

艾利丹尼森思创
技术指南

2021 年 6 月

无源传感器

使用 Axzon Magnus® S2 和 S3 IC 的
无源传感器工作原理和使用指南

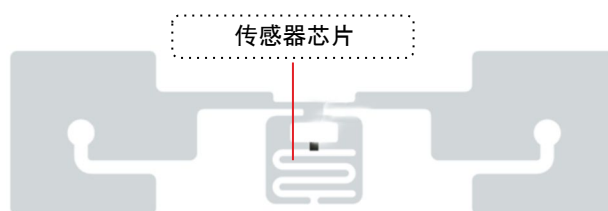
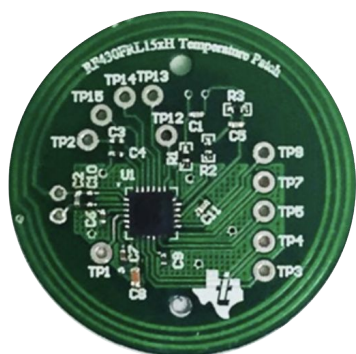
目录

03	简介
04	传感器芯片功能
05	传感器工作原理
08	传感器标签通信方法
09	IC 技术参数
10	传感器标签产品
12	适配读写器
13	软件与传感器数据采集
15	高精度读取技术
18	常见问题

简介

艾利丹尼森思创是全球首个推出使用 Axzon Magnus® S2 和 S3 芯片的无源 RFID 传感器的制造商。

传统传感器通常需要电池/电源、多个电子元件、专用传感器模块



艾利丹尼森思创的无源传感器采用单芯片设计，构建技术成本低，无需电池，无需维护。与传统传感器相比，这一解决方案价格十分低廉，无源特性使其可被应用于不得使用电源的敏感性环境。

无源传感器使用标准 EPC UHF 协议读取，可使用开源国际标准轻松灵活配置。

传感器芯片功能

传感器芯片拥有三个主要感应功能：

变色龙引擎

该芯片具有自调谐功能，可根据不同的天线设计优化其性能表现。

标签如遇水或接触金属物品，常规 RFID 会出现频率偏移和性能下降。

采用变色龙引擎的无源传感器可调节其内部的可变电容器，与受到干扰的天线的新阻抗进行匹配，从而减少水和金属等材料的干扰，提升性能。

电容调整的能力是湿度和高介电材料传感器感应性能的基础。

芯片内 RSSI

芯片可对其接收到的射频功率进行测量，并将该信息以数值形式发送给读写器。

芯片内接收信号强度 (On-Chip RSSI) 测量的是读写器向标签正向传输的功率，与此相反，读写器接收信号强度(Reader RSSI)，测量的则是当读取器向标签传输信号激活标签，并消耗了大量的能量之后，标签向读取器反向散射的功率。由此可见，芯片内接收信号强度更确切地反映了读写器与标签之间的能量传输。

温度感应电路

芯片内置有温度感应电路，可测量芯片内的硅片温度，并将温度数据发送给读写器。

传感器工作原理

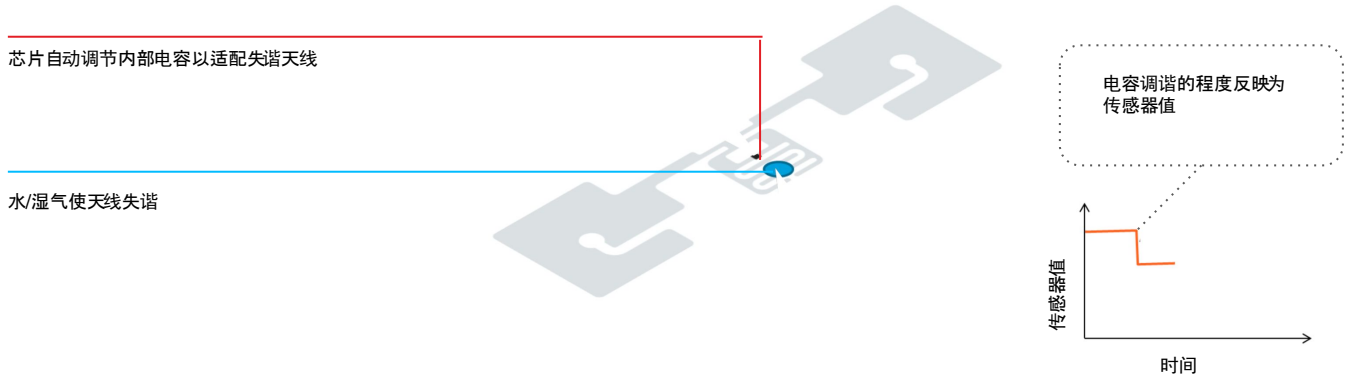
湿度感应

众所周知，水影响 RFID 标签天线性能，使其阻抗偏离设计值。

艾利丹尼森思创基于 Axzon 芯片的无源传感器可以调整其内部电容，与受到干扰的天线的新阻抗值建立最佳匹配。

电容调整的程度以传感器值或代码的形式体现。

随着湿度升高，失谐效应变得更强。因此电容调谐的程度变得更为明显，导致更大范围的传感器值或者代码的变更。

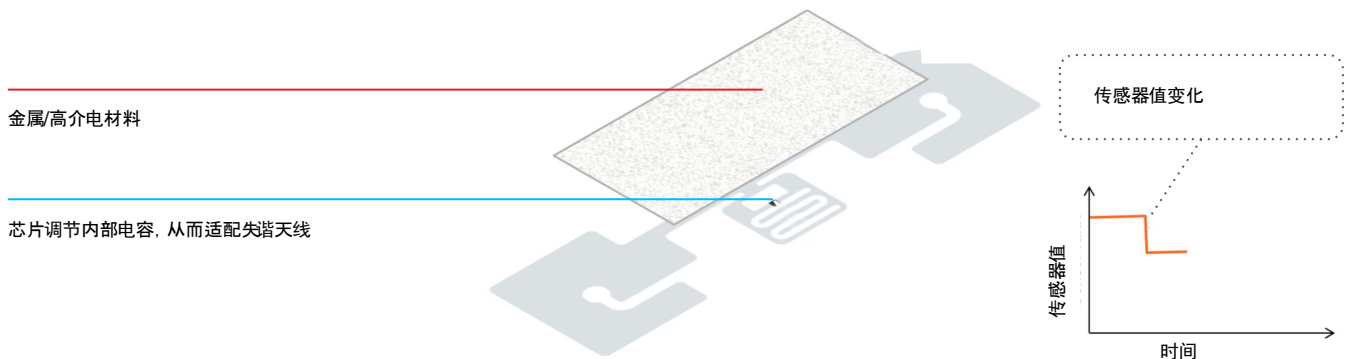


距离感应

当 RFID 标签的天线靠近金属或高介电材料时，其天线将以类似方式失谐。

在这种情况下，无源传感器可调整其内部电容，以与失谐天线建立最佳匹配，并改变感应值或者传感器代码。

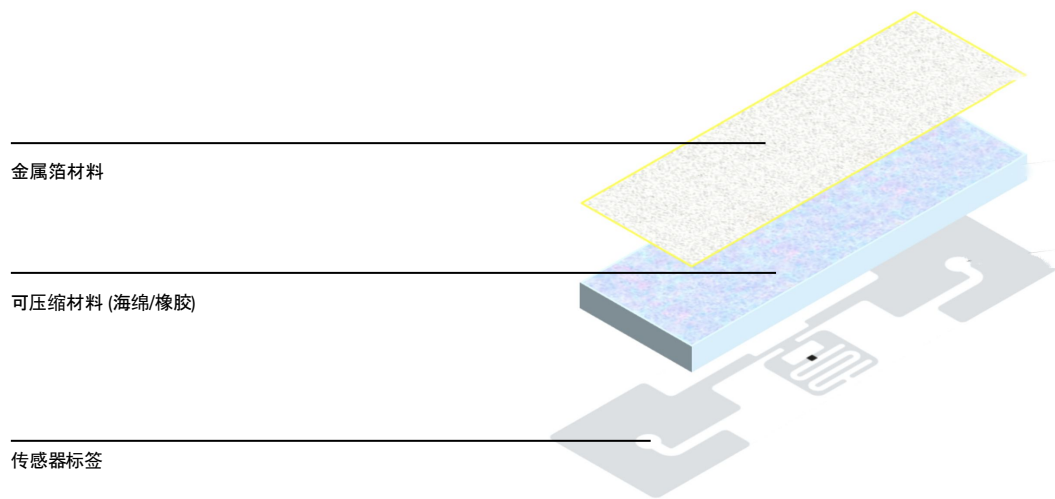
当金属物体进一步靠近天线时，失谐影响变强，传感器值或者代码进一步变化。这种距离和传感器值或代码之间的关联关系使传感器标签能够作为距离传感器使用。



传感器工作原理

压力感应

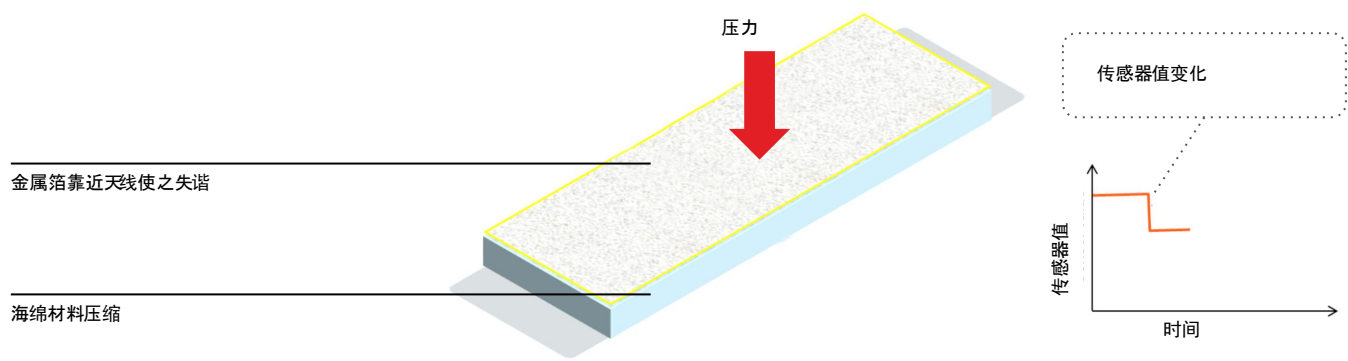
可通过在传感器标签和金属箔层之间加入海绵或橡胶等可压缩材料，使用同样的解谐原理制造压力传感器，参考下图：



当施加压力时，材料会压缩，金属箔会靠近天线，使其失谐。这会导致传感器代码值发生相应的变化。

随着施加更大的压力，压缩程度增加，金属材料更靠近天线，使其进一步失谐。传感器值相应地进一步下降，导致压力和传感器值之间存在相关性。

传感器的压力范围可以通过采用不同弹性的可压缩材料来进行调整。



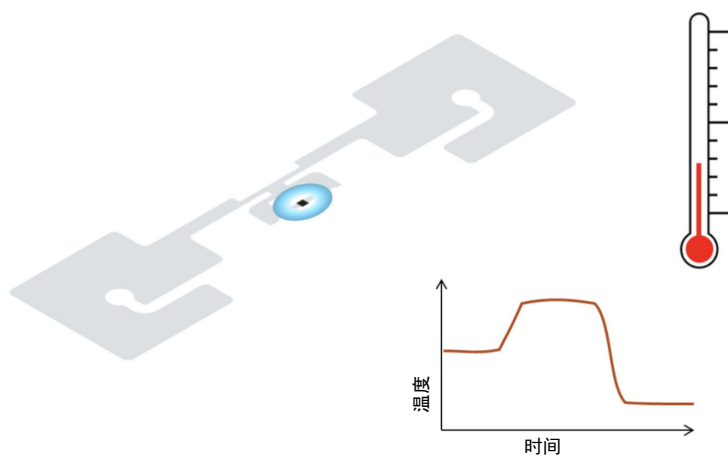
传感器工作原理

温度感应

与湿度、距离和压力感应采用的天线失谐原理不同，温度感应则是在电路中内置温度感应集成电路 (IC)，与天线无关。

芯片内置温度感应集成电路，可探测芯片内硅片的温度。

由于热量传递原理，硅片温度与周围材料的温度相近。



传感器标签通信方法

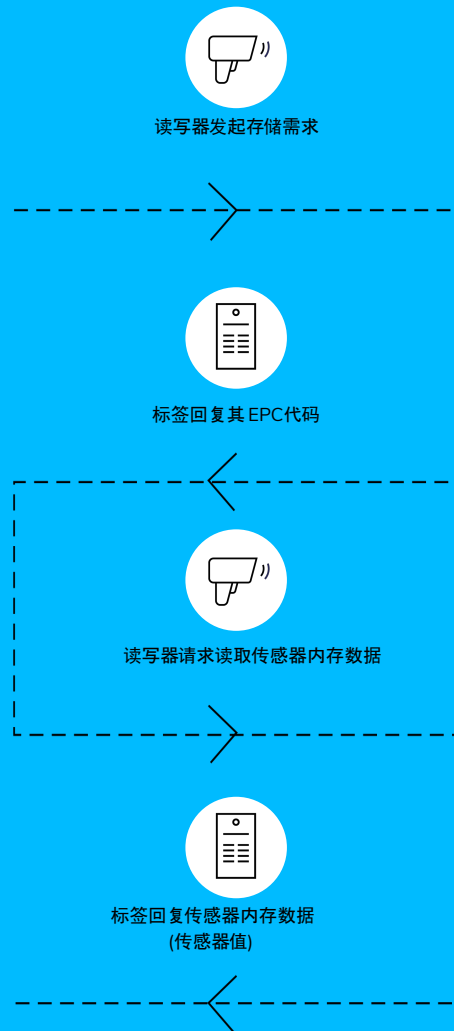
艾利丹尼森思创的无源传感器使用 UHF RFID (EPC Class 1 Gen 2) 协议进行读取。

下图简要显示了 RFID 读写器与无源传感器标签通信并检索其传感器和温度代码的机制：

读写器



标签



IC 技术参数

艾利丹尼森思创无源传感器使用 Axzon 提供的 IC。最初采用两种型号：Magnus® S2 和 Magnus S3。

主要区别在于 Magnus S3 可提供温度感应功能，而 Magnus S2 不能。Magnus S2 版本目前已停止使用。IC 技术参数如下：

功能	MAGNUS S2	MAGNUS S3
EPC 内存	128 bits / 最高 272 bits	128 bits
用户内存	144 bits	176 bits
TID内存	64 bits	64 bits
传感器分辨率	32 (5 bits)	512 (9 bits)
芯片内 RSSI 分辨率	32 (5 bits)	32 (5 bits)
IC 操作温度	-40 摄氏度至 85 摄氏度	-40 摄氏度至 85 摄氏度
IC 灵敏度	读取: -16.1 dBm 写入: -6.1 dBm	读取: -16.6 dBm 写入: -9.9 dBm
温度存储分辨率	无	4096 (12 bits)
温度精度	无	0 摄氏度至 50 摄氏度: ± 0.3 摄氏度* -40 摄氏度至 85 摄氏度: ± 1.0 摄氏度*

*采用两点式校准

传感器标签产品

艾利丹尼森思创提供如下传感器标签产品：

1. Sensor Patch 湿度传感器



Sensor Patch 湿度传感器主要面向医疗保健行业的尿布应用。

应用于轻质介电材料时，传感器对湿度变化高度敏感，但不适用于玻璃和陶瓷等高负荷材料。

目前有 FCC 和 ETSI 两个版本可用。

使用 Magnus S2 芯片，将于 2021 年底停止使用。

2. Sensor Tadpole 蝌蚪型传感器



Sensor Tadpole 蝌蚪型传感器是一种抗金属用标签，安装于金属表面时可用于湿度检测。

该传感器可选择配置吸水性纸质尾巴，吸收水分并传导至天线表面。传感器尾可连接到易漏水的组装表面，或置于标签无法进入的缝隙之中。

蝌蚪型传感器有 FCC 和 ETSI 两个版本可用。

3. Dogbone® 温度传感器



Dogbone® 温度传感器是一款通用性温度传感器，设计可用于多种类型的材料，读取距离和传感性能优良。

此外，对湿度和天线失谐变化敏感。

Dogbone® 温度传感器®有 FCC 和 ETSI两个 版本可用。

4. 定制化设计

一些情况需要定制化设计。

无源传感器通过自调谐可变电容原理工作。但由于电容调谐的范围受限，无源传感器天线在设计时存在有限的“调谐窗口”。

因此，对于针对某一特定材料 (例如木材或混凝土)、需要特别精准的湿度或介电变化测量的应用场景，通常需要进行定制化设计。

适配读写器

艾利丹尼森思创无源传感器 严格来说, 所有符合 EPC 协议的读写器都应可读取传感器值。

通信使用标准 EPC C1G2 协议。 然而, 为了获取准确的传感器读数, 需要在读写器内设置特定的通信技术:

- 对于芯片内 RSSI 代码测量, 读写器需发起一个选择命令, 使芯片生成芯片内 RSSI 代码, 该代码而后通过标准读取命令从独立内存地址中被读取。
- 需要使用芯片内 RSSI 获取准确的传感器代码读取结果。
- 对于温度测量, 读写器需发起一个选择命令, 使芯片计算芯片内温度, 继而由一个 3ms 的连续波为温度电路供电, 然后通过标准读取命令从独立内存地址中被读取。

尽管上述特殊命令属于 EPC C1G2 协议范围, 但许多读写器制造商仅公开常用命令的高级别 API。

为支持此类特殊命令, 读写器制造商或需进行小型固定波拓展, 从而为这些命令提供新的 API。

如需了解支持这些特殊命令的适配 RFID 读写器清单, 请联系您当地的艾利丹尼森思创销售代表。

软件与传感器值采集

概览

无源传感器可采集三个主要参数：

- 传感器代码 (天线失谐程度)
- 芯片内 RSSI (芯片接收功率量)
- 温度代码 (芯片测量的温度)

读取上述代码需要的具体步骤如下：

读取传感器代码

读取命令从指定内存地址检索传感器代码

读取芯片内 RSSI：

1. 选择命令从指定内存地址激活芯片进行 RSSI 计算
2. 读取命令从独立内存地址检索芯片内 RSSI 数值

读取温度代码：

1. 选择命令从指定内存地址激活芯片进行温度计算，而后需使用 3ms 持续波，确保温度传感器电路运行时间充足。
2. 读取命令从独立内存地址检索温度代码

将温度代码转换为实际温度值：

使用当前测量的温度代码和存储在芯片内存中的校准值，应用转换公式

读取传感器代码

传感器代码可通过标准 EPC C1G2 读取命令进行读取。内存位置如下表所示：

传感器代码地址			
标签型号 / TID header	内存区	字地址	传感器代码位数
Magnus S2 / E282 402 _h	保留 (Bank 0 _h)	B _h	5 bits (0 - 31)
Magnus S3 / E282 403 _h	保留 (Bank 0 _h)	C _h	9 bits (0 - 511)

读取芯片内 RSSI, 第一步

发送标准 EPC C1G2 选择命令以提醒所有芯片内 RSSI 代码超过或小于等于某一具体阈值的标签。如芯片内 RSSI 超出此阈值范围, 则芯片内 RSSI 值将不会被生成, 继而使后续读取命令失败。选择命令如下:

选择命令参数为芯片内 RSSI								
标签型号 / TID header	内存区		指针位地址	掩码长度			掩码值	
Magnus S2 / E282 402 _h	用户 (Bank 3 _h)		B _h	5 bits (0 - 31)			见下表	
Magnus S3 / E282 403 _h	用户 (Bank 3 _h)		C _h	9 bits (0 - 511)			见下表	

掩码值									
掩码位	M7	M6	M5		M4	M3	M2	M1	M0
掩码位值	0	0	0: 匹配, 如代码 ≤ 阈值 1: 匹配, 如代码 > 阈值				5-bit 阈值 最大位优先		

此处允许过滤, 以确保仅处于所需功率阈值范围内的标签相应命令。亦可通过将阈值设定为最大, 使得任何芯片内 RSSI 值均可生成芯片内 RSSI。此操作方法为定义 M5 = 0 且 M0 至 M4 为最大值 11111, 导出 8-bit 掩码 00011111 (1Fh)。

读取芯片内 RSSI, 第二步

发送标准 EPC C1G2 读取命令以检索满足功率阈值条件的具体标签的指定芯片内 RSSI 代码。

芯片内 RSSI 地址			
标签型号 / TID header	内存区	字地址	芯片内 RSSI 位数
Magnus S2 / E282 402 _h	保留 (Bank 0h)	D _h	5 bits (0 - 31)
Magnus S3 / E282 403 _h	保留 (Bank 0h)	C _h	9 bits (0 - 511)

读取温度代码 第一步

发送带有如下所述参数的标准 EPC C1G2 读取命令, 以启动温度传感器并计算温度代码, 而后为 3ms 固定波。3ms 固定波为温度传感器电路运行提供时间。

选择命令参数为温度代码				
标签型号 / TID header	内存区	指针位地址	掩码长度	掩码值
Magnus S3 / E282 403 _h	用户 (Bank 3 _h)	E0 _h	0 _h	空

读取温度代码 第二步

发送标准 EPC C1G2 读取命令以从位于下表地址的标签内存中检索温度代码。

选择命令参数为温度代码			
标签型号 / TID header	内存区	字地址	芯片内 RSSI 位数
Magnus S3 / E282 403 _h	保留 (Bank 0 _h)	E _h	12 bits (0 - 4095)

软件与传感器值采集

将温度代码转换为实际温度值和校准数据

可通过使用芯片内存中的校准值翻译测得温度代码，将温度代码转换为实际温度 (摄氏度)。这一操作在应用程序软件层面完成。

转换公式如下：

$$\text{Temperature in Deg Celsius} = \frac{1}{10} \left[\frac{\text{TEMP2} - \text{TEMP1}}{\text{CODE2} - \text{CODE1}} (\text{C} - \text{CODE1}) + \text{TEMP1} - 800 \right]$$

温度校准数据				
字段名称	内存区	起始位数(MSB)	位数	描述
代码 1	用户 (Bank 3 _h)	90 _h	12	第一校准点温度代码
温度 1	用户 (Bank 3 _h)	9C _h	11	(第一校准点温度, 摄氏度) × 10 + 800
代码 2	用户 (Bank 3 _h)	A7 _h	12	第二校准点温度代码
温度 2	用户 (Bank 3 _h)	B3 _h	11	(第二校准点温度, 摄氏度) × 10 + 800
C	保留 (Bank 0 _h)	E _h	12	待转换的测得温度代码 (备注: 需在温度代码检索前应用选择命令和 3ms 固定波)

华氏温度可根据标准公式使用摄氏温度值计算得出。

如需了解更多关于温度校准的信息，请参考下一部分“温度校准”，和“高精度度读取技术”。

更多信息及样本代码

如需了解更多信息和样本代码，请参考 Axzon 的应用程序信息。

高精度读取技术

功率失真和调制

如运行经过标签芯片的功率过大或过小，传感器和温度代码的线性度和准确性都会受到影响。

为确保经过芯片电路的功率最佳化，在进行传感器代码测量前，芯片内 RSSI 应处于目标值范围内 (不会过大或过小)。

为准确测得传感器和温度代码，芯片内 RSSI 值应处于如下阈值范围内：

获取准确传感器读数的建议芯片内 RSSI 最大值和最小值			
参数	IC	最小芯片内 RSSI 值	最大芯片内 RSSI 值
传感器代码	Magnus S2	16	21
传感器代码	Magnus S3	13	21
温度代码	Magnus S3	13	18

如果芯片内 RSSI 过高，应用程序软件可向读写器提供反馈，以降低功率，反之亦然。这一技术即为功率调制。

另一种简单的方式是改变距离，将标签与读写器靠近或远离，由此改变标签接收到的功率水平。

读写器频段影响

法律要求 UHF RFID 读写器在传输时需跳过不同频段。但传感器代码受读写器传输频率影响，而跳频会影响读写器代码精确度。

解决这一问题，主要有三种软件技术：

- 读写器持续进行跳频，但软件仅记录在某一特定频率下的传感器代码值
- 软件对宽频带上的多个数值取平均值
- 使用回归分析法计算特定频率下的偏差

注意：频率仅影响传感器代码，不影响温度代码。

高精度读取技术

读写器频段影响

由于 IC 电路的模拟性质，传感器和温度代码中存在固有噪音，可通过对多个读数进行平均计算来减少噪音。

这对温度代码尤其适用。为使得传感器代码精确度达到 95% 置信水平，建议用于计算平均值的样本数量如下表所示：

获取准确传感器读数的建议芯片内 RSSI 最大值和最小值	
温度代码 95% 置信区间 (非实际温度)	样本数量
± 3	1
± 2	3
± 1	9
± 0.5	35
± 0.25	139

此外，传感器代码可能意外出现瞬时峰值。可对应用程序软件进行设计，过滤异常值以避免平均值偏离。

传感器和温度代码的采集均建议使用这一方法。

温度校准

艾利丹尼森思创无源传感器标签芯片默认配有单点校准。该校准值存储于标签内存中。单点校准在 0 摄氏度至 50 摄氏度之间的精确度为 ± 2 摄氏度。

如需更高精确度，需使用两点式校准。其在 0 摄氏度至 50 摄氏度之间的精确度为 ± 0.3 摄氏度。艾利丹尼森思创可以附件服务形式设置两点式校准，在高温控制水平的温度室内进行校准。

终端用户可自行设置两点式校准。可通过将校准温度与目标应用温度挂钩的方式进行进一步提高温度精确度，例如 35 摄氏度和 42 摄氏度的人体体温。

温度代码命令时间

为最大化温度精确度，建议读写器通过特定选择命令向标签发送 3ms 固定波，由此为温度电路提供持续电源供电，而后可从独立内存地址读取温度代码。

但这这是一个非标准命令，并非所有读写器均可支持。

更多信息及样本代码

如需了解更多信息和样本代码，请参考 Axzon 的应用程序信息。

问题

回答

标签是否可测量空气湿度？

测试显示，通过在天线顶部增加亲水层，传感器代码可反映空气湿度变化。但仍需进行进一步测试，了解这一概念的长期精确度和线性度。湿度也是环境温度与空气中水汽的函数，因此不可仅简单使用湿度传感器。

标签是否可用于分别记录温度和传感器值？

不可以。标签为完全无源设计，仅在读写器前通电。记录模式需要标签被读写器持续供电，而测量结果通过系统软件进行记录。

湿度感应的精确度如何？

这取决于天线设计。当感应器标签设计具有宽感应窗口时，可应用于不同的条件，但对湿度变化的灵敏度较低。通常用于开关式应用（潮湿或干燥）。

相反，设计感应窗口较窄的标签仅在某一特定应用中表现良好，但对于湿度变化的灵敏度非常高。此类设计通常用于测量潮湿程度。

我有一个特定应用需要对极少量湿度变化高度敏感。我是否可使用现有艾利丹尼森思创设计？

如果具体应用与现有设计的材料一致，调谐窗口相似，则可以使用。多数情况下，需要专用的天线设计。

我应该如何确定是否需要专用天线设计？

如果标签操作超出其操作感应窗口范围，则需要设计专用天线。例如：

- 传感器代码与最小 [0] 或最大 [31] 相挂钩；
- (在考虑到芯片内 RSSI、平均值和跳频后) 检测到传感器代码的突然移动；
- 标签的湿度探测区间未按照指南中的设计意图应用。

温度传感器是否可用于测量超过 100 摄氏度的超高温环境？

不建议如此应用。在超高温，例如超过 +65 摄氏度条件下，芯片中的温度感应电路会达到饱和，失去准确度和线性度。

2021 年6月

常见问题

问题

怎样将传感器值翻译为物理测量单位？(例如：液体体积，施加的力，摄氏度)

回答

温度：温度代码可通过转换表直接转换为物理单位。传感器代码（湿度、压力等）：需要在客户应用程序软件层面进行外部校准以转换为物理单位。

是否可对压力、湿度和距离进行同步独立测量？

不可以。这些具体测量均使用同一天线调谐补偿概念实现其感应功能。它们均由一个传感器代码代表，因此不同独立测量多个因素。

联系信息

rfid.averydennison.cn/contact

扫描二维码关注我们的微信公众号



© 2021 艾利丹尼森集团版权所有。170 Monarch Lane, Miamisburg, OH 45342, 美国
本文中使用的第三方商 标和/或商品名称 为其各自所有者 财产。部分商 标仅用于识别目的。

保修：请参考艾利丹尼森 标准条款与条件文本：rfid.averydennison.com/termsandconditions

保养与操作：RFID inlay 对 ESD 敏感。请遵守与 电子/RFID 相关的标准行业惯例，保持环境影响和静电电荷最小化。

应用：本产品应由客户/用户在最终使用条件下 进行全面测试，以确保 产品符合具体 应用需求。艾利丹尼森不承担本 产品在所有目的或用途下适用。艾利丹尼森公司保留在任何 时候修改、变更、补充或停止提供 产品的权利，恕不另行通知。本文中信息被 认为可靠，但艾利丹尼森公司不承担数据的准确性或正确性。