



# 高振動耐性ジャイロスコープ

## ±250°/sec

### データシート

### ADXRS642

#### 特長

- すべてを備えた完結型のシングル・チップ・レート・ジャイロセンサー
- Z 軸（ヨー角速度）応答
- バイアス安定性：20°/hour
- アンギュラー・ランダムウォーク：0.02°/√sec
- 広い周波数範囲にわたる高い振動除去率
- 電源投入状態で 10,000g の衝撃耐性
- リファレンス電源に対してレシオメトリックな動作
- 5V の単電源駆動
- 動作温度範囲：-40°C~+105°C
- デジタルコマンドによるセルフテスト機能
- 超小型、軽量 (<0.15cc、<0.5g)
- 温度センサー出力
- RoHS 準拠

#### アプリケーション

- 工業用アプリケーション
- 慣性測定ユニット
- 過酷な機械環境
- 高性能なプラットフォームの安定化

#### 概要

ADXRS642 は、アナログ・デバイセズの表面微細加工プロセスを用い、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低コスト角速度センサー（ジャイロセンサー）です。このユニットの製造技術は、特許で保護され、長年にわたり高い信頼性を誇る独自の量産向けの BiMOS プロセスを使用しています。

ADXRS642 は、工業用ジャイロセンサーで、[ADXRS622](#) と [ADXRS652](#) とピン、パッケージ、使用温度範囲、機能において 100% の互換性を持ち、更に高い振動耐性を備えます。

出力信号 RATEOUT (1B, 2A) 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。測定範囲の最低値は±250°/sec で、出力は、供給されるリファレンス電源に対してレシオメトリックです。動作には外部コンデンサが必要です。

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。

ADXRS642 は、7mm x 7mm x 3mm 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

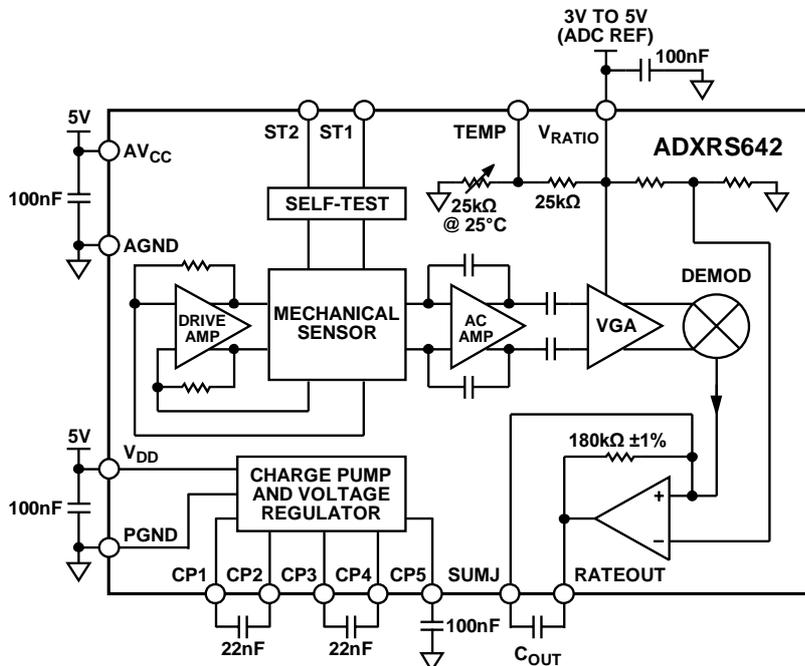


図 1. ブロック図

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 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 | 動作原理.....       | 8  |
| アプリケーション.....   | 1 | 帯域幅の設定.....     | 8  |
| 概要.....         | 1 | 温度出力と補正.....    | 8  |
| 機能ブロック図.....    | 1 | レシオメトリック電源..... | 8  |
| 改 履歴.....       | 2 | 測定範囲の変更.....    | 9  |
| 仕様.....         | 3 | ヌル調整.....       | 9  |
| 絶対最大定格.....     | 4 | セルフテスト機能.....   | 9  |
| レート検出軸.....     | 4 | 連続的セルフテスト.....  | 9  |
| ESDに関する注意.....  | 4 | 機械的性能.....      | 9  |
| ピン配置と機能の説明..... | 5 | 外形寸法.....       | 10 |
| 代表的な性能特性.....   | 6 | オーダーガイド.....    | 10 |

## 改訂履歴

4/11—Revision 0: Initial Version

## 仕様

すべての最大値(Max)と最低値(Min)は保証されています。代表的な仕様(Typ)は保証されていません。特に指定がない限り、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 、 $V_S=AV_{CC}=V_{DD}=5\text{V}$ 、 $V_{RATIO}=AV_{CC}$ 、角速度 $=0^\circ/\text{sec}$ 、帯域幅 $=80\text{Hz}$  ( $C_{OUT}=0.01\mu\text{F}$ )、 $I_{OUT}=100\mu\text{A}$ 、 $\pm 1g$ 。

表 1.

| Parameter                        | Conditions  | Min       | Typ       | Max  | Unit                                 |
|----------------------------------|---|-----------|-----------|------|--------------------------------------|
| SENSITIVITY <sup>1</sup>         | Clockwise rotation is positive output                             |           |           |      |                                      |
| Measurement Range <sup>2</sup>   | Full-scale range over specifications range                        | $\pm 250$ | $\pm 300$ |      | $^\circ/\text{sec}$                  |
| Initial and Over Temperature     | $-40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$                       |           | 7.0       |      | $\text{mV}/^\circ\text{sec}$         |
| Temperature Drift <sup>3</sup>   |   |           | $\pm 2$   |      | %                                    |
| Nonlinearity                     | Best fit straight line  |           | 0.01      |      | % of FS                              |
| NULL <sup>1</sup>                |   |           |           |      |                                      |
| Null                             | $-40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$                       |           | 2.5       |      | V                                    |
| Calibrated Null <sup>4</sup>     | $-40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$                       |           | $\pm 0.1$ |      | $^\circ/\text{sec}$                  |
| Temperature Drift                | $-40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$                       |           | $\pm 1$   |      | $^\circ/\text{sec}$                  |
| Linear Acceleration Effect       | Any axis  |           | 0.03      |      | $^\circ/\text{sec}/g$                |
| Vibration Rectification          | 25 g rms, 50 Hz to 5 kHz  |           | 0.0002    |      | $^\circ/\text{s}/g^2$                |
| NOISE PERFORMANCE                |   |           |           |      |                                      |
| Rate Noise Density               | $T_A \leq 25^\circ\text{C}$                                       |           | 0.02      |      | $^\circ/\text{sec}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| Resolution Floor                 | $T_A = 25^\circ\text{C}$ 1 minute to 1 hour in-run                |           | 20        |      | $^\circ/\text{hr}$                   |
| FREQUENCY RESPONSE               |   |           |           |      |                                      |
| Bandwidth <sup>5</sup>           | +3 dB user adjustable up to specification                         |           | 2000      |      | Hz                                   |
| Sensor Resonant Frequency        |   | 15        | 17        | 19   | kHz                                  |
| SELF-TEST <sup>1</sup>           |   |           |           |      |                                      |
| ST1 RATEOUT Response             | ST1 pin from Logic 0 to Logic 1                                   |           | -45       |      | $^\circ/\text{sec}$                  |
| ST2 RATEOUT Response             | ST2 pin from Logic 0 to Logic 1                                   |           | 45        |      | $^\circ/\text{sec}$                  |
| ST1 to ST2 Mismatch <sup>6</sup> |   | -5        | $\pm 2$   | +5   | %                                    |
| Logic 1 Input Voltage            |   | 3.3       |           |      | V                                    |
| Logic 0 Input Voltage            |   |           |           | 1.7  | V                                    |
| Input Impedance                  | To common   | 40        | 50        | 100  | k $\Omega$                           |
| TEMPERATURE SENSOR <sup>1</sup>  |   |           |           |      |                                      |
| $V_{OUT}$ at $25^\circ\text{C}$  | Load = 10 M $\Omega$  | 2.35      | 2.5       | 2.65 | V                                    |
| Scale Factor <sup>7</sup>        | $25^\circ\text{C}$ , $V_{RATIO} = 5\text{V}$                      |           | 9         |      | $\text{mV}/^\circ\text{C}$           |
| Load to $V_S$                    |   |           | 25        |      | k $\Omega$                           |
| Load to Common                   |   |           | 25        |      | k $\Omega$                           |
| TURN-ON TIME <sup>4</sup>        | Power on to $\pm 0.5^\circ/\text{sec}$ of final with CP5 = 100 nF |           |           | 50   | ms                                   |
| OUTPUT DRIVE CAPABILITY          |   |           |           |      |                                      |
| Current Drive                    | For rated specifications  |           |           | 200  | $\mu\text{A}$                        |
| Capacitive Load Drive            |   |           |           | 1000 | pF                                   |
| POWER SUPPLY                     |   |           |           |      |                                      |
| Operating Voltage ( $V_S$ )      |   | 4.75      | 5.00      | 5.25 | V                                    |
| Quiescent Supply Current         |   |           | 3.5       | 4.5  | mA                                   |
| TEMPERATURE RANGE                |   |           |           |      |                                      |
| Specified Performance            |   | -40       |           | +105 | $^\circ\text{C}$                     |

<sup>1</sup> パラメータは  $V_{RATIO}$  に比例します。

<sup>2</sup> 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。

<sup>3</sup>  $+25^\circ\text{C}$  から  $-40^\circ\text{C}$  または  $+25^\circ\text{C}$  から  $+105^\circ\text{C}$ 。

<sup>4</sup> 特性評価に基づく。

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

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

<sup>7</sup>  $25^\circ\text{C}$  から  $26^\circ\text{C}$  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<br>(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。

硬い面に落とした場合、10,000g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ので注意して取り扱ってください。

### レート検出軸

このデバイスは、Z軸レート検出デバイスです（ヨー角速度センサー）。パッケージ上面に対して垂直な軸を中心とする時計回りの回転に対して正の電圧を出力します。

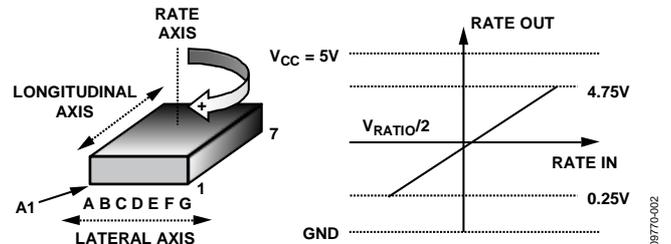


図 2. 時計回りの回転に対して RATEOUT 信号が上昇

### 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、検知されないう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

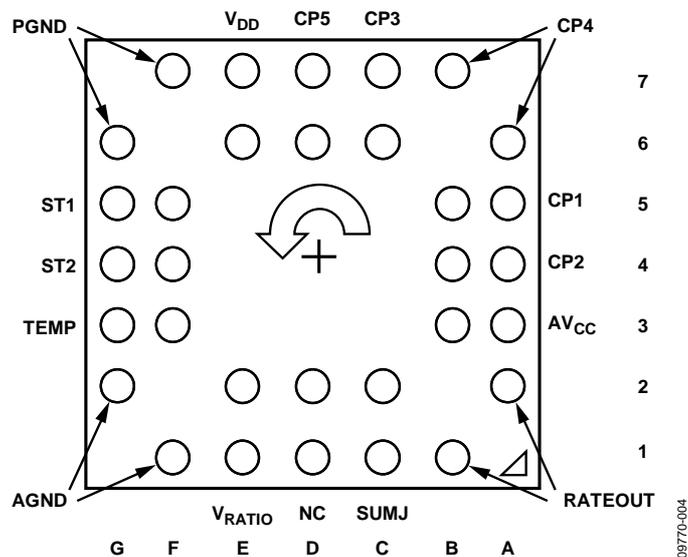


図 3. ピン配置

表 3. ピン機能の説明

| Pin No. | Mnemonic           | Description             |
|---------|--------------------|-------------------------|
| 6D, 7D  | CP5                | 高電圧フィルタ・コンデンサ (100 nF)。 |
| 6A, 7B  | CP4                | チャージ・ポンプ・コンデンサ (22nF)。  |
| 6C, 7C  | CP3                | チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。 |
| 5A, 5B  | CP1                | チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。 |
| 4A, 4B  | CP2                | チャージ・ポンプ・コンデンサ (22 nF)。 |
| 3A, 3B  | AV <sub>CC</sub>   | 正のアナログ電源。               |
| 1B, 2A  | RATEOUT            | レート信号出力。                |
| 1C, 2C  | SUMJ               | 出力アンプ加算ジャンクション。         |
| 1D, 2D  | NC                 | これらのピンは電氣的に接続しないでください。  |
| 1E, 2E  | V <sub>RATIO</sub> | レシオメトリック出力用のリファレンス電源。   |
| 1F, 2G  | AGND               | アナログ電源リターン。             |
| 3F, 3G  | TEMP               | 温度電圧出力。                 |
| 4F, 4G  | ST2                | センサー2のセルフテスト。           |
| 5F, 5G  | ST1                | センサー1のセルフテスト。           |
| 6G, 7F  | PGND               | チャージポンプ電源リターン。          |
| 6E, 7E  | V <sub>DD</sub>    | 正のチャージポンプ電源。            |

代表的な性能特性

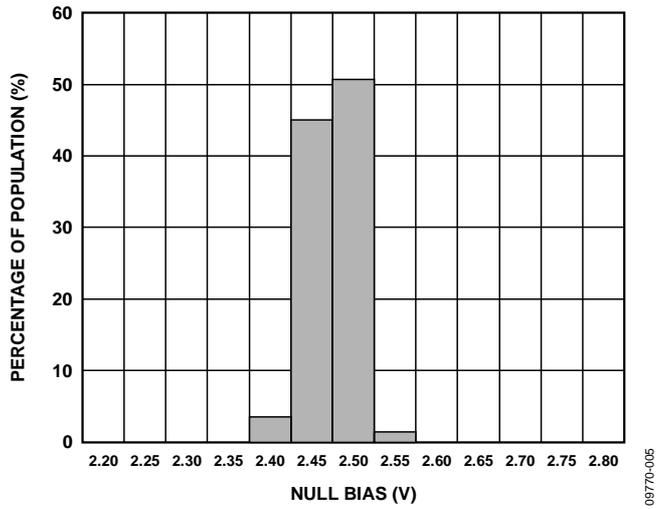


図 4. 25°C でのヌル・バイアス

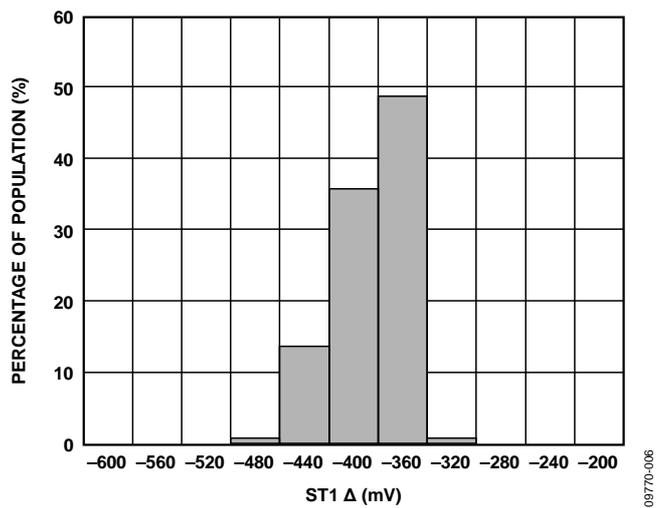


図 5. 25°C (V\_RATIO=5V) での ST<sub>1</sub> 出力変化

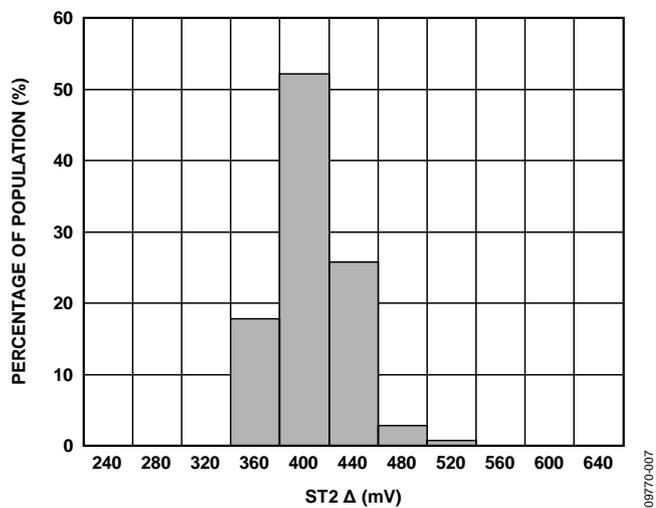


図 6. 25°C (V\_RATIO=5V) での ST<sub>2</sub> 出力変化

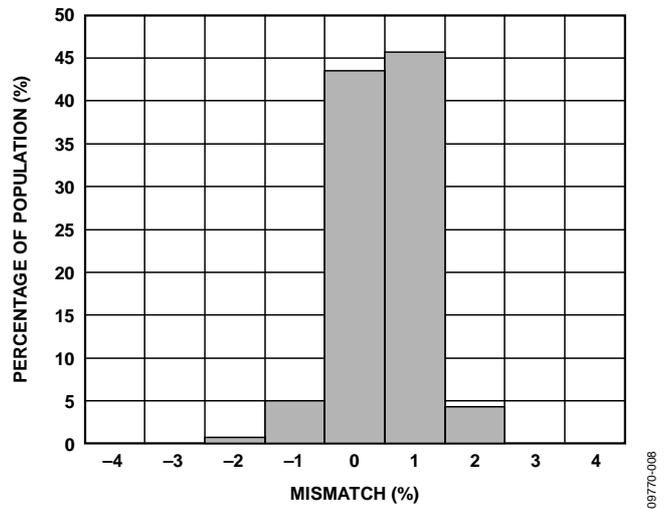


図 7. 25°C (V\_RATIO=5V) でのセルフテスト・ミスマッチ

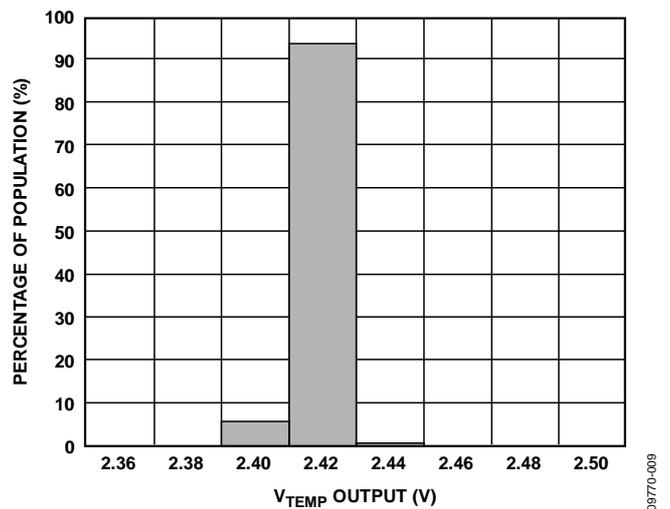


図 8. 25°C (V\_RATIO=5V) での VTEMP 出力

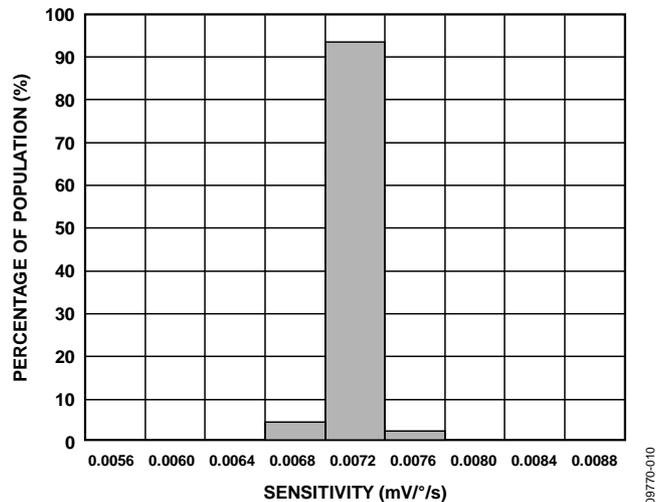


図 9. 25°C での感度

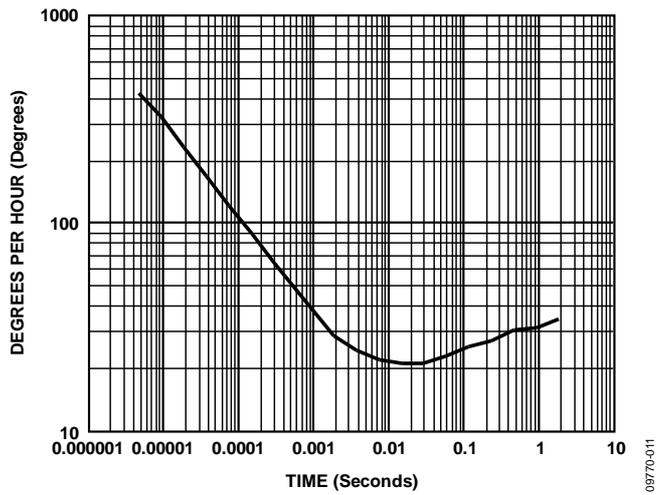


図 10. 25°C での代表的なルート・アラン・バリエンス 対 アベレーシング時間

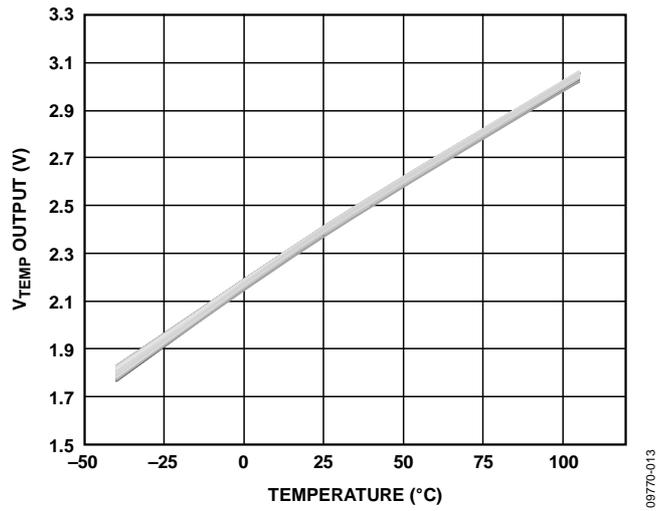


図 12.  $V_{TEMP}$  出力 対 温度、256 個 ( $V_{RATIO}=5V$ )

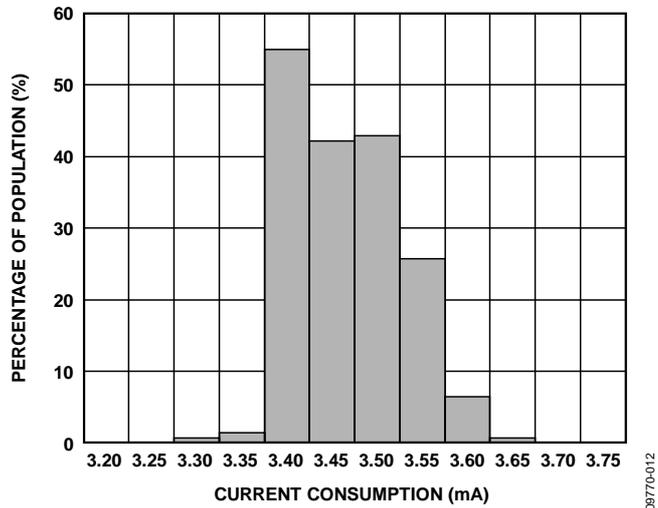


図 11. 25°C ( $V_{RATIO}=5V$ ) での消費電流

## 動作原理

ADXRS642 は、振動ジャイロセンサーの原理で動作します。ポリシリコンで形成される4つのセンサー構造のうち1つの簡略図を図13に示します。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発生するうえで必要な速度成分が得られます。

ADXRS642 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わると、振動子構造に発生したコリオリ力が外部センサフレームに伝わります。このセンサフレームは、櫛歯を持ち、これを可動櫛歯と呼びます。可動櫛歯と固定櫛歯の間にはシリコンダイ上に固定された櫛歯が配置されています。可動櫛歯と固定櫛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、外部加速度を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するためです。

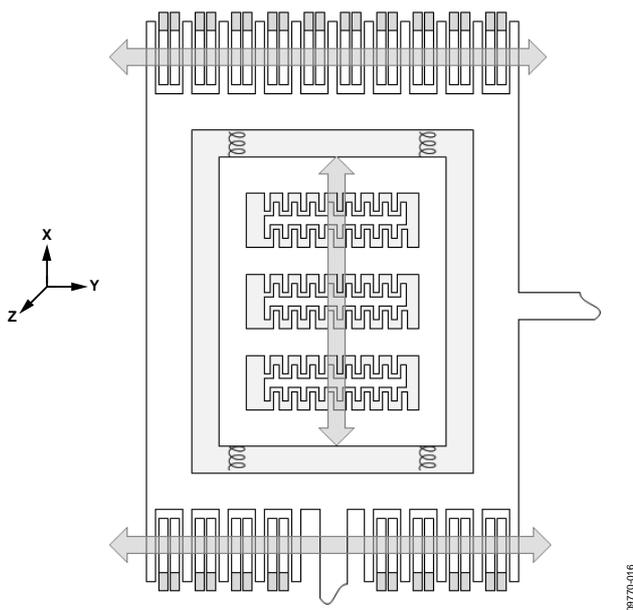


図 13. ジャイロセンサー・センシング構造の簡略図

振動子の駆動には、18V～20V の電圧が必要です。大部分のアプリケーションでは5V 使用できないため、チャージポンプを内蔵しています。外部から18V～20V の電源が供給できる場合、CP1 と CP4 の2個のコンデンサは不要となり、この外部電源をCP5（6D 番ピン、7D 番ピン）に接続します。ADXRS642 に電力が供給されている場合、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

内蔵抵抗  $R_{OUT}$  と外部コンデンサ  $C_{OUT}$  により、ADXRS642 の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  $C_{OUT}$  による-3dB の周波数は、以下のとおりです。

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

$R_{OUT}$  が製造時に  $180k\Omega \pm 1\%$  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（1B、2A）と SUMJ ピン（1C、2C）の間に接続する外部抵抗は、下記のように算出します。

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

一般的に、ジャイロセンサーの18kHz 共振周波数付近で復調スバイクにより発生する高周波数ノイズを減衰するため、（ハードウェアまたはソフトウェアの）フィルタを追加します。3.3k $\Omega$  の直列抵抗と22nF のシャント・コンデンサ（2.2kHz 極）で構成するR/C 出力フィルタを推奨します。

## 温度出力と補正

全体の精度を向上させるために、一般的に、ジャイロセンサーは温度補正が行われます。ADXRS642 は温度に比例した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。温度センサーの構成を図14に示します。温度出力特性は非直線的であり、TEMP 出力に負荷抵抗を接続することによって、TEMP 出力の温度係数が小さくなるため、出力をバッファリングすることを推奨します。

TEMP（3F、3G）の電圧は25°C で2.5V であり、 $V_{RATIO}=5V$  です。温度係数は $\sim 9mV/^\circ C$  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。

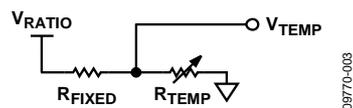


図 14. 温度センサー構成

## レシオメトリック電源

ADXRS642 の RATEOUT、ST1、ST2、TEMP の信号は  $V_{RATIO}$  電圧に対してレシオメトリックです。すなわち、ヌル電圧、レート感度、温度出力が  $V_{RATIO}$  に比例します。一般的にはレシオメトリック ADC を使用することによって、小さな電源変動に起因する誤差を自己相殺することができます。非レシオメトリック性によって非常に小さい、無視できるレベルの誤差が生じることがあります。全レート範囲を保証するにあたって、 $V_{RATIO}$  は  $AV_{CC}$  を超えないようにする必要があります。

## 測定範囲の変更

225k $\Omega$  の抵抗を RATEOUT と SUMJ の間に追加することで ADXRS642 のスケール・ファクタを低下させ、測定範囲を $\pm 450^\circ/\text{sec}$  まで広げることが出来ます。RATEOUT と SUMJ の間に外付け抵抗を追加した場合、帯域幅を維持するためには C<sub>OUT</sub> を同様に低下させる必要があります。

## ヌル調整

公称 2.5V のヌル電圧に対して振幅範囲が対称な出力が、RATEOUT (1B, 2A) に出力されます。アプリケーションによっては、非対称な出力振幅範囲が適している場合もありますが、適切な電流を SUMJ (1C, 2C) に流すことでヌル調整ができます。なお、電源ノイズはヌル電圧の安定性に影響を与えることがありますので、特にヌル調整をする際は、デジタル電源ノイズを避けてください。

## セルフテスト機能

ADXRS642 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が内蔵されています。この機能は、ST1 (5F, 5G) もしくは ST2 (4F, 4G)、または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できます。ST1 により RATEOUT の電圧が $-0.3\text{V}$  変化し、ST2 により $+0.3\text{V}$  と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%/ $^\circ\text{C}$ ) 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 ( $\pm 2\%$ )、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バイアスシフトが発生します。

ST1 ピンと ST2 ピンに V<sub>RATIO</sub> 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<sub>CC</sub> を超えないようにしてください。

## 連続的セルフテスト

ADXRS642 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。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。更に、その上で故障検出手段としてパワーオン・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、連続的セルフテストが求められることがあります。連続的セルフテストについての詳細は AN-768 のアプリケーション・ノートを参照ください。

## 機械的性能

ADXRS642 の高性能振動耐性を図 15 と図 16 に示します。図 15 は

15g rms で 50Hz~5kHz のランダム振動を加えた状態と加えていない状態の ADXRS642 の出力応答を示します。入力振動の有無にかかわらず特性は概ね変化ありません。

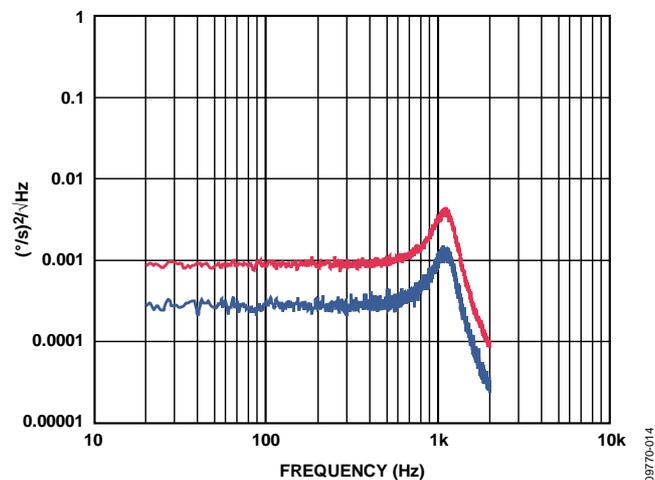


図 15. ランダム振動がある場合とない場合の ADXRS642 出力応答 (15g rms、50Hz~5kHz)

5g、20Hz~5kHz の正弦波振動に対する ADXRS642 の DC ノイズ応答について図 16 に示します。一つ前の例と同様に、ジャイロセンサの帯域幅は 1600Hz に設定しています。

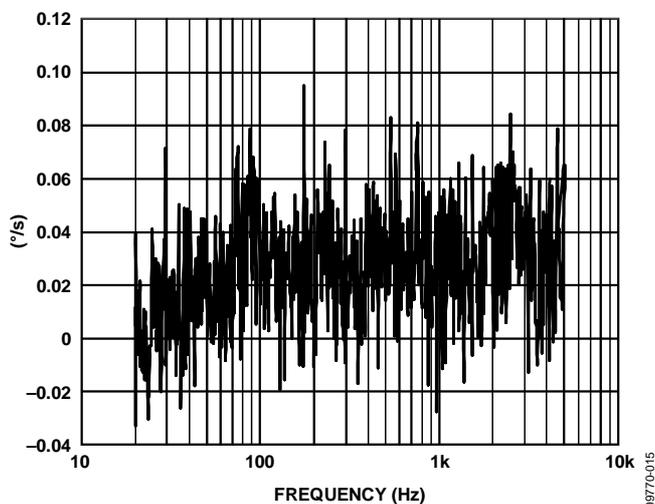
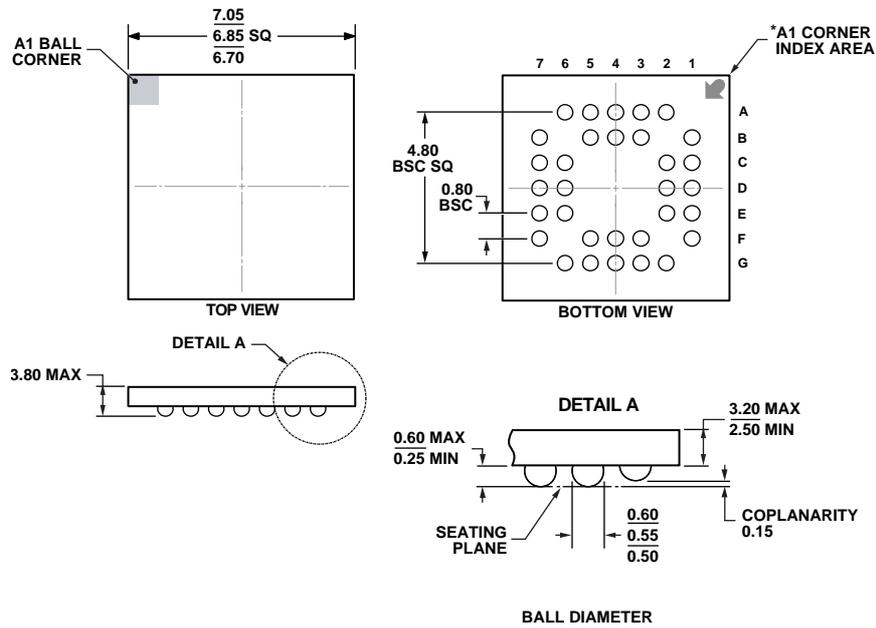


図 16. ADXRS642 正弦波振動に対するノイズ応答

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 17. 32 リード・セラミック・ボール・グリッド・アレイ [CBGA]  
 (BG-32-3) 寸法はミリメートル表示

オーダーガイド

| Model <sup>1</sup> | Temperature Range | Package Description                    | Package Option |
|--------------------|-------------------|--|----------------|
| ADXRS642BBGZ       | -40°C to +105°C   | 32-Lead Ceramic Ball Grid Array [CBGA] | BG-32-3        |
| ADXRS642BBGZ-RL    | -40°C to +105°C   | 32-Lead Ceramic Ball Grid Array [CBGA] | BG-32-3        |
| EVAL-ADXRS642Z     |                   | Evaluation Board                       |                |

<sup>1</sup> Z = RoHS 準拠製品。