レポートについては最寄りのアナログ・デバイセズにお尋ねください。