

# MS1000L — 数据表

## 单轴模拟加速度计

MS1000L产品是一款高性价比的MEMS电容式加速度计，基于体硅微加工硅元件，专为实现最高稳定性而设计。该产品功耗低，经过全面校准，坚固耐用，最高可承受 6'000 g冲击力，并且非常稳定。

内部电路集成了一个具有差分模拟±2.7V输出的信号调理器，一个内置自检和一个为提高精确度的温度补偿传感器。传感器是独立的，封装在 20 引脚 LCC 陶瓷外壳中，从而确保了在恶劣环境中的完全密封性。



## 主要特性 (±2g)

- 运行中零偏稳定性 (@10s): 3  $\mu\text{g}$  (±2g)
- 长期零偏重复性: 1.5mg (±2g)
- 低噪音: 7  $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  (±2g)
- 非线性度: ±0.3% (在整个量程范围内)
- 恶劣环境中的可靠性
- LCC20, 密封包装
- SWaP<sup>1</sup>: 9x9x3.5mm<sup>2</sup> - 1.5g, - 10mW
- 工作温度: [-40 ; +125]°C

重要参数, 典型值	MS1002L	MS1005L	MS1010L	MS1030L	MS1050L	MS1100L	单位
全量程加速度	± 2	± 5	± 10	± 30	± 50	± 100	g
运行中零偏稳定性(@10s)	3	7.5	15	45	75	150	$\mu\text{g}$
带内噪音	7	17	34	102	170	340	$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
长期零偏重复性 <sup>2</sup>	1.5	3.7	7.5	22	37	75	mg
零偏温度系数	0.1	0.25	0.5	1.5	2.5	5	mg/°C
比例因子敏感度	1350	540	270	90	54	27	mV/g

<sup>1</sup> SWaP: 尺寸、重量及能耗

<sup>2</sup> 见术语表

## 特色应用 (未全列入):

**航空航天 & 防务:**  
 惯性测量单元 (IMUs)  
 航姿参考系统 (AHRS)  
 飞控系统  
 武器发射系统 – 平台稳定装置  
 GPS 辅助引导 & 导航无人机系统  
 短程制导  
 卫星

**海洋 & 陆地:**  
 自动驾驶车辆、机器人  
 寻北仪、天线、声纳定位  
 水下机器人(ROV)导航、武器发射系统  
 船舶导航与控制  
 移动测绘  
 列车定位 (GPS 航位推算)  
 MWD – 钻孔导向

## MS1002L 参数

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电  $V_{DD}$  下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
<b>加速度计</b>					
全量程		±2			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比%		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			1.8		kHz
噪音	在带宽内		7		µg/√Hz
分辨率	@ 1Hz		7		µg rms
启动时间	传感器正常运行时: 若 POR 触发则会延迟		40		µs
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-7		7	mg
温度系数	见术语表	-0.4	±0.1	0.4	mg/°C
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		0.3		mg
	@6'000g - 见术语表		1.5		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特征(@ 10s)		3		µg
TurnON - TurnON	见术语表		15		µg
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	1.33	1.35	1.37	V/g
温度系数	见术语表	20	120	220	ppm/°C
20°C 时的长期零偏重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 $K_p, K_h$		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% $V_{DD}$
<b>温度传感器</b>					
在 20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		mV/°C
输出电流负载				10	µA
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% $V_{DD}$
<b>电源要求</b>					
供电电压 ( $V_{DD}$ )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 ( $I_{DD}$ )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			kΩ
电容负载				100	pF

表 1: MS1002L 规格

**MS1005L 参数**

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电 VDD 下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
<b>加速度计</b>					
全量程		±5			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比 %		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			2		kHz
噪音	在带宽内		17		µg/√Hz
分辨率	@ 1Hz		17		µg rms
启动时间	传感器正常运行时, 若 POR 触发则会延迟		40		µs
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-17		17	mg
温度系数	见术语表	-1	±0.25	1	mg/°C
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		0.75		mg
	@6'000g - 见术语表		3.75		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特性 (@ 10s)		7.5		µg
TurnON - TurnON	见术语表		37		µg
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	532	540	548	mV/g
温度系数	见术语表	20	120	220	ppm/°C
20°C 时的长期比例因子重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 K <sub>p</sub> , K <sub>h</sub>		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% V <sub>DD</sub>
<b>温度传感器</b>					
20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		mV/°C
输出电流负载				10	µA
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% V <sub>DD</sub>
<b>电源要求</b>					
供电电压 (V <sub>DD</sub> )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 (I <sub>DD</sub> )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			kΩ
电容负载				100	pF

表 2: MS1005L 规格

### MS1010L 参数

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电  $V_{DD}$  下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
<b>加速度计</b>					
全量程		±10			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比 %		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			4		kHz
噪音	在带宽内		34		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
分辨率	@ 1Hz		34		$\mu\text{g rms}$
启动时间	传感器正常运行时, 若 POR 触发则会延迟		40		$\mu\text{s}$
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-34		34	mg
温度系数	见术语表	-2	±0.5	2	$\text{mg}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		1.5		mg
	@6'000g - 见术语表		7.5		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特性 (@ 10s)		15		$\mu\text{g}$
TurnON - TurnON	见术语表		75		$\mu\text{g}$
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	266	270	274	mV/g
温度系数	见术语表	20	120	220	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期比例因子重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 $K_p, K_h$		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% $V_{DD}$
<b>温度传感器</b>					
20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
输出电流负载				10	$\mu\text{A}$
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% $V_{DD}$
<b>电源要求</b>					
供电电压 ( $V_{DD}$ )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 ( $I_{DD}$ )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			k $\Omega$
电容负载				100	pF

表 3: MS1010L 规格

### MS1030L 参数

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电  $V_{DD}$  下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
<b>加速度计</b>					
全量程		±30			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比%		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			6		kHz
噪音	在带宽内		102		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
分辨率	@ 1Hz		102		$\mu\text{g rms}$
启动时间	传感器正常运行时, 若 POR 触发则会延迟		40		$\mu\text{s}$
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-100		100	mg
温度系数	见术语表	-6	±1.5	6	$\text{mg}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		4.5		mg
	@6'000g - 见术语表		22.5		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特征 (@ 10s)		45		$\mu\text{g}$
TurnON - TurnON	见术语表		225		$\mu\text{g}$
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	88.5	90	91.5	mV/g
温度系数	见术语表	20	120	220	ppm/ $^\circ\text{C}$
20°C 时的长期比例因子重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 $K_p, K_h$		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% $V_{DD}$
<b>温度传感器</b>					
20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
输出电流负载				10	$\mu\text{A}$
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% $V_{DD}$
<b>电源要求</b>					
供电电压 ( $V_{DD}$ )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 ( $I_{DD}$ )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			k $\Omega$
电容负载				100	pF

表 4: MS1030L 规格

**MS1050L 参数**

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电  $V_{DD}$  下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
<b>加速度计</b>					
全量程		±50			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比%		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			9		kHz
噪音	在带宽内		170		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
分辨率	@ 1Hz		170		$\mu\text{g rms}$
启动时间	传感器正常运行时, 若 POR 触发则会延迟		40		$\mu\text{s}$
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-167		167	mg
温度系数	见术语表	-10	±2.5	10	$\text{mg}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		7.5		mg
	@6'000g - 见术语表		37.5		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特征 (@ 10s)		75		$\mu\text{g}$
TurnON - TurnON	见术语表		375		$\mu\text{g}$
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	53	54	55	mV/g
温度系数	见术语表	20	120	220	ppm/ $^\circ\text{C}$
20°C 时的长期比例因子重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 $K_p, K_h$		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% $V_{DD}$
<b>温度传感器</b>					
20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
输出电流负载				10	$\mu\text{A}$
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% $V_{DD}$
<b>电源要求</b>					
供电电压 ( $V_{DD}$ )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 ( $I_{DD}$ )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			k $\Omega$
电容负载				100	pF

表 5: MS1050L 规格

**MS1100L 参数**

除非另有说明，所有数值都是在环境温度(20°C)和 3.3 V 供电  $V_{DD}$  下测得。加速度值定义为差分信号(OUTP-OUTN)。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单元
<b>加速度计</b>					
全量程		±100			g
非线性度	IEEE 标准, 全量程的百分比%		0.3	1.0	%
频率响应范围	-3dB	100			Hz
谐振频率			14		kHz
噪音	在带宽内		340		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
分辨率	@ 1Hz		340		$\mu\text{g rms}$
启动时间	传感器正常运行时, 若 POR 触发则会延迟		40		$\mu\text{s}$
<b>零偏 (K0)</b>					
标称	校准精度	-333		333	mg
温度系数	见术语表	-20	±5	20	$\text{mg}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期零偏重复性	@1'000g - 见术语表		15		mg
	@6'000g - 见术语表		75		mg
运行中零偏稳定性	基于艾伦方差特征 (@ 10s)		150		$\mu\text{g}$
TurnON - TurnON	见术语表		750		$\mu\text{g}$
<b>比例因子 (K1)</b>					
标称	校准精度	26	27	28	mV/g
温度系数	见术语表	20	120	220	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
20°C 时的长期比例因子重复性	见术语表		300		ppm
轴线偏移	见术语表 $K_p, K_h$		3		mrad
<b>自检测</b>					
频率	方波输出		24		Hz
工作周期			50		%
振幅	峰值到峰值		1		g
输入阈值电压	高电平有效	80			% $V_{DD}$
<b>温度传感器</b>					
20°C 时的输出电压		1.20	1.23	1.26	V
灵敏度			-4		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
输出电流负载				10	$\mu\text{A}$
输出电容负载				10	pF
<b>复位</b>					
输入阈值电压	低电平有效			20	% $V_{DD}$
<b>电源要求</b>					
供电电压 ( $V_{DD}$ )		3.2	3.3	3.4	V
供电电流 ( $I_{DD}$ )			2.3	4	mA
<b>加速度计输出</b>					
输出电压	在满量程内 OutP, OutN	0.14		3.16	V
差分输出	在满量程内		±2.7		V
电阻负载		1000			k $\Omega$
电容负载				100	pF

表 6: MS1100L 规格

## 最大绝对额定值

最大绝对额定值是压力额定值。超过这些额定值的应力可能造成器件永久性损坏。器件长时间的暴露在最大绝对额定值时，可能会降低其性能，以及影响其可靠性。

参数	说明	最小值	最大值	单位
供电电压 Vdd		-0.3	+3.9	V
所有管脚的电压值		-0.3	Vdd+0.3	V
温度	工作	-40	125	°C
	贮存	-55	125	°C
振动	随机 / 20 – 2'000 Hz		20	g rms
冲击	0.15 ms, 半正弦, 单次冲击, 非重复, 单一方向		6'000	g
静电放电(ESD)应力	HBM 模式	-1	1	kV

表 7: 最大绝对额定值



# 典型性能特征

**MS1002L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

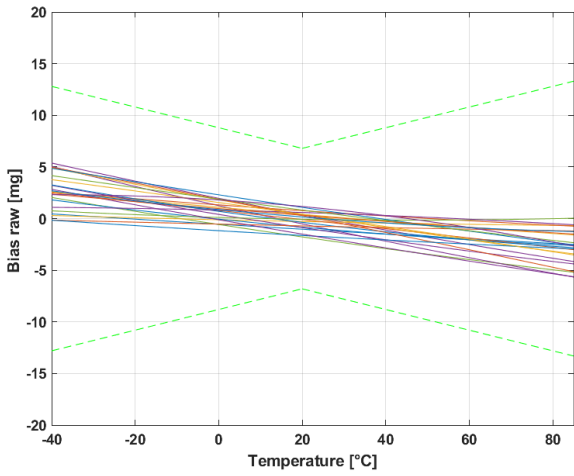


图 1: 原始零偏

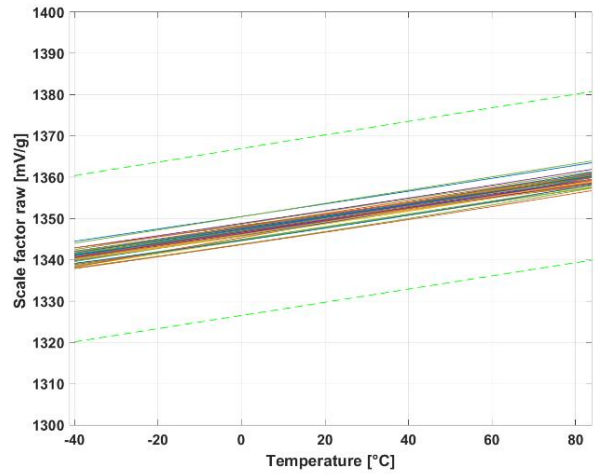


图 2: 原始比例因子

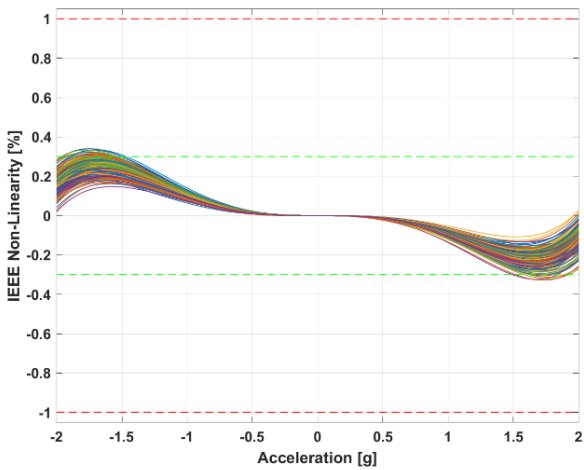


图 3: 非线性 IEEE

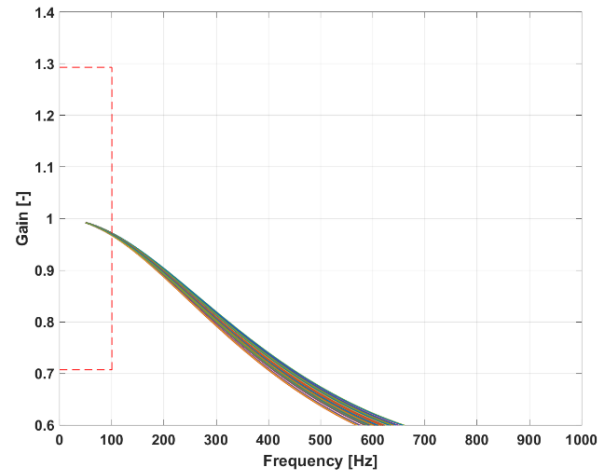


图 4: 频率响应

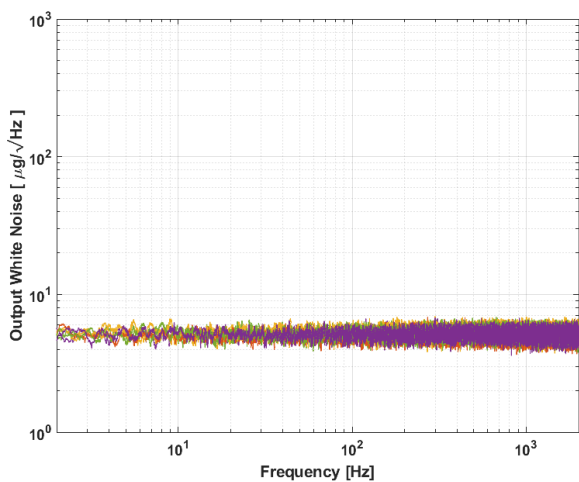


图 5: 典型白噪音

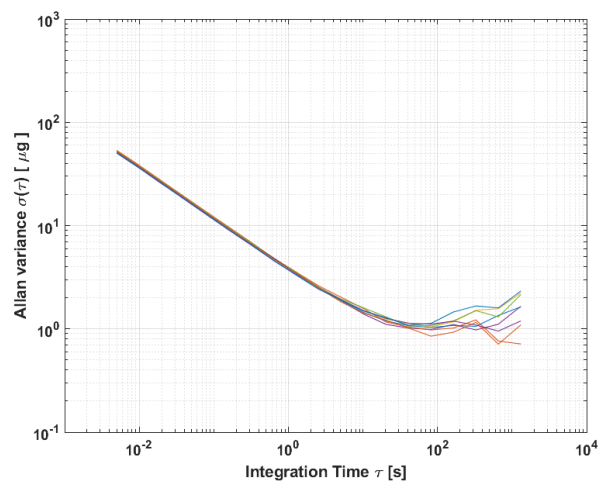


图 6: 艾伦方差

**MS1005L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

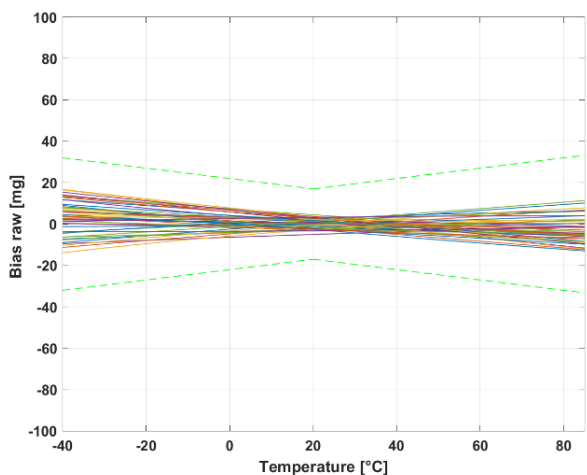


图 7: 原始零偏

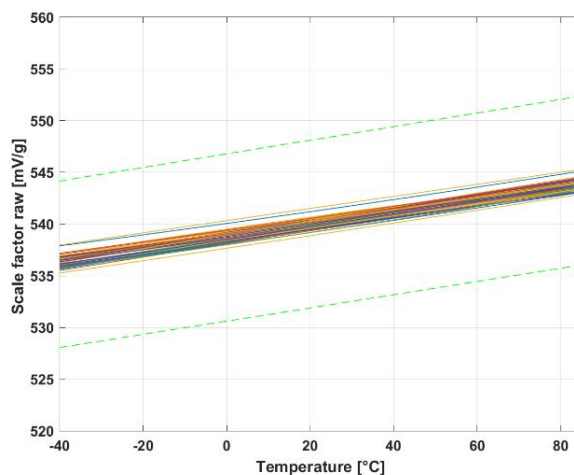


图 8: 原始比例因子

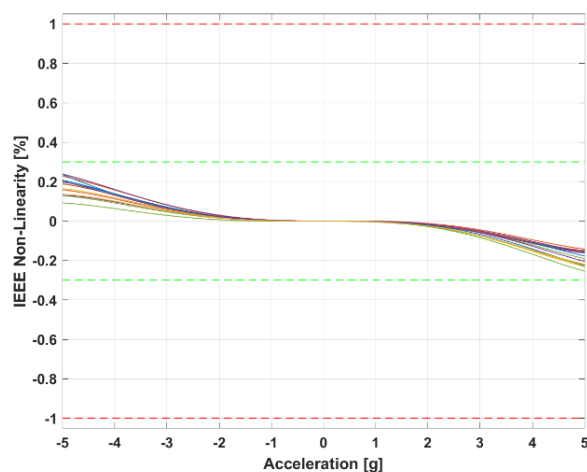


图 9: 非线性度 IEEE

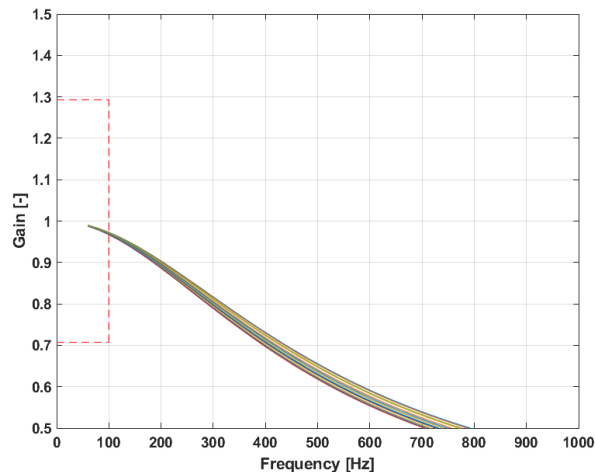


图 10: 频率响应

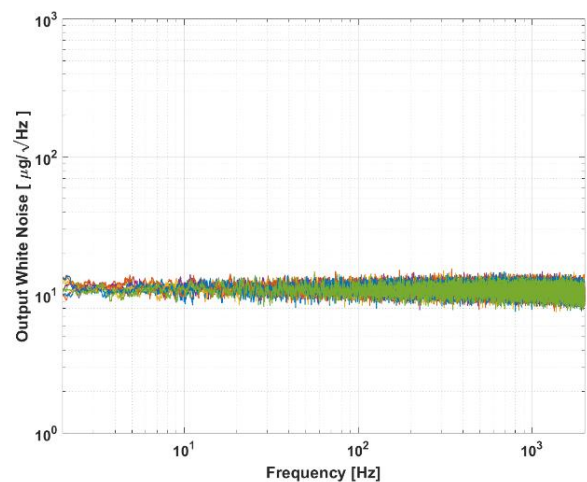


图 11: 典型白噪音

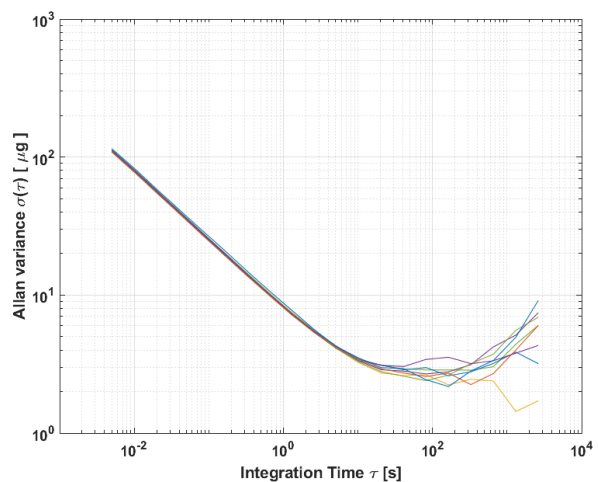


图 12: 艾伦方差

**MS1010L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

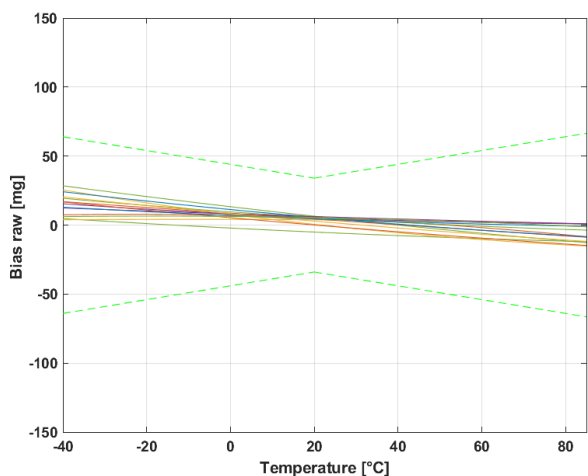


图 13: 原始零偏

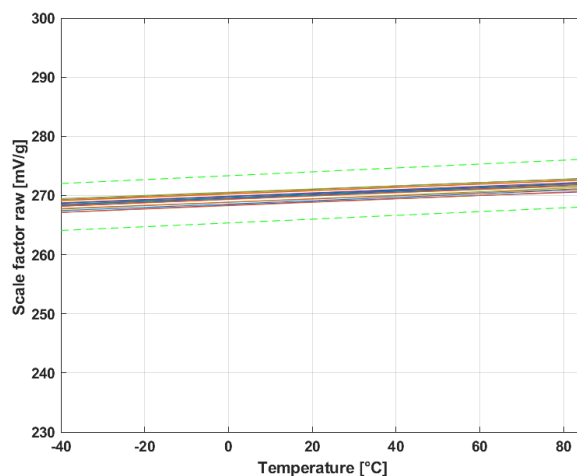


图 14: 原始比例因子

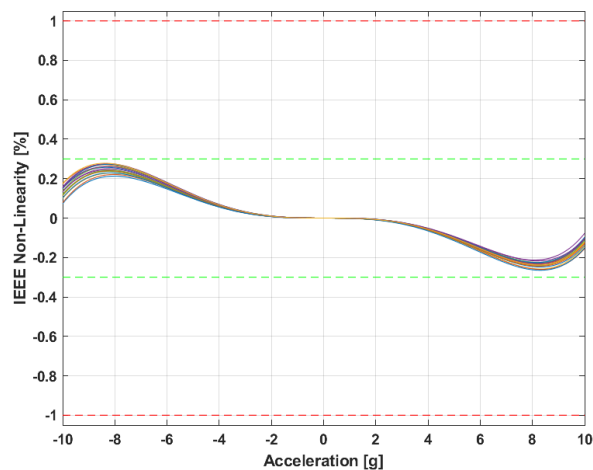


图 15: 非线性度 IEEE

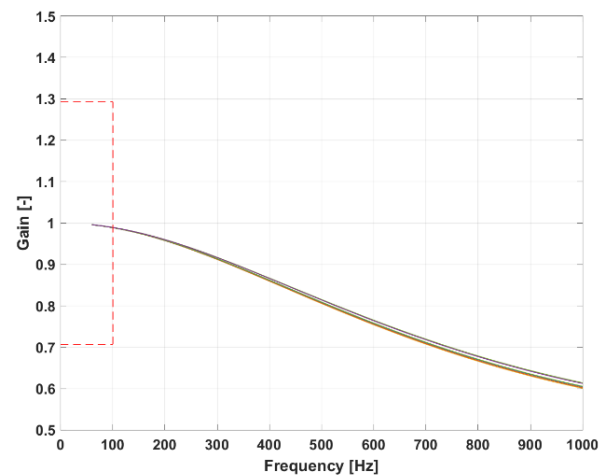


图 16: 频率响应

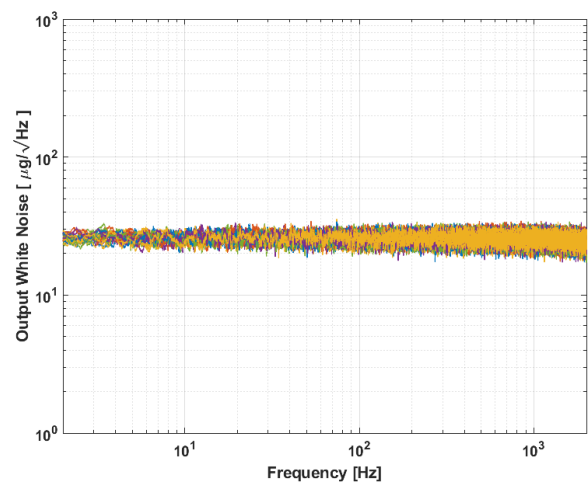


图 17: 典型白噪音

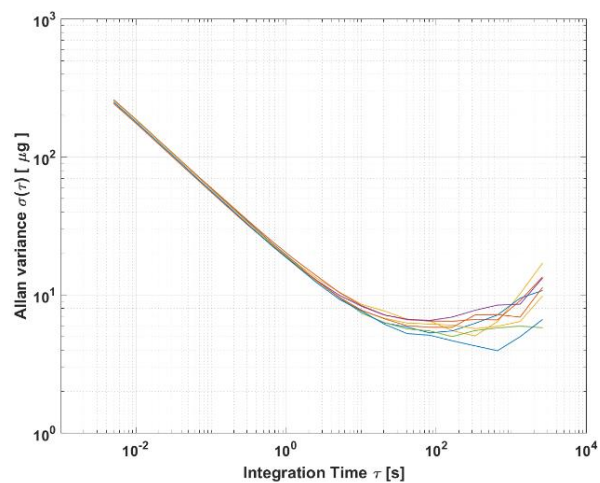


图 18: 艾仑方差

**MS1030L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

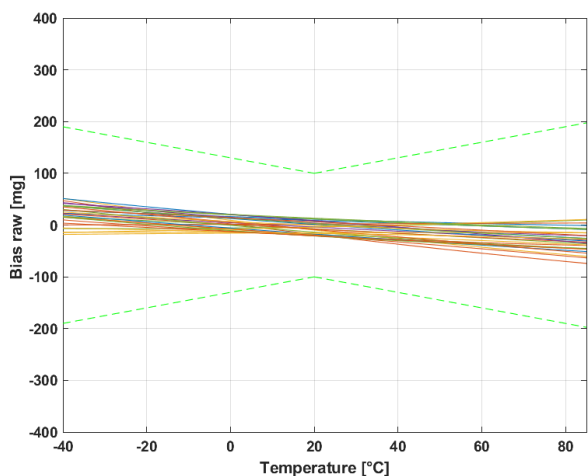


图 19: 随温度变化的原始零偏

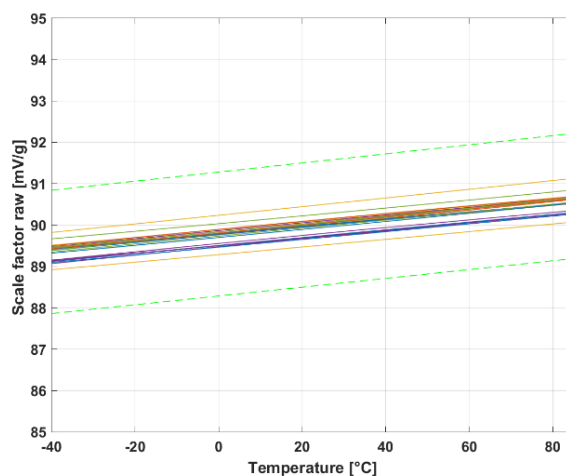


图 20: 随温度变化的原始比例因子

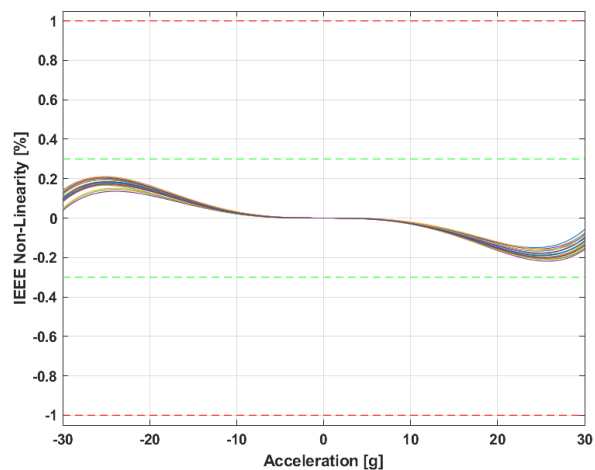


图 21: 非线性度 IEEE

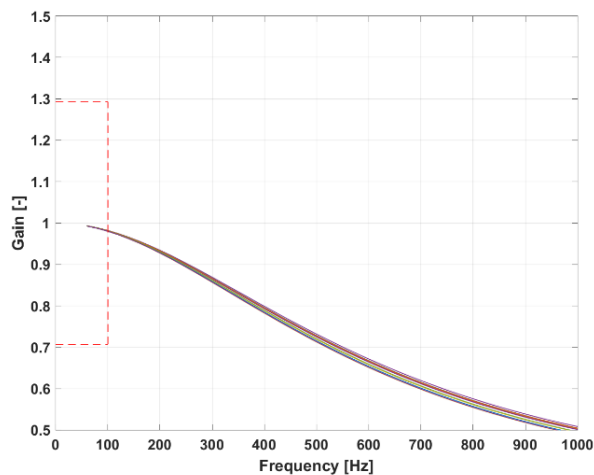


图 22: 频率响应

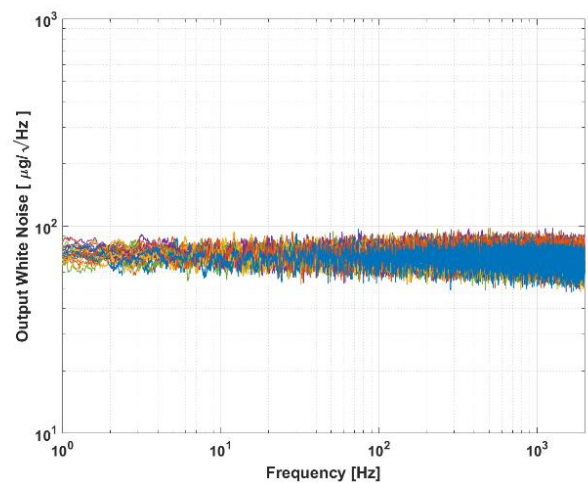


图 23: 典型白噪音

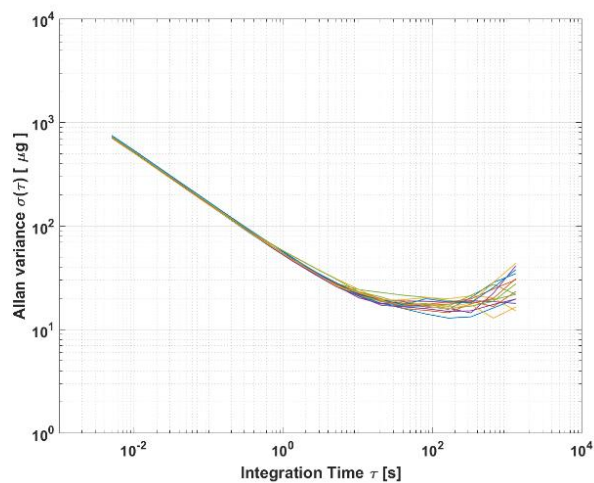


图 24: 艾仑方差

**MS1050L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

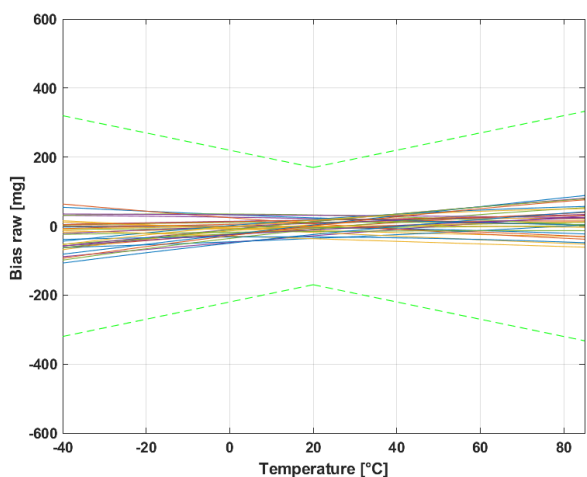


图 25: 原始零偏

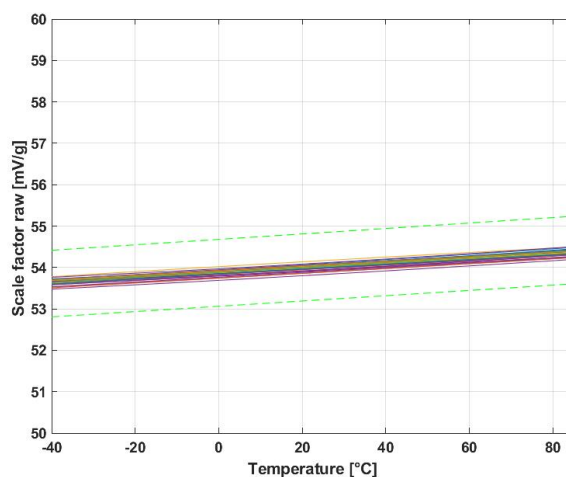


图 26: 原始比例因子

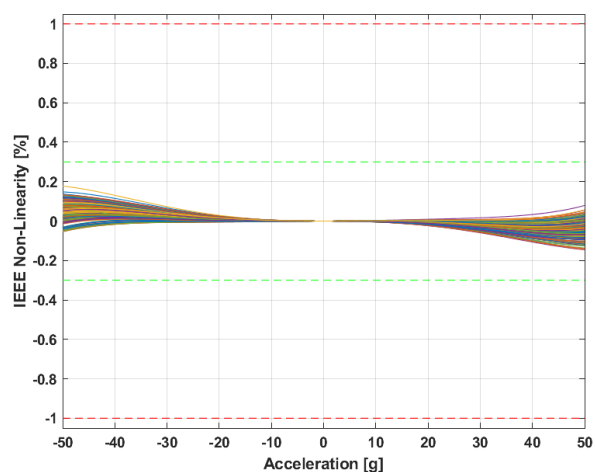


图 27: 非线性度 IEEE

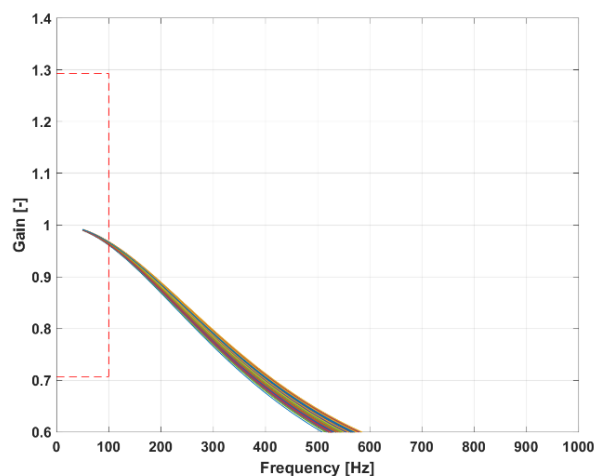


图 28: 频率响应

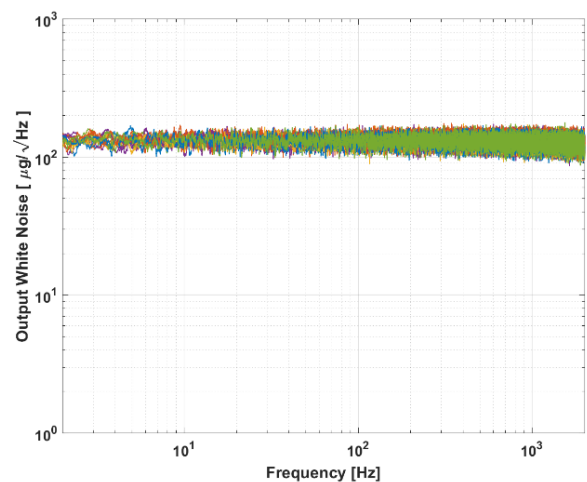


图 29: 典型白噪音

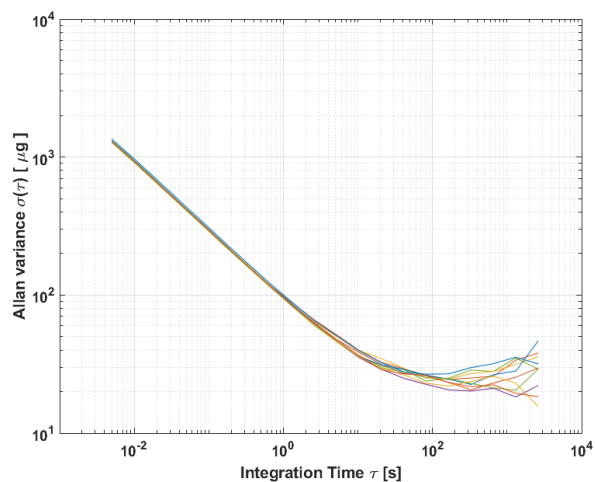


图 30: 艾伦方差

**MS1100L:** 所有图表都是在 3.3 V 直流供电电压 ( $V_{DD}$ ) 和环境温度的条件下, 多个传感器的典型初始性能, 除非另有说明 (多个传感器: 多种颜色的线, 最小值/最大值: 红线, 典型值: 绿线)。

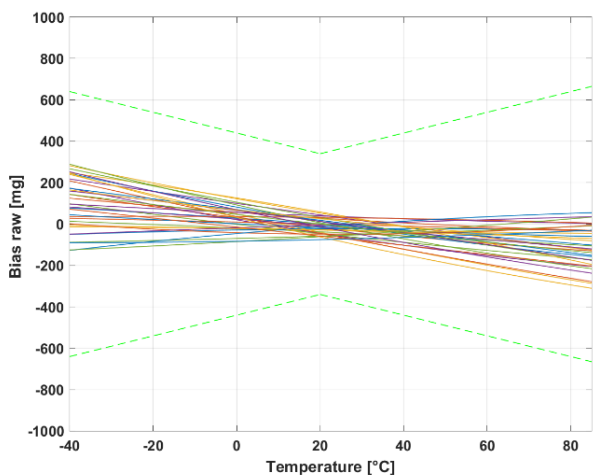


图 31: 原始零偏

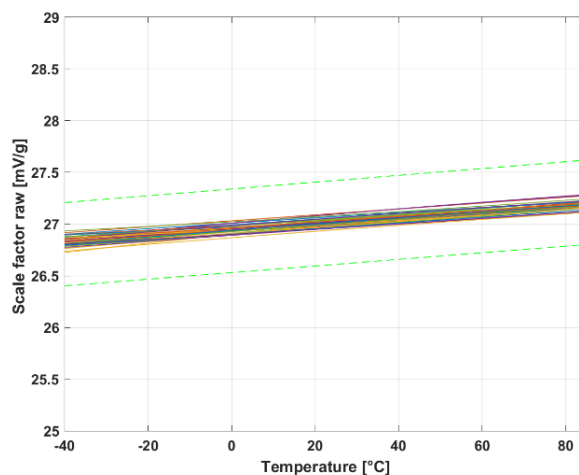


图 32: 原始比例因子

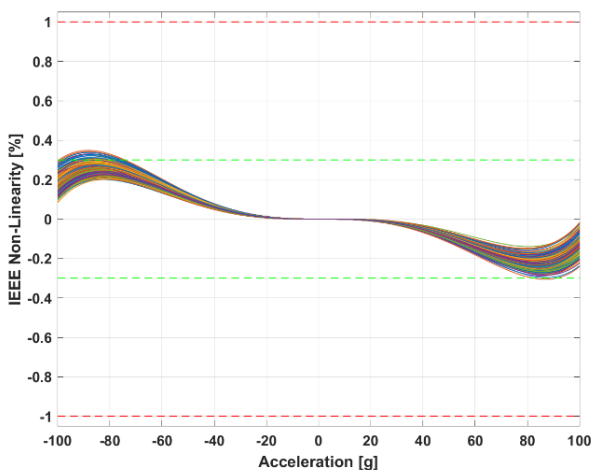


图 33: 非线性度 IEEE

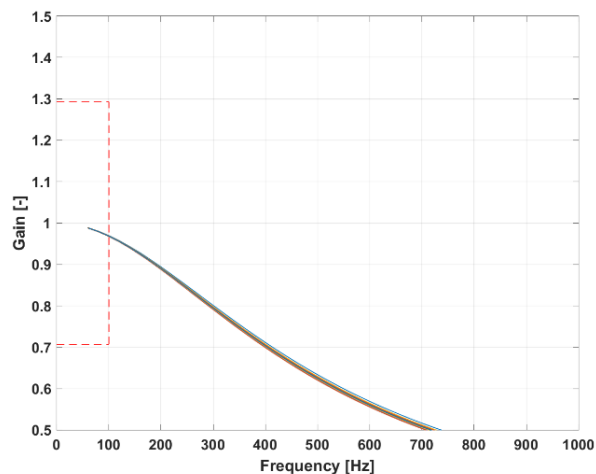


图 34: 频率响应

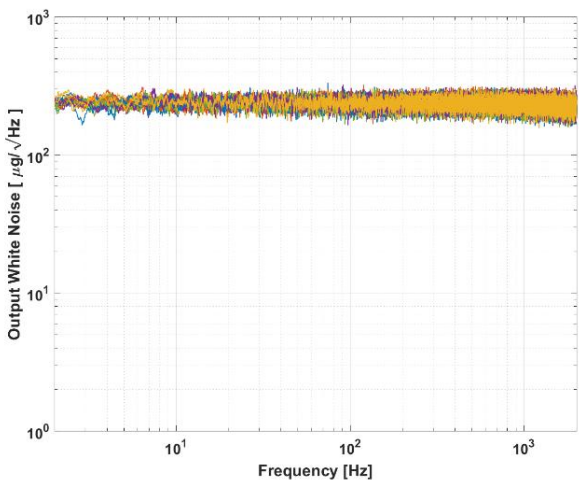


图 35: 典型白噪音

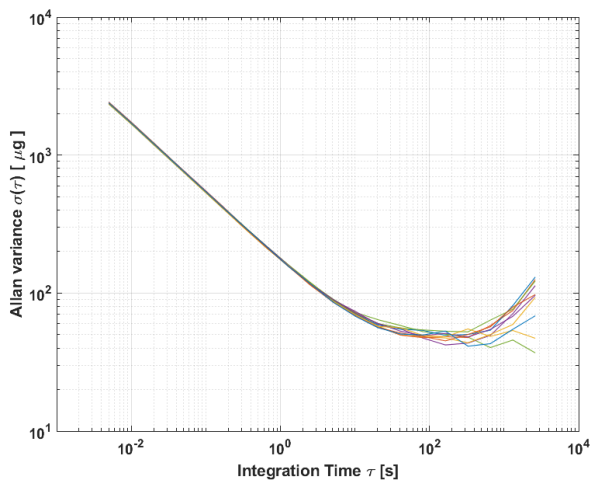


图 36: 艾伦方差

# 引脚说明

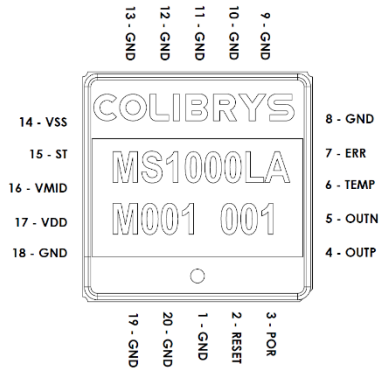


图 37 : 引脚俯视图

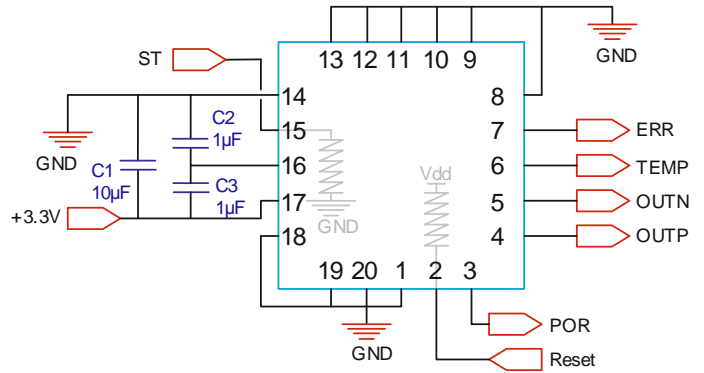


图 38 : 邻近电路&内部上拉/下拉(pull-up/down)

上图显示了该器件引脚布局，下表是每个引脚的说明。图 38 显示了电容 C1 (10µF)、C2 (1µF) 和 C3 (1µF)，它们必须尽可能放置在靠近 MS1000 L 封装外壳，被作为去耦电容以保证传感器正常启动。

引脚号	引脚名	类型	说明
2	RESET	LI, PU	系统复位信号，低电平有效
3	POR	LO	上电复位
4	OUTP	AO	差分输出正极信号
5	OUTN	AO	差分输出负极信号
6	TEMP	AO	温度模拟输出
7	ERR	LO	错误信号 (标记)
14	V <sub>SS</sub> (0 V)	PWR	接地平面
15	ST	LI, PD	自检测激活，高电平有效
16	V <sub>MID</sub>	AO	内部电子电路参考电压。仅适用于去耦电容
17	V <sub>DD</sub> (3.3 V)	PWR	模拟电源
1,8,9,10,11, 12,13,18,19,20	GND	GND	必须接地 (GND)

*PWR, 电源 / AO, 模拟输出 / AI, 模拟输入 /  
LO, 逻辑输出 / LI, 逻辑输入 / PD, 内部下拉 / PU, 内部上拉*

表 8: MS1000L 引脚说明

# 电功能说明

## 简介

MS1000L 具有嵌入式电气逻辑功能，如上电复位、外部复位、内置自检和过载误差检测。下面描述了所有这些功能。

## POR (上电复位) 功能

POR 模块在传感器启动和正常操作期间持续监测供电。它保证了传感器的正常启动并当供电电压不足时起到欠压保护作用。

在传感器上电期间，POR 信号保持低位直到供电电压达到阈值电压 ( $V_{TH}$ )，然后开始启动序列。在供电电压下降的情况下，POR 信号将保持低位，直到供电电压超过阈值电压  $V_{TH}$ ，随后是一个新的启动序列。该 ERR 信号为高位（等于  $V_{DD}$ ），直到启动序列完成。

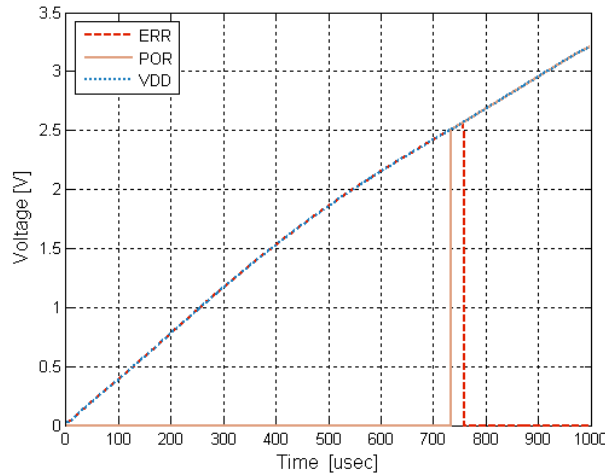


图 39：使用推荐电路时典型的传感器上电序列

## 外部复位

用户可通过 RESET 输入管脚激活外部复位。在复位过程中，加速度传感器输出(OUTP & OUTN)被强制变为  $V_{DD}/2$ ，错误信号 (ERR) 被激活 (高)，见下图。

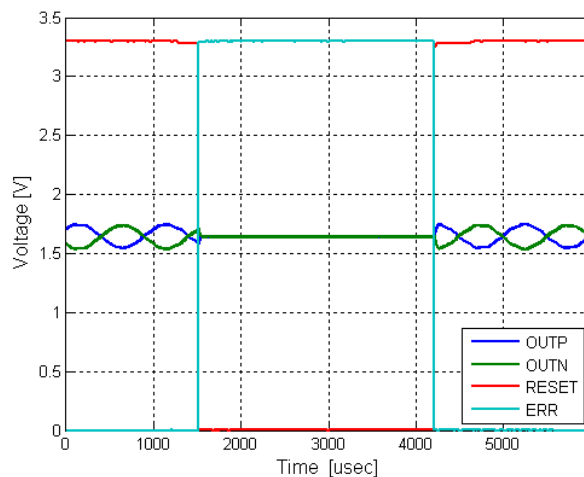


图 40：典型的传感器重启序列（外部复位）



### 内置自检功能

内置的自检模式产生关于设备输出的方波信号（OUTP&OUTN），并且可以用于设备故障检测(见下图)。

当自检模式被激活时，它在机械传感元件上引起一个交变电场力，模拟一个指定频率的加速度输入。这种自检过程中的静电力是在任何传感器惯性加速度之外的；因此，建议在静态条件下使用自测试功能。

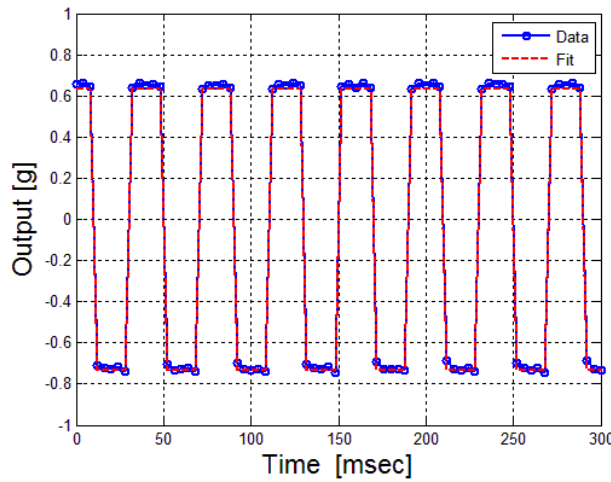


图 41：内置自检信号的差分加速度输出 (频率: 24 Hz / 振幅 1.3 g)

### 过载和报错功能

该装置连续监测加速度传感器输出信号的有效性。如果发生错误，ERR 引脚变高，通知用户输出信号是无效的。在下列情况下会引发错误：

- 超出额定供电 (POR 低)，例如上电阶段
- 在外部复位阶段（用户激活复位）
- 在高加速度过载时（例如高冲击）

在高幅冲击时，内部过载电路重置电路，并启动新的电子电路读数。此过程重复进行直到加速度输入信号恢复正常运行范围。下图说明了这一大冲击过程，振幅为 500g：在受到冲击时，过载保护被激活，只要加速度是在工作量程内，传感器就完全正常运行。

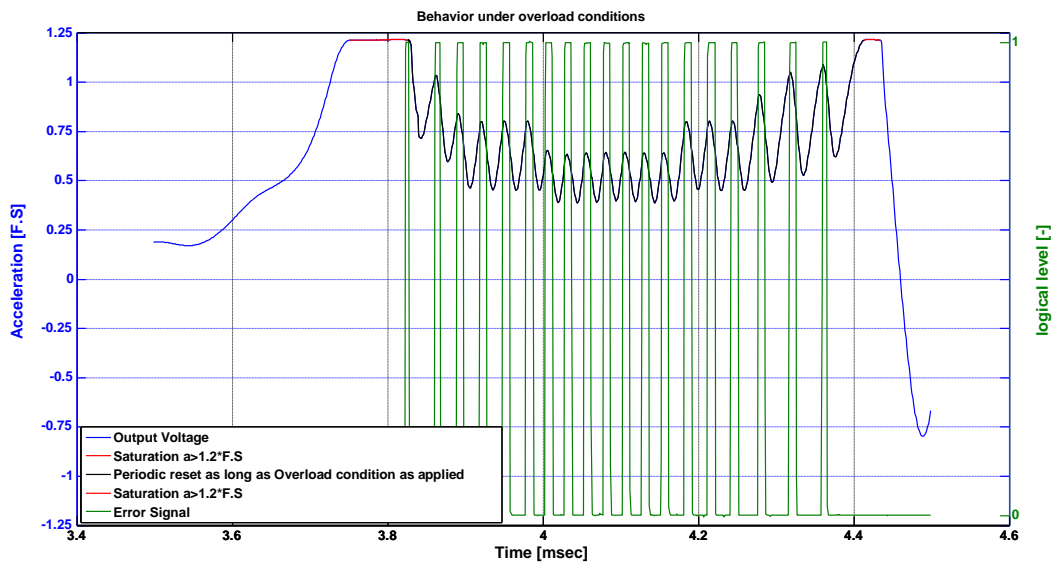


图 42：过载行为

# 尺寸和包装规格

下图说明了 LCC20 陶瓷封装的外形和质量块(●)的重心。

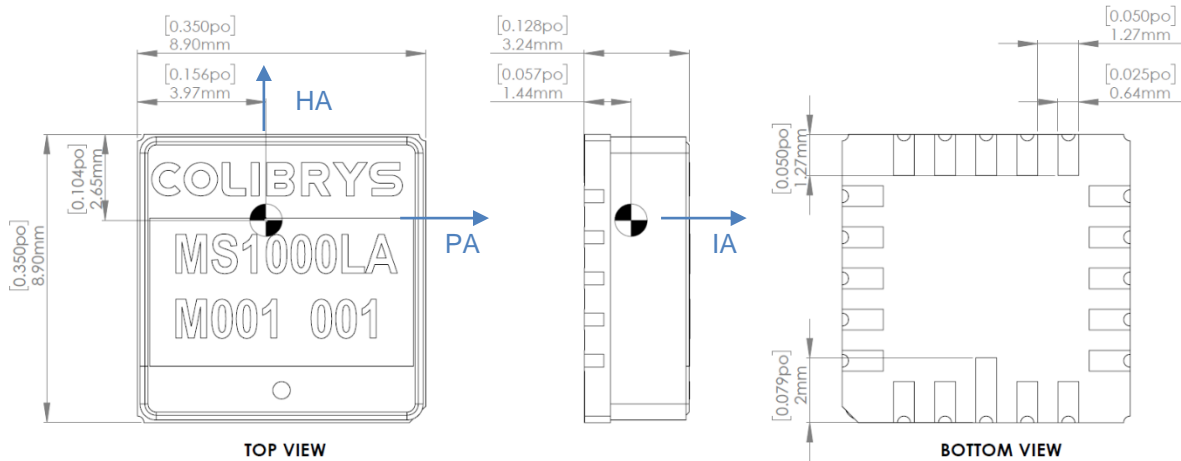


图 43 : 包装外观尺寸, 单位是 mm [inch]

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
引脚加工	镀金	0.5		1.5	μm
	镀镍	1.27	4	8.89	μm
	W (钨)	10		15	μm
气密	根据 MIL-STD-883-G 标准			5-10-8	atm·cm <sup>3</sup> /s
重量				1.5	grams
尺寸	X		8.9	9.2	mm
	Y		8.9	9.2	mm
	Z		3.23	3.5	mm
封装	符合 RoHS 标准, 无磁性, LCC 20 引脚。				
邻近效应	该传感器对外界寄生电容较敏感。确保最佳的产品性能, 应该避免大的金属物体在加速度传感器附近移动, 或是避免寄生效应 (毫米范围)。我们推荐在加速传感器的下方使用一块接地平面作为屏蔽。				
轴对准参考平面	LCC 必须紧密地固定在电路板上, 使用壳体底部作为轴对准参考平面。使用封装壳盖作为参考平面或组装可能会影响产品的指标和可靠性(例如: 轴对准, 和/或壳盖焊接的完整性)。				

表 9: 包装规格

# 推荐电路

为了获得最佳的器件性能，特别要注意邻近的模拟电子器件。推荐电路包括一个参考电压，传感器去耦电容器和输出缓冲，如下图。

优化的加速度测量通过使用差分输出(OUTP – OUTN)实现。若需要获得单端加速度信号，必须从差分加速度输出中获得，这样可去除共模噪声。

## 框图和原理图

特别需要注意的主要框图是：供电电源管理，加速度传感器电子及输出缓冲器。下图展示了一个 MS1000L 的应用例子。

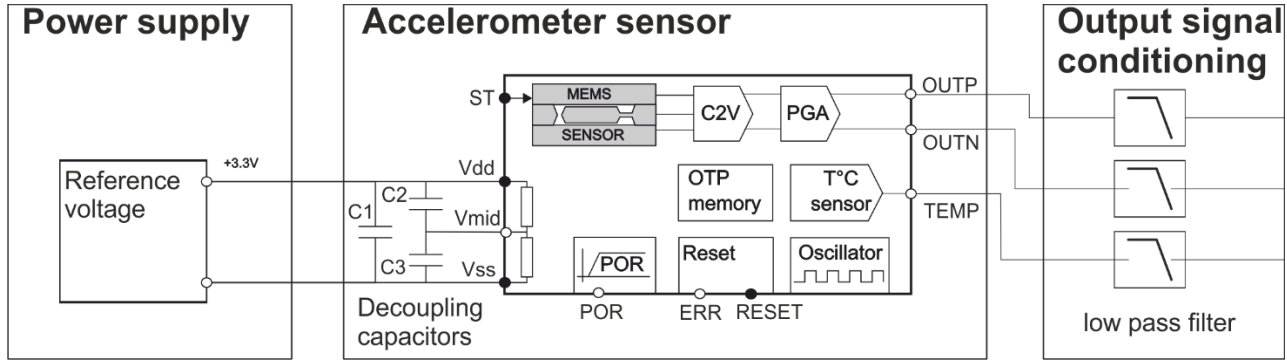


图 44 : 推荐程序框图

## 电源

加速度传感器的输出与供电电压成比例，其性能将直接影响加速度传感器的零偏、比例因子、噪音或热性能。因此，我们推荐使用一个低噪声、高稳定性和低热漂移的电源，主要性能将是：

- 输出噪声 <  $1\mu V/\sqrt{Hz}$
- 输出温度系数 <  $10ppm/^\circ C$

供电电源可作为输出信号，以便补偿供电电压变化带给加速度传感器信号的影响（比例输出）。

加速度传感器内部的电路基于一个开关电容架构，主频@ 200 千赫。高频率的噪声或电源的尖峰将影响输出，并诱导元件带宽范围内的干扰信号。

## 加速度传感器

传感器模块由 MS1000L 加速度计及 3 个去耦电容组成：C1 [10 $\mu$ F], C2 [1 $\mu$ F]及 C3 [1 $\mu$ F]。这些电容器对于加速度计的正常运行和充分发挥性能是必需的。我们建议将它们放置在电路板上尽可能靠近 MS1000L 封装的位置。

## 输出信号调理

在数据采集之前，必须对输出信号进行正确的滤波和缓冲。我们建议使用与 MS1000L 输出阻抗匹配的超低失调，漂移和零偏电流运算放大器和二阶低通滤波器（LPF），以防止高频噪声信号的混叠。具有 4 kHz 截止频率的二阶滤波器将使 200 kHz 的噪声衰减 70dB。

## SMD（表面贴装器件）推荐

下图显示了一个推荐的 LCC20 焊板图案，还应在制造过程中进行测试和验证。焊盘图案和焊盘尺寸的间距为 1.27mm，并且引脚 1 更长以确保安装过程中产品的正确方向。组装后，可以从顶部控制定向，其中打印在盖上的额外点对应于引脚 1。

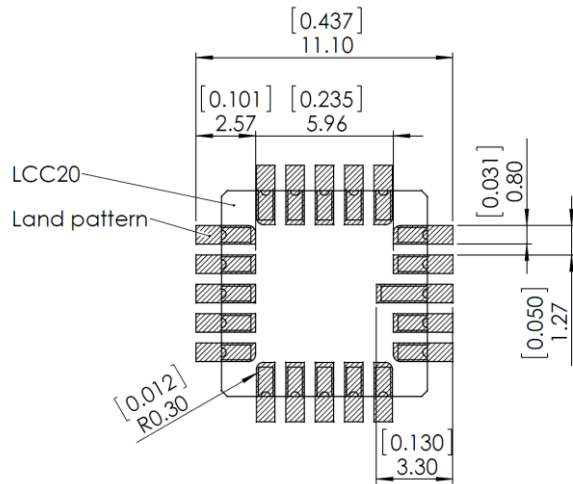


图 45 : LCC20 焊板图案推荐 (单位是 mm/[inch])

MS1000L 适用锡铅焊料(Sn/Pb) 和无铅焊接，并符合 ROHS 标准。可以使用其焊料制造商推荐的典型温度曲线，最大上升速度为 3°C /秒，最大下降速度为 6°C /秒：精确的曲线取决于使用的焊膏。

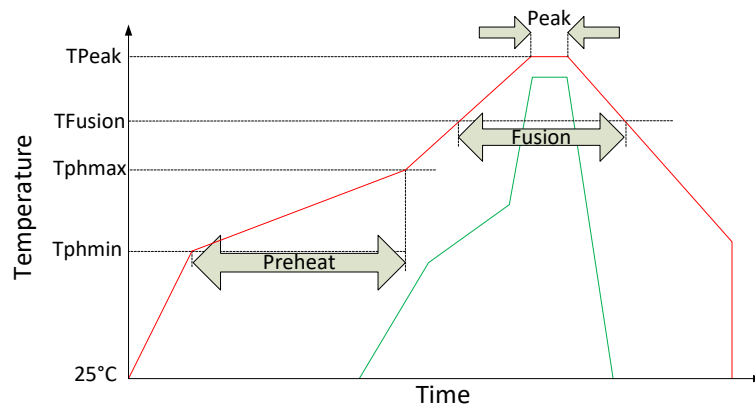


图 46: 焊接温度曲线

阶段	锡铅焊料(Sn/Pb)		无铅	
	持续时间 [秒]	温度 [°C]	持续时间 [秒]	温度 [°C]
峰值	10-30	235-240	20-40	245-250
熔化	60-150	183	60-150	217
预热	60-120	最小值：100 最大值：150	60-180	最小值：150 最大值：200

图 10: 焊接温度 & 时间

电路板的清洗过程有时涉及超声波。强烈禁止在我们的传感器上使用超声波。超声波清洗将对硅元件产生负面影响，这通常会导致损坏。



注意：为避免损害 MEMS 加速度计，禁止超声波清洗。

# 操作和包装注意事项

## 操作

MS1000 L 封装在一个气密陶瓷壳体中用来保护传感器接触外界环境。然而, 该产品的使用不当可能会引起气密密封 (玻璃料) 或由脆性材料制成的陶瓷壳体 (氧化铝) 的损坏。它还会引起 MEMS 加速度传感器内部不可见的损坏, 并造成电气故障或可靠性问题。操作该产品时要注意: 冲击可能会损坏该产品, 例如将加速度传感器掉落在坚硬的表面。



**强烈建议使用真空笔操作加速度计**

该产品很容易因为静电放电(ESD)而受到损坏。因此, 在制造、测试、包装、装运和处理的各个阶段, 应采取适当的预防措施。加速度传感器将被放置在一个具有防静电警告标签的防静电袋中, 它们应该保留在这个包装中知道使用时才取出来。建议遵守以下准则:

- 始终在有静电防护控制的环境中进行操作
- 始终将器件存放在一个有屏蔽的环境中, 以防止静电损坏 (至少是一个防静电托盘和一个防静电袋)

操作器件时, 一定要戴上腕带, 并使用防静电安全手套。

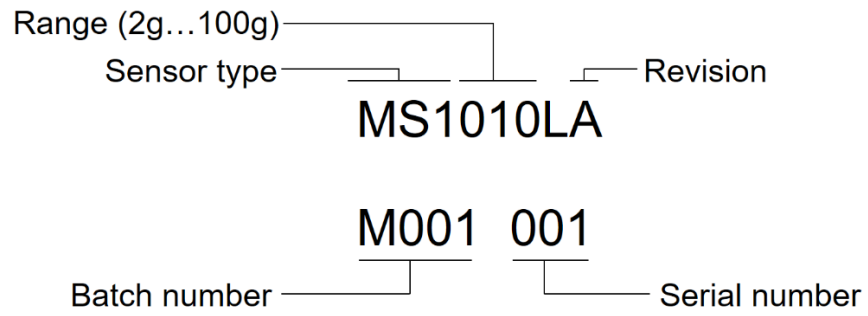


**该产品会被静电放电 (ESD) 所损坏。请采取适当的预防措施。**


## 包装

我们的器件放置在托盘中进行装运和 SMD 处理。它们包装在密封的防静电内袋中。我们强烈建议将我们的器件保留在原始的 OEM 密封 ESD 内袋中, 以保证焊接前的存储条件。

## 产品识别标记



## 订购信息

说明	产品	量程
单轴模拟 MEMS 加速度计 	MS1002LA	±2g
	MS1005LA	±5g
	MS1010LA	±10g
	MS1030LA	±30g
	MS1050LA	±50g
	MS1100LA	±100g

# 数据表的术语词汇表

## 加速度计模型

$$\frac{OUT_P - OUT_N}{V_{DD}} * 3.3 = K_1(K_0 + A_s + K_2 \cdot A_s^2 + K_3 \cdot A_s^3 + K_p \cdot A_p + K_h * A_h + K_{sp} * A_s A_p + K_{sh} * A_s A_h + E)$$

$A_s, A_p, A_h$  是传感器的每个轴的加速度:

输入轴 (IA): 敏感轴

垂悬轴 (PA): 与校准质量梁对齐, 垂直于输入轴

铰链轴(HA): 垂直于输入和垂悬轴, 点的方向。

$K_1$  是加速度计比例因子 [V/g]

$K_0$  是零偏 [g]

$K_2$  是二阶非线性[g/g<sup>2</sup>]

$K_3$  是三阶非线性 [g/g<sup>3</sup>]

$K_p$  是摆式交叉轴 [rad]

$K_h$  是输出横轴 [rad]

$K_{sp}, K_{io}$  是交叉耦合系数 [rad/g]

$E$  是残留噪音 [g]

## g [m/s<sup>2</sup>]

加速度的单位, 相当于地球重力的标准值(赛峰传感技术瑞士公司提供, 使用的加速度传感器规格和数据是 9.80665 m/s<sup>2</sup>)。

## 零偏 [mg]

加速度传感器在加速度 g 为零时的输出值。

## 零偏温度系数 [mg/°C]

在外部温度条件变化下, 零偏的变化(通过零偏-温度曲线的最佳拟合直线的斜率)。

## 比例因子 [mV/g]

输出信号的变化(电压 V)与单位输入信号(加速度单位 g)变化之比; 表示为: mV/g。

## 比例因子温度系数 [ppm/°C]

比例因子在外部温度条件变化下的最大偏差。

## 非线性度, IEEE [% FS]

最大绝对误差 VS 满量程加速度

$$NL_{max} \equiv \left| \frac{V - K_1(K_0 + A_s)}{K_1 A_{FS}} \right|_{max} = \left| \frac{K_2 A_s^2 + K_3 A_s^3 + \dots}{A_{FS}} \right|_{max}$$

## 频率响应 [Hz]

频率范围, 从直流电到指定值时频率响应幅值的变化小于 ±3dB。

## 噪音 [µg/√Hz]

加速度输出信号中的不希望扰动, 与预期输入加速度不相关。

## TurnOn – TurnOn

当加速度计在规定的工作条件(3.3V 供电电压和环境温度)下接通时, 加速度计 TurnOn – TurnOn (开启-导通)零偏误差被定义为最大零偏误差。

### 长期重复性 (零偏 [mg] & 比例因子 [ppm])

在进行以下测试后，20°C 时安装在插座上的传感器上测量的零偏和比例因子值（K0 和 K1）的变化：

- 100 x TurnOn / TurnOn
- 低温储存 (72h / -55°C), 未通电
- 高温工作 (10 天 / +85°C), 通电
- 10 x 温度循环 [-40°C ; +125°C] 未通电
- 10 x 温度干扰 (temperature harass) [-55°C ; +85°C] 未通电
- 振动 (20grms / 10-2'000Hz)
- 单次冲击 (1000 or 6000g, 半正弦, 0.15 ms) 朝一个方向, 未通电



# 质量

赛峰传感技术瑞士公司具有 ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 和 ISO 45001:2018 认证。

赛峰传感技术瑞士公司符合欧盟关于化学品规则以及他们的安全使用法规 (EC 1907/2006) REACH。

MS1000L 产品符合 EU-RoHS 指令 2011/65/EC (有害物质限用) 规则。

回收: 请用适当的电气和电子组件回收过程(DEEE)

MS1000 L 产品均符合瑞士 LSPro: 930.11, 致力于产品的安全性。

注意:

- MS1000L 加速度计只销售给给专业人士。
- Les accéléromètres MS1000L ne sont disponibles à la vente que pour des clients professionnels
- Die Produkte der Serie MS1000L sind nur im Vertrieb für kommerzielle Kunden verfügbar
- Gli accelerometri MS1000L sono disponibili alla vendita soltanto per clienti professionisti

赛峰传感技术瑞士公司符合《欧盟冲突矿产条例》(EU Conflict Minerals Regulation) 的尽职调查要求。



# 免责声明

赛峰传感技术瑞士公司(SSTS) 保留在未另行通知的情况下对产品进行更改的权力。

由于应用和集成的不同, 性能可能与 SSTS 数据表中提供的规格有所不同。工作性能, 包括长期可重复性, 必须由客户的技术专家针对每个客户应用进行验证。数据表中表示的长期可重复性规格仅在定义的环境条件下有效(参见长期可重复性术语表), 系统级性能仍由客户负责。

应用于产品的脱金工艺不包括在 SSTS 建议中。如果适用, 取消任何产品的保修和责任。

在超出数据表中规定的环境参数的环境中使用产品将使任何保修失效。赛峰传感技术瑞士公司特此明确表示, 在超出数据表中规定的环境参数的环境中使用产品将不承担任何责任。

---

# POWERED BY TRUST

---

Safran Sensing Technologies Switzerland

[sales@colibrys.com](mailto:sales@colibrys.com)