



**ANALOG
DEVICES**

具有高稳定性、低噪声和 振动抑制特性的偏航角速度陀螺仪

ADXRS646

产品特性

- 偏置稳定度: 12°/小时
- Z轴(偏航角速度)响应
- 角向随机游动: $0.01^\circ/\sqrt{s}$
- 可在宽频率范围内提供高振动抑制特性
- 测量范围可扩大至 $\pm 450^\circ/s$
- 抗冲击能力: 10,000 g
- 输出与基准电源成比率
- 6 V单电源供电
- 工作温度: $-40^\circ C$ 至 $+105^\circ C$
- 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
- 在单芯片上实现完整的角速度陀螺仪
- 符合RoHS标准

应用

- 工业应用
- 恶劣的机械环境
- 平台稳定

概述

ADXRS646是具有出色抗振性的高性能角速率传感器(陀螺仪)。偏置稳定性是广泛认可的高性能陀螺仪品质因数,但在实际应用中,振动敏感度经常是更重要的性能限制,且必须考虑选择陀螺仪。ADXRS646具有出色的抗振性和加速抑制,偏置漂移低至12°/小时(典型值),能够在极其恶劣的冲击和振动环境中进行速率检测。

ADXRS646采用ADI公司取得专利的大规模BiMOS表面微加工工艺制造。先进的差分四传感器设计改善了加速和振动抑制。输出信号RATEOUT是电压值,与围绕封装上表面垂直轴转动的角速率成比例。测量范围最小值为 $\pm 250^\circ/s$ 。输出与所提供的基准电源成比率。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。

ADXRS646提供7 mm × 7 mm × 3 mm CBGA芯片级封装。

功能框图

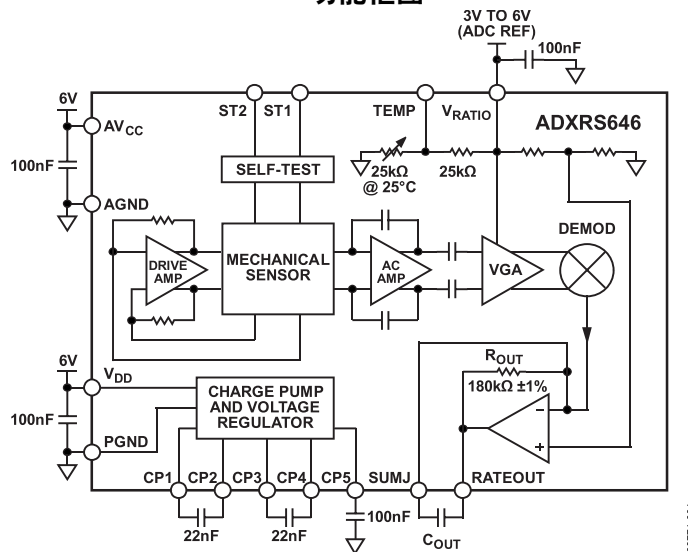


图1.

Rev. B

Document Feedback

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 ©2011–2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support www.analog.com

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文,敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误,ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性,请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

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	电源比率	10
修订历史	2	零点调整	10
技术规格	3	自测功能	10
绝对最大额定值	4	连续自测	10
速率敏感轴	4	修改测量范围	10
ESD警告	4	抗振性	11
引脚配置和功能描述	5	外形尺寸	12
典型性能参数	6	订购指南	12

修订历史

2014年1月—修订版A至修订版B

更改表1	3
更改“典型性能参数”部分的图片标题	6
更换图8	6
更改“连续自测”部分	10

2012年9月—修订版0至修订版A

更改图1	1
更改图9	6

2011年9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。不保证典型技术规格。

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = AV_{CC} = V_{DD} = 6\text{V}$, $V_{RATIO} = AV_{CC}$, 角速度 = $0^\circ/\text{s}$, 带宽 = 80Hz ($C_{OUT} = 0.01\ \mu\text{F}$), $I_{OUT} = 100\ \mu\text{A}$, $\pm 1\text{g}$ 。

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 ¹	顺时针旋转为正输出				
测量范围 ²	额定范围内的满量程范围	± 250	± 300		$^\circ/\text{s}$
初始		8.5	9	9.5	$\text{mV}/^\circ/\text{s}$
温度漂移 ³			± 6.5		%
非线性度	最佳拟合直线		0.01		% FS
零点 ¹					
零点	-40°C 至 $+105^\circ\text{C}$	2.7	3.0	3.3	V
温度漂移 ³			± 3		$^\circ/\text{s}$
线性加速度效应	任意轴		0.015		$^\circ/\text{s}/\text{g}$
振动校正	25 g rms, 50 Hz至5 kHz		0.0001		$^\circ/\text{s}/\text{g}^2$
噪声性能					
速率噪声密度	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$		0.01		$^\circ/\text{s}/\sqrt{\text{Hz}}$
速率噪声密度	$T_A \leq 105^\circ\text{C}$		0.015		$^\circ/\text{s}/\sqrt{\text{Hz}}$
本底分辨率	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 运动中1分钟到1小时		12		$^\circ/\text{hr}$
频率响应					
带宽 ⁴	$\pm 3\text{dB}$ 用户可调符合规格		1000		Hz
传感器谐振频率		15.5	17.5	20	kHz
自测 ¹					
ST1 RATEOUT响应	ST1引脚从逻辑0变为逻辑1		-50		$^\circ/\text{s}$
ST2 RATEOUT响应	ST2引脚从逻辑0变为逻辑1		50		$^\circ/\text{s}$
ST1至ST2不匹配 ⁵		-5	± 0.5	+5	%
逻辑1输入电压	ST1引脚或ST2引脚	4			V
逻辑0输入电压				2	V
输入阻抗	ST1引脚或ST2引脚接公共端	40	50	100	k Ω
温度传感器 ¹					
V_{OUT} (25°C)	负载 = 10 M Ω	2.8	2.9	3.0	V
比例系数 ⁶	25°C , $V_{RATIO} = 6\text{V}$		10		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
V_S 负载			25		k Ω
公共端负载			25		k Ω
开启时间 ⁶	通过CP5 = 100 nF上电至最终值的 $\pm 0.5\%/s$			50	ms
输出驱动能力					
电流驱动	额定性能			200	μA
容性负载驱动				1000	pF
电源					
工作电压(V_S)		5.75	6.00	6.25	V
静态电源电流			4		mA
温度范围					
额定性能		-40		+105	$^\circ\text{C}$

¹ 参数与VRATIO成线性比率关系。

² 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)。

³ $+25^\circ\text{C}$ 至 -40°C 或 $+25^\circ\text{C}$ 至 $+105^\circ\text{C}$ 。

⁴ 通过外部电容 C_{OUT} 调整。带宽降至0.01 Hz以下不会进一步改善噪声。

⁵ 自测不匹配定义为 $(ST2 + ST1)/((ST2 - ST1)/2)$ 。

⁶ 基于特性。

绝对最大额定值

表2.

参数	额定值
加速度(任意轴, 0.5 ms)	
未上电	10,000 g
上电	10,000 g
V_{DD}, AV_{CC}	-0.3 V至+6.6 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)	不定
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它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10,000 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。

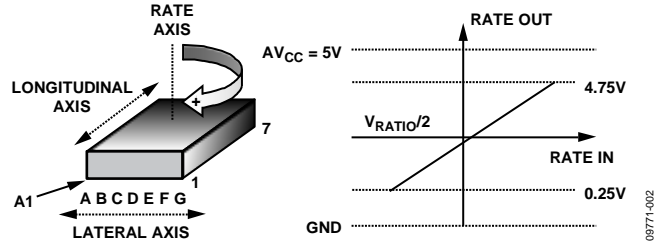


图2. 顺时针旋转时RATEOUT信号增大

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

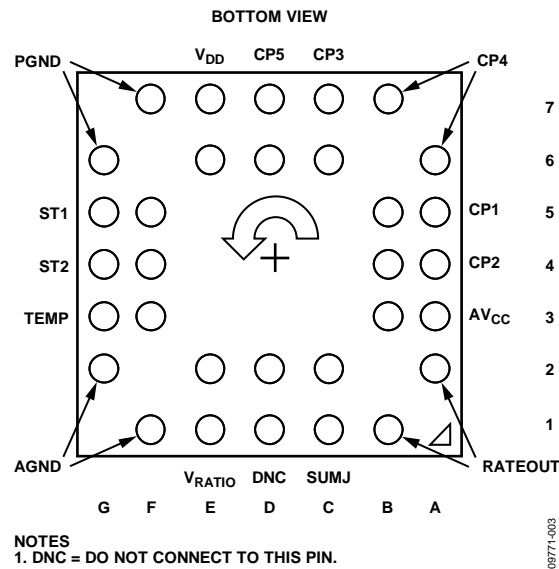


图3. 引脚配置

表3. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
6D, 7D	CP5	高压滤波器电容100nF (±5%)。
6A, 7B	CP4	电荷泵电容22 nF (±5%)。
6C, 7C	CP3	电荷泵电容22 nF (±5%)。
5A, 5B	CP1	电荷泵电容22 nF (±5%)。
4A, 4B	CP2	电荷泵电容22 nF (±5%)。
3A, 3B	AV _{CC}	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	DNC	请勿连接该引脚。
1E, 2E	V _{RATIO}	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 _{DD}	正电荷泵电源。

典型性能参数

除非另有说明，所有典型性能图的N > 1000。

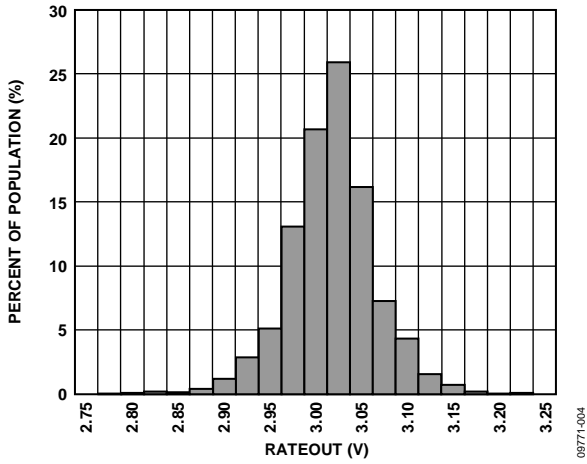


图4. 25°C时零点偏置

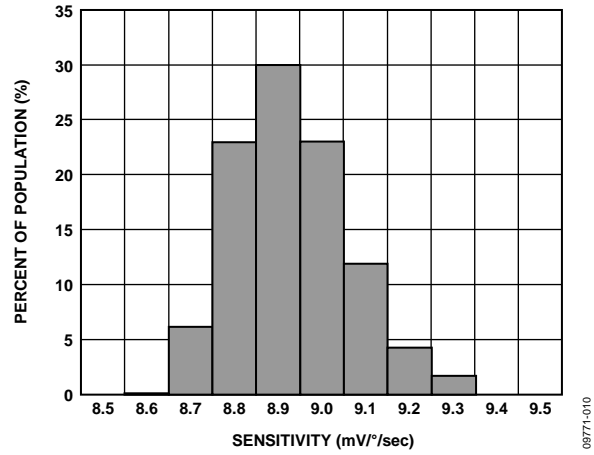


图7. 25°C时的灵敏度

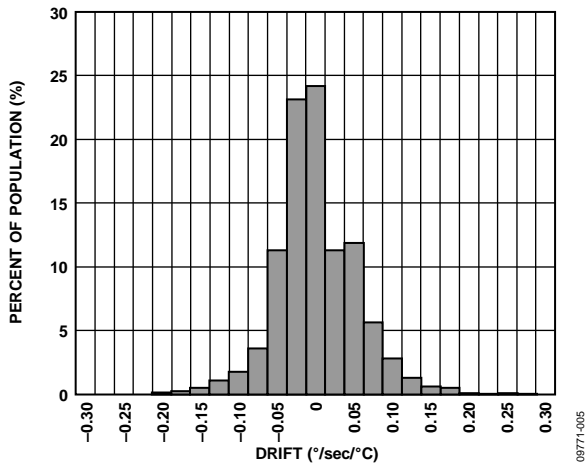


图5. 在整个温度范围内的零点漂移

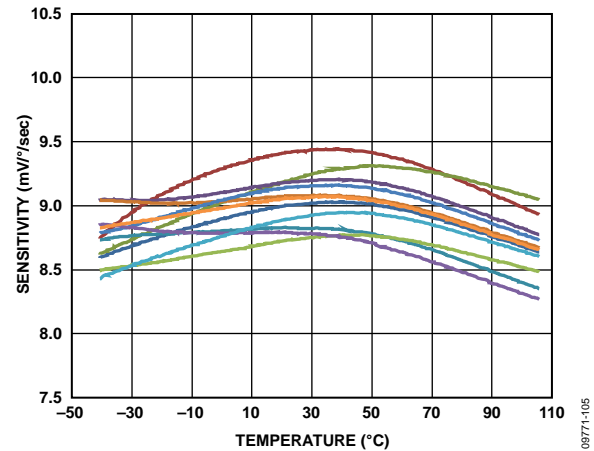


图8. 整个温度范围内的灵敏度，插口中有16个器件

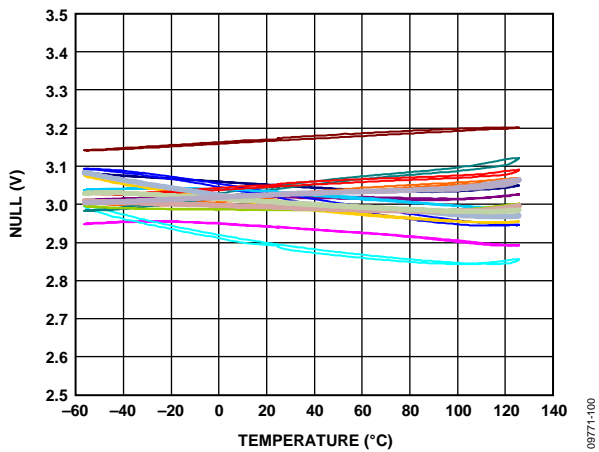


图6. 整个温度范围内的零点输出，插口中有16个器件

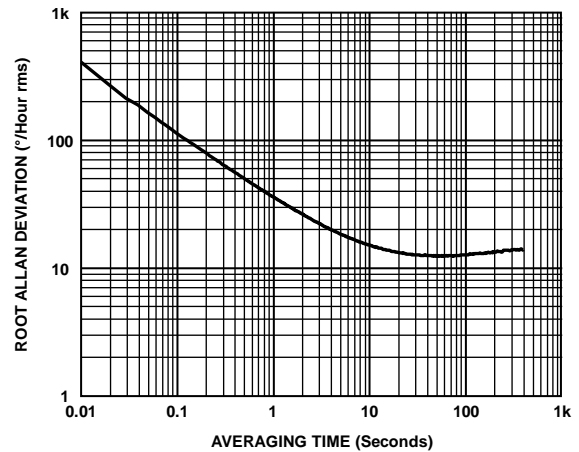


图9. 25°C时的典型艾伦偏差平方根与均值时间的关系

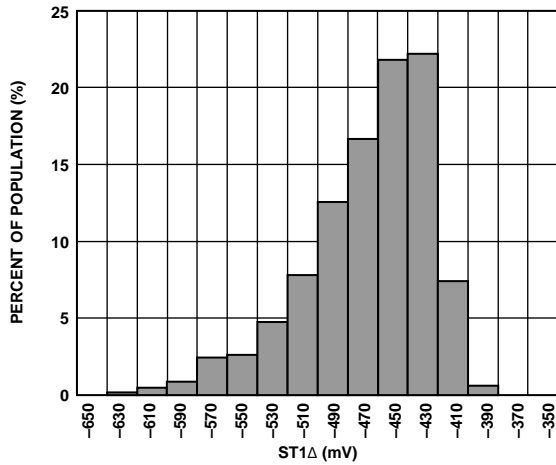


图10. 25°C时的ST1输出变化

09771-006

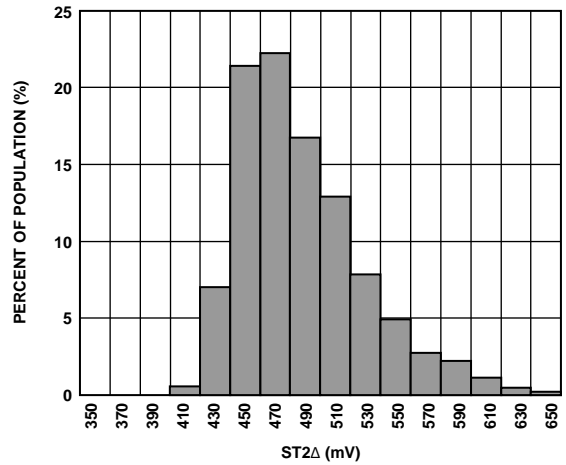


图13. 25°C时的ST2输出变化

09771-007

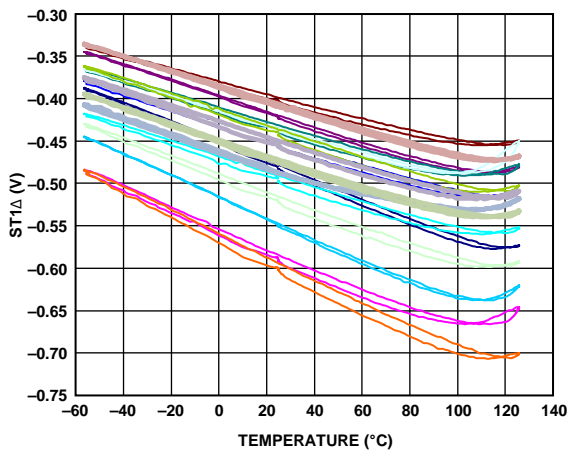


图11. ST1输出变化与温度的关系，插口中有16个器件

09771-004

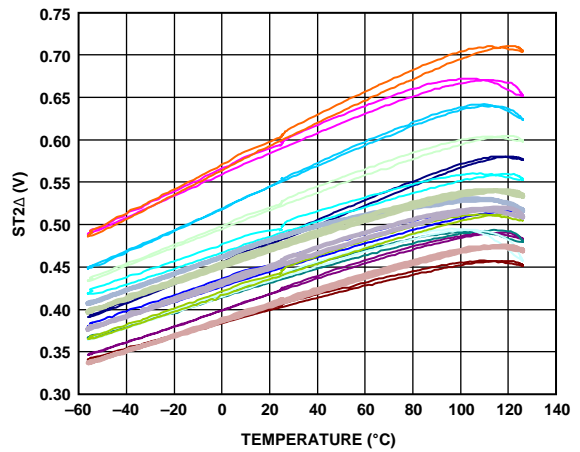


图14. ST2输出变化与温度的关系，插口中有16个器件

09771-003

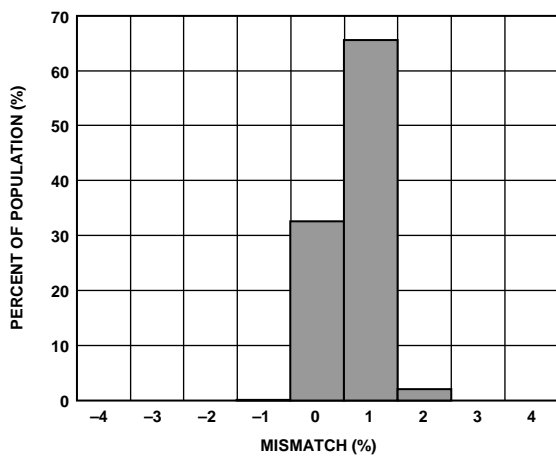


图12. 25°C时的自测不匹配

09771-008

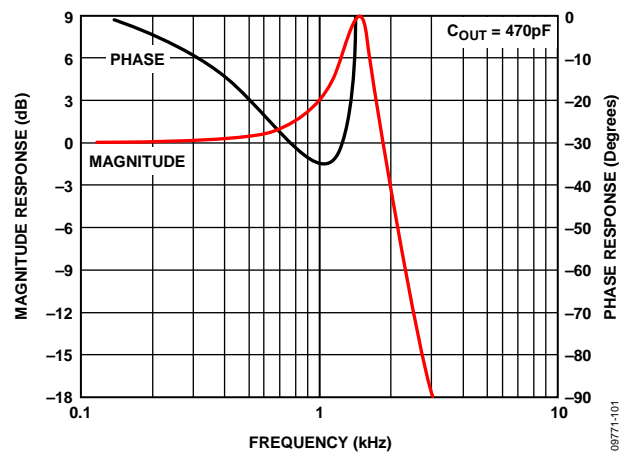


图15. 采用2.2 kHz输出滤波器的ADXRS646频率响应

09771-001

ADXRS646

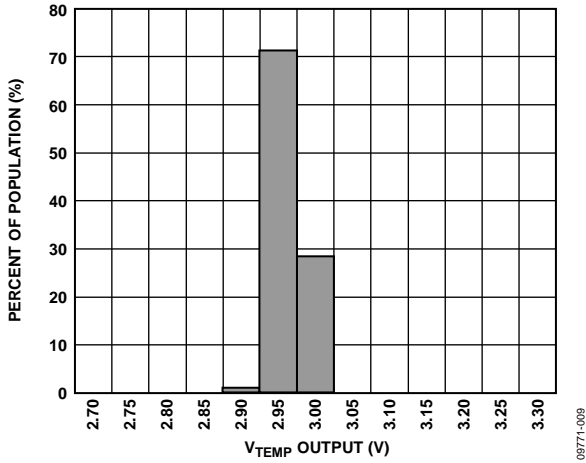


图16. 25°C时的 V_{TEMP} 输出

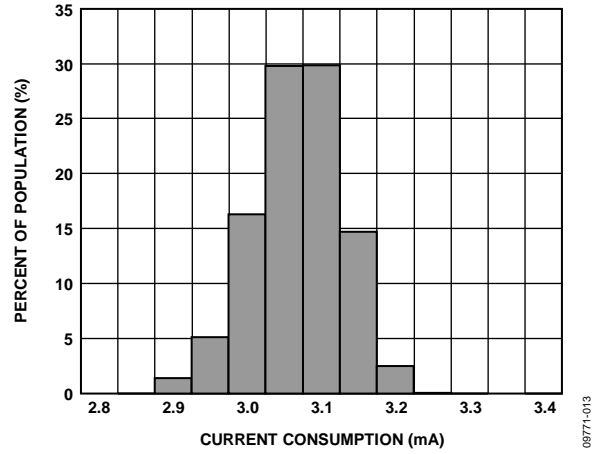


图18. 25°C时的功耗

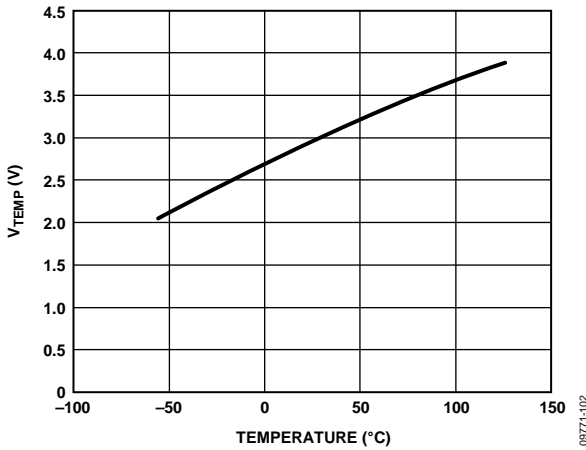


图17. V_{TEMP} 输出与温度的关系

工作原理

ADXRS646使用谐振器陀螺仪原理工作。图19是四种多晶硅检测结构之一的简化图。每种检测结构均包含一个扰动框架，通过静电驱动到谐振状态。这会产生必要的速度，从而在旋转期间产生科里奥利力。ADXRS646设计用于感应Z轴(偏航)角速度。

当检测结构旋转时，产生的科氏力耦合至外部检测框架，该框架包含置于固定拾拾器指之间的可动指。这样便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。四传感器设计可抑制线性和角加速度，包括外部重力、冲击和振动。四路传感结构以机械方式耦合四种检测结构，使外部重力表现为可通过ADXRS646中实施的完全差分架构来消除的共模信号，因而可进行抑制。

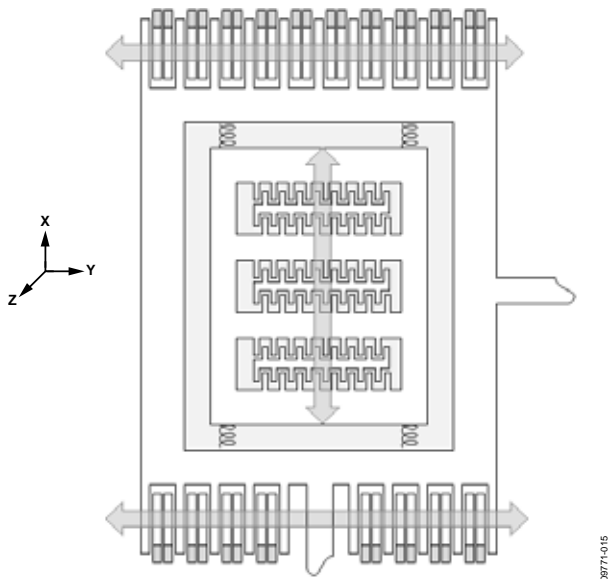


图19. 简化陀螺仪检测结构——一个转折

静电谐振器的工作电压为21 V。由于大多数应用一般只提供6 V电压，因此芯片内包括一个电荷泵。如果提供21 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ADXRS646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ADXRS646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ADXRS646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：

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

陀螺仪为 18 kHz 谐振频率时，经常会添加另一个外部滤波器(硬件或软件)，以衰减解调尖峰引起的高频噪声。推荐由 $3.3 \text{ k}\Omega$ 串联电阻和 22 nF 并联电容(2.2 kHz 极点)组成的RC输出滤波器。

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。ADXRS646有一路温度相关的电压输出，可以作为这种校准方法的输入。温度传感器结构如图20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°C 时TEMP引脚(3F, 3G)的标称电压为 2.9 V ， $V_{RATIO} = 6 \text{ V}$ 。 25°C 时温度系数为 $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ (典型值)；图17显示了整个温度范围的输出响应。虽然TEMP输出的重复度高，但绝对精度不高。

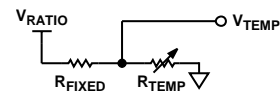


图20. 温度传感器结构

ADXRS646

电源比率

ADXRS646的零点输出电压(RATEOUT)、灵敏度、自测响应(ST1和ST2)和温度输出(TEMP)与 V_{RATIO} 成比率。因此, ADXRS646与电源比率式ADC配合使用,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通常可忽略不计的小误差。注意,为了确保满测量范围, V_{RATIO} 不得大于 AV_{CC} 。

零点调整

标称的3.0 V零点输出电压针对的是RATEOUT (1B, 2A)的对称摆幅范围。然而,某些应用可能需要对称的输出摆幅。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

ADXRS646具有自测功能,可以让各检测结构和相关电子电路如同陀螺仪受到角速率效应一样。

自测功能由施加于ST1引脚(5E, 5G)、ST2引脚(4E, 4G)或以上二者的标准逻辑高电平启动。对ST1引脚施加逻辑高电平会使得RATEOUT电压发生-450 mV(典型值)的变化,对ST2引脚施加逻辑高电平会使得+450 mV(典型值)出现相反的变化。施加于ST1和ST2引脚的电压不得大于 AV_{CC} 。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产生的输出响应严格匹配($\pm 2\%$),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。

连续自测

片内集成ADXRS646以及成熟的制造工艺均为陀螺仪提供了经实际验证的可靠性。

作为额外的故障检测措施,可以在上电或工作期间偶尔执行自测。然而,某些应用可能必须在旋转速率检测的同时执行连续自测。

修改测量范围

在RATEOUT和SUMJ之间增加单个225 k Ω 电阻,可以降低ADXRS646比例因子,把测量范围扩展到差不多 $\pm 450^\circ/\text{s}$ 。如果在RATEOUT和SUMJ之间增加外部电阻, C_{OUT} 必定会按比例增加才能保持正确的带宽。

抗振性

陀螺仪设计用于仅对旋转做出响应。但是，所有陀螺仪也会响应线性运动，其精度不尽相同。偏置稳定性经常用作主要品质因数，用于评估高性能陀螺仪，实际应用中会出现许多额外的误差源。特别是在需要运动传感器的应用场合，会出现振动和加速，而由此造成的误差经常会淹没偏置漂移。

差分四路传感器设计使得ADXRS646本身就能抗振动，无需进行补偿。图21和图22演示了ADXRS646出色的抗振性。图21显示了在20 Hz至2 kHz施加的有15 g rms随机振动和无15 g rms随机振动时ADXRS646输出响应。性能类似，与输入振动的方向无关。

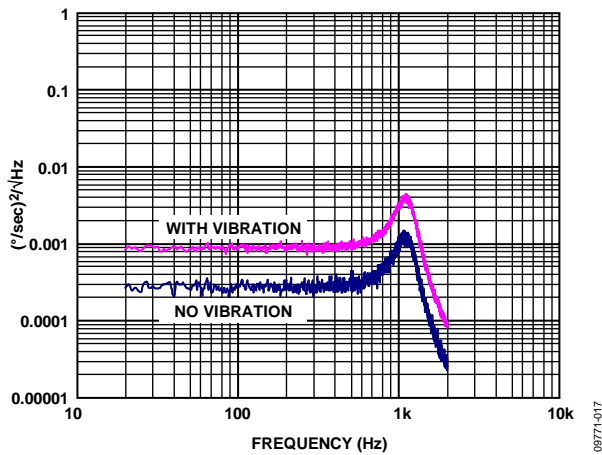


图21. 有随机振动和无随机振动(15 g RMS, 20 Hz至2 kHz)时 ADXRS646输出响应；陀螺仪带宽设置为1600 Hz

若要进一步改善抗振性和加速，可使用加速度计实施某些重力敏感补偿。无论振动频率高低，振动响应恒定时这种技术最成功。图22演示了20 Hz至5 kHz范围内对5 g正弦振动的ADXRS646直流偏置响应。此图表明不存在敏感的频率且振动校正微乎其微。因而，必要时可使用加速度计进行重力敏感补偿，但器件固有的性能足以用于许多应用场合。

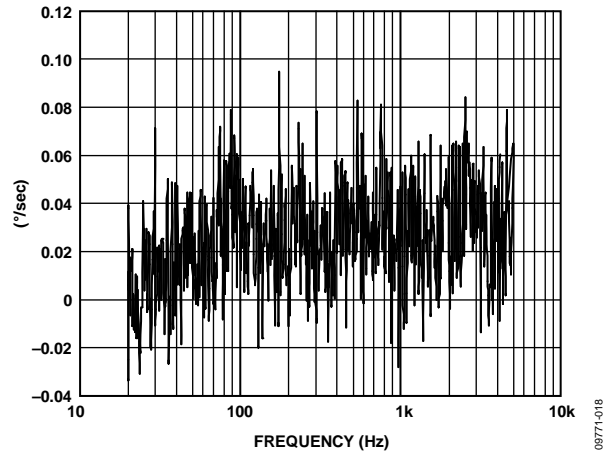
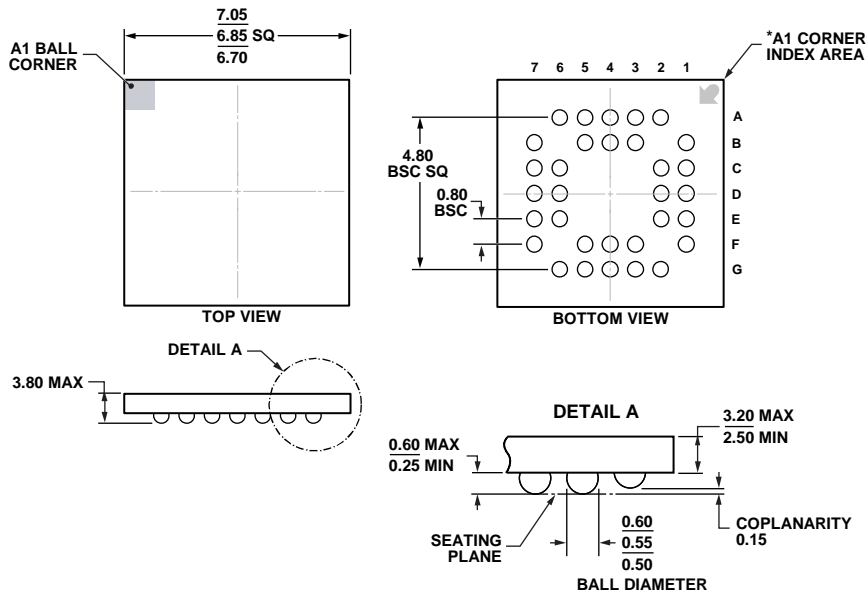


图22. ADXRS646正弦振动输出响应(5 g, 20 Hz至5 kHz); 陀螺仪带宽设置为1600 Hz

ADXRS646

外形尺寸



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

07-11-2012-B

图23. 32引脚陶瓷球栅阵列封装[CBGA]
(BG-32-3)

尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项
ADXRS646BBGZ	-40°C至+105°C	32引脚陶瓷球栅阵列[CBGA]	BG-32-3
ADXRS646BBGZ-RL	-40°C至+105°C	32引脚陶瓷球栅阵列[CBGA]	BG-32-3
EVAL-ADXRS646Z		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。