



高速起動、±20,000°/秒 高振動耐性ジャイロセンサー

データシート

ADXRS649

特長

- 広い周波数範囲にわたる高い振動除去率
- 超高速のスタートアップ：3 ms
- 測定範囲は±50,000°/秒まで拡張可能
- 10,000 gの衝撃耐性
- リファレンス電圧に対してレシオメトリックな動作
- 5 Vの単電源動作
- Z軸（ヨーレート）応答
- 動作温度範囲：-40~+105°C
- デジタル・コマンドによるセルフテスト機能
- 超小型で超軽量（0.15 cc未満、0.5 g未満）
- 温度センサー出力
- RoHS 準拠製品

アプリケーション

- スポーツ診断器具
- 工業用アプリケーション
- プラットフォームの安定化
- 高速タコメータ（回転計）

概要

ADXRS649は完結的な角速度センサー（ジャイロセンサー）です。このデバイスは、アナログ・デバイスの特許技術である量産向け BiMOS 表面マイクロマシン・プロセスを用い、必要なすべての電子回路をワンチップに内蔵した、完結的な機能を持つ角速度センサーです。革新的な差動クワッド・センサー構成によって直線加速度の影響を除去するため、ADXRS649は、衝撃や振動が存在する厳しい環境での動作が可能です。

出力信号 RATEOUT (B1、A2)は、パッケージ上面に対して垂直な軸を中心とする角速度に比例した電圧出力です。出力は、供給されるリファレンス電圧に対して、レシオメトリックです。外付けコンデンサにより帯域幅の設定が可能です。測定範囲は、外付け抵抗を追加することで、±50,000°/秒まで拡張できます。

消費電流が低く（3.5 mA）、また超高速のスタートアップ（3 ms）性能のため、ジャイロの高速パワー・サイクリングが可能になります。毎秒 10 サンプルのパワー・サイクリングで、ADXRS649は1個のCR2032コイン型セル（バッテリー）を使用し3ヶ月間の動作が可能です。

補正のために、温度出力を備えています。2つのデジタル・セルフテスト入力、センサーおよびその信号処理回路の両方の正常動作をテストするために、センサーを電気機械的に励起します。ADXRS649は、7 mm×7 mm×3 mmのセラミック BGA チップ・スケール・パッケージを採用しています。

機能ブロック図

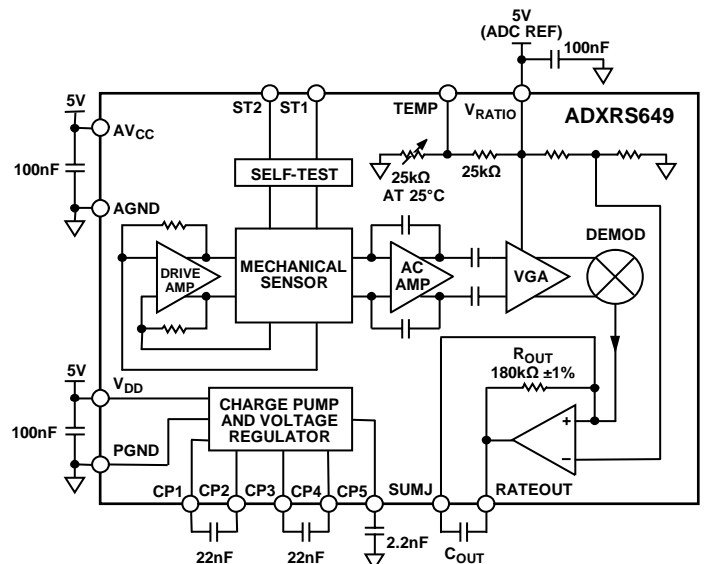


図 1.

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。
©2010-2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. A

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	代表的な性能特性	6
アプリケーション	1	動作原理	9
概要	1	帯域幅の設定	9
機能ブロック図	1	温度出力と補正	10
改訂履歴	2	測定範囲の変更	10
仕様	3	ヌル・バイアス調整	10
絶対最大定格	4	セルフテスト機能	10
レート検出軸	4	連続セルフテスト	10
ESD に関する注意	4	外形寸法	11
ピン配置と機能の説明	5	オーダー・ガイド	11

改訂履歴

3/11—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Ordering Guide	1
---------------------------------	---

12/10—Revision 0: Initial Version

仕様

すべての最小仕様と最大仕様を保証します。typ仕様は保証しません。

特に指定がない限り、 $T_A = -40 \sim +105^\circ\text{C}$ 、 $V_S = AV_{CC} = V_{DD} = V_{RATIO} = 5\text{ V}$ 、角速度 = $0^\circ/\text{sec}$ 、帯域幅 = 80 Hz ($C_{OUT} = 0.01\text{ }\mu\text{F}$)、 $I_{OUT} = 100\text{ }\mu\text{A}$ 、 $\pm 1\text{ g}$ 。

表 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
SENSITIVITY¹					
Measurement Range ²	Clockwise rotation is positive output		$\pm 20,000$		$^\circ/\text{sec}$
Initial and over temperature	Full-scale range over specifications range	0.08	0.1	0.12	$\text{mV}/^\circ\text{sec}$
Temperature Drift ³	-40°C to $+105^\circ\text{C}$		± 2		%
Nonlinearity	Best fit straight line		0.1		% of FS
NULL BIAS¹					
Null Bias	-40°C to $+105^\circ\text{C}$	2.4	2.5	2.6	V
Calibrated Null Bias ⁴	-40°C to $+105^\circ\text{C}$		± 5		$^\circ/\text{sec}$
Linear Acceleration Effect	Any axis		0.1		$^\circ/\text{sec}/\text{g}$
Vibration Rectification	40 g rms, 50 Hz to 27 kHz		0.0006		$^\circ/\text{sec}/\text{g}^2$
NOISE PERFORMANCE					
Rate Noise Density	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.25		$^\circ/\text{sec}/\sqrt{\text{Hz}}$
	$T_A = 105^\circ\text{C}$		0.4		$^\circ/\text{sec}/\sqrt{\text{Hz}}$
Resolution Floor	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 1 minute to 1 hour in-run		200		$^\circ/\text{hr}$
FREQUENCY RESPONSE					
Bandwidth ⁵	$\pm 3\text{ dB}$ user adjustable up to specification		2000		Hz
Sensor Resonant Frequency		16	18	20	kHz
SELF-TEST¹					
ST1 RATEOUT Response	ST1 pin from Logic 0 to Logic 1		-1300		$^\circ/\text{sec}$
ST2 RATEOUT Response	ST2 pin from Logic 0 to Logic 1		1300		$^\circ/\text{sec}$
ST1 to ST2 Mismatch ⁶			± 2		%
Logic 1 Input Voltage		3.3			V
Logic 0 Input Voltage				1.7	V
Input Impedance	To common	40	50	100	k Ω
TEMPERATURE SENSOR¹					
V_{OUT} at 25°C	Load = 10 M Ω	2.3	2.4	2.5	V
Scale Factor ⁷	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{RATIO} = 5\text{ V}$		9		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Load to V_S			25		k Ω
Load to Common			25		k Ω
TURN-ON TIME⁴					
	Power on to $\pm 90\%$ of final output, $CP5 = 2.2\text{ nF}$		3		ms
OUTPUT DRIVE CAPABILITY					
Current Drive	For rated specifications			200	μA
Capacitive Load Drive				1000	pF
POWER SUPPLY					
Operating Voltage (V_S)		4.75	5.00	5.25	V
Quiescent Supply Current			3.5		mA
TEMPERATURE RANGE					
Specified Performance		-40		+105	$^\circ\text{C}$

¹ パラメータは V_{RATIO} に比例します。

² 測定範囲は、5 V 電源での出力振幅範囲、初期オフセット、感度、オフセット・ドリフト、感度ドリフトを含む可能な最大範囲です。

³ $+25 \sim -40^\circ\text{C}$ または $+25 \sim +105^\circ\text{C}$ 。

⁴ 特性評価に基づく。

⁵ 外付けコンデンサ C_{OUT} で調整します。0.01Hz より低く帯域幅を設定しても、ノイズは改善されません。

⁶ セルフテスト・ミスマッチは、 $(ST2 + ST1)/((ST2 - ST1)/2)$ で表されます。

⁷ 25°C から 26°C への温度変化のスケール・ファクタ。 V_{TEMP} は V_{RATIO} に比例します。詳細については、温度出力と補正のセクションを参照してください。

絶対最大定格

表 2.

Parameter	Rating
Acceleration (Any Axis, 0.5 ms)	
Unpowered	10,000 g
Powered	10,000 g
V_{DD} , AV_{CC}	-0.3 V to +6.0 V
V_{RATIO}	AV_{CC}
ST1, ST2	AV_{CC}
Output Short-Circuit Duration (Any Pin to Common)	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。

硬い表面への落下により 10,000 g を超える衝撃が加わり、デバイスの絶対最大定格を超えることがあります。損傷を与えないように取り扱いには十分注意してください。

レート検出軸

ADXRS649 は、Z 軸レート検出デバイスです（ヨー・レート検出デバイスとも呼ばれます）。このデバイスは、パッケージ上面に対して垂直な軸を中心とする時計廻り、すなわちパッケージの上から見下ろして時計廻りの回転に対して正の出力電圧を発生します。

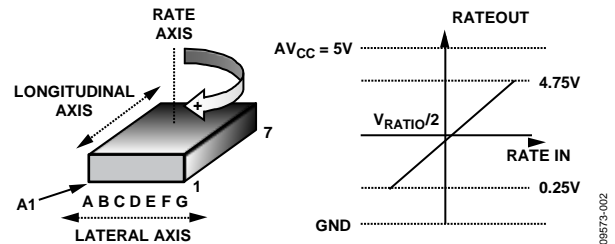


図 2. 時計廻りの回転に対して RATEOUT 信号が上昇

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

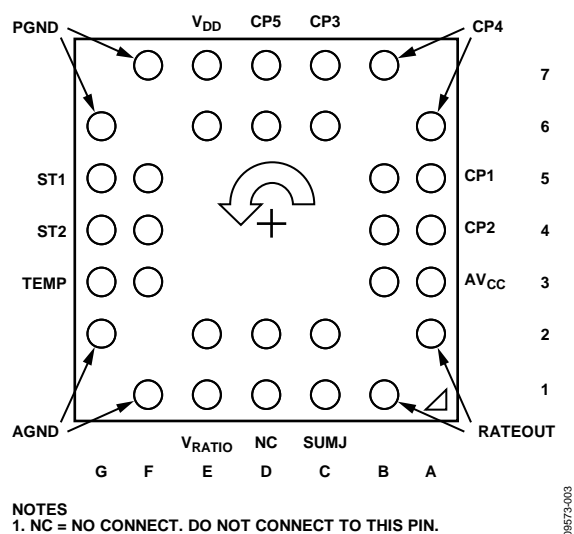


図 3. ピン配置

表 3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
D6, D7	CP5	高電圧フィルタ・コンデンサ (2.2 nF)。
A6, B7	CP4	チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。
C6, C7	CP3	チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。
A5, B5	CP1	チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。
A4, B4	CP2	チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。
A3, B3	AV _{CC}	正のアナログ電源。
B1, A2	RATEOUT	レート信号出力。
C1, C2	SUMJ	出力アンプ加算ジャンクション。
D1, D2	NC	これらのピンは電気的に接続しないでください。
E1, E2	V _{RATIO}	レシオメトリック出力用のリファレンス電源。
F1, G2	AGND	アナログ電源リターン。
F3, G3	TEMP	温度電圧出力。
F4, G4	ST2	センサー 2 のセルフテスト。
F5, G5	ST1	センサー 1 のセルフテスト。
G6, F7	PGND	チャージ・ポンプ電源リターン。
E6, E7	V _{DD}	正のチャージ・ポンプ電源。

代表的な性能特性

特に指定がない限り、すべてのヒストグラムに対して $N > 1000$ 。

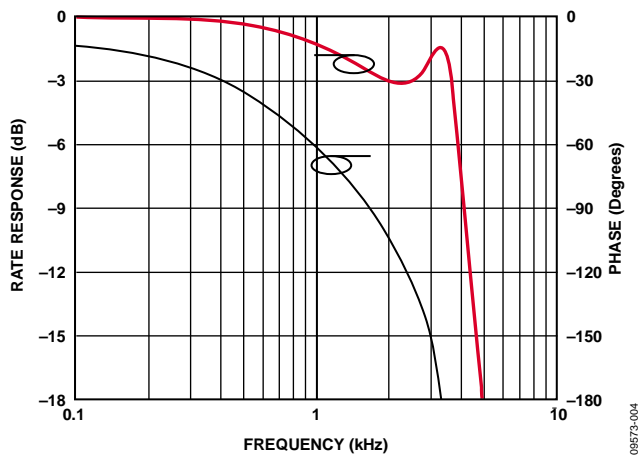


図 4. 代表的なレート応答と位相応答の周波数特性 (3.3 k Ω および 22 nF の直列 RC ローパス・フィルタ使用、 $C_{OUT} = 470$ pF)

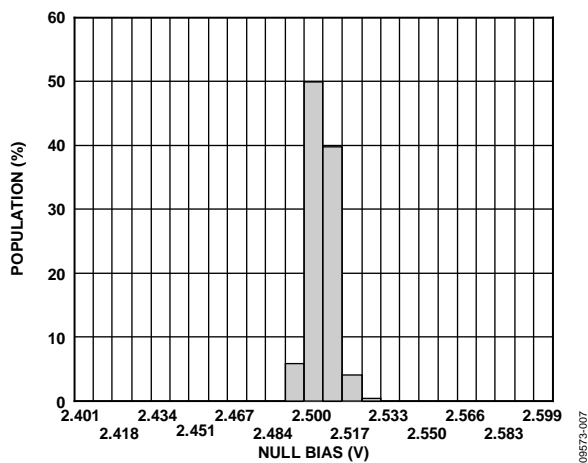


図 7. 25°C でのヌル・バイアス

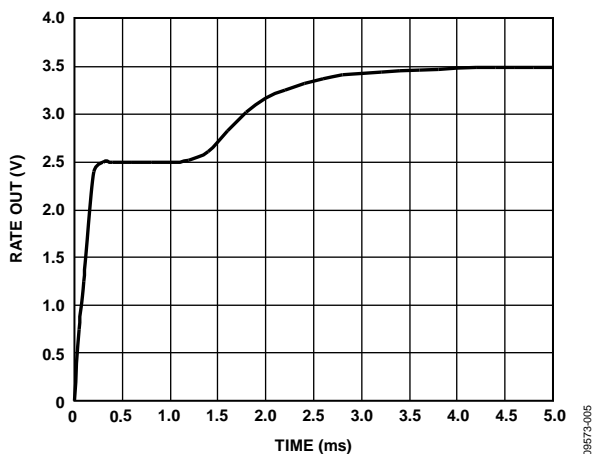


図 5. RATEOUT での代表的なスタートアップ動作

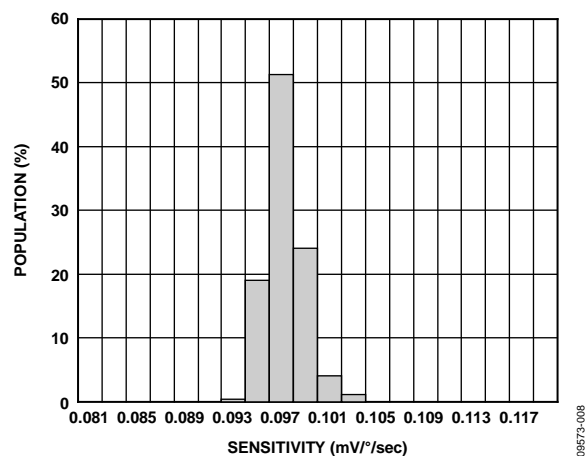


図 8. 25°C での感度

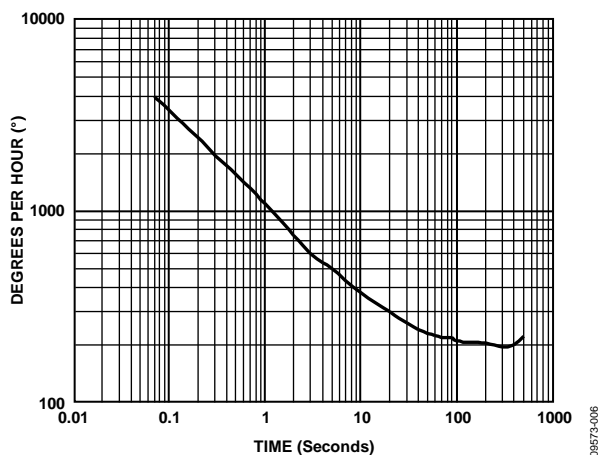


図 6. アベレーシング時間 対 25°C でのルート・アラン・バリエーション

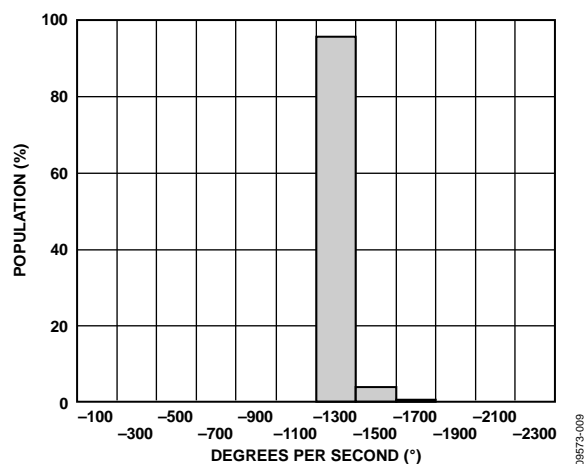


図 9. 25°C での ST1 出力変化 ($V_{RATIO} = 5$ V)

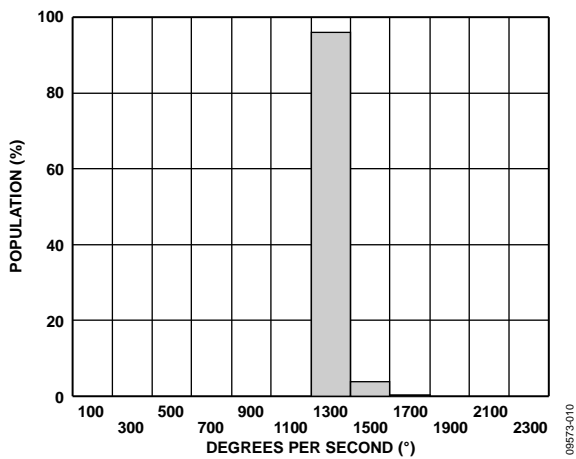


図 10. 25°C での ST2 出力変化 ($V_{RATIO} = 5 V$)

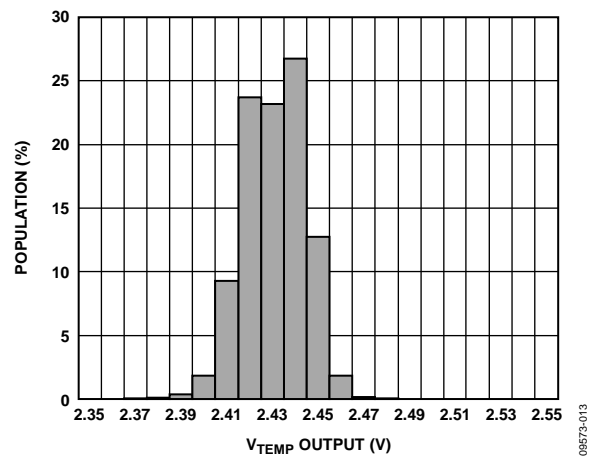


図 13. 25°C での V_{TEMP} 出力 ($V_{RATIO} = 5 V$)

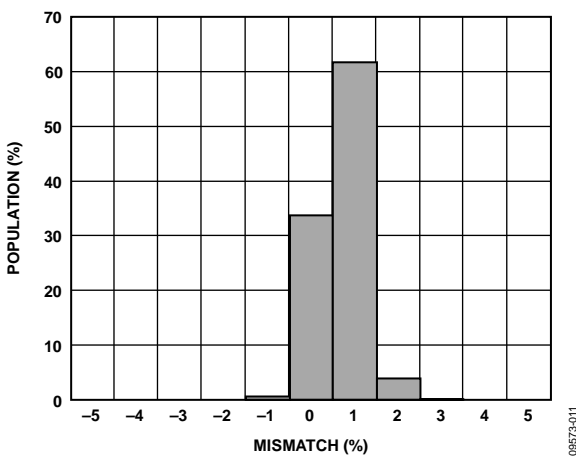


図 11. 25°C でのセルフテスト・ミスマッチ ($V_{RATIO} = 5 V$)

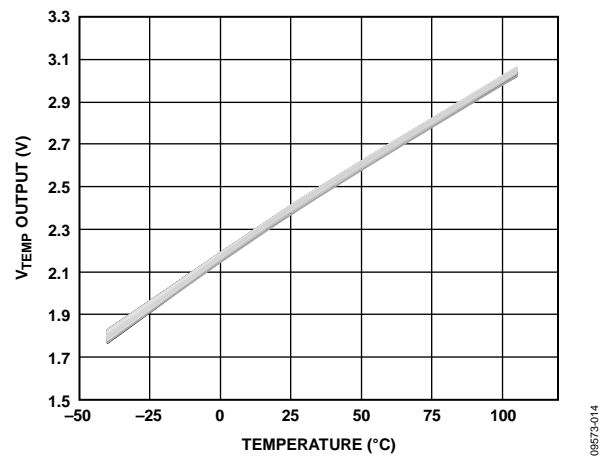


図 14. V_{TEMP} 出力の温度特性、デバイス 256 個 ($V_{RATIO} = 5 V$)

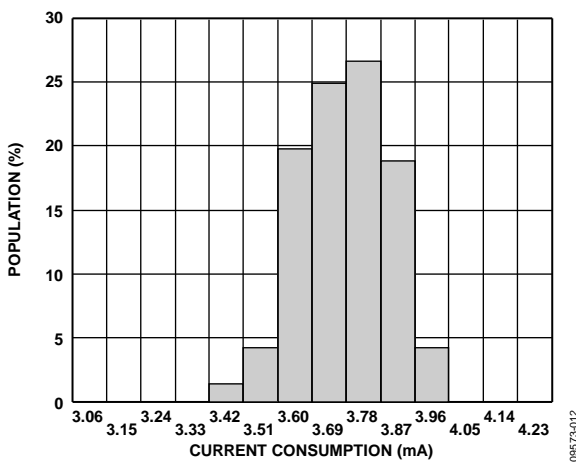


図 12. 25°C での消費電流 ($V_{RATIO} = 5 V$)

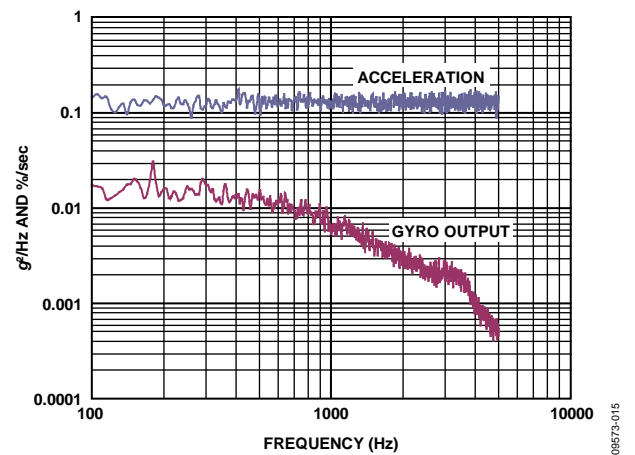


図 15. 25 g RMS ランダム振動に対する代表的な応答、50 Hz ~ 5 kHz (センサー帯域幅 = 1 kHz)

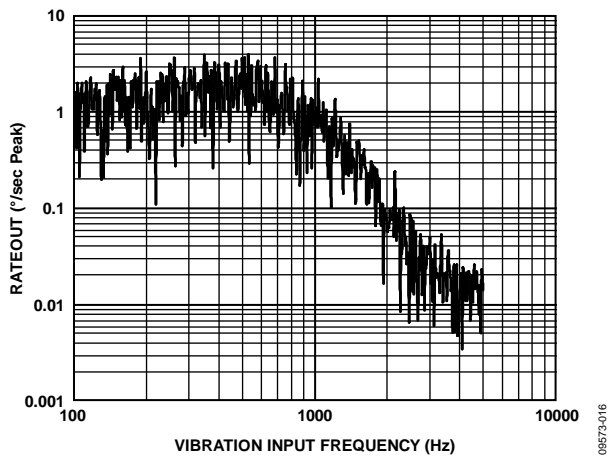


図 16. 10 g RMS サイン波振動に対する代表的な応答
(センサー帯域幅 = 1 kHz)

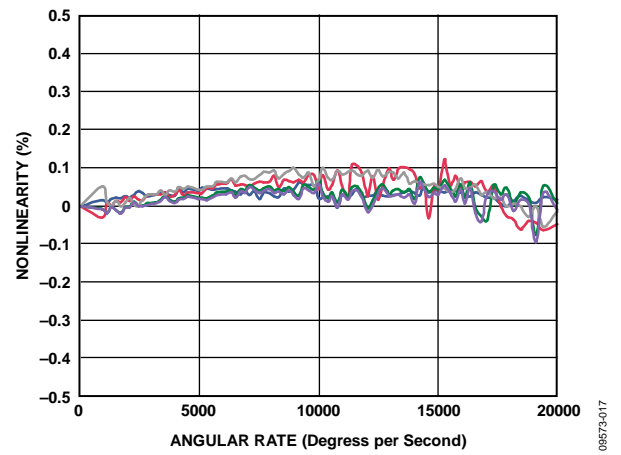


図 17. 代表的な非直線性 (4つの代表的なデバイス)

動作原理

ADXRS649は、振動式ジャイロセンサーの原理で動作します。図18に、ポリシリコンで形成される4つのセンシング構造のうちの1つの簡略図を示します。各センシング構造には、静電駆動によって共振する振動子構造があります。これによって、角速度が生じたときにコリオリ力を生成する上で必要な速度成分が得られます。ADXRS649は、z軸（ヨー）角速度を検出するように設計されています。

センシング構造に角速度が加えられると、振動子構造に発生したコリオリ力が外部センス・フレームに伝わります。このセンス・フレームは、楕歯を持ち、これを可動楕歯と呼びます。また、可動楕歯と可動楕歯の間にはシリコンダイ上に固定された楕歯が配置されています。可動楕歯と固定楕歯によって形成される静電容量は、コリオリ力が発生すると変化し、その結果得られた信号は、ゲイン段と復調段に送られ、電気的な角速度信号出力を生成します。クワッド・センサー設計により、重力加速度と振動を含めた直線加速度と角加速度を排除します。これは、4つのセンシング構造を機械的に結合することにより、外部加速度がコモンモード信号として取り出し、ADXRS649に内蔵されている完全差動構造によって除去されるためです。

振動子の動作には13~15 Vが必要です。大部分のアプリケーションでは5 Vしか使用できないため、チャージ・ポンプを内蔵しています。外部に13~15 Vの電源がある場合、CP1~CP4の2個のコンデンサは不要となり、この外部電源をCP5（D6ピン、

D7ピン）に接続できます。ADXRS649に電源が入っているとき、CP5をグラウンドに接続しないでください。ADXRS649のグラウンドを電源より先に切断した場合、損傷に至らずとも場合によってはチャージ・ポンプが起動しないことがあります。

帯域幅の設定

外付けコンデンサ C_{OUT} と内蔵抵抗 R_{OUT} とを組み合わせることにより、ADXRS649 レート応答の帯域幅を制限するローパス・フィルタを構成します。 R_{OUT} と C_{OUT} により設定される-3 dB 周波数は、以下のとおりです。

$$f_{OUT} = 1 / (2 \times \pi \times R_{OUT} \times C_{OUT})$$

R_{OUT} は製造時に $180 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ に調整されているため、 f_{OUT} を十分に制御できます。RATEOUT ピン（B1、A2）と SUMJ ピン（C1、C2）の間に接続する外付け抵抗は、下記のように算出します。

$$R_{OUT} = (180 \text{ k}\Omega \times R_{EXT}) / (180 \text{ k}\Omega + R_{EXT})$$

一般に、ジャイロセンサーの18 kHz共振周波数で復調スパイクから発生する高周波ノイズを減衰させるため、追加のフィルタ（ハードウェアまたはソフトウェア）を使用します。3.3 k Ω 直列抵抗と22 nF ショット・コンデンサ（2.2 kHzの極）で構成するRCフィルタを推奨します。

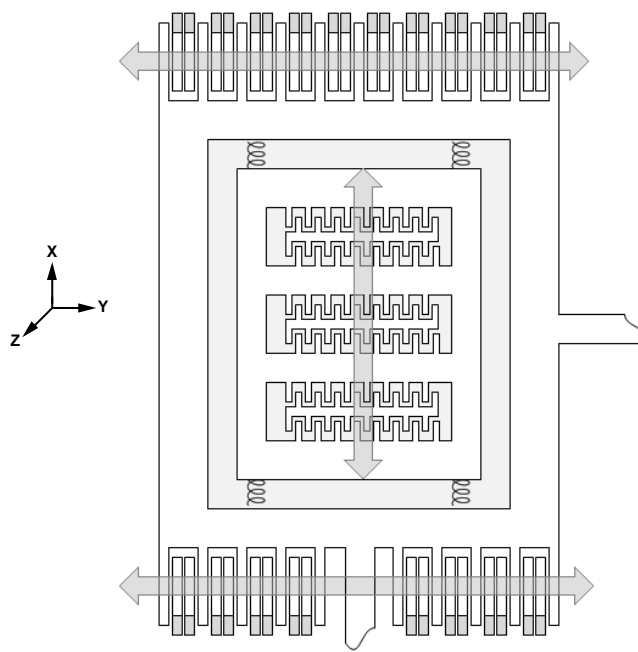


図 18. ジャイロセンサー・センシング構造の簡略図（1部分）

温度出力と補正

全体の精度を向上させるために、一般にジャイロセンサーの温度補正が行われています。ADXRS649 は温度に比例する電圧出力を持っており、このような補正方法に対する入力として使用することができます。温度センサーの構造を図 19 に示します。温度出力特性は非直線的であり、TEMP 出力に接続する負荷抵抗によって TEMP 出力と温度係数が小さくなるため、出力にバッファを使用することを推奨します。

TEMP (F3, G3) の電圧は 25°C で公称 2.5 V であり、 $V_{RATIO} = 5 V$ です。温度係数は 25°C で約 9 mV/°C です。TEMP 出力は再現性が優れていますが、絶対精度は高くありません。

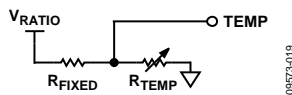


図 19. 温度センサー構造

測定範囲の変更

ADXRS649 のスケール係数を下げて測定範囲を ±50,000°/秒まで拡張するには、RATEOUT ピンと SUMJ ピンの間に 120kΩ 抵抗を追加します。RATEOUT と SUMJ の間に外付け抵抗を追加した場合、正しい帯域幅を維持するために、 C_{OUT} をこれに比例して大きくする必要があります。

ヌル・バイアス調整

公称 2.5 V のヌル・バイアスに対して振幅範囲が対称な出力が RATEOUT (B1, A2) に出力されます。しかし、アプリケーションによっては、非対称な出力振幅が適している場合もあります。ヌル・バイアス調整は、適切な電流を SUMJ (C1, C2) へ入力することにより可能です。なお、電源の乱れは、ヌル・バイアスの不安定性を招くことに注意してください。特に、デジタル電源ノイズを避けるようにしてください。

セルフテスト機能

ADXRS649 は、角速度が作用した場合と同じように各検出構造とそれに付随する電子回路を起動させるセルフテスト機能を内蔵しています。この機能は、入力 ST1 (F5, G5) もしくは入力 ST2 (F4, G4)、またはその両方に標準のロジック・ハイ・レベルを入力することで起動されます。ST1 により RATEOUT の電圧が約 -0.15 V 変化し、ST2 により +0.15 V 逆向きに変化します。セルフテスト応答は、パッケージ周囲の粘性温度依存性 (約 0.25%/°C) に従います。

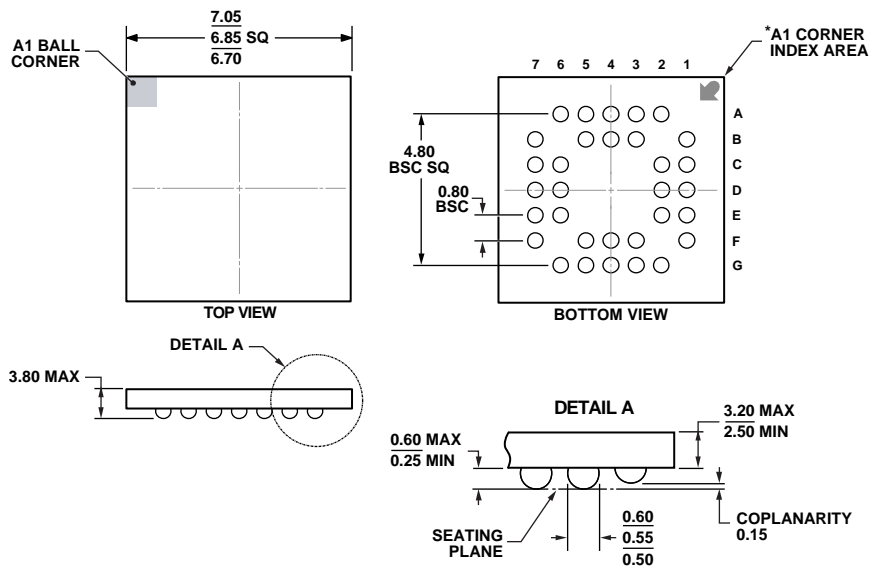
ST1 と ST2 を同時に起動しても、デバイスは損傷しません。ST1 と ST2 は非常に近い値を示しますが (±2%)、両方を同時に作動させると、セルフテスト・ミスマッチに比例した見かけ上の小さなヌル・バイアス・シフトが発生します。

ST1 ピンと ST2 ピンに V_{RATIO} と等しい電圧を加えると、ST1 と ST2 がアクティブになります。ST1 と ST2 に加える電圧は、 AV_{CC} を超えないようにしてください。

連続セルフテスト

ADXRS649 は、オンチップ集積化によりほかの生産方式によるデバイスよりも高い信頼性を提供します。さらに、フィールドで実績のある信頼性の高い BiMOS プロセスで製造されています。さらにその上で、故障検出方法として、パワーオン・セルフテストを利用することができます。アプリケーションによっては、角速度検出中の連続セルフテストを求められることがあります。連続セルフテスト技術については、AN-768 アプリケーション・ノート「Using the ADXRS150/ADXRS300 in Continuous Self-Test Mode」もご覧ください。

外形寸法



BALL DIAMETER
 *BALL A1 IDENTIFIER IS GOLD PLATED AND CONNECTED TO THE D/A PAD INTERNALLY VIA HOLES.

10-26-2009-B

図 20. 32ピン・セラミック・ボール・グリッド・アレイ [CBGA] (BG-32-3)
 寸法単位：mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADXRS649BBGZ-RL	-40°C to +105°C	32-Lead Ceramic Ball Grid Array [CBGA]	BG-32-3
ADXRS649BBGZ	-40°C to +105°C	32-Lead Ceramic Ball Grid Array [CBGA]	BG-32-3
EVAL-ADXRS649Z		Evaluation Board	

¹ Z = RoHS 準拠製品。