

### 产品特性

三轴检测

小尺寸、薄型封装

4 mm × 4 mm × 1.45 mm LFCSP

低功耗: 350 μA(典型值)

单电源供电: 1.8 V至3.6 V

抗冲击能力: 10,000 g

出色的温度稳定性

通过各轴的一个电容调整相应的带宽

符合RoHS/WEEE无铅要求

### 应用

对成本敏感的低功耗运动和倾斜检测应用

移动设备

游戏系统

磁盘驱动器保护

图像稳定

运动和保健器材

### 概述

ADXL335是一款小尺寸、薄型、低功耗、完整的三轴加速度计，提供经过信号调理的电压输出，该产品的满量程加速度测量范围为±3g(最小值)，既可以测量倾斜检测应用中的静态加速度，也可以测量运动、冲击或振动导致的动态加速度。

用户使用 $X_{OUT}$ 、 $Y_{OUT}$ 和 $Z_{OUT}$ 引脚上的电容 $C_X$ 、 $C_Y$ 和 $C_Z$ 选择该加速计的带宽。可以根据应用选择合适的带宽，X轴和Y轴的带宽范围为0.5 Hz至1600 Hz，Z轴的带宽范围为0.5 Hz至550 Hz。

ADXL335提供小尺寸、薄型、16引脚、4 mm × 4 mm × 1.45 mm塑料引脚架构芯片级封装(LFCSP\_LQ)。

### 功能框图

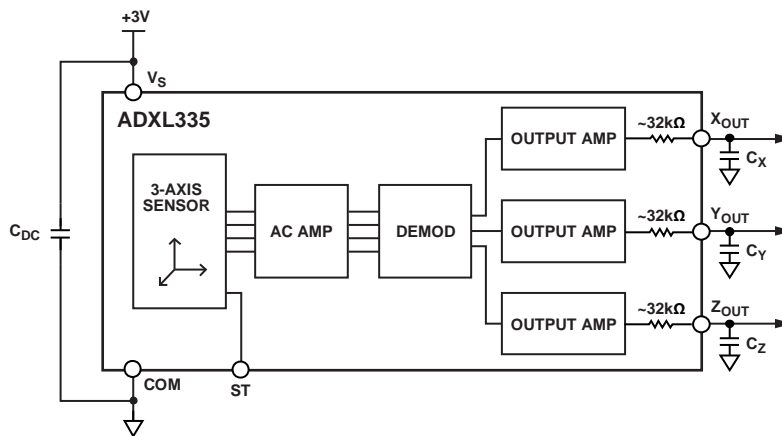


图1.

### Rev. B

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 ©2009–2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

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	性能 .....	10
应用 .....	1	应用信息 .....	11
概述 .....	1	电源去耦 .....	11
功能框图 .....	1	利用 $C_x$ 、 $C_y$ 和 $C_z$ 设置带宽 .....	11
修订历史 .....	2	自测 .....	11
技术规格 .....	3	选择滤波器特性的设计权衡：噪声/带宽的取舍关系 .....	11
绝对最大额定值 .....	4	在非3 V工作电压下使用 .....	12
ESD警告 .....	4	加速度灵敏度轴 .....	12
引脚配置和功能描述 .....	5	布局和设计建议 .....	13
典型性能参数 .....	6	外形尺寸 .....	14
工作原理 .....	10	订购指南 .....	14
机械传感器 .....	10		

## 修订历史

### 2010年1月—修订版A至修订版B

更改图21 .....	9
-------------	---

### 2009年7月—修订版0至修订版A

更改图22 .....	9
更改“外形尺寸” .....	14

### 2009年1月-版本0：初始版

## 技术规格

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_S = 3\text{V}$ ， $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\ \mu\text{F}$ ，加速度 = 0 g。保证所有最低和最高技术规格。不保证典型技术规格。

表1.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
传感器输入	各轴				
测量范围		$\pm 3$	$\pm 3.6$		g
非线性度	满量程百分比		$\pm 0.3$		%
封装对齐误差			$\pm 1$		度
轴间对齐误差			$\pm 0.1$		度
跨轴灵敏度 <sup>1</sup>			$\pm 1$		%
灵敏度(比率) <sup>2</sup>	各轴				
$X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$ 、 $Z_{\text{OUT}}$ 灵敏度	$V_S = 3\text{V}$	270	300	330	mV/g
温度引起的灵敏度变化 <sup>3</sup>	$V_S = 3\text{V}$		$\pm 0.01$		%/°C
0 g偏置电平(比率)					
$X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$ 的0 g电压	$V_S = 3\text{V}$	1.35	1.5	1.65	V
$Z_{\text{OUT}}$ 的0 g电压	$V_S = 3\text{V}$	1.2	1.5	1.8	V
0 g失调与温度的关系			$\pm 1$		mg/°C
噪声性能					
$X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$ 噪声密度			150		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
$Z_{\text{OUT}}$ 噪声密度			300		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
频率响应 <sup>4</sup>					
$X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$ 带宽 <sup>5</sup>	无外部滤波器		1600		Hz
$Z_{\text{OUT}}$ 带宽 <sup>5</sup>	无外部滤波器		550		Hz
RFILT容差			$32 \pm 15\%$		k $\Omega$
传感器谐振频率			5.5		kHz
自测 <sup>6</sup>					
逻辑输入低电平			+0.6		V
逻辑输入低电平			+2.4		V
ST启动电流			+60		$\mu\text{A}$
$X_{\text{OUT}}$ 的输出变化	自测0至自测1	-150	-325	-600	mV
$Y_{\text{OUT}}$ 的输出变化	自测0至自测1	+150	+325	+600	mV
$Z_{\text{OUT}}$ 的输出变化	自测0至自测1	+150	+550	+1000	mV
输出放大器					
输出摆幅低电平	空载		0.1		V
输出摆幅高电平	空载		2.8		V
电源					
工作电压范围		1.8		3.6	V
电源电流	$V_S = 3\text{V}$		350		$\mu\text{A}$
开启时间 <sup>7</sup>	无外部滤波器		1		ms
温度					
工作温度范围		-40		+85	°C

<sup>1</sup> 定义为任意两轴之间的耦合。

<sup>2</sup> 灵敏度实质上与 $V_S$ 成比例关系。

<sup>3</sup> 定义为环境温度至最高温度或环境温度至最低温度的输出变化。

<sup>4</sup> 实际频率响应受控于用户提供的外部滤波器电容( $C_X$ 、 $C_Y$ 、 $C_Z$ )。

<sup>5</sup> 带宽(外部电容 =  $1/(2 \times \pi \times 32\text{ k}\Omega \times C)$ )。对于 $C_X$ 、 $C_Y = 0.003\ \mu\text{F}$ ，带宽 = 1.6 kHz。对于 $C_Z = 0.01\ \mu\text{F}$ ，带宽 = 500 Hz。对于 $C_X$ 、 $C_Y$ 、 $C_Z = 10\ \mu\text{F}$ ，带宽 = 0.5 Hz。

<sup>6</sup> 自测响应值等于 $V_S$ 的三次方。

<sup>7</sup> 开启时间取决于 $C_X$ 、 $C_Y$ 、 $C_Z$ ，约为 $160 \times C_X$ 或 $C_Y$ 或 $C_Z + 1\text{ ms}$ ，其中 $C_X$ 、 $C_Y$ 、 $C_Z$ 的单位是微法( $\mu\text{F}$ )。

# ADXL335

## 绝对最大额定值

表2.

参数	额定值
加速度(任意轴、无电)	10,000 <i>g</i>
加速度(任意轴、有电)	10,000 <i>g</i>
$V_s$	-0.3 V至+3.6 V
所有其它引脚	(COM - 0.3 V)至( $V_s$ + 0.3 V)
输出短路持续时间(任意引脚接公共端)	不定
温度范围(有电)	-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，不表示在这些条件下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，器件能够正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

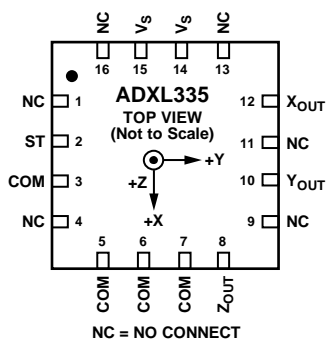
### ESD警告



#### 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



NOTES  
1. EXPOSED PAD IS NOT INTERNALLY CONNECTED BUT SHOULD BE SOLDERED FOR MECHANICAL INTEGRITY.

077098-003

图2. 引脚配置

表3. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	NC	不连接。 <sup>1</sup>
2	ST	自测。
3	COM	公共端。
4	NC	不连接。 <sup>1</sup>
5	COM	公共端。
6	COM	公共端。
7	COM	公共端。
8	ZOUT	Z通道输出。
9	NC	不连接。 <sup>1</sup>
10	YOUT	Y通道输出。
11	NC	不连接。 <sup>1</sup>
12	XOUT	X通道输出。
13	NC	不连接。 <sup>1</sup>
14	VS	电源电压(1.8 V至3.6 V)。
15	VS	电源电压(1.8 V至3.6 V)。
16	NC	不连接。 <sup>1</sup>
EP	裸露焊盘	内部不连接。焊接以保证机械完整性。

<sup>1</sup> 除非另有说明，NC引脚不在内部连接，可连接COM引脚。

## 典型性能参数

除非另有说明，所有典型性能曲线的N > 1000。

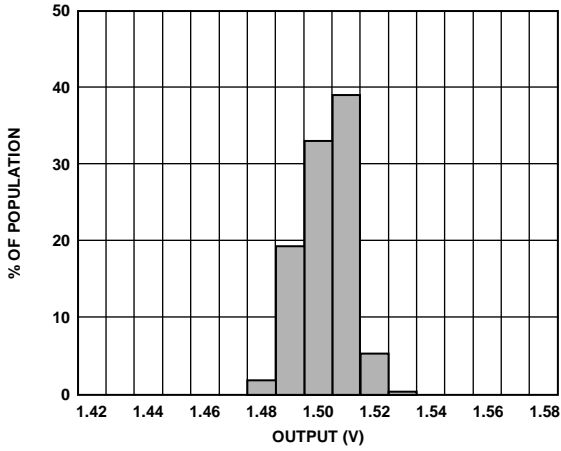


图3. 25°C时的X轴0 g偏置( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-005

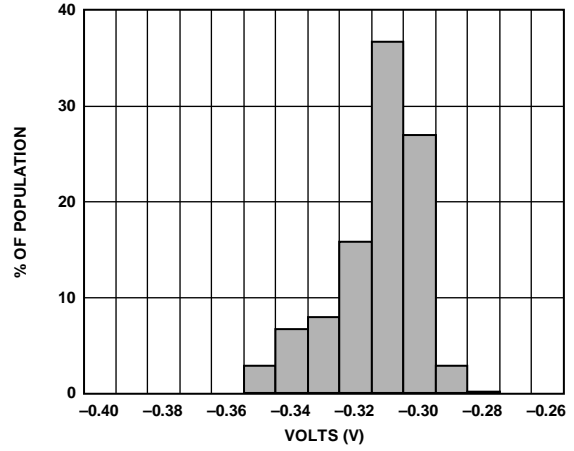


图6. 25°C时的X轴自测响应( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-008

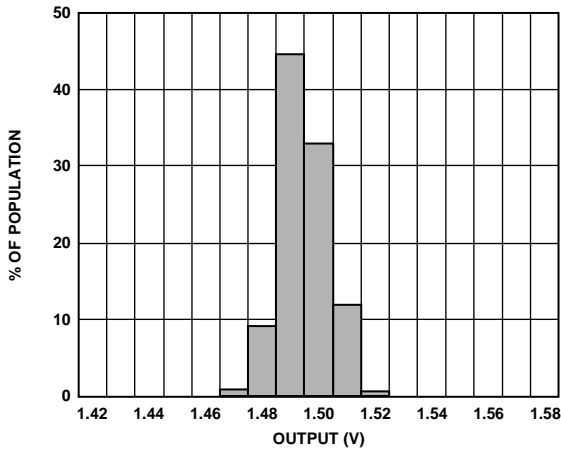


图4. 25°C时的Y轴0 g偏置( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-006

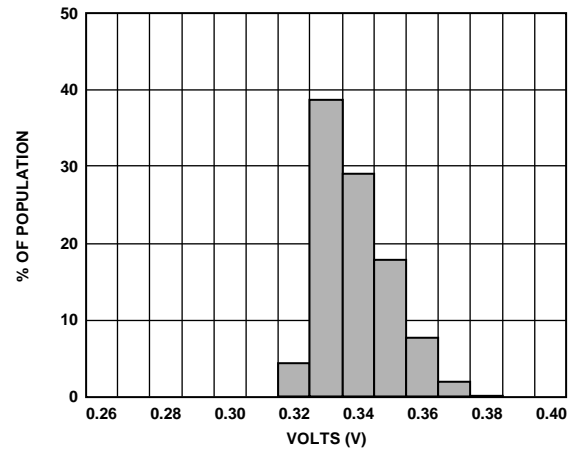


图7. 25°C时的Y轴自测响应( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-009

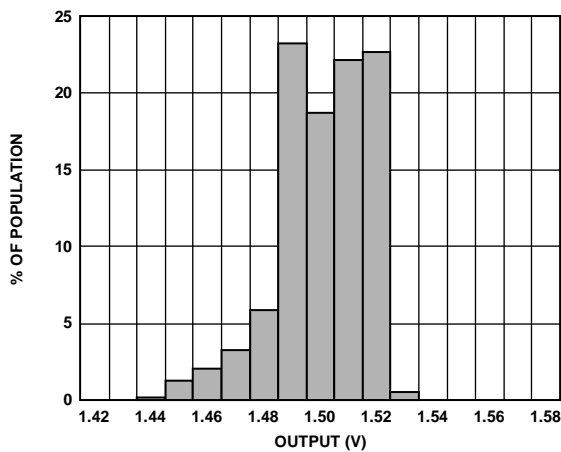


图5. 25°C时的Z轴0 g偏置( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-007

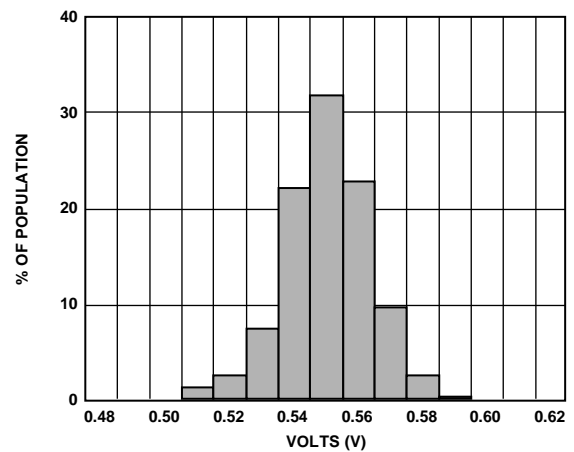


图8. 25°C时的Z轴自测响应( $V_s = 3\text{ V}$ )

07808-010

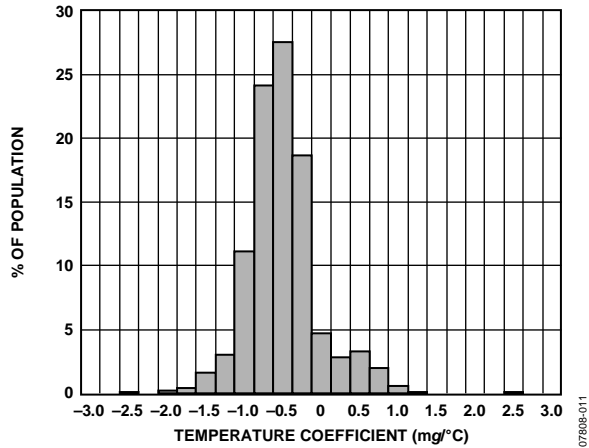


图9. X轴0 g偏置温度系数( $V_s = 3 V$ )

07808-011

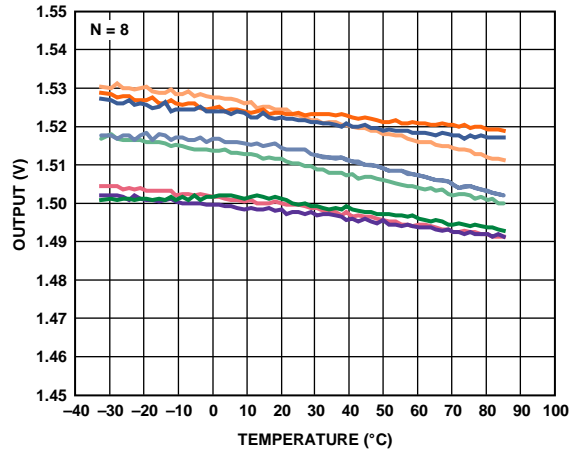


图12. X轴0 g偏置与温度的关系—8个器件焊接到PCB

07808-014

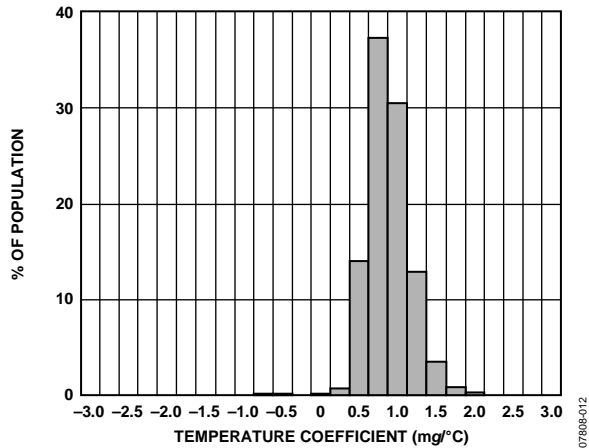


图10. Y轴0 g偏置温度系数( $V_s = 3 V$ )

07808-012

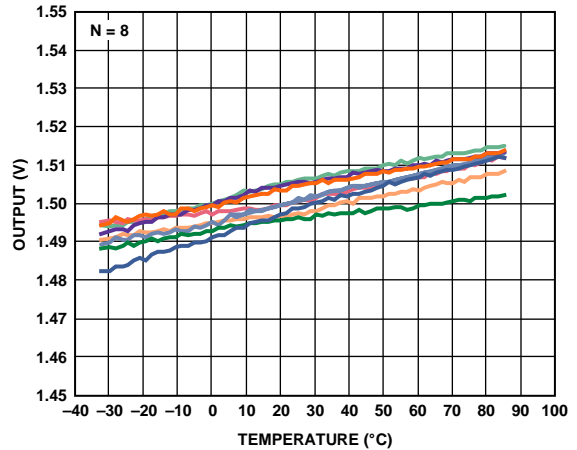


图13. Y轴0 g偏置与温度的关系—8个器件焊接到PCB

07808-015

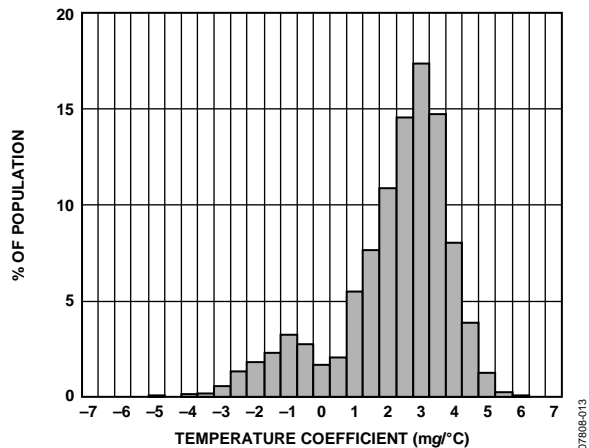


图11. Z轴0 g偏置温度系数( $V_s = 3 V$ )

07808-013

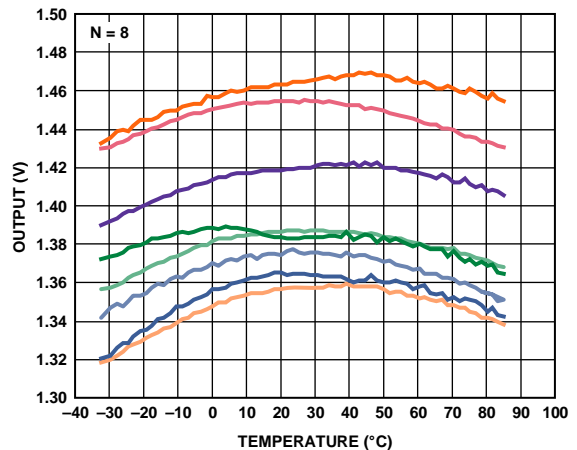


图14. Z轴0 g偏置与温度的关系—8个器件焊接到PCB

07808-016

# ADXL335

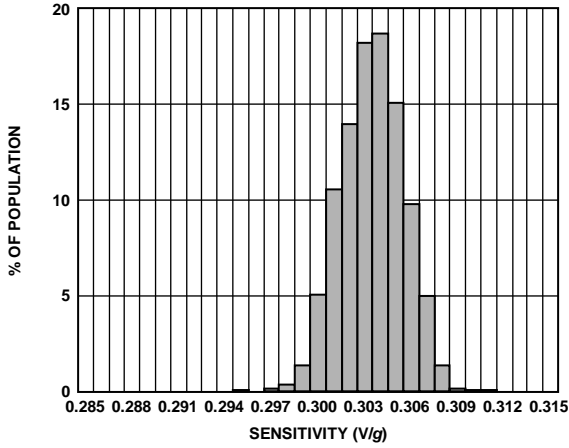


图15. X轴灵敏度(25°C,  $V_s = 3\text{ V}$ )

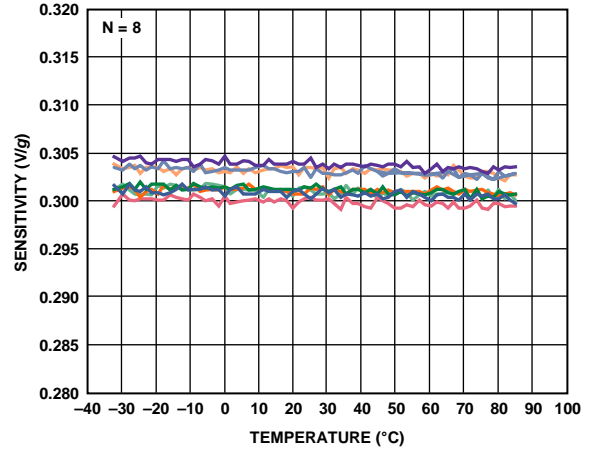


图18. X轴灵敏度与温度的关系—8个器件焊接到PCB ( $V_s = 3\text{ V}$ )

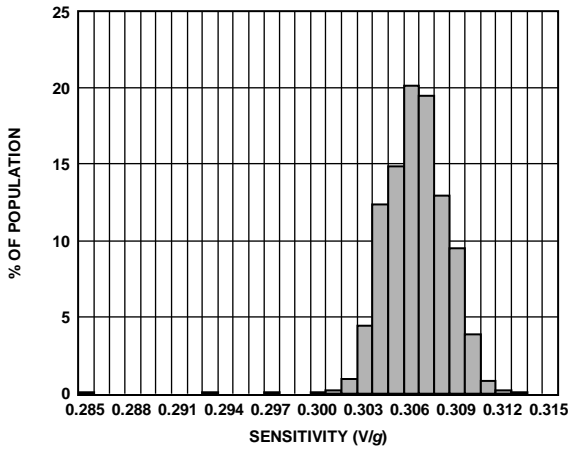


图16. Y轴灵敏度(25°C,  $V_s = 3\text{ V}$ )

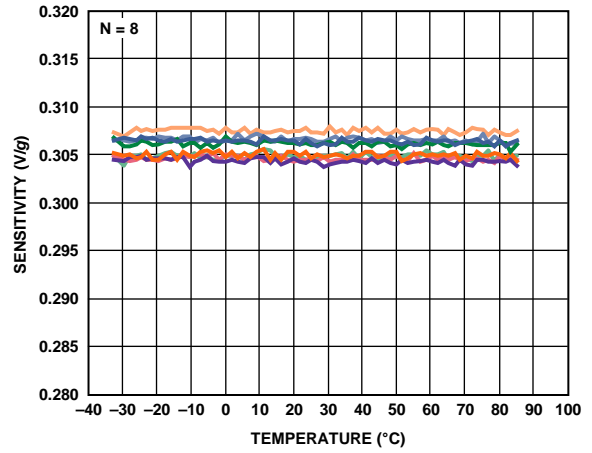


图19. Y轴灵敏度与温度的关系—8个器件焊接到PCB ( $V_s = 3\text{ V}$ )

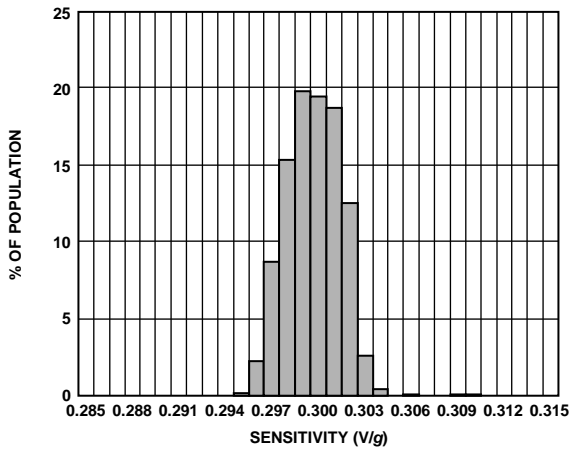


图17. Z轴灵敏度(25°C,  $V_s = 3\text{ V}$ )

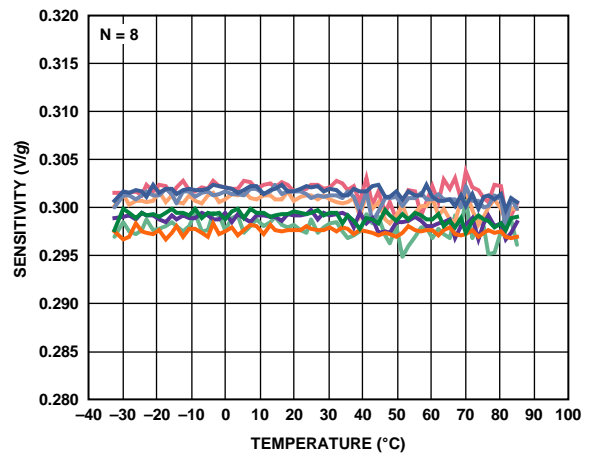


图20. Z轴灵敏度与温度的关系—8个器件焊接到PCB ( $V_s = 3\text{ V}$ )



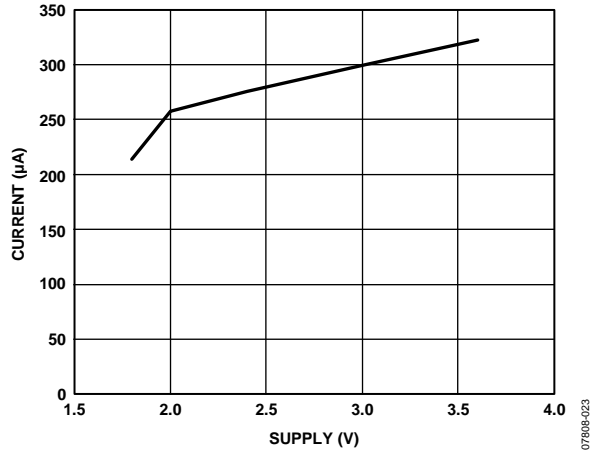


图21. 典型功耗与电源电压的关系

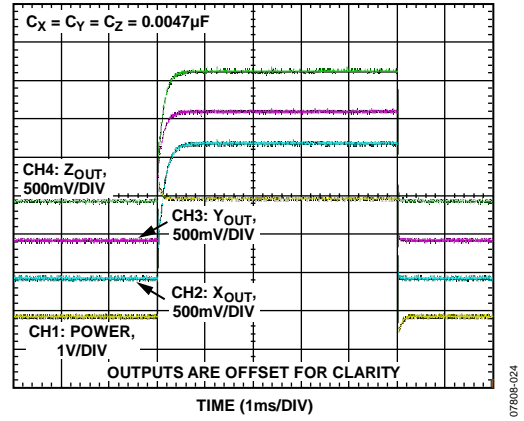


图22. 典型开启时间( $V_s = 3V$ )

## 工作原理

ADXL335是一款完整的3轴加速度测量系统。ADXL335的测量范围为 $\pm 3$  g(最小值)。它包含多晶硅表面微加工传感器和信号调理电路，具有开环加速度测量架构。输出信号为模拟电压，与加速度成比例。该加速度计可以测量倾斜检测应用中的静态重力加速度，以及运动、冲击或振动导致的动态加速度。

该传感器为多晶硅表面微加工结构，置于晶圆顶部。多晶硅弹簧悬挂于晶圆表面的结构之上，提供加速度力量阻力。差分电容由独立固定板和活动质量连接板组成，能对结构偏转进行测量。固定板由 $180^\circ$ 反相方波驱动。加速度使活动质量块偏转，使差分电容失衡，从而使传感器输出的幅度与加速度成比例。然后，使用相敏解调技术决定加速度的幅度和方向。

解调器输出经放大，然后通过 $32\text{ k}\Omega$ 电阻输出片外。用户随后通过添加电容，设置信号带宽。该滤波处理改善了测量分辨率，并且有助于防止出现混叠。

## 机械传感器

ADXL335采用单一结构检测X、Y和Z轴。因此，这三个轴的检测方向具有很高的正交特性且跨轴灵敏度很低。传感器芯片与封装之间的机械对齐误差是影响跨轴灵敏度的主要原因。当然，可在系统级别上执行校准来消除机械对齐误差。

## 性能

ADXL335没有使用额外的温度补偿电路，而是采用创新的设计技术来确保实现高性能。因此，它不存在量化误差或其它非单调性，温度回滞非常低(在 $-25^\circ\text{C}$ 至 $+70^\circ\text{C}$ 的温度范

## 应用信息

### 电源去耦

对于大部分应用而言，可将单个0.1  $\mu\text{F}$  电容  $C_{\text{DC}}$  放置在ADXL335电源引脚附近，以便对加速度计充分去耦，从而消除电源噪声。然而，对于50 kHz内部时钟频率处存在噪声(或任何谐波)的应用而言，则需额外注意对电源进行旁路，因为该噪声可导致加速度测量出现误差。

若需进一步去耦，则可在电源线中加入一个100  $\Omega$  (或更小)的电阻或铁氧体磁珠。此外，亦可在  $C_{\text{DC}}$  处并联一个较大的旁路电容(1  $\mu\text{F}$  或更大)。确保ADXL335地到电源地的连接具有低阻抗，因为通过地传输的噪声与通过  $V_S$  传输的噪声具有类似的效应。

### 利用 $C_X$ 、 $C_Y$ 和 $C_Z$ 设置带宽

ADXL335提供了  $X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$  和  $Z_{\text{OUT}}$  引脚的限带功能。各引脚必须添加一个电容，以便利用低通滤波实现抗混叠和噪声抑制。3 dB带宽的计算公式如下：

$$F_{-3\text{dB}} = 1/(2\pi(32\text{ k}\Omega) \times C_{(X,Y,Z)})$$

或简化为：

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

内部电阻( $R_{\text{FLT}}$ )的容差通常在其标称值(32 k $\Omega$ )的 $\pm 15\%$ 范围内变动，并且带宽也随之变动。在所有情况下， $C_X$ 、 $C_Y$  和  $C_Z$  所需的最小电容为0.0047  $\mu\text{F}$ 。

**表4.  $C_X$ 、 $C_Y$  和  $C_Z$  的滤波器电容值选择**

带宽(Hz)	电容值( $\mu\text{F}$ )
1	4.7
10	0.47
50	0.10
100	0.05
200	0.027
500	0.01

### 自测

ST引脚控制自测功能。当该引脚设为  $V_S$  时，会有静电力施加于加速度计的波束上，使波束移动，以使用户测试加速度计是否工作。针对X轴，输出的典型变化为-1.08 g(对应于-325 mV)；针对Y轴为+1.08 g(对应于+325 mV)；针对Z轴为+1.83 g(对应于+550 mV)。正常使用中，此ST引脚可保持开路或连接到公共端(COM)。

不要使ST引脚上的电压超过  $V_S + 0.3\text{ V}$ 。若由于系统设计的原因而无法保证这一条件(例如，存在多个电源电压)，建议将一个具有低  $V_F$  的箝位二极管连接在ST和  $V_S$  之间。

### 选择滤波器特性的设计权衡：噪声/带宽的取舍关系

所选加速度计的带宽最终将决定测量分辨率(最小可测加速度)。可使用滤波降低本底噪声，从而提高加速度计的分辨率。分辨率取决于  $X_{\text{OUT}}$ 、 $Y_{\text{OUT}}$  和  $Z_{\text{OUT}}$  的模拟滤波器带宽。

ADXL335的输出典型带宽大于500 Hz。用户必须在该处过滤信号，以便抑制混叠误差。为最大程度减少混叠，模拟带宽不得超过模数转换器采样频率的一半。用户可进一步降低模拟带宽，以减少噪声并提高分辨率。

ADXL335的噪声具有白高斯噪声的特征，在所有频率下都会造成相同的效果，以  $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  表示(即该噪声与加速度计带宽的平方根成比例)。用户应将带宽限制为应用所需的最低频率，以便最大程度地提高加速度计的分辨率和动态范围。

由于具有单极点滚降特征，因此ADXL335的噪声典型值可以通过下式确定：

$$rms\ Noise = Noise\ Density \times (\sqrt{BW \times 1.6})$$

它通常用于计算噪声的均方根值。峰峰值噪声仅可采用统计方法估算。表5可用于估算给定均方根值条件下超过各个峰峰值的概率。

**表5. 峰峰值噪声估算**

峰峰值	噪声超过标称峰峰值的百分比(%)
2 $\times$ 均方根值	32
4 $\times$ 均方根值	4.6
6 $\times$ 均方根值	0.27
8 $\times$ 均方根值	0.006

# ADXL335

## 在非3 V工作电压下使用

ADXL335在 $V_s = 3\text{ V}$ 下进行测试且以其为额定电源电压；然而， $V_s$ 可以低至1.8 V或高达3.6 V。请注意，某些性能参数随着电源电压变化而变化。

ADXL335输出为比率式，因此，输出灵敏度(或比例因子)与电源电压成比例变化。 $V_s = 3.6\text{ V}$ 时，输出灵敏度典型值为360 mV/g。 $V_s = 2\text{ V}$ 时，输出灵敏度典型值为195 mV/g。

0 g偏置输出也是比率式的，因此所有电源电压情况下，0 g输出的标称值均等于 $V_s/2$ 。

输出噪声不是比率式的，而是一个绝对值(单位V)；因此，噪声密度随电源电压升高而降低。这是因为比例因子(mV/g)增加而噪声电压却保持不变。 $V_s = 3.6\text{ V}$ 时，X轴和Y轴的噪声密度典型值为 $120\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，而 $V_s = 2\text{ V}$ 时，X轴和Y轴的噪声密度典型值为 $270\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

自测响应(单位g)与电源电压的平方大致成比例。然而，考虑到灵敏度与电源电压的比率关系，自测响应(单位V)与电源电压的立方大致成比例。例如， $V_s = 3.6\text{ V}$ 时，ADXL335的自测响应约为-560 mV(X轴)、+560 mV(Y轴)以及+950 mV(Z轴)。

$V_s = 2\text{ V}$ 时，自测响应约为-96 mV(X轴)、+96 mV(Y轴)以及-163 mV(Z轴)。

电源电流随电源电压的下降而下降。 $V_s = 3.6\text{ V}$ 时，典型电流为375  $\mu\text{A}$ ； $V_s = 2\text{ V}$ 时，典型电流为200  $\mu\text{A}$ 。

## 加速度灵敏度轴

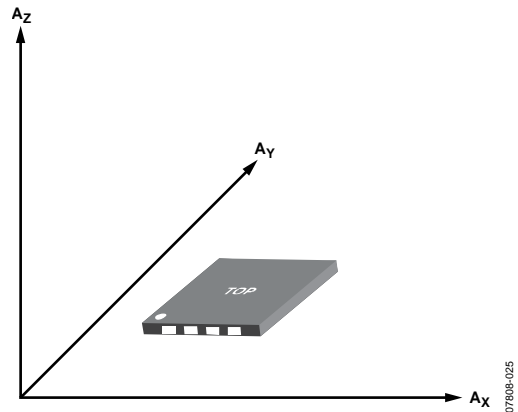


图23. 加速度灵敏度轴(沿敏感轴加速时相应输出电压增加)

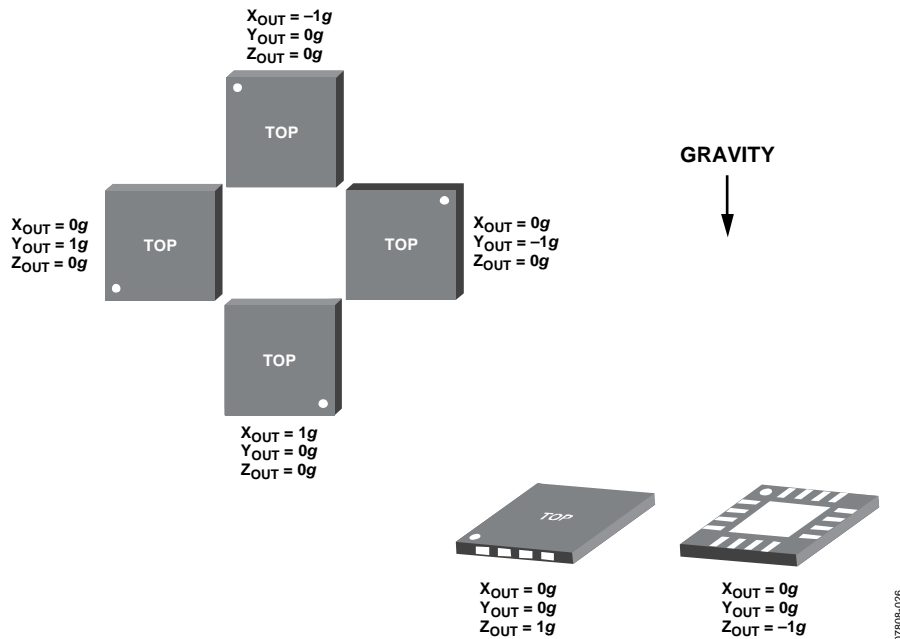


图24. 输出响应与相对于重力的方向的关系

布局和设计建议

推荐的焊接温度曲线如图25所示，而曲线的特性则如后面的表6所述。推荐的PCB布局及焊盘图形如图26所示。

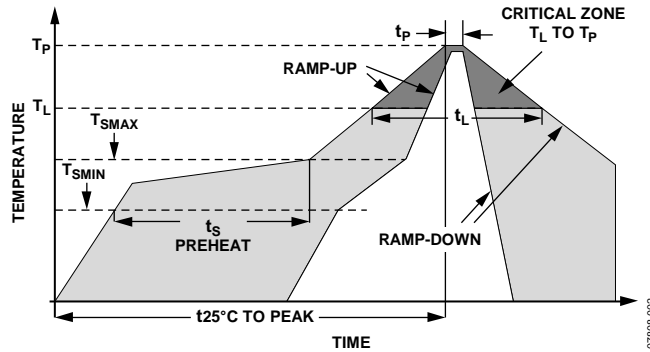


图25. 推荐的焊接温度曲线

表6. 推荐的焊接温度曲线

曲线特性	Sn63/Pb37	无铅
平均斜坡速率( $T_L$ 至 $T_p$ )	3°C/秒(最大值)	3°C/秒(最大值)
预热		
最低温度( $T_{SMIN}$ )	100°C	150°C
最高温度( $T_{SMAX}$ )	150°C	200°C
时间( $T_{SMIN}$ 至 $T_{SMAX}$ )( $t_s$ )	60秒至120秒	60秒至180秒
$T_{SMAX}$ 至 $T_L$		
斜坡速率	3°C/秒(最大值)	3°C/秒(最大值)
液态维持时间( $t_L$ )		
液态温度( $T_L$ )	183°C	217°C
时间( $t_L$ )	60秒至150秒	60秒至150秒
峰值温度( $T_p$ )	240°C + 0°C/-5°C	260°C + 0°C/-5°C
实际峰值温度±5°C以内的时间( $t_p$ )	10秒至30秒	20秒至40秒
斜坡速率	6°C/秒(最大值)	6°C/秒(最大值)
从25°C至峰值温度的时间	6分钟(最大值)	8分钟(最大值)

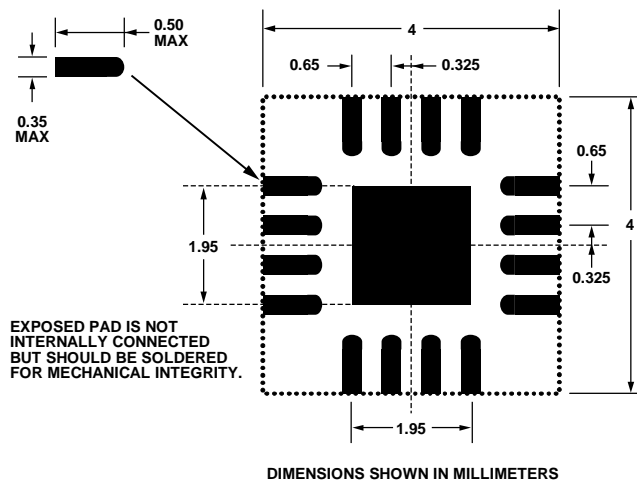
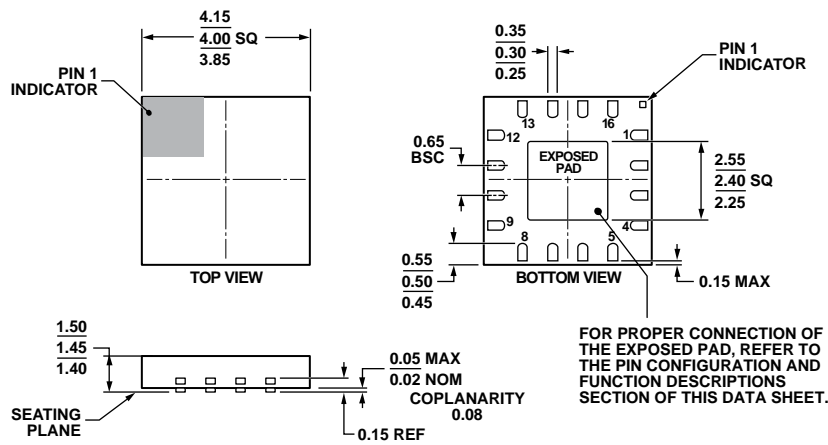


图26. 推荐的PCB布局

# ADXL335

## 外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-WGGD.

27. 16引脚引线框芯片级封装[LFCSP\_LQ]  
 4 mm × 4 mm, 1.45 mm薄四方体  
 图(CP-16-14)  
 图示尺寸单位: mm

### 订购指南

型号 <sup>1</sup>	测量范围	额定电压	温度范围	封装描述	封装选项
ADXL335BCPZ	±3 g	3 V	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_LQ	CP-16-14
ADXL335BCPZ-RL	±3 g	3 V	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_LQ	CP-16-14
ADXL335BCPZ-RL7	±3 g	3 V	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_LQ	CP-16-14
EVAL-ADXL335Z				评估板	

<sup>1</sup>Z = 符合RoHS标准的器件。

**注释**

# ADXL335

## 注释

ADI公司为汽车应用提供专用产品，详情请联系当地ADI公司销售代表。ADI公司销售的标准产品并非设计用于或未经批准用于生命支持、植入式医疗设备、交通运输、核、安全或其他设备；在此类应用中，产品故障可能会引起人身伤亡、严重财产损失或严重环境灾难。买方使用或销售标准产品以用于上述危重应用时，一切风险概由买方承担；由于这种不合目的的使用而导致ADI公司蒙受损失、索赔或发生诉讼时，买方同意保护并赔偿ADI公司，使其不受损害。

©2009–2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
D07808sc-0-1/10(B)



[www.analog.com](http://www.analog.com)