

### 产品特性

- 在单芯片上实现完整的角速度陀螺仪
- Z轴(偏航角速度)响应
- 可在宽频率范围内提供高振动抑制特性
- 抗冲击能力: 2000 g
- 输出与基准电源成比率
- 5 V单电源供电
- 40°C至+105°C工作电压
- 根据数字命令执行自测
- 超小尺寸、重量轻(<0.15 cc、<0.5克)
- 温度传感器输出
- 符合RoHS标准

### 应用

- 工业应用
- 惯性测量单元
- 平台稳定

### 概述

ADXRS652是一款功能完备、成本低廉的角速率传感器(陀螺仪),采用ADI公司的表面微加工工艺制造,单芯片上集成了全部必需的电子器件。该器件的制造技术是一种取得专利的大规模BiMOS工艺,多年实际应用证明性能稳定可靠。

ADXRS652是一款工业级陀螺仪,其引脚、封装、温度和功能与相关汽车应用级ADXR620和ADXR622陀螺仪完全兼容。受汽车测试影响,这类陀螺仪具有更宽泛的保证最小值/最大值技术规格。

输出信号RATEOUT (1B, 2A)是电压值,与围绕封装上表面垂直轴转动的角速率成比例。输出与所提供的基准电源成比率。使用一个外部电容设置带宽,芯片工作还需要其它几个外部电容。

该器件提供温度输出,用于补偿技术。两路数字自测输入通过机电方式激励传感器,以测试传感器和信号调理电路是否正常工作。ADXRS652提供7 mm × 7 mm × 3 mm BGA芯片级封装。

### 功能框图

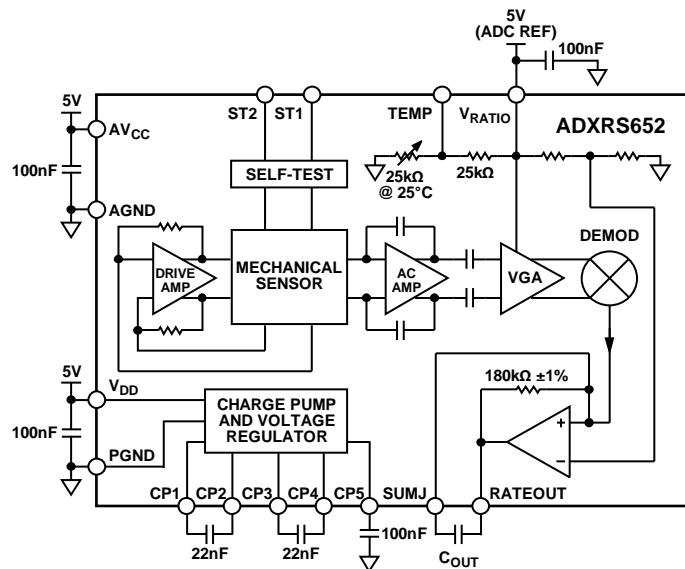


图1.

### Rev. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113 ©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

## 目录

产品特性 .....	1	工作原理 .....	9
应用 .....	1	设置带宽 .....	9
概述 .....	1	温度输出和校准 .....	9
功能框图 .....	1	更改ADXRS652比例以与ADXRS620匹配 .....	9
修订历史 .....	2	校准性能 .....	9
技术规格 .....	3	ADXRS652和电源比率 .....	10
绝对最大额定值 .....	4	零点调整 .....	10
速率敏感轴 .....	4	自测功能 .....	10
ESD警告 .....	4	连续自测 .....	10
引脚配置和功能描述 .....	5	外形尺寸 .....	11
典型性能参数 .....	6	订购指南 .....	11

## 修订历史

### 2010年7月-修订版0至修订版A

-40°C至+85°C更改为-40°C至+105°C .....	通篇
更改“概述”部分 .....	1
表1增加注释3和注释4 .....	3
增加“更改ADXRS652比例以与ADXRS620匹配”部分 .....	9
更改“订购指南”部分 .....	11

### 2010年4月—修订版0：初始版

## 技术规格

保证所有最低和最高技术规格。无法保证典型技术规格。

除非另有说明， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$ ， $V_S = AV_{CC} = V_{DD} = 5\text{ V}$ ， $V_{\text{RATIO}} = AV_{CC}$ ，角速率 =  $0^{\circ}/\text{s}$ ，带宽 =  $80\text{ Hz}$  ( $C_{\text{OUT}} = 0.01\text{ }\mu\text{F}$ )， $I_{\text{OUT}} = 100\text{ }\mu\text{A}$ ， $\pm 1\text{ g}$ 。

表1.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 <sup>1</sup>	顺时针旋转为正输出				
测量范围 <sup>2</sup>	额定范围内的满量程范围	$\pm 250^3$	$\pm 300$		$^{\circ}/\text{s}$
初始温度和过温	$-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$		$7.0^4$		$\text{mV}/^{\circ}\text{s}$
温度漂移 <sup>5</sup>			$\pm 2$		%
非线性度	最佳拟合直线		$0.1$		% FS
零点 <sup>1</sup>					
零点	$-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$		$2.5$		V
线性加速度效应	任意轴		$0.1$		$^{\circ}/\text{s}/\text{g}$
噪声性能					
速率噪声密度	$T_A \leq 25^{\circ}\text{C}$		$0.06$		$^{\circ}/\text{s}/\sqrt{\text{Hz}}$
频率响应					
带宽 <sup>6</sup>		$0.01$		$2500$	Hz
传感器谐振频率			$14.5$		kHz
自测 <sup>1</sup>					
ST1 RATEOUT响应	ST1引脚从逻辑0变为逻辑1		$-525$		mV
ST2 RATEOUT响应	ST2引脚从逻辑0变为逻辑1		$525$		mV
ST1至ST2不匹配 <sup>7</sup>		$-5$		$+5$	%
逻辑1输入电压		$3.3$			V
逻辑0输入电压				$1.7$	V
输入阻抗	至公共端	$40$	$50$	$100$	k $\Omega$
温度传感器 <sup>1</sup>					
$V_{\text{OUT}}(25^{\circ}\text{C})$	负载 = $10\text{ M}\Omega$		$2.5$		V
比例系数 <sup>8</sup>	$25^{\circ}\text{C}$ , $V_{\text{RATIO}} = 5\text{ V}$		$9$		$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
$V_S$ 负载			$25$		k $\Omega$
公共端负载			$25$		k $\Omega$
开启时间	上电至最终值的 $\pm 1/2^{\circ}/\text{s}$			$50$	ms
输出驱动能力					
电流驱动	额定性能			$200$	$\mu\text{A}$
容性负载驱动				$1000$	pF
电源					
工作电压( $V_S$ )		$4.75$	$5.00$	$5.25$	V
静态电源电流			$3.5$	$4.5$	mA
温度范围					
额定性能		$-40$		$+105$	$^{\circ}\text{C}$

<sup>1</sup> 参数与 $V_{\text{RATIO}}$ 成线性比率关系。

<sup>2</sup> 测量范围可能是最大的范围，包括输出摆幅范围、初始失调、灵敏度、失调漂移和灵敏度漂移(5V电源)。

<sup>3</sup> 要配置灵敏度以与ADXR620  $\pm 300^{\circ}/\text{s}$ 最小范围匹配，参见“工作原理”部分。

<sup>4</sup> 要配置灵敏度以与ADXR620  $6\text{ mV}/^{\circ}\text{s}$ 比例匹配，参见“工作原理”部分。

<sup>5</sup>  $+25^{\circ}\text{C}$ 至 $-40^{\circ}\text{C}$ 或 $+25^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$ 。

<sup>6</sup> 通过外部电容 $C_{\text{OUT}}$ 调整。带宽降至 $0.01\text{ Hz}$ 以下不会进一步改善噪声。

<sup>7</sup> 自测不匹配定义为 $(ST2 + ST1)/((ST2 - ST1)/2)$ 。

<sup>8</sup> 比例系数针对 $25^{\circ}\text{C}$ 至 $26^{\circ}\text{C}$ 的温度变化， $V_{\text{TEMP}}$ 与 $V_{\text{RATIO}}$ 成比率关系。详情见“温度输出和校准”部分。

## 绝对最大额定值

表2.

参数	额定值
加速度(任意轴, 0.5 ms)	
无电	2000 g
有电	2000 g
$V_{DD}, AV_{CC}$	-0.3 V至+6.0 V
$V_{RATIO}$	$AV_{CC}$
ST1, ST2	$AV_{CC}$
输出短路持续时间 (任意引脚接公共端)	未定
工作温度范围	-55°C至+125°C
存储温度范围	-65°C至+150°C

注意, 超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值, 并不能以这些条件或者在任何其他超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下, 推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

掉在坚硬表面上可能会引起高于2000 g的冲击, 甚至超过器件绝对最大额定值。搬运时应小心, 避免损坏器件。

## 速率敏感轴

这是Z轴速率检测器件(也称为偏航角速度检测器件)。当它绕封装顶部的法线轴(即俯视封装盖)顺时针旋转时, 可产生正输出电压。

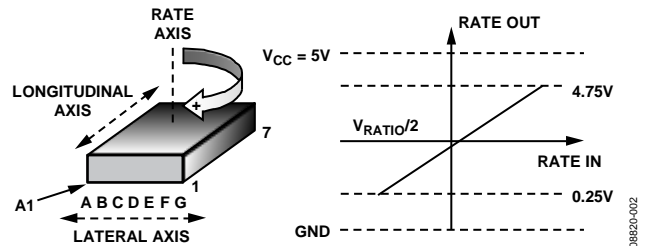


图2. 顺时针旋转时RATEOUT信号增大

## ESD警告



### ESD(静电放电)敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路, 但在遇到高能量ESD时, 器件可能会损坏。因此, 应当采取适当的ESD防范措施, 以避免器件性能下降或功能丧失。

### 引脚配置和功能描述

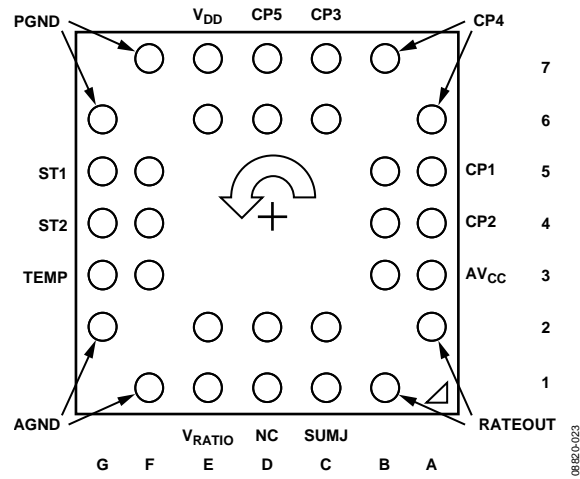


图3. 引脚配置

表3. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
6D, 7D	CP5	高压滤波器电容(0.1 μF)。
6A, 7B	CP4	电荷泵电容(22 nF)。
6C, 7C	CP3	电荷泵电容(22 nF)。
5A, 5B	CP1	电荷泵电容(22 nF)。
4A, 4B	CP2	电荷泵电容(22 nF)。
3A, 3B	AV <sub>CC</sub>	正模拟电源。
1B, 2A	RATEOUT	速率信号输出。
1C, 2C	SUMJ	输出放大器求和点。
1D, 2D	NC	不连接。
1E, 2E	V <sub>RATIO</sub>	比率输出的参考电源。
1F, 2G	AGND	模拟电源回路。
3F, 3G	TEMP	温度电压输出。
4F, 4G	ST2	传感器自测2。
5F, 5G	ST1	传感器自测1。
6G, 7F	PGND	电荷泵电源回路。
6E, 7E	V <sub>DD</sub>	正电荷泵电源。

## 典型性能参数

除非另有说明，所有典型性能曲线的N > 1000。

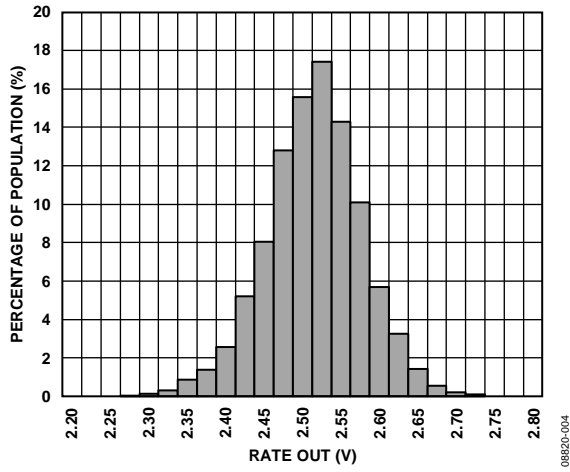


图4. 25°C时的零点输出 ( $V_{RATIO} = 5 V$ )

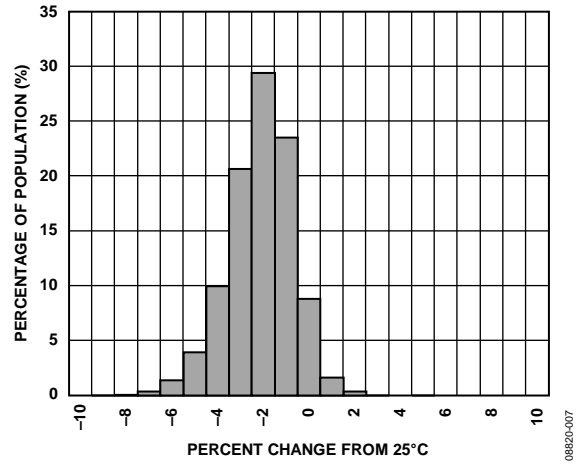


图7. 整个温度范围内的灵敏度漂移

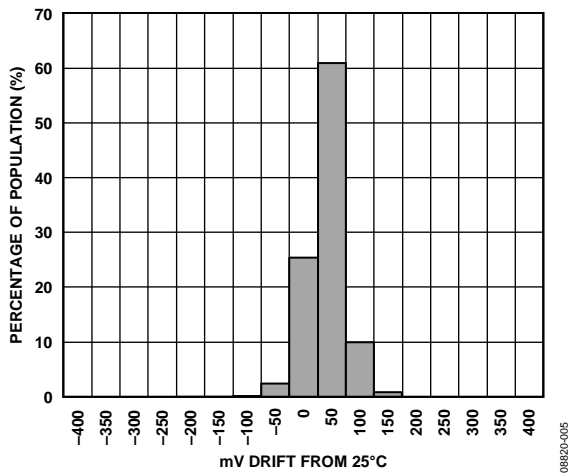


图5. 整个温度范围内的零点漂移 ( $V_{RATIO} = 5 V$ )

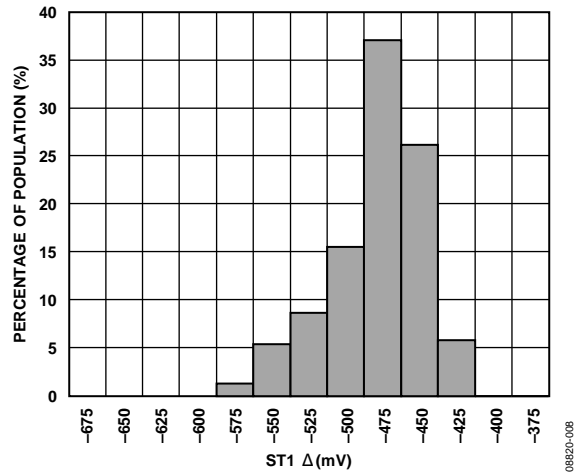


图8. 25°C时的ST1输出变化 ( $V_{RATIO} = 5 V$ )

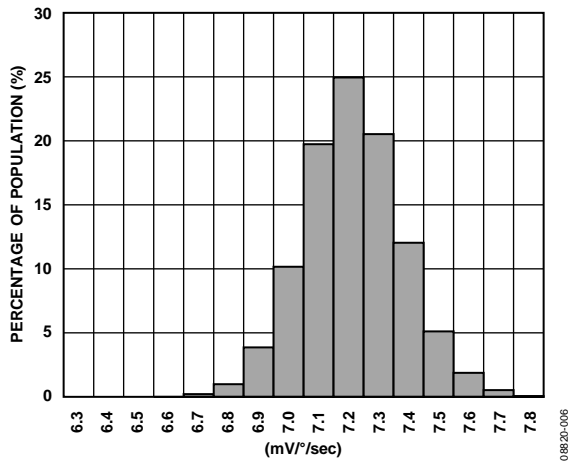


图6. 25°C时的灵敏度 ( $V_{RATIO} = 5 V$ )

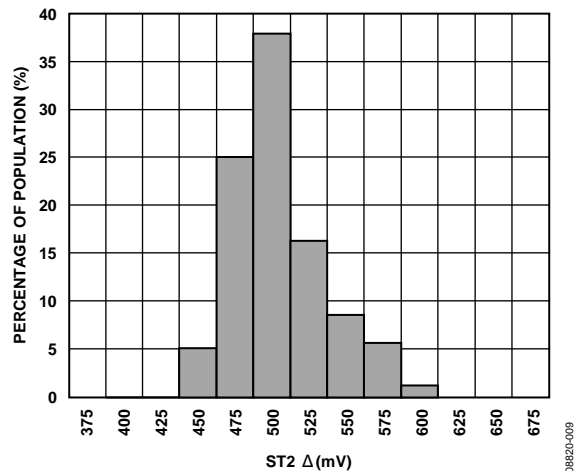


图9. 25°C时的ST2输出变化 ( $V_{RATIO} = 5 V$ )

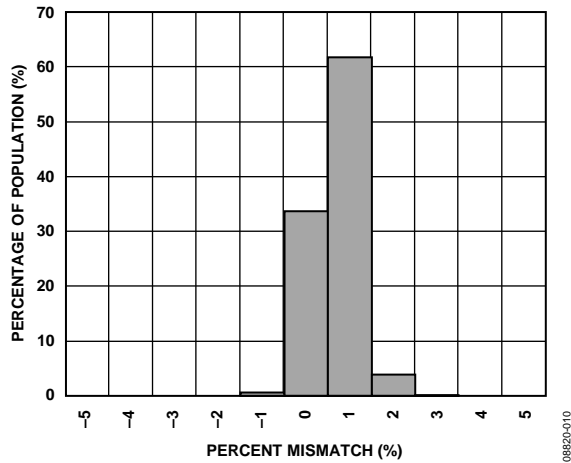


图10. 25°C时的自测不匹配( $V_{RATIO} = 5 V$ )

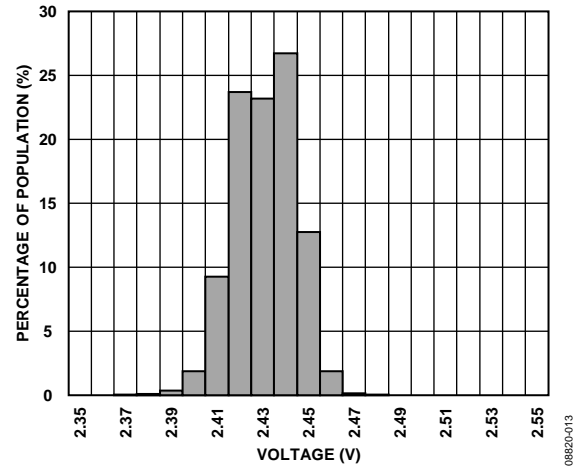


图13. 25°C时的 $V_{TEMP}$ 输出( $V_{RATIO} = 5 V$ )

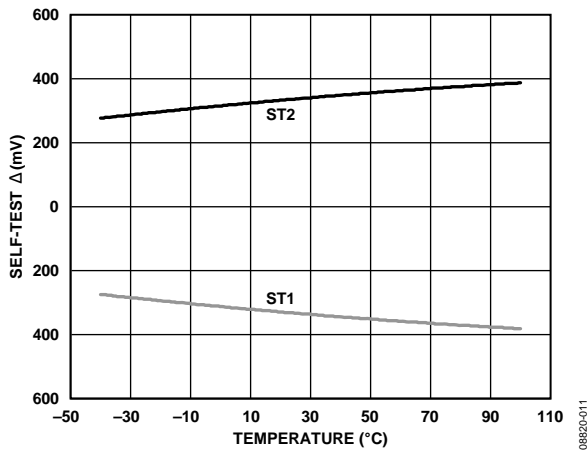


图11. 整个温度范围内的典型自测变化

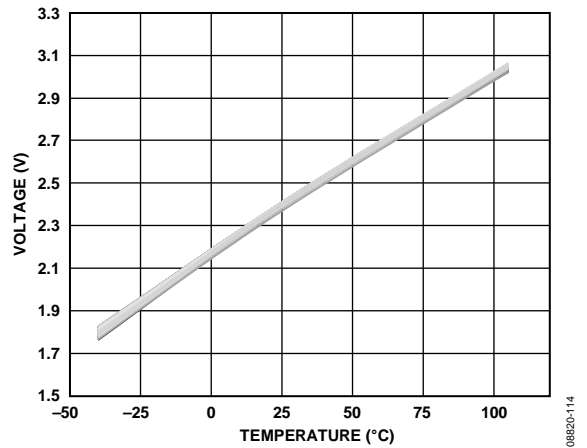


图14. 整个温度范围内的 $V_{TEMP}$ 输出, 256个器件( $V_{RATIO} = 5 V$ )

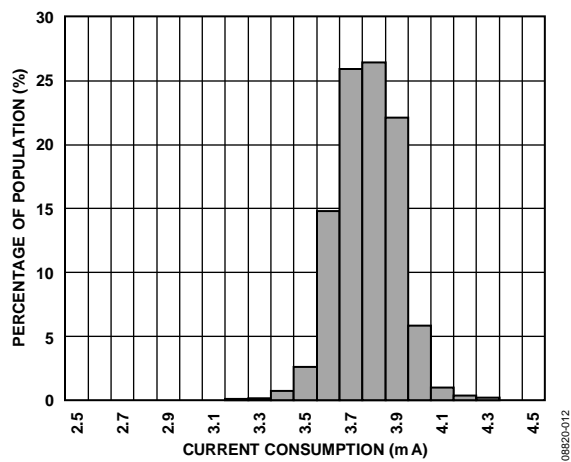


图12. 25°C时的功耗( $V_{RATIO} = 5 V$ )

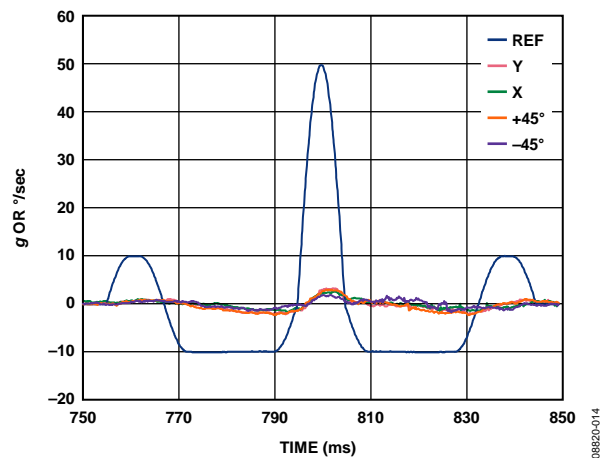


图15. 50 g、10 ms脉冲的g和g x g灵敏度

# ADXRS652

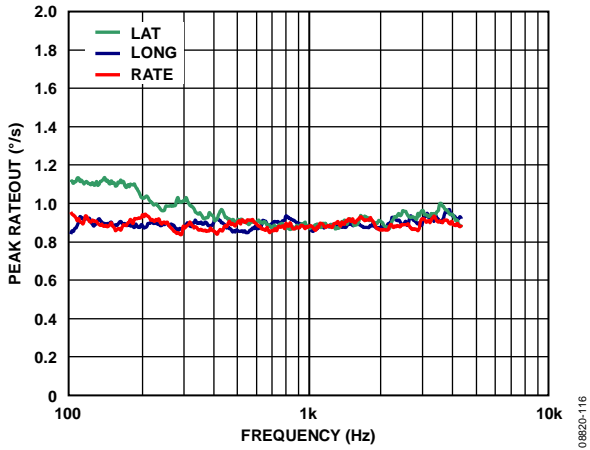


图16. 对10g正弦振动的典型响应(传感器带宽 = 40 Hz)

08820-116

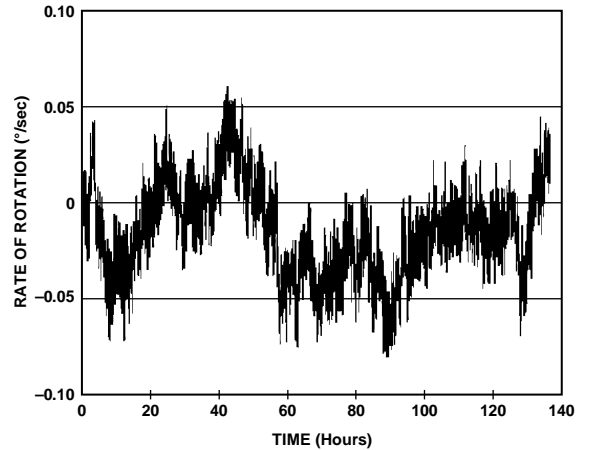


图19. 140小时内累积的90秒零点均值的典型偏移

08820-018

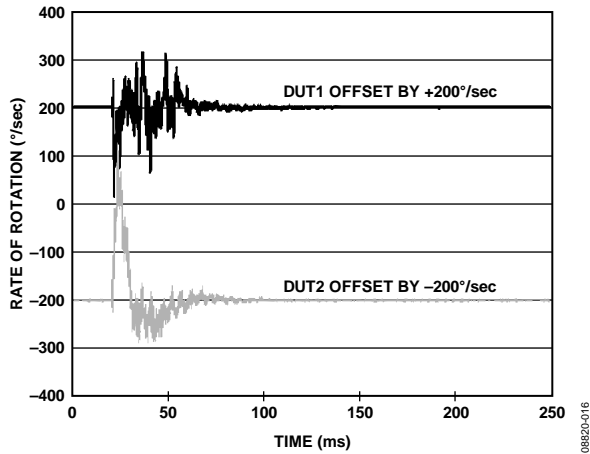


图17. 典型高g (2500 g)冲击响应(传感器带宽 = 40 Hz)

08820-016

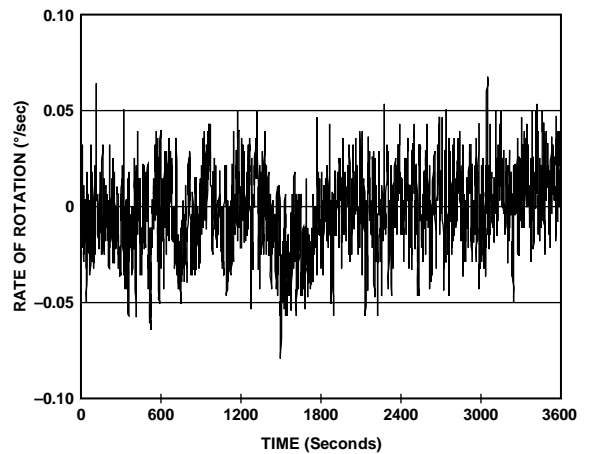


图20. 短期零点的典型偏移(带宽 = 1 Hz)

08820-019

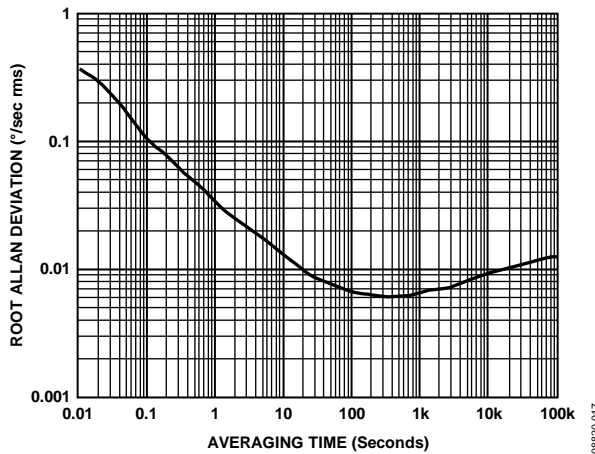


图18. 25°C时的典型艾伦偏差平方根与均值时间的关系

08820-017

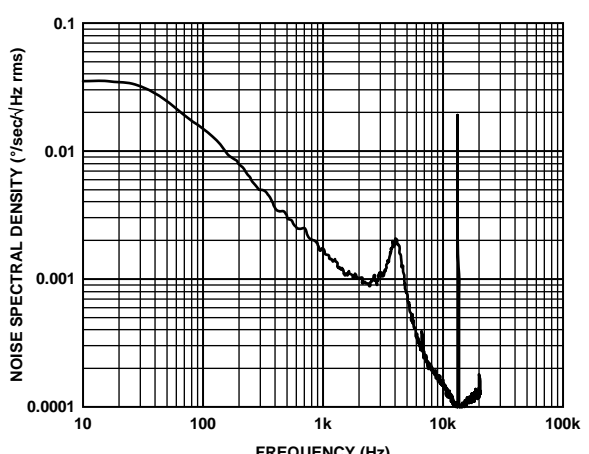


图21. 典型噪声频谱密度(带宽 = 40 Hz)

08820-020



## 工作原理

ADXRS652使用谐振器陀螺仪原理工作。两个多晶硅检测结构各含一个扰动框架，通过静电将扰动框架驱动到谐振状态以产生必要的速度，从而在旋转期间产生科氏力。在各框架的两个外部极限处(与扰动运动正交)是动可动指，放在固定拾拾器(pickoff)指之间，形成一个容性拾拾结构来检测科氏运动。检测到的信号被馈送至一系列增益和解调级，产生电速率信号输出。双传感器设计可抑制外部的力和振动。传感器与信号调理电子元件一起制造，有利于保护信号在高噪声环境中的完整性。

静电谐振器的工作电压为18 V至20 V。由于大多数应用一般只提供5 V电压，因此芯片内包括一个电荷泵。如果提供18 V至20 V外部电源，则可以省略CP1至CP4上的两个电容，将此电源连接到CP5(引脚6D、7D)。当ADXRS652上电时，CP5不应接地。虽然不会造成损坏，但在某些情况下，如果不先断开ADXRS652的电源，则断开接地后电荷泵可能无法启动。

## 设置带宽

外部电容 $C_{OUT}$ 与片内电阻 $R_{OUT}$ 一起构成一个低通滤波器，用于限制ADXRS652速率响应的带宽。 $-3$  dB频率由 $R_{OUT}$ 和 $C_{OUT}$ 设置：

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

可以精确控制该频率，因为 $R_{OUT}$ 在制造期间被调整至 $180 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ 。在RATEOUT引脚(1B, 2A)和SUMJ引脚(1C, 2C)之间连接的任何外部电阻将导致：

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

一般而言，陀螺仪为 $14 \text{ kHz}$ 谐振频率时，可添加另一个滤波器(硬件或软件)，以衰减解调尖峰引起的高频噪声。在图21所示的功率频谱密度曲线中，可以清楚地看到 $14 \text{ kHz}$ 时的噪声尖峰。通常将此额外滤波器的转折频率设置为所需带宽的5倍以上，以保持良好的相位响应性能。

图22显示了在带宽设置为 $40 \text{ Hz}$ (如图21所示)的ADXRS652输出端增加一个 $250 \text{ Hz}$ 滤波器的效果。高频解调产物被衰减大约 $18 \text{ dB}$ 。

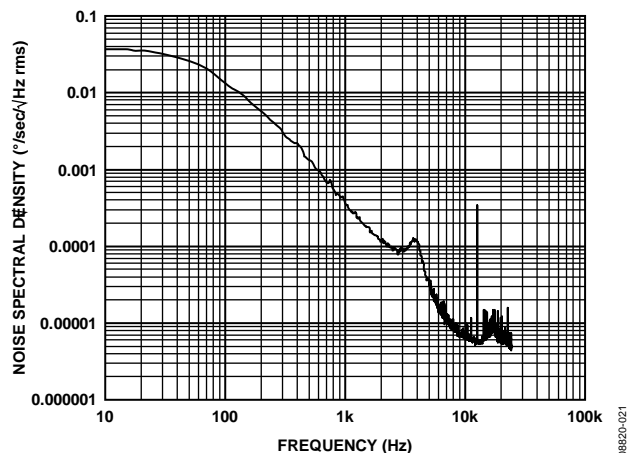


图22. 增加250 Hz滤波器后的噪声频谱密度

## 温度输出和校准

通过执行温度校准来提高陀螺仪的整体精度是常见做法。ADXRS652有一路电压输出与温度成比例，可以作为这种校准方法的输入。温度传感器结构如图23所示。温度输出呈非线性特征，任何连接到TEMP输出的负载电阻都会导致TEMP输出和温度系数降低。因此，建议缓冲该输出。

$25^\circ\text{C}$ 时TEMP引脚(3F, 3G)的标称电压为 $2.5 \text{ V}$ ， $V_{RATIO} = 5 \text{ V}$ 。在 $25^\circ\text{C}$ 时，温度系数约为 $\sim 9 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。虽然TEMP输出的重复度高，但绝对精度不高。

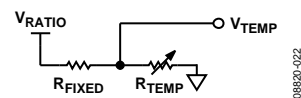


图23. 温度传感器结构

## 更改ADXRS652比例以与ADXRS620匹配

在RATEOUT和SUMJ之间增加单个 $1.07 \text{ k}\Omega$ 电阻，可以更改ADXRS652比例因子，以与ADXRS620的 $6 \text{ mV}/^\circ\text{s}$ 比例因子匹配。增加此电阻不影响其他性能参数。

## 校准性能

利用三点校准技术，可以将ADXRS652的零点和灵敏度漂移校准到接近 $200^\circ/\text{小时}$ 的整体精度。使用更多的点可以实现 $40^\circ/\text{小时}$ 或更高的整体精度。限制器件带宽可以降低校准过程中的平带噪声，从而提高各校准点的测量精度。

# ADXRS652

## ADXRS652和电源比率

ADXRS652 RATEOUT和TEMP信号与 $V_{RATIO}$ 电压成比率关系，即零点电压、速率灵敏度和温度输出与 $V_{RATIO}$ 成比例。因此，它与电源比率式模数转换器配合使用最为简便，可以自动消除微小电源波动所引起的误差。非比率式的行为会引起某种小误差。表4给出了零点、灵敏度、自测和温度输出的典型比率误差。

注意， $V_{RATIO}$ 不得大于 $AV_{CC}$ 。

表4. 各种参数的比率误差

参数	$V_S = V_{RATIO} = 4.85\text{ V}$	$V_S = V_{RATIO} = 5.15\text{ V}$
ST1		
平均值	0.3%	0.09%
标准差	0.21%	0.19%
ST2		
平均值	-0.15%	-0.2%
标准差	0.22%	0.2%
零点		
平均值	-0.3%	-0.05%
标准差	0.2%	0.08%
灵敏度		
平均值	0.003%	-0.25%
标准差	0.06%	0.06%
$V_{TEMP}$		
平均值	-0.2%	-0.04%
标准差	0.05%	0.06%

## 零点调整

2.5 V标称零点针对的是RATEOUT (1B, 2A)的对称摆幅范围。然而，某些应用可能需要非对称的输出摆幅。将适当的电流注入SUMJ (1C, 2C)可以调整零点。注意，电源干扰可能会引起某种程度的零点不稳定现象。这种情况下应特别注意避免数字电源噪声。

## 自测功能

ADXRS652具有自测功能，可以让各检测结构和相关电子电路如同受到角速率效应一样。它由施加于输入ST1 (5F, 5G)、输入ST2 (4E, 4G)或以上二者的标准逻辑高电平启动。ST1会让RATEOUT电压产生约-0.5 V变化，ST2会引起相反的+0.5 V变化。自测响应遵循封装大气的粘度温度相关性，约为0.25%/°C。

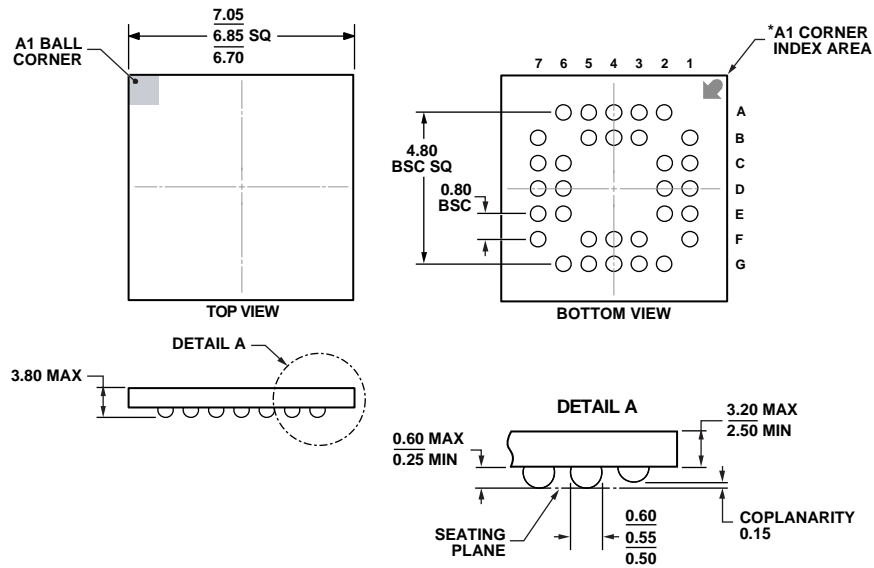
同时启动ST1和ST2不会造成损坏。ST1与ST2匹配严格(±5%)，但同时启动二者可能会引起与自测不匹配度成比例的小视在零点偏置偏移。

对ST1和ST2引脚施加一个等于 $V_{RATIO}$ 的电压可以启动ST1和ST2。施加于ST1和ST2的电压不得大于 $AV_{CC}$ 。

## 连续自测

ADXRS652的单芯片集成度使它比任何其它采用大规模制造方法获得的产品具有更高的可靠性。此外，它采用成熟的BiMOS工艺制造，该工艺的可靠性已得到实际验证。作为额外的故障检测措施，器件上电时可以执行自测。然而，某些应用可能必须在速率检测的同时执行连续自测。有关连续自测技术的详细说明，另请参考应用笔记AN-768。

# 外形尺寸



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

图24. 32引脚陶瓷球栅阵列封装[CBGA]  
 (BC-32-3)

尺寸单位: mm

10-26-2009-B

## 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项
ADXRS652BBGZ	-40°C至+105°C	32引脚陶瓷球栅阵列[CBGA]	BC-32-3
ADXRS652BBGZ-RL	-40°C至+105°C	32引脚陶瓷球栅阵列[CBGA]	BC-32-3
ADXRS652BBGZ-RL7	-40°C至+105°C	32引脚陶瓷球栅阵列[CBGA]	BC-32-3
EVAL-ADXRS652Z		评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

**注释**