



Sensing deeper, Sensing smarter

PMDS-Fx

应变传感器片上系统

数据手册

版本：v3,00.211027



Sensing deeper, Sensing smarter

目录

1. 概览.....	3
2. 特性.....	4
3. 应用.....	5
4. 订货信息.....	6
5. 引脚定义.....	7
6. 引脚描述.....	8
7. 极限参数.....	9
8. 电气参数.....	10
9. 设计与应用.....	11
9.1 参考电路.....	11
9.2 结构设计.....	12
9.3 数字输出.....	15
9.4 基准稳定性.....	17
9.5 线性度.....	18
9.6 内置电容测量.....	23
9.7 内置温度测量.....	23
10. 其它信息.....	25
10.1 传感器的布板.....	25
10.2 传感器的操作.....	25
10.3 焊接建议.....	25
10.4 封装信息.....	28
10.5 丝印编码.....	30
10.6 编带包装.....	31
11. RoHS 兼容性.....	33
12. 版权申明与版本信息.....	34
12.1 版权申明.....	34
12.2 版本信息.....	34

1. 概览

PMDS-Fx 是业界首颗固态应变（融合）传感器片上系统，基于创新的测量原理与独特的生产工艺，提供高性能、低功耗、高可靠、低成本的应变及电容测量方案，满足用户快速上手、即时上市的需求。

PMDS-Fx 应变传感器片上系统内置 Prime Sense Limited (以下简称 Prime) 独特的专利算法，可以精确感测作用在任一种材料表面上的应力行为 (acting force, 亦可被称作微形变: micro deformation)。同时，内置算法已在全温度和全电压范围内进行补偿，用户无需执行任何额外的补偿操作。

PMDS-Fx 应变传感器片上系统的创新测量原理，保证其不会对温湿度变化、无线电波或电磁干扰等敏感。此外，该测量原理及其架构设计还能够提供极高的系统柔性，用户可以在采样频率与功耗之间进行权衡，通过简单的配置实现最适宜的功能与性能。

配合其内置的专利算法，PMDS-Fx 可以通过 IIC 接口提供数字化的应力值输出，用户只需在主控芯片中设置合适的应力阈值，即可简洁、快速的实现压感触控功能；当然，用户同样可以基于高精度的应力值输出，来实现更加丰富、独特的系统功能，比如作用力、扭矩等的快速测量，而不仅仅是将其用作按键行为的判别。

功能框图如下图 (1) 所示。

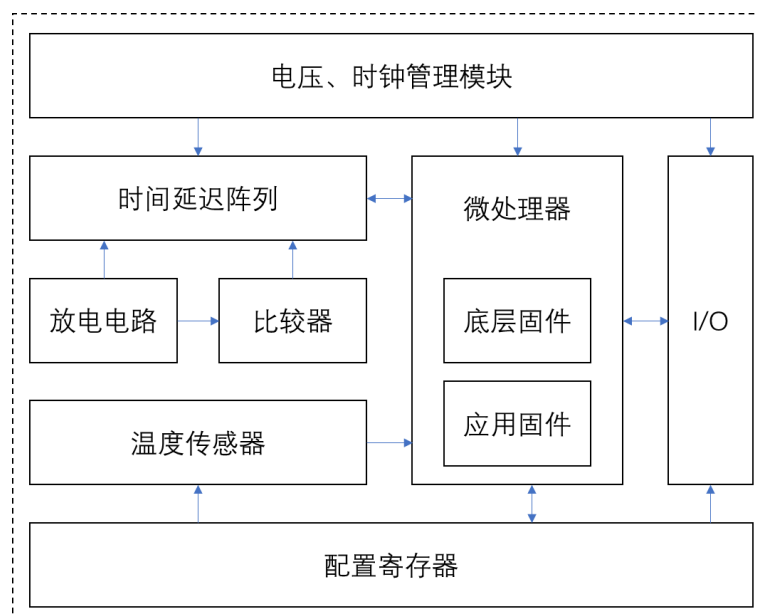


图 (1) PMDS-F1/F2 功能框图

2. 特性

- 高灵敏度、高线性度以及高可靠性
- 快速响应，最高采样频率可达 20 kHz
- 宽动态范围：
 - 典型值 0-10N @ 应力，或 10 μm @ 应变，传感器芯片封装建议的动态范围
 - 极限值 0-20N @ 应力，或 20 μm @ 应变，芯片可以恢复的极限动态范围
 - 双端固定悬臂结构下，仅 PCBA 配合，可以检测 200N 的最大应力值
 - 通过其它弹性补强结构，使用 PMDS-F1/F2 的真个系统，可以测量远高于 200N 的最大应力值
- 绝对应力范围由系统结构设计决定
- 绝对应力值输出
- 超低功耗，最低运行功耗可至 μA 等级
- 供电电压：1.8V~ 3.6 V（驱动程序加载需要工作在 2.5 V 以上）
- 封装：

型号	封装	尺寸	输出	应用
PMDS-F1	CSP12	1.6 mm x 1.7 mm x 0.6 mm	应力数值 或中断输出	测量
PMDS-F2	DFN10	3.0 mm x 2.0 mm x 0.9 mm	应力数值	测量
PMDS-F3	DFN10	3.0 mm x 2.0 mm x 0.9 mm	中断输出	按键

3. 应用

PMDS-Fx 应变（融合）传感器适用于 **取代防水按键**、**金属面板按键** 或 **应变测**

量输出 如下：

- 压感触控 / 按键：
 - TWS 耳机
 - 电子烟
 - 电动牙刷、电动剃须刀、冲牙器等
 - 厨房电器
 - 手机侧边键
 - 智慧屏控制
- 应力/扭矩测量：
 - 电动牙刷轴应力
 - 油烟机油槽
 - 智能马桶盖板
 - 体感游戏设备
 - 运动追踪
- 电容测量：
 - 佩戴检测
 - 滑感触控
 - 液位检测
 - 电容式接近感应
 - 雨量传感



Sensing deeper, Sensing smarter

4. 订货信息

型号	描述	封装	标识	包装	数量	状态	应用
PMDS-F1	超小封装	CSP12 1.60 x 1.70 mm	F1 LNMY	T&R	3,000	量产	应力输出
PMDS-F2	高性能 数字输出	DFN10 2.00 x 3.00 mm	F2 LNMY	T&R	3,000	量产	应力输出
PMDS-F3	中断输出	DFN10 2.00 x 3.00 mm	F3 LNMY	T&R	3,000	量产	压感按键

表（1）订货信息

【注】

LN 对应晶圆 Lot Number 的末两位，机器自动抓取；

M 对应生产时的公历月份，1-9 月份分别对应数字 1-9，10-12 月份分别对应代码 A、B 和 C；

Y 对应生产时的公历年份，2020-2019 分别对应数字 0-9。

5. 引脚定义

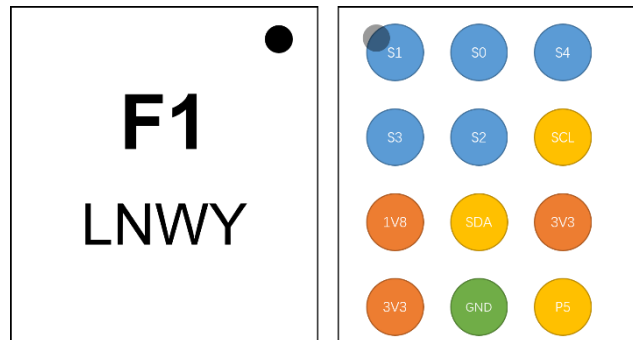


图 (2) PMDS-F1 俯视图、底视图

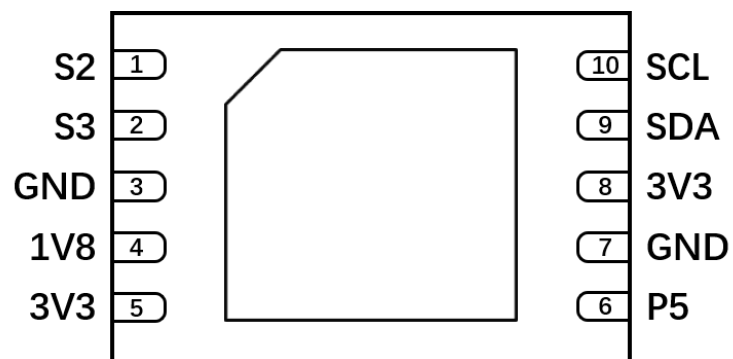


图 (3) PMDS-F2 / F3 俯视图

6. 引脚描述

F1 引脚名称	F2 / F3 引脚	引脚描述	如未使用
S1	-	传感器端口 1	NC
S0	-	传感器端口 2	NC
S4	-	传感器端口 3	NC
S2	pin 1 -S2	传感器端口 4	NC
S3	pin 2 -S3	传感器端口 5	NC
SCL	pin 10 - SCL	用于 IIC 通讯的串口时钟	
1V8	pin 4 - 1.8V	1.8V 电压	外接 4.7uF 电容
SDA	pin 9 - SDA	IIC 通讯的串行信号	
3V3	pin 5 -3.3 V	2.5 - 3.3V 供电	V3.3
3V3	pin 8 -3.3 V	2.5 - 3.3V 供电	V3.3
GND	pin 3&7 - GND	系统地	GND
P5	pin 6 -P5	通用输出端口	NC

表 (2) PMDS-Fx 引脚描述

7. 极限参数

工作于极限参数规定的条件之外，将有可能对器件造成永久损伤。极限参数仅用于描述该器件的极端工作条件，功能性操作仍需在电气特性规定的范畴之内实现。此外，暴露在极限参数之下超过一定的时间周期，将可能对器件的可靠性产生影响。

标识	参数	Min	Max	单位	解释
3V3	对地供电电压	-0.3	+4.0	V	
AF	工作应力范围	0	20	N	传感器芯片本身的工作应力范围由机械结构决定，尤其是加强筋的影响
TA	工作温度范围	-40	+85	°C	
TS	储运温度范围	-55	+150	°C	
TR	回流焊中的封装体最高温度		260 (TBC)	°C	
RH	相对湿度	5	85	%	
MSL	湿度敏感等级	3			
ESD	HBM	±1,500		V	

表 (3) 极限参数

8. 电气参数

电气参数规定了 PMDS-Fx 确保功能性工作的使用条件如下。

标识	参数	条件	Min	Typ	Max	单位
3V3	供电电压	对地电压	1.8		3.6	V
IOFF	静态电流	25°C		1.0		μA
ICC	供电电流	25°C, 200Hz 采样		50		μA
		25°C, 50Hz 采样		20		μA
		25°C, 5Hz 采样		10		μA
		25°C, 待机		2		μA

表 (4) 电气参数

【注】

供电电流由内部算法及采样频率配置共同决定。

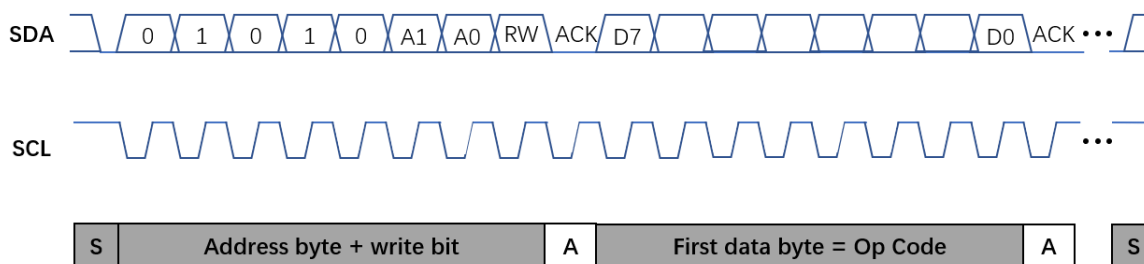


图 (4) IIC 通讯时序

9. 设计与应用

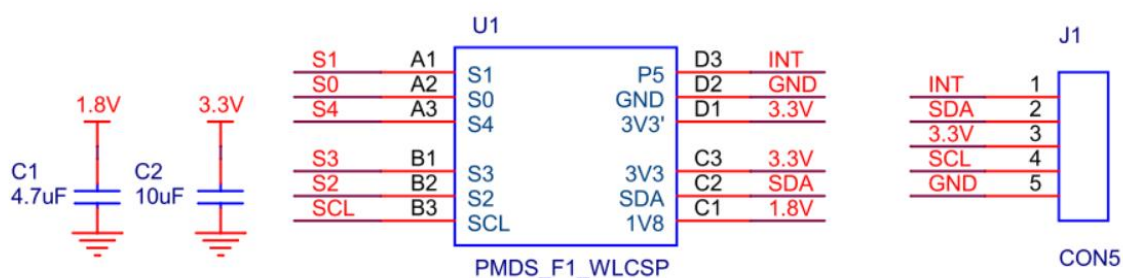
PMDS-Fx 是一颗超小封装的固态芯片应变传感器，可用于 0 到 100 kg 范围之内的高精度应力测量，应力输出的分辨率最高可达 mg 等级。

通过布设两颗 PMDS-Fx 或使用下一代坐标系产品，用户可以在二维坐标内对应力作用进行矢量分析。也可以通过布设传感器阵列，在较大的平面（比如平板电视）上实现更加多样化的压力触控功能。

作为业界首颗固态应变传感器，PMDS-Fx 为广泛应用中的人机界面提供了更加丰富、更加深刻的感知功能，有利于通过标准化工艺来快速实现个性化的交互。

9.1 参考电路

PMDS-Fx 可以被应用于耳机、电动牙刷、智能可穿戴等诸多领域，下图（5）、（6）展示了建议用户使用的参考电路。参照这一设计，用户可以快速、简洁的实现低功耗、高精度、低成本、高可靠的应力测量或阈值判断（压感触控）功能。



图（5）PMDS-F1 参考电路

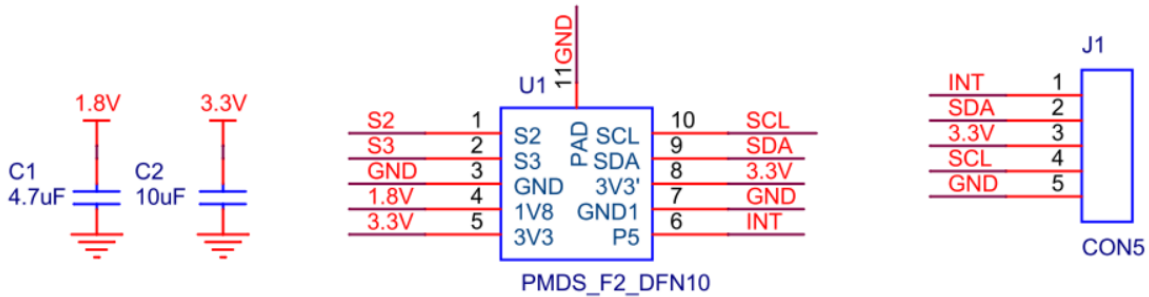


图 (6) PMDS-F2 / F3 参考电路

9.2 结构设计

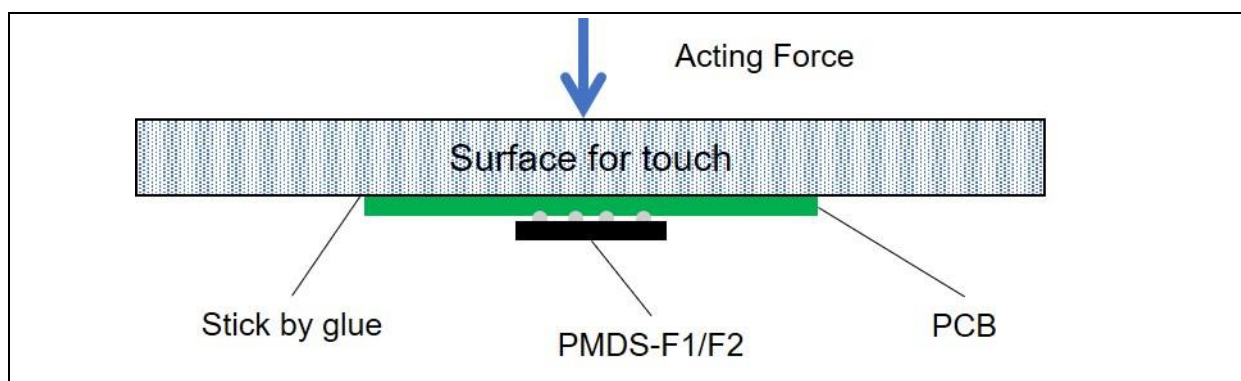
PMDS-Fx 固态应变传感器可以被粘贴或固定在任何待测表面的背部，也可以通过机械机构将应变传导至传感器本体，其最大特点在于以下：

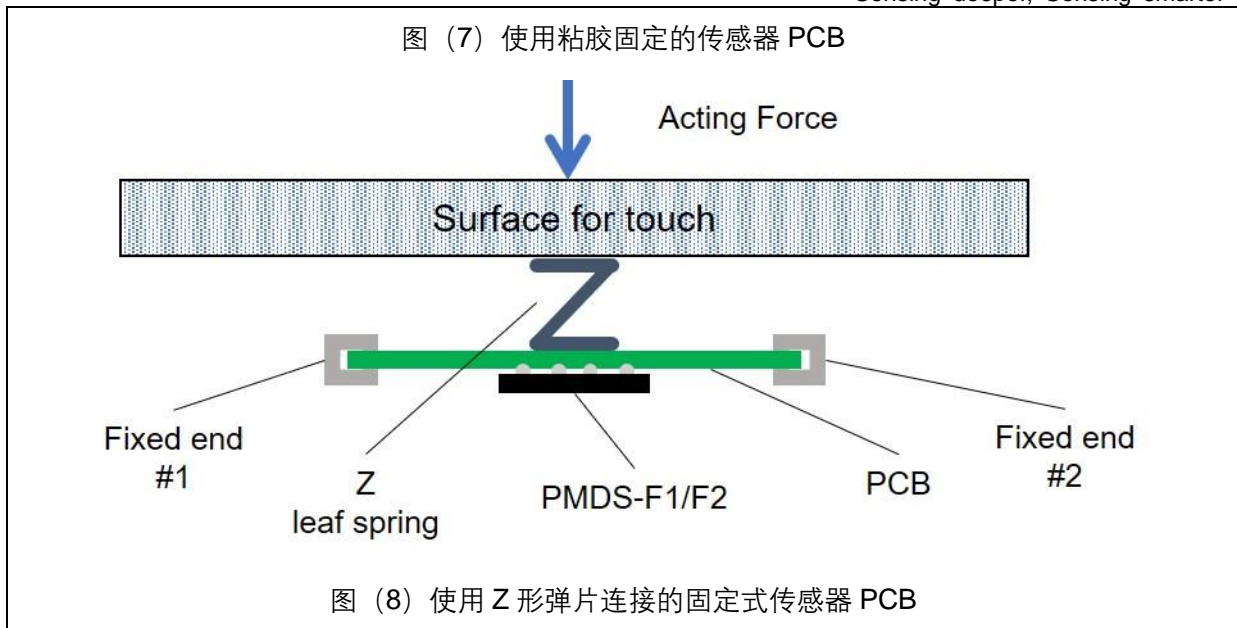
- 单芯片：无需其它应力 / 应变敏感元件配合
- 标准化：标准 PCB 工艺即可实现，无需应力结构配合
- 即贴即用：瞬干焊接胶（如需更多细节，请联系我们的技术团队）
- 高度兼容：可以直接使用现有的应变传导结构，如 Z 形弹片、硬橡胶柱等
- 遮光处理：

□ PMDS-F1

对于深色外壳并且没有内置光源的系统，无需进行任何额外处理；

对于浅色外壳或带有内置光源（如 LED 等）的系统，强烈建议使用**黑色 PCB** 及**黑色遮光胶**来进行保护。





- PMDS-F2 / F3

无需对 PCB 及传感器作任何保护处理。

- 动态范围:

- 增加动态范围

使用加强筋，可以大幅增加 PMDS-Fx 传感器的测量范围。标称应力可以从 0-20 牛放大至 0-1,000 牛或更高，如下图 (9) 所示。

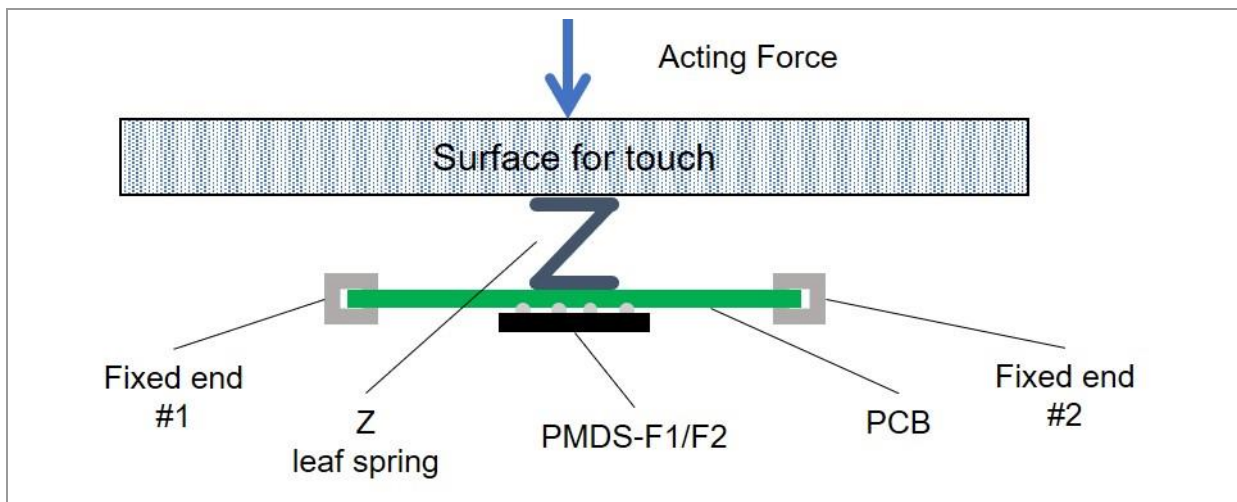
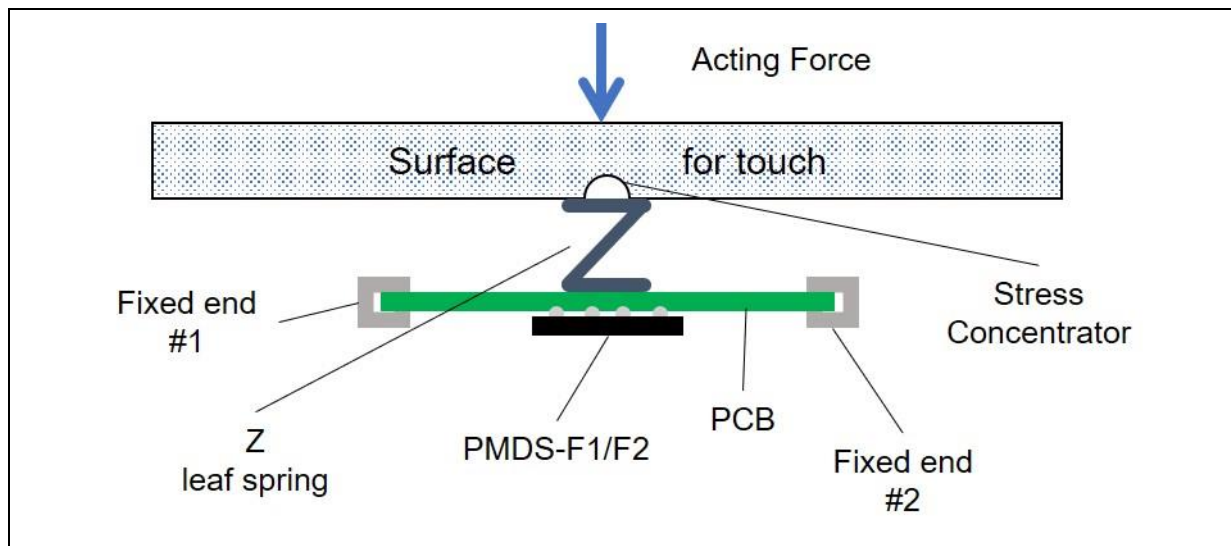


图 (9) 通过加强筋放大测量范围

- 减小动态范围

在作用表面增加合理设计的应力集中槽，可以大幅提高 PMDS-Fx 传感器的灵敏度，

减小其测量范围，如下图（10）所示。



图（10）通过应力集中槽提高灵敏度

综上所述，PMDS-Fx 系统的测量范围及灵敏度，并不仅仅取决于传感器本身，而是由系统设计决定的，影响因素包括如下：

- PCB 的刚性
- 工作表面的刚性
- 应力集中或加强筋结构
- 工作表面与传感器 PCB 之间的连接
- 应力传递结构
- 系统的结构力学设计

改进的结构力学设计、合理的应力集中槽可以缩小应力测量范围、提高系统灵敏度，同时还可以保证系统的刚性与可靠性。

与之相反的是，改进的结构力学设计、合理的加强筋可以放大应力测量范围，同时还可以保证系统的灵敏度与可靠性。举例来说，将 PMDS-Fx 传感器 PCB 粘贴在不锈钢摆臂上，可以检测按摩椅作用在人体上的 0-50 公斤应力，或者更甚，将传感器 PCB 通过合理设计的弹性体，粘贴在货车车厢的底部钢梁上，可以检测数千公斤乃至数十吨的载荷。

Prime 提供的标准驱动程序包含了基准跟踪等算法，可以帮助维持系统零漂在一个可以接受的范围之内，同时获得理想的稳定性和重复性。对于高精度的应力或扭矩测量而言，两点校准是必须的，其中一个为零点，另一个是最大应力值。



Sensing deeper, Sensing smarter

基于 PMDS-Fx 的应力、扭矩测量或压力按键方案，可以按照标准化的工艺批量生产，不需要额外关注制造公差，因而特别适合于快速面市、大批量产的产品。

批量生产中，机械公差以及预应力（预应力释放）等对于良率来说非常关键，尤其是在阈值被设置的极低以获取最佳灵敏度（用户体验）的情况下。

Prime 提供一套系统方法来确定预应力范围，配合专利的基准跟踪算法（baseline tracking algorithm）以解决上述问题，提高量产效率。如需更多细节，请与我们的技术人员交流。

9.3 数字输出

PMDS-Fx 工作于以下两种输出模式，都需要用户从主控芯片向 PMDS-Fx 的指定存储区域加载标准驱动程序，标准驱动程序由 Prime 提供。

模式 1 通过 IIC 接口输出应力值，用户可以在主控芯片中执行相应操作，如设置应力阈值来实现压感按键功能，或输出应力值进行显示，或根据应力值来调整电机转速等。

PMDS-Fx 的 IIC 接口仅工作于 slave 模式，通过 IIC SDA 和 IIC SCL 进行通讯。

控制命令如下：

描述	命令字	字节 0								字节 1			字节 2
		1	0	1	0	0	0	A9	A8	A7.....A01			Data 0...n
写 NVRAM	0xA0	1	0	1	0	0	0	A9	A8	A7.....A01			Data 0...n
读 NVRAM	0x20	0	0	1	0	0	0	A9	A8	A7.....A01			Data 0...n
写配置	0xA3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	A5.....A01	Data 0...n
读结果	0x40	0	1	A5.....A02						Data 0...n			
上电复位	0x88	1	0	0	0	1	0	0	0	无			无
启动测量	0x8C	1	0	0	0	1	1	0	0	无			无

表 (5) 控制命令

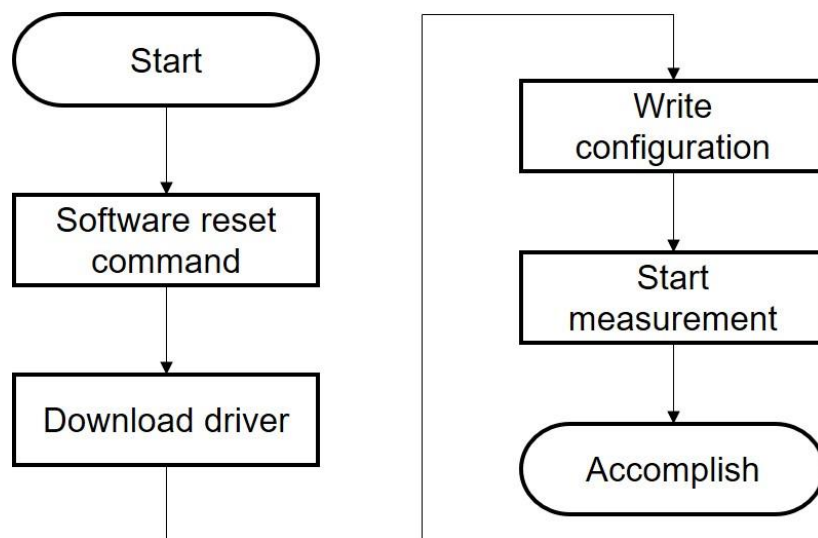
【注】

SPI 和 IIC 都支持地址自动增加;

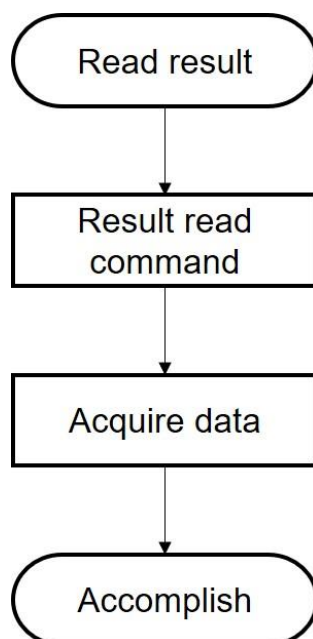
读取结果的范围是: 0~35。

IIC 地址是 0x50, 需要单独配置一条 IIC 总线进行驱动。

模式 1 的标准驱动程序加载过程如下:



模式 1 通过 IIC 读出应力值的详情如下:



【注】

读取通道与固件有关，不同固件可能使用的通道不相同，请联系提供固件的工程师进行确认。

模式 2 中断输出

模式 2 通过 I/O 口输出中断信号，用户从主控芯片向 PMDS-F1/F2 的指定存储区域加载标准驱动程序后，还需向以下存储区域写入设定的应力阈值，PMDS-F1/F2 将会自主检测应力阈值输出中断信号，唤醒主控芯片，实现压感按键功能。

模式 2 与模式 1 具有完全相同的标准驱动程序加载过程。

9.4 基准稳定性

PMDS-Fx 可以工作于-40 至+85 °C。一般而言，温度场的变化是缓慢而均匀的，但为了应对可能的储运或使用过程中的小概率温度骤变，Prime 在驱动程序中内置了相应的温度补偿算法，以保证输出结果的温度漂移在较小的范围之内。

PMDS-Fx 在整个温度和供电电压范围内的基准输出如下，图 (11) 介绍了传感器基准输出（零载荷下，或称应力零点）在固定供电电压和-25 至+50 °C 范围内的波动，图 (12) 介绍了传感器基准输出在室温（12 °C）和整个工作电压范围内的波动。

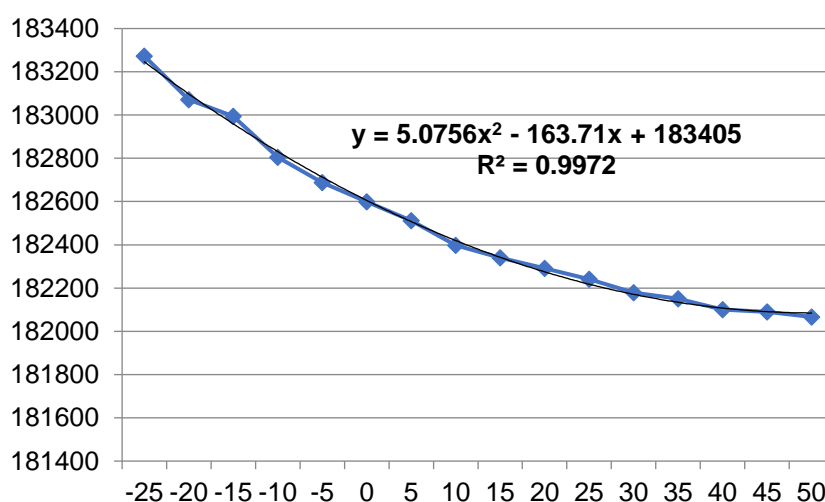


图 (11) 供电电压稳定状态下，基准输出在-20 至+50 °C 内骤变时的温度特性

传感器贴装在 PCB 上，整个传感/测量系统的应力零点随温度升高缓慢下降，通过一个如上图所示的二阶函数，可以对工作温度范围内的应力零点漂移进行补偿，补偿后的 R^2 值可以高达 0.9972。

PMDS-Fx 标准驱动程序包含了基准跟踪算法，用户不需要实施任何进一步的校准工作。

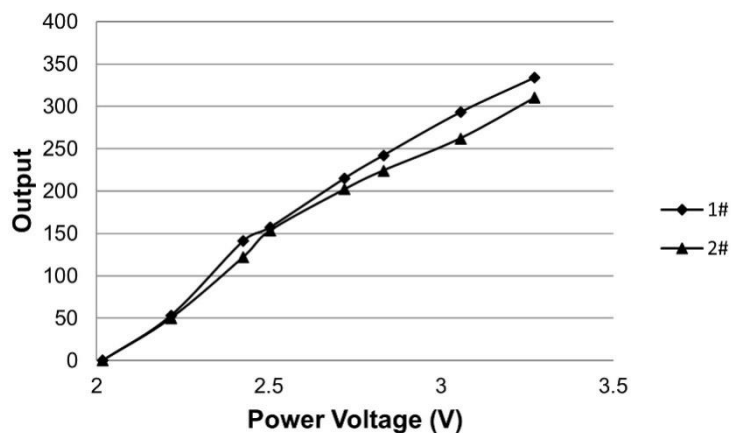


图 (12) 室温下，基准输出的电压特性

供电电压波动状态下，PMDS-Fx 的基准输出将有相对较小的波动。对于电池供电而没有整流电路的情况，强烈建议使用 LDO 用于应力或扭矩测量场景。

对于压感触控等阈值检测应用，对供电电压的要求可以适当放宽。

9.5 线性度

对于应力或扭矩测量应用而言，传感器的线性度是关键指标之一。

下图 (13) 至 (17) 介绍了 PMDS-Fx 传感器的形变与应力输出之间的线性度回归系数，图 (18) 介绍了测试系统的概况。

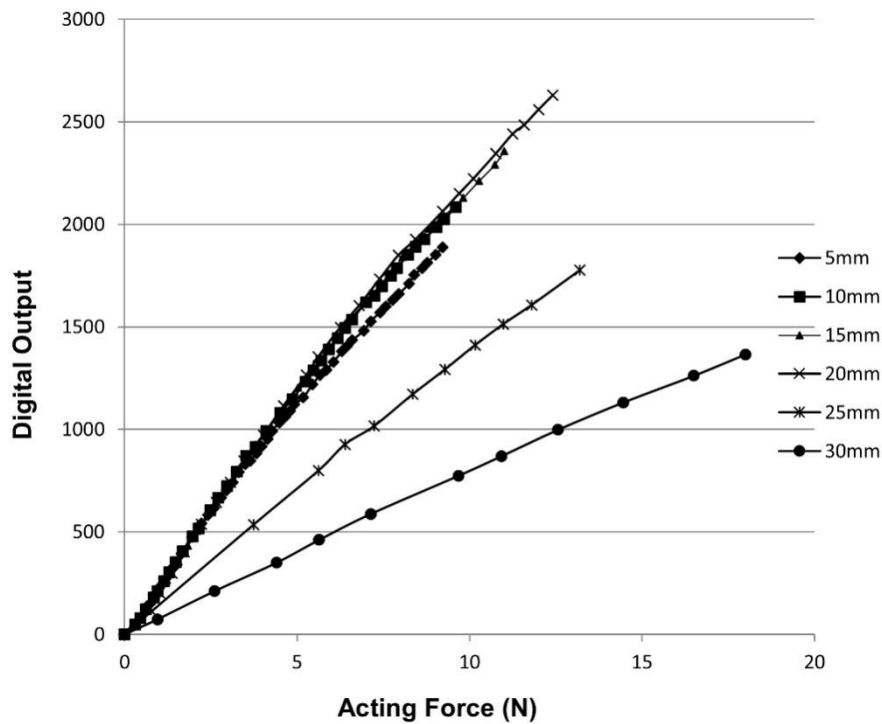
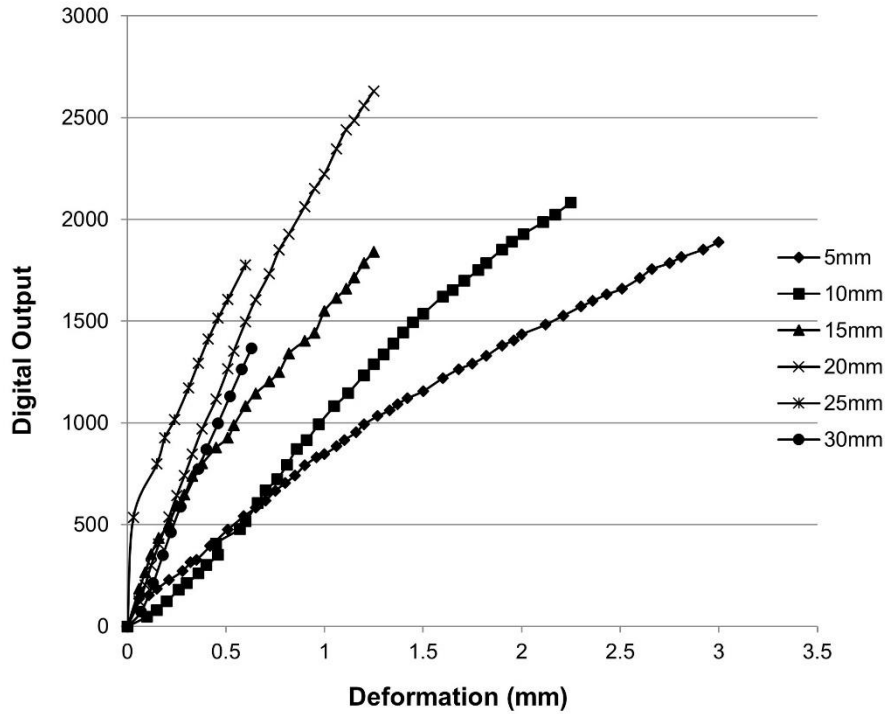
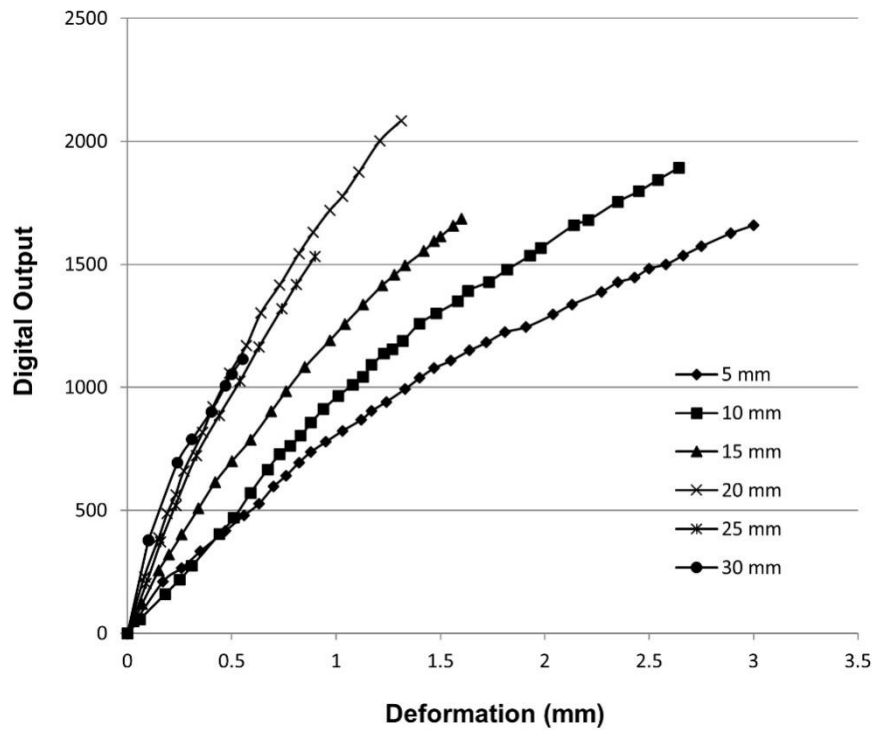


图 (13) 室温与稳定供电下, PMDS-Fx 的形变与应力输出线性度

- 形变与应力输出的线性度较高
- 合理设计的应力结构可以提高线性度，但并非必需。如下图，通过改变支撑柱与固定柱之间的间距模拟应力结构的变化
- 线性度波动在可以接受的范围之内，同时，传感器具备较高的一致性

下图（14）介绍了另一颗 PMDS-Fx 传感器在相同测试条件下的输出结果，可以看到线性度回归系数同样较高。



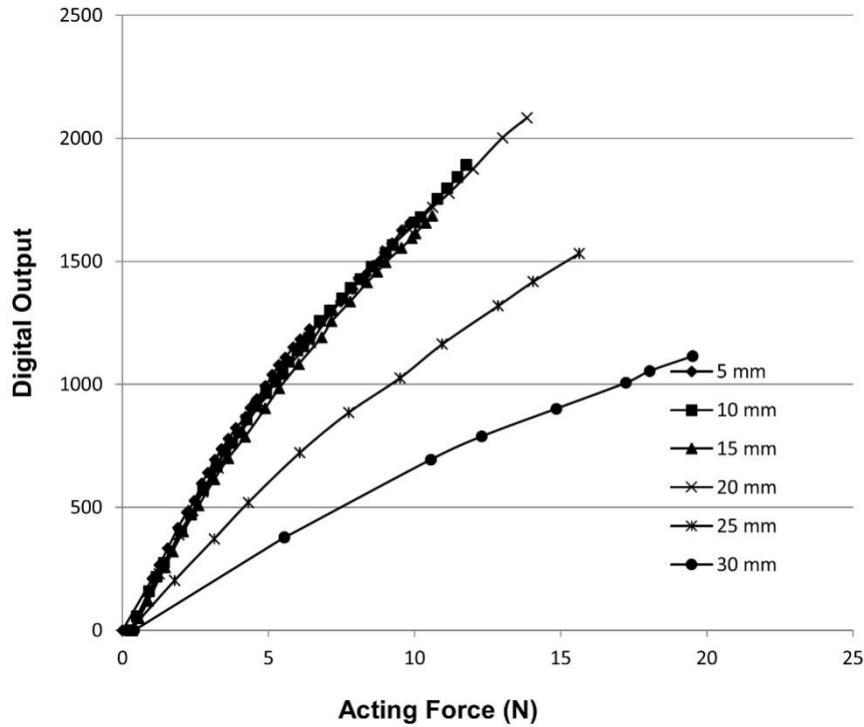


图 (14) 室温与稳定供电下, 另一颗传感器的形变与应力输出线性度

将两颗传感器的形变与应力输出线性度进行对比, 从下图 (15) 和 (16) 可以看到, PMDS-Fx 具有较高的一致性, 完全可以应用在压感触控以外的应力或扭矩测量中。

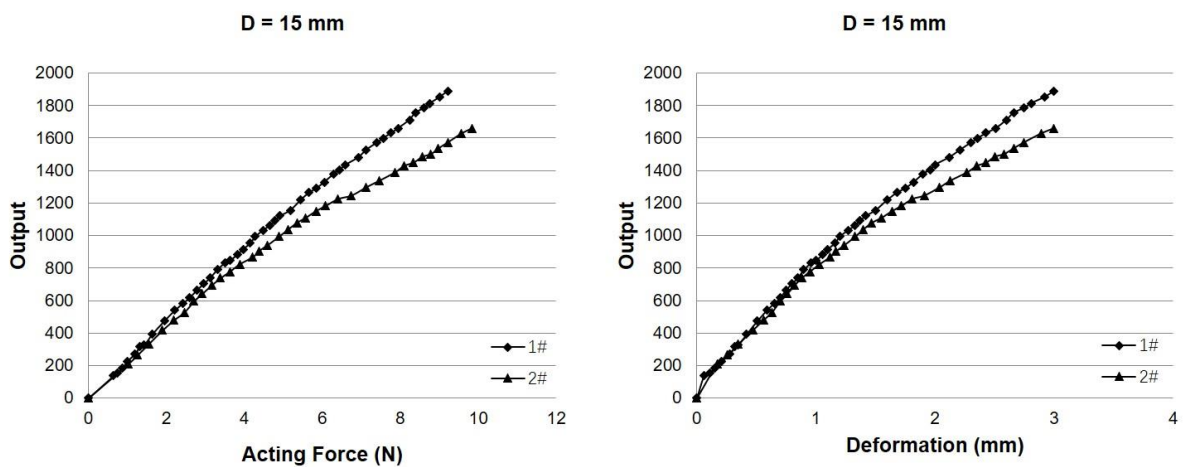


图 (15) PMDS-Fx 一致性 (D = 15 mm)

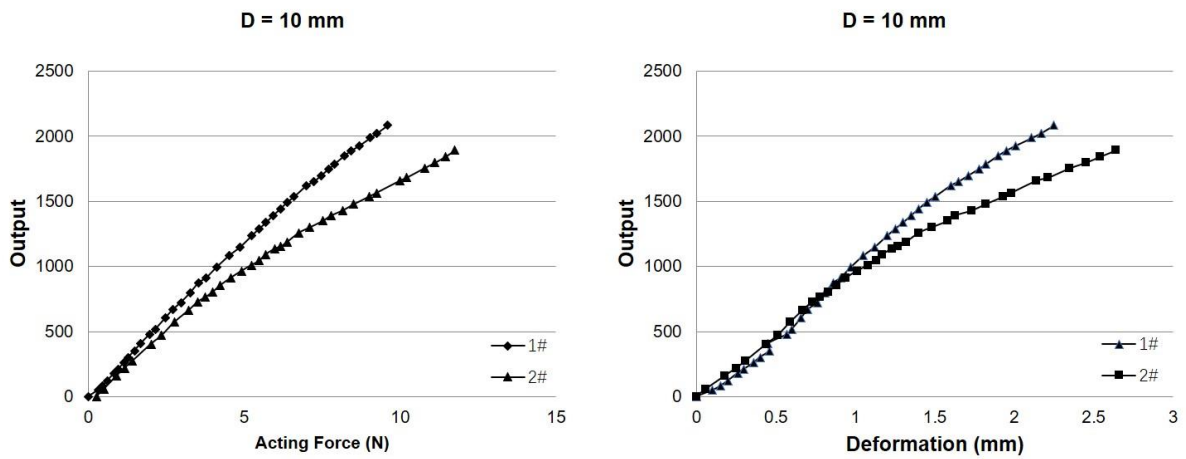


图 (16) PMDS-Fx 一致性 (D = 10 mm)

下图 (17) 介绍了 PMDS-Fx 在室温下的零漂。

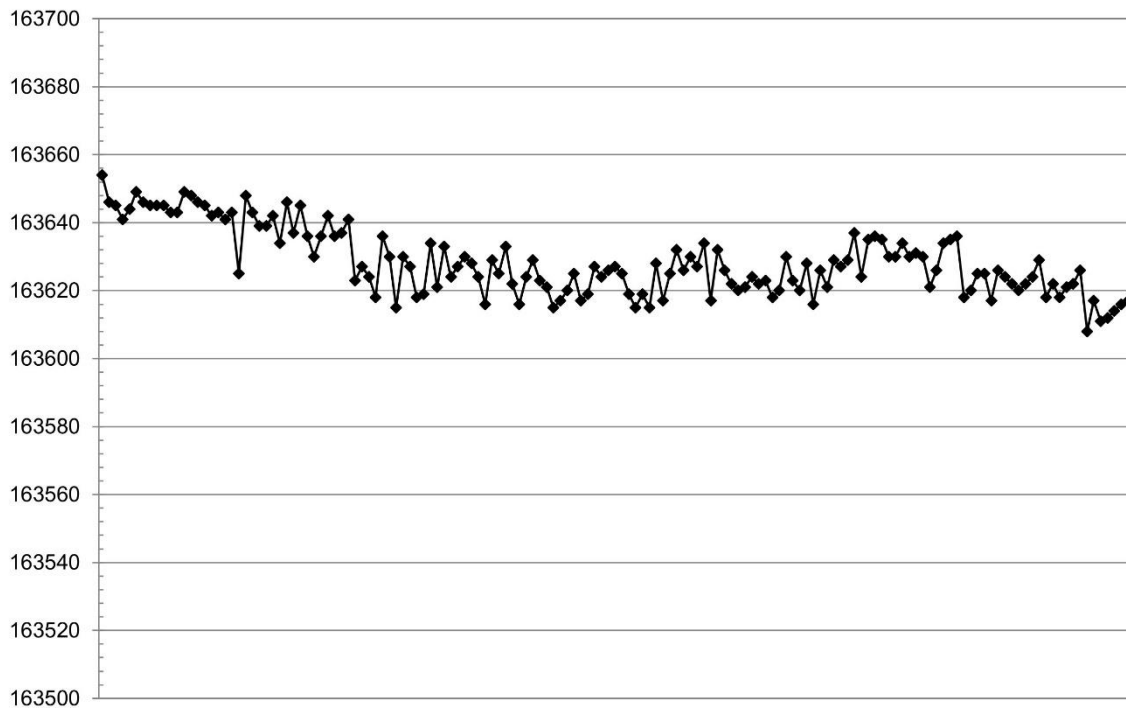


图 (17) PMDS-Fx 在室温下的零漂

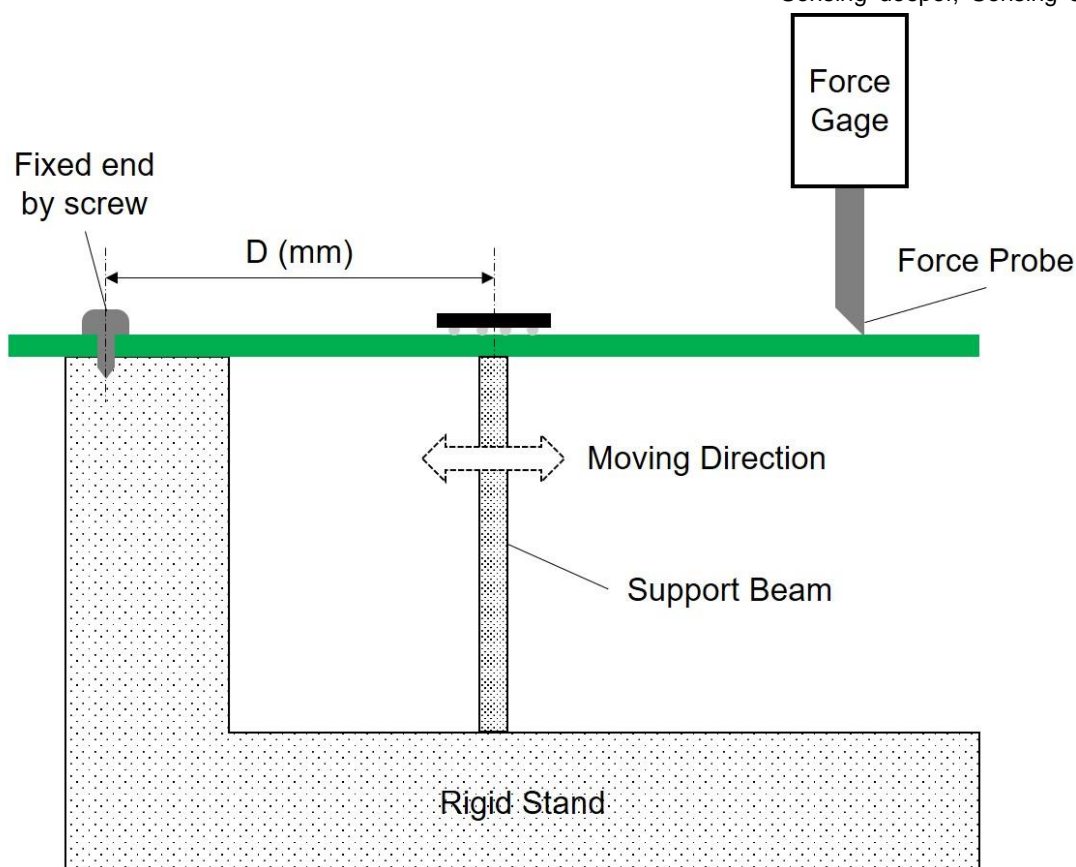


图 (18) 测试系统

9.6 内置电容测量

如需了解更多电容测量通道相关的细节，烦请不吝与我们的技术团队进行沟通。

9.7 内置温度测量

PMDS-Fx 的内置传感器可以实现最高 ± 0.3 °C 的温度精度，温度测量的线性度如下图 (19) 所示。

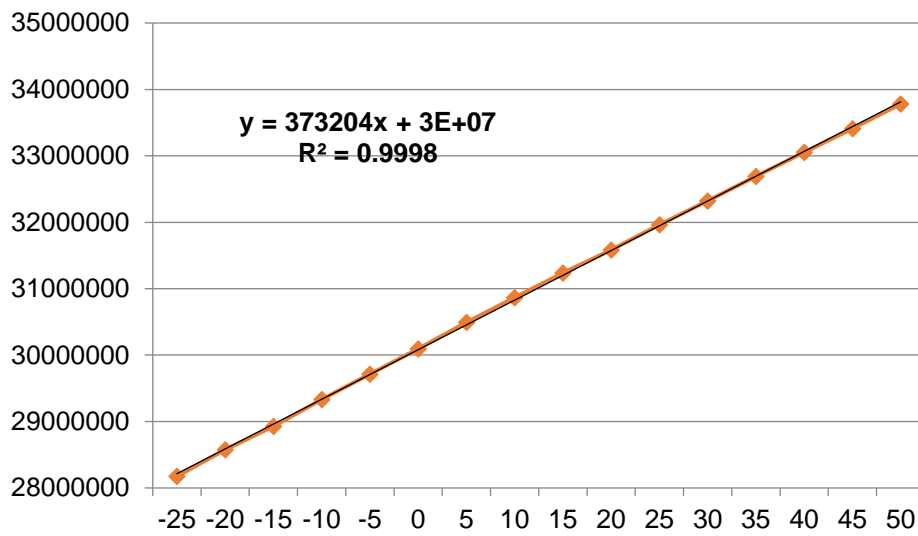


图 (19) PMDS-Fx 内置温度传感器线性度

如需了解更多内置温度传感器的相关细节，烦请不吝与我们的技术团队进行沟通。

10. 其它信息

10.1 传感器的布板

- PCB 板与外壳、面板等应力集中表面的结合应当紧密、稳定、可靠
- 建议但不强制采用对称设计

10.2 传感器的操作

- PMDS-Fx 采用创新的全固态测量原理，无需注意防跌落
- 仍需注意 PCB 板与应力集中表面之间结合的稳定性与可靠性
- 可以使用超声波洗板
- 遵循静电防护要求
 - 使用防静电袋存储
 - 在 ESD 安全环境下操作
 - 接地以防止 ESD 损害

10.3 焊接建议

IPC/JEDECJ-STD-020D.1

回流焊的最高焊接温度应满足 IPC/JEDECJ-STD-020D.1 第 5.6 节的要求。

从温箱或湿度箱中取出的时间，应不短于 15 分钟，不长于 4 小时。如不能满足上述要求，器件需要重新被烘烤或加湿。焊接时间应在 5 到 60 分钟之内。

所有温度均为封装中心温度，通过封装表面进行测量。烘箱应按照同样的配置执行温度程序，或在受认可的等效热负载状态下运行。



Sensing deeper, Sensing smarter

Profile Feature	Sn-Pb Eutectic Assembly	Pb-free Assembly
Preheat / Soak		
Temp Min (T_{smin})	100 °C	150 °C
Temp Max (T_{smax})	150 °C	200 °C
Time (T_s) from (T_{smin} to T_{smax})	60-120 seconds	60-120 seconds
Ramp up rate (T_L to T_p)	3°C/secondmax.	3°C/secondmax.
Liquidous temp (T_L)	183 °C	217 °C
Time (T_L) maintained above T_L	60-150 seconds	60-150 seconds
Peak package body temp (T_p)	For users T_p must not exceed the classification temp. For suppliers T_p must equal or exceed the classification temp.	For users T_p must not exceed the classification temp. For suppliers T_p must equal or exceed the classification temp.
Time (T_p) within 5 °C of the specified classification temp (T_C)	20 seconds	30 seconds
Ramp-down rate (T_p to T_L)	6 °C/secondmax.	6 °C/secondmax.
Time 25 °C to peak temp	6 minutes max.	8 minutes
Tolerance for peak profile temp (T_p) is defined as a supplier min. and a user max.		

表 (6) 回流焊温度曲线

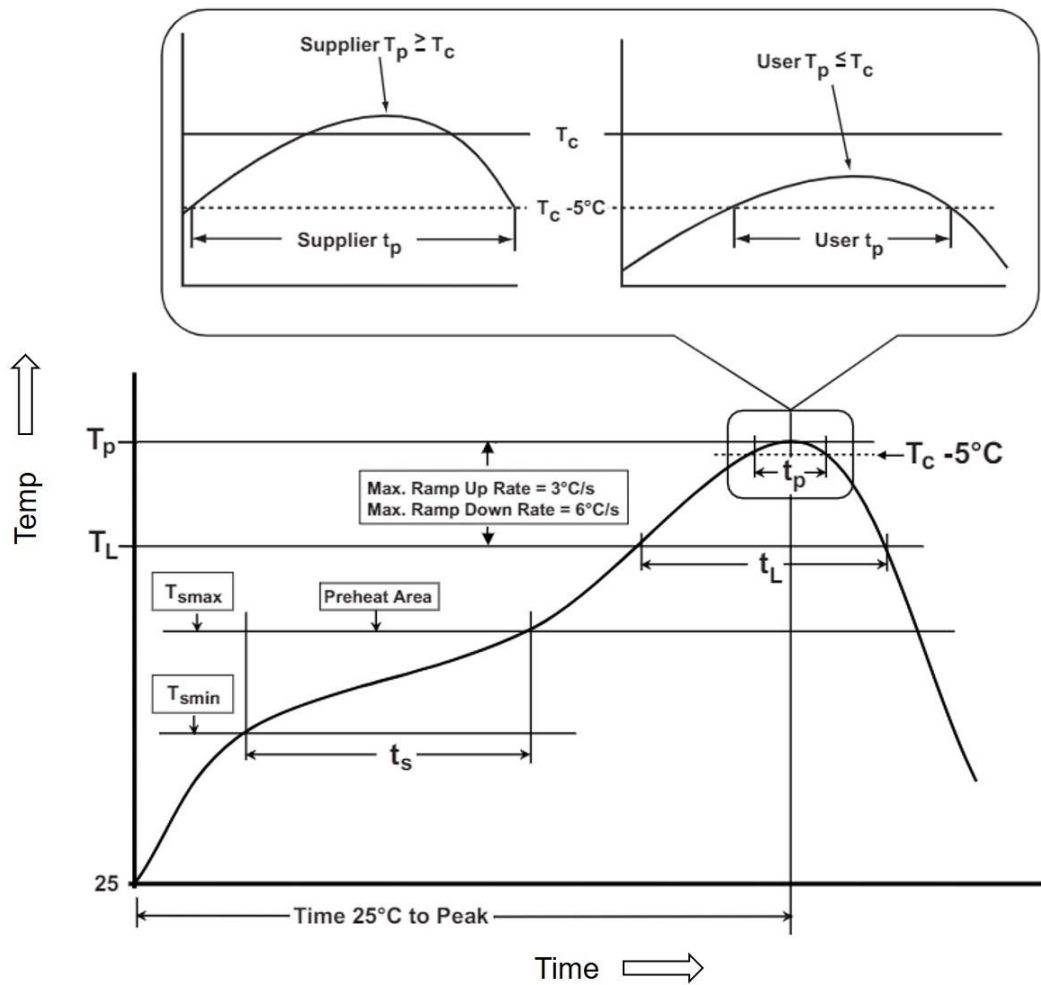


图 (20) 回流焊无铅焊接温度曲线

10.4 封装信息

PMDS-F1: WLCSP12

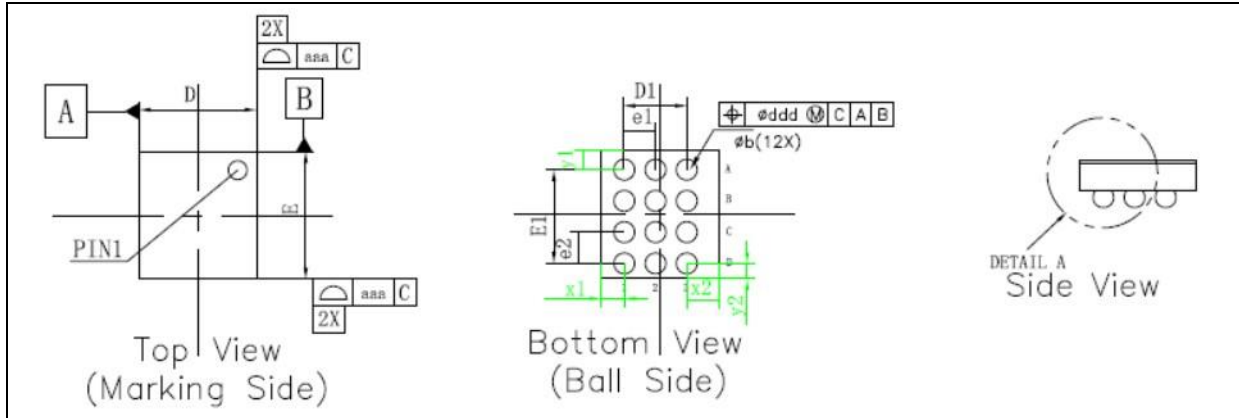


图 (21) PMDS-F1 顶视图、底视图、侧视图

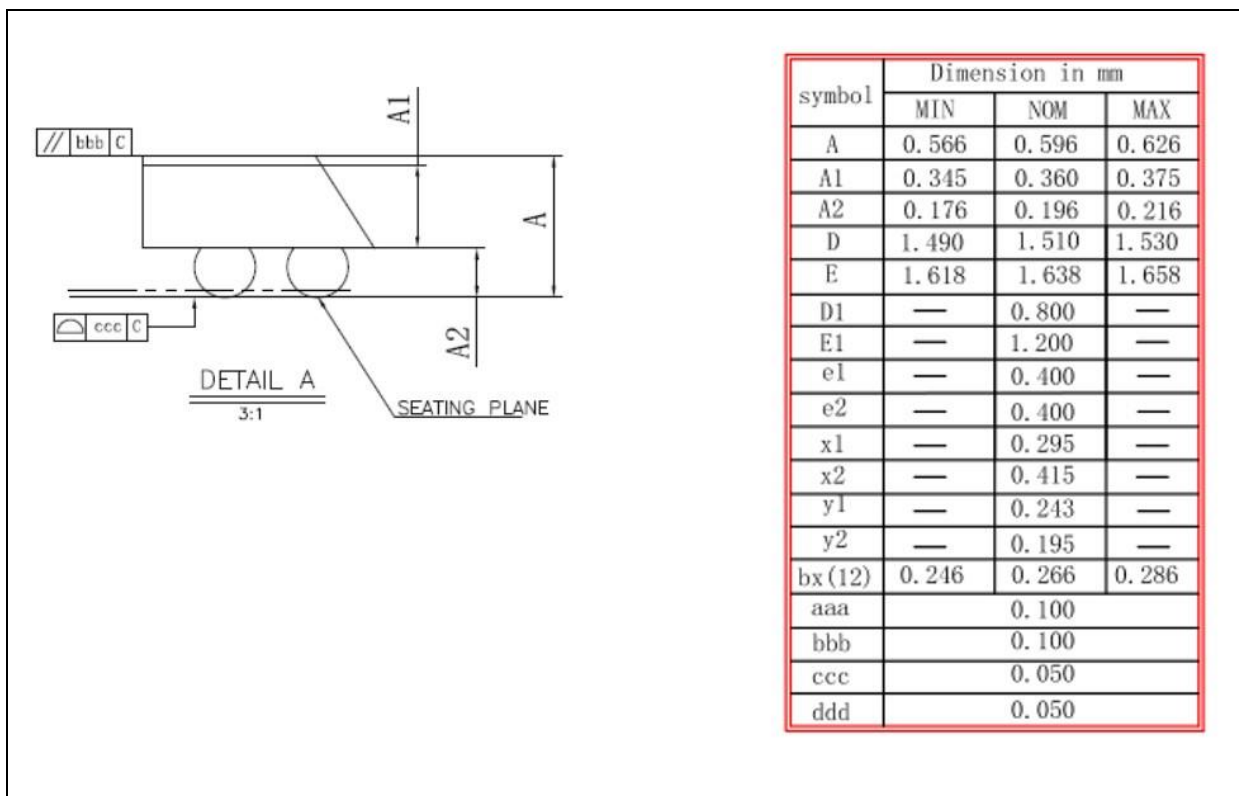


图 (22) PMDS-F1 引脚与封装尺寸

PMDS-F2: DFN10

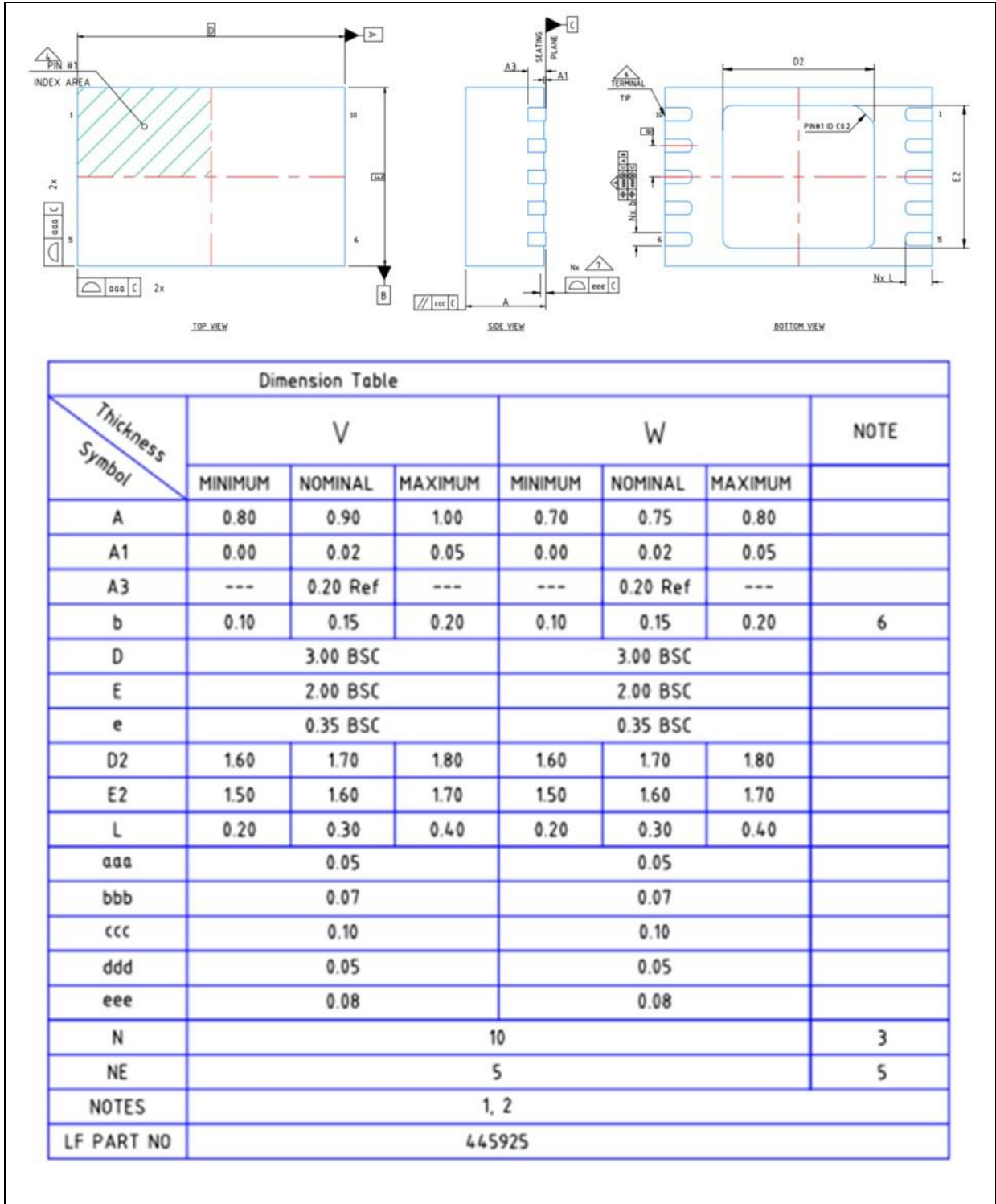


图 (23) PMDS-F2 / F3 引脚与封装尺寸



Sensing deeper, Sensing smarter

10.5 丝印编码

PMDS-Fx 的丝印编码包含两行字母及数字，印制在 WLCSP12 或 DFN10 的封装顶部。

- 第一行：产品型号，F1、F2 或 F3
- 第二行：LNMY:
 - LN 对应晶圆 Lot Number 的末两位，机器自动抓取；
 - M 对应生产时的公历月份，1-9 月份分别对应数字 1-9，10-12 月份分别对应代码 A、B 和 C；
 - Y 对应生产时的公历年份，2020-2019 分别对应数字 0-9。

10.6 编带包装

PMDS-F1 编带包装信息如下:

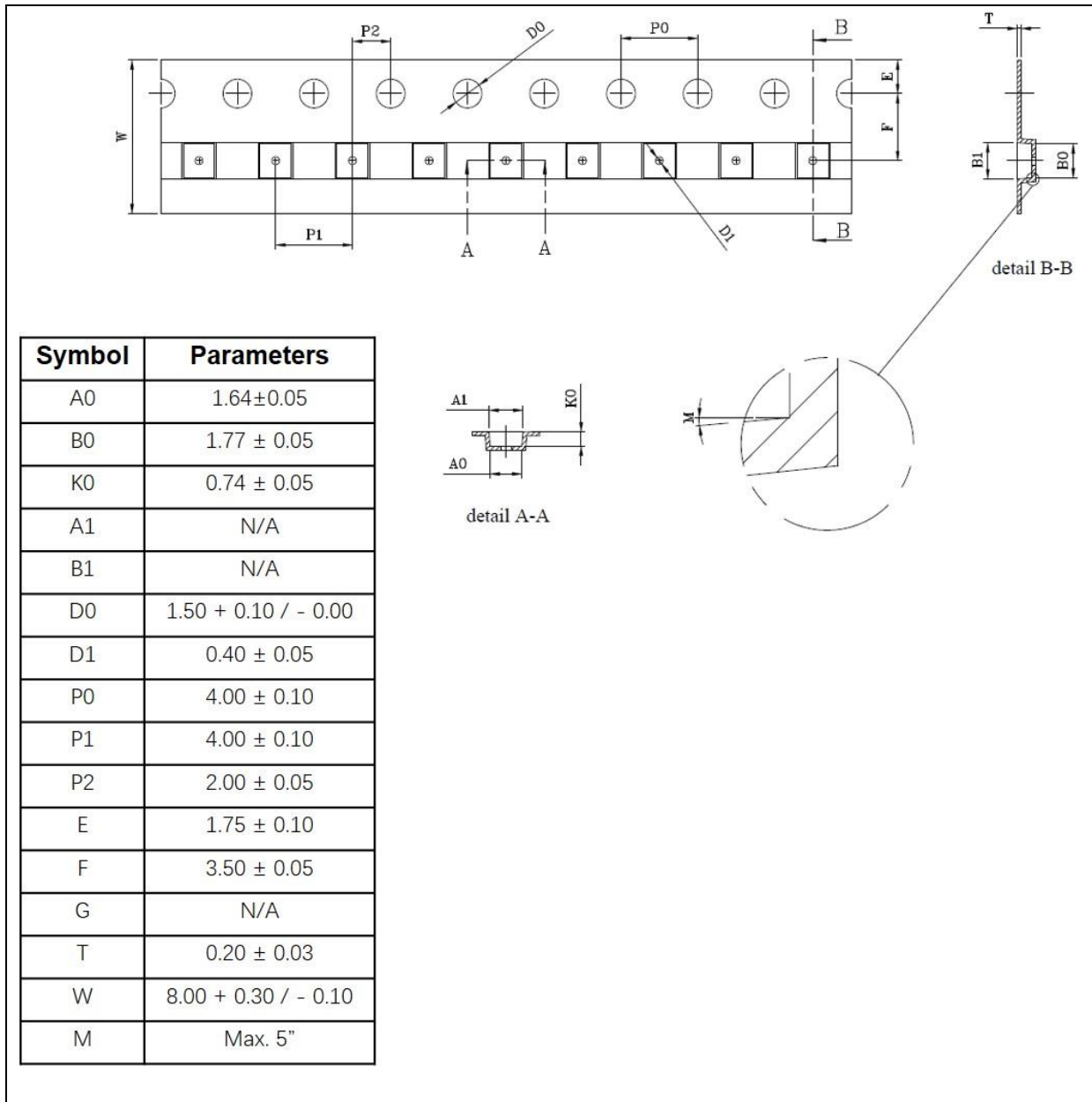


图 (24) PMDS-F1 编带包装尺寸

PMDS-F2 / F3 编带包装信息:

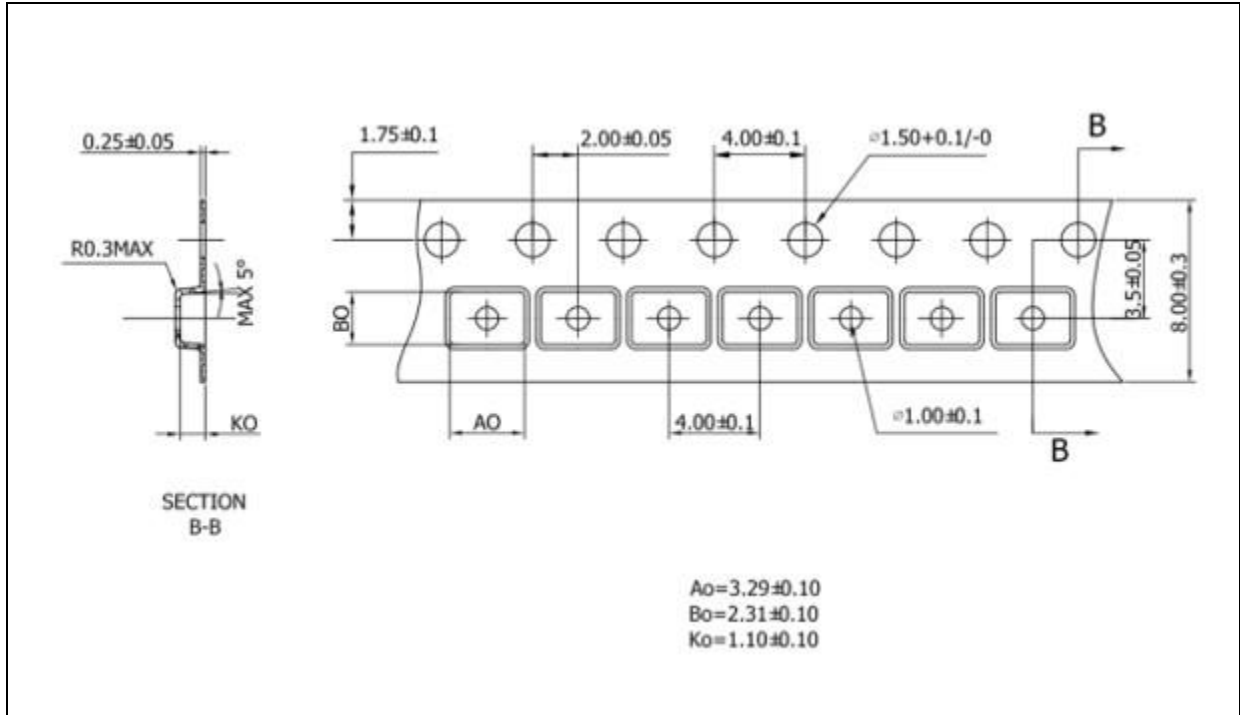


图 (25) PMDS-F2 / F3 编带包装尺寸



Sensing deeper, Sensing smarter

11. RoHS 兼容性

PMDS-Fx 完全符合当下的 RoHS 指令，可以被用于规定的无铅流程。

12. 版权申明与版本信息

12.1 版权申明

本文档包含的所有内容归属于版权所有方，未经授权，不得被复制、存储、翻译或以其它任何形式再次应用。

12.2 版本信息

当前最新版本 v23,00.211027 (更新日期 2021-10-27)	页码
更新所有图表	-
增加基准输出的稳定性及线性度	-
更新机械结构设计建议，介绍基准自动跟随算法如何解决量产中的公差和预应力问题。	10-13
更新 IIC 时序图	8
更新电气参数中的功耗参数 (表 4)	7-8
更新动态范围及引脚描述 (表 2)	6
新增 9.6 及 9.7 节电容与温度测量相关概况	21
新增功能框图	3
更正部分笔误	-

表 (7) 版本信息



Sensing deeper, Sensing smarter

如需商务支持，请联络代理商，或我们的销售支持团队：

Prime

S. China Sales & Marketing: *Mr. Kenny CHEN*, kenny.chen@prime-semi.com

C. China Sales & Marketing: *Ms. Kitty LV*, kitty.lv@prime-semi.com

Sales & Marketing Assistant: *Ms. Lisa LIU*, lisa.liu@prime-semi.com

如需技术支持，请联络我们的应用技术团队：

Prime

GC Application Support: *Mr. David ZHOU*, david.zhou@prime-semi.com