

热导式气体传感器——MTCS2601

一、测量气体浓度的使用

1. 原理概述

MTCS2601 传感器由使用四个 Ni-Pt 电阻器的微加工热导率传感器组成，这些电阻器使用 MEMS 技术实现。该传感器安装在一个小型 SMD 封装中，可用磁带和卷轴包装。这种 MEMS TC 传感器与简单的低功耗 CMOS 标准集成电路相结合，是需要实现超低功耗、长寿命和无需维护的 OEM 气体探测器的绝佳选择。该装置测量空气中二元或三元气体混合物或准二元混合物的气体浓度，例如空气中具有较低导热率的气体，如二氧化碳、氩气或氟利昂，或具有较高导热率的，如氢气、氦气或甲烷。

2. 特点

- 稳健的 MEMS 物理传感原理无化学反应，基于气体热导率变化；
- 测量范围从 100ppm 到 100%，取决于应用和气体的热导率；
- 无化学反应物，浓度线性信号无迟滞现象；
- 在同一硅晶片上通过补偿电阻和加热电阻的良好匹配进行温度补偿；
- 超小的传感器气体体积，例如 $<0.1 \text{ cm}^3$ ；
- 由于物理电阻传感原理，所以稳健耐用且 MTBF 长，高冲击生存能力 ($>1000 \text{ G}$)；
- 由于使用了具有大集成电阻（如 250 欧姆）和小加热质量的基于 MEMS 的硅传感器，因此操作中的传感器功耗极低 ($<8\text{mW}$)；
- 超快响应时间 $<50\text{ms}$ ，电子带宽大。

3. 应用

应用领域包括初级工业过程控制（二元混合物）、园艺和食品储存（CO₂）、安全（CO₂ 监测、火灾报警、H₂）、天然气发动机或氢发动机全电池、制冷剂检测。这种类型的器件还可用作泄漏检测以及压力传感器，用于根据 Pirani 原理进行初级真空控制。工业：

- 通过测量二元混合物或准二元混合物（空气中的 H₂、He 或 CO₂）中的热导率来确定气体浓度；
- 天然气中 CH₄ 浓度的监测用于燃气发动机控制；
- 检测制冷剂气体，如氟利昂（R-11；R-12、R-21、R-22）、CFC 或 CF₃CH₂F 氟乙烷（R-134 或 R-404），用于冷却系统泄漏监测；
- 空气中氢气（0 至 5%或更高）、氦气（0 - 5000 ppm）或氩气的测量；
- 安全（火灾报警、CO₂ 监测、爆炸性气体监测）；
- 工业过程控制、园艺、食品储存、发酵过程控制；
- 微型皮拉尼真空计微型真空装置；

- 空气中基于热导率的微绝对湿度传感器。

家用:

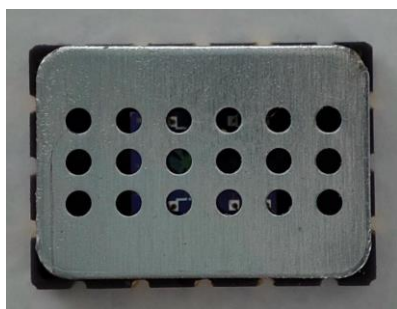
- 安全、火灾警报或室内空气质量的 CO2 安全监测 (0-4%)。

4. 硅传感器 MTCS2601 的特性参数

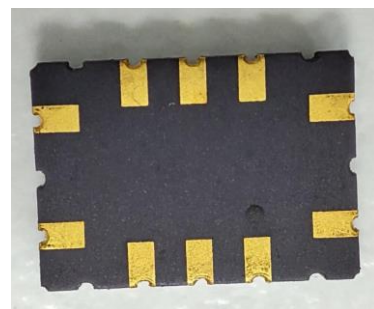
| 描述 | 标志 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|-----------------------|------------|--------|--------|-----|
| 传感器电气特性 | | | | | |
| 测量电阻 | Rm1 和 Rm2 | 110 | 120 | 135 | Ω |
| 参考电阻 | Rt1 和 Rt2 | 240 | 265 | 300 | Ω |
| 比值 | $(Rt1+Rt2)/(Rm1+Rm2)$ | 2.00 | 2.20 | 2.35 | - |
| 电阻温度系数 | α | 0.0045 | 0.0050 | 0.0055 | /°K |
| 绝对最大额定值 | | | | | |
| 在 (Rm1+Rm2) 的加热电流 | I _m | | 5.0 | | mA |
| 储存条件 | | | | | |
| 温度 | | -40~+100 | | | °C |
| 湿度 | | 0~100, 无冷凝 | | | %RH |
| 推荐工作条件 | | | | | |
| 在 Rm1+Rm2 的加热电流 | | 4.5~5.5 | | | mA |
| 温度 | | -40~+85 | | | °C |
| 湿度 | | 0~100, 无冷凝 | | | %RH |
| 推荐工作条件下的 MTBF | | 30,000 | | | 小时 |

5. 封装信息

传感器的产品实物图:

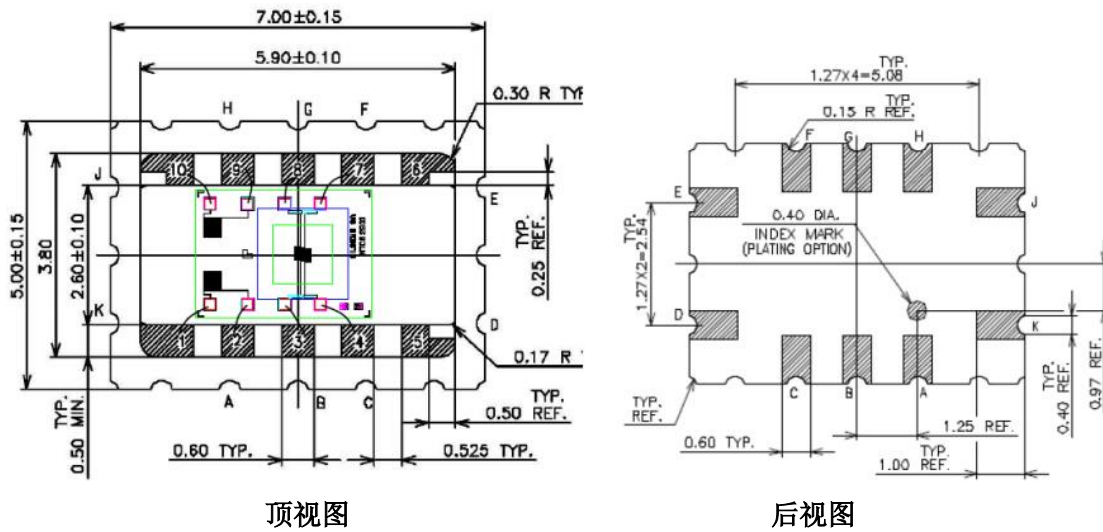


a. 顶视图



b. 后视图

具体尺寸：



所有电阻都是单独连接的。

| 引脚和封装的基本信息 | |
|-----------------|----------------------------|
| SMD 封装带保护栅的整体尺寸 | 7.00 mm × 5.0 mm × 1.50 mm |
| Rm1 的引脚 | 顶视图 (4-7)；后视图 (C-F) |
| Rm2 的引脚 | 顶视图 (3-8)；后视图 (B-G) |
| Rt1 的引脚 | 顶视图 (1-2)；后视图 (K-A) |
| Rt2 的引脚 | 顶视图 (9-10)；后视图 (H-J) |
| | (5, 6)；(D, E)：无连接 |
| 金线 | |
| 金属焊盘 | 标准铝，金按客户要求 |
| 保护格栅 | 阳极氧化铝 |
| 焊接信息 | 最大：250℃，90sec |
| 交货条件 | 16mm 磁带和卷轴包装 |

连接：

(1-K)；(2-A)；(3-B)；(4-C)

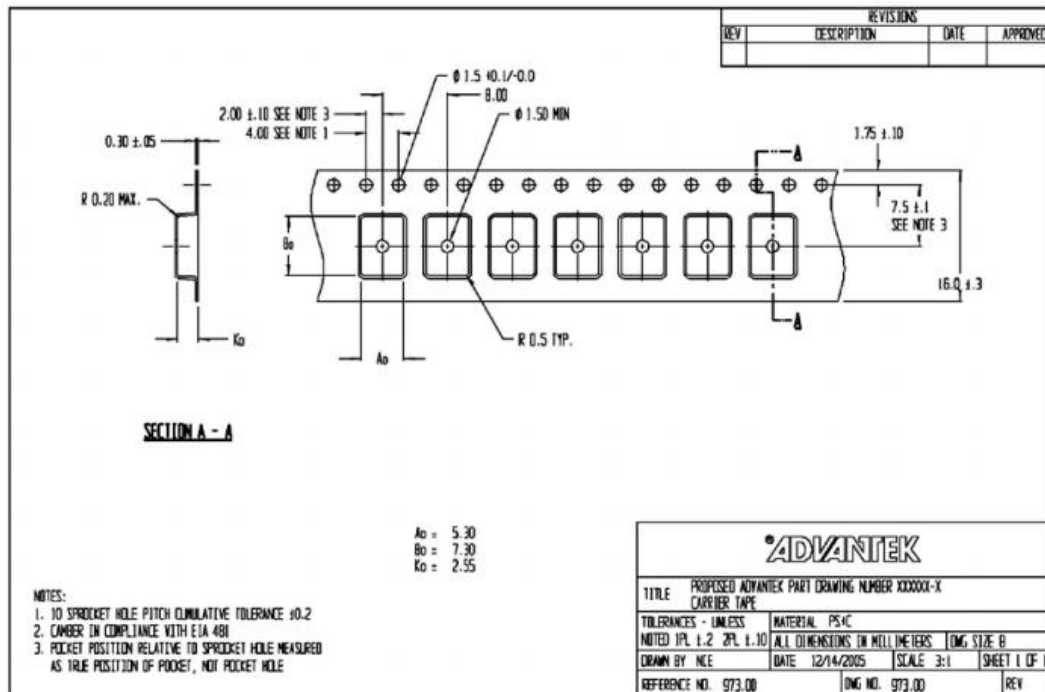
(7-F)；(8-G)；(9-H)；(10-J)

可以在格栅上添加特定的 PTFE 过滤器，以避免在肮脏的环境条件下水滴或油滴到传感器上的风险。

暴露于气体的部件：铝、大块硅、二氧化硅、氮化硅、熔融石英、铝制格栅。

6. 订购信息

| | |
|-----------------|-------------------------|
| 零件号 | 描述 |
| MTCS2601 | LCC 封装中的传感器，带有阳极氧化铝保护格栅 |
| 发货:16mm 磁带和卷轴包装 | |

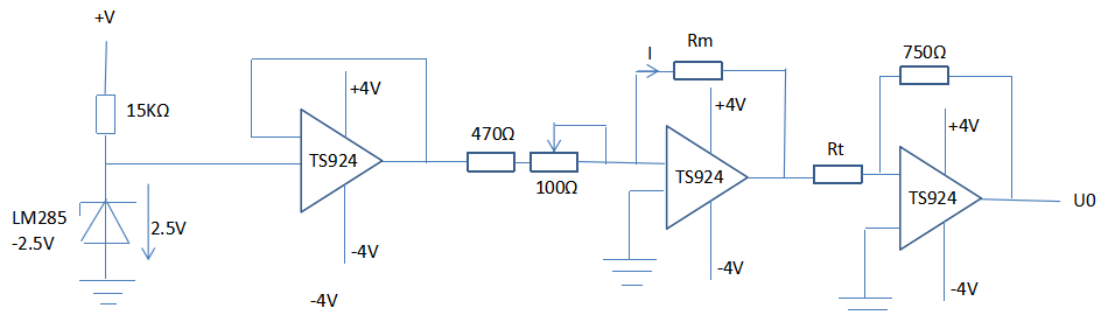


磁带和卷轴包装发货：一般 740 个传感器/卷

7. 基本电路设计

推荐的应用电路：

此电路运用于常压恒流状态下，LM285 和 TS924 均为参考元器件，可根据具体使用情况进行变更。主要根据输出电压 U_0 来反映气体浓度的变化情况。



$$I_{max} = 2500 / 470 = 5.319 \text{ mA}$$

$$I_{min} = 2500 / (100 + 470) = 4.386 \text{ mA}$$

$$U_0 = I * R_m * (750 / R_t) = I * 750 (R_m / R_t)$$

$$U_{0max} = 4 \text{ volt}$$

二、测量压力/真空度的使用

1. 原理概述

MTCS2601 传感器由使用四个 Ni-Pt 电阻器的微加工热导率传感器组成，这些电阻器使用 MEMS 技术实现。该传感器安装在一个小型 SMD 封装中，可用磁带和卷轴包装。该 MEMS TC 传感器与简单的低功耗 CMOS 标准集成电路相结合，是需要超低功耗、长寿命和无需维护的尺寸临界泄漏 OEM 探测器或基于 Pirani 原理的微型真空计的绝佳选择。应用于功率和尺寸受限的恶劣环境中的主要压力控制，或在封闭体积中检测气体泄漏、湿气或入侵。

2. 特点

- 稳健的 MEMS 传感器遵循没有化学反应的物理皮拉尼原理（热线），基于气体热导率随压力的变化；
- 测量范围从 $1E-4$ 至 1000 mbar 具有极好的再现性；
- 在同一硅晶片上通过补偿电阻和加热电阻的良好匹配进行温度补偿；
- 超小的传感器气体体积，例如 $<0.1\text{cm}^3$ ；
- 由于采用物理电阻传感原理，因此具有稳健且长的 MTBF (>30000 小时)；
- 由于使用了具有小加热质量的基于 MEMS 的微机械硅传感器，因此传感器工作中的功耗超低 ($<6\text{ mW}$)；
- 超快响应时间 $<50\text{ ms}$ ；
- 对安装位置不敏感；
- 可应要求提供适用于腐蚀性气体环境的金触点版本；
- 与简单的恒定超温操作电路兼容。

3. 应用

- 初级真空控制遵循皮拉尼原理。该传感器很容易安装在压力阀内或直接安装在真空管道或系统中，例如小型机械泵系统，真空泵机和分析仪器；
- 泄漏微型 SMD 传感器作为专用压力下封闭系统或仪器的控制完整性，能够检测缺陷，如腐蚀或简单的箱子打开（称重传感器、飞轮系统、杜瓦...）

4. 优势

- 用于初级真空测量的热导式传感器；
- 硅器件封装在 SMD 陶瓷中，通过磁带和卷轴包装运输；
- 小尺寸，可在非常小的体积内进行测量；
- 低功耗和短时间常数；
- 最佳灵敏度在 $1E-2 \sim 1E2\text{ mbar}$ 范围内。可能的扩展在 $1E-4\text{ mbar} \sim P_{\text{atm}}$ 范围内；
- 批量应用成本低。

5. 特性

| 电性参数 | | | | | |
|---|-----------------------|------------|--------|--------|-----|
| 描述 | 标志 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
| 在 23°C ± 2°C 时的测量电阻 | Rm1 和 Rm2 | 110 | 120 | 135 | Ω |
| 在 23°C ± 2°C 时的参考电阻 | Rt1 和 Rt2 | 240 | 265 | 300 | Ω |
| 比值 | $(Rt1+Rt2)/(Rm1+Rm2)$ | 2.00 | 2.20 | 2.35 | - |
| 电阻差值 | Rm1-Rm2 | -1.5 | | +1.5 | Ω |
| 电阻差值 | Rt1-Rt2 | -3.5 | | +3.5 | Ω |
| 温度系数 (Rm, Rt) 20°C ~ 100°C | α | 0.0045 | 0.0050 | 0.0055 | /°C |
| 几何因数 | G | | 3.9 | | mm |
| 热损失系数 | | | 0.101 | | μm |
| 绝对最大额定值 | | | | | |
| 在 (Rm1+Rm2) 上的加热电流-空气; Ta=23°C | Ih | | | 6.2 | mA |
| 在 (Rm1+Rm2) 上的加热功率-空气; Ta=23°C | P | | | 15.8 | mW |
| 薄膜温度 | Tm | | | 180 | °C |
| 空气温度 | Ta | -20 | | 100 | °C |
| 湿度---非冷凝 | RH | 0 | | 100 | %RH |
| 储存条件 | | | | | |
| 温度 | | -40~+100 | | | °C |
| 湿度 | | 0~100, 无冷凝 | | | %RH |
| 机械压力测试 | | | | | |
| 重力加速度: 1000g, 0.2ms, 半正弦波 | | | | | |
| 振动: 10g RMS, 正弦波: 20~2000Hz | | | | | |
| 推荐的操作条件 | | | | | |
| <p>MTCS2601 有 4 个分开连接的电阻:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Rm1 和 Rm2 位于薄膜上, 用于加热/测量; ● Rt1 和 Rt2 位于装置的“冷部件”上, 用于温度测量和补偿。 ● 对于初级真空中的压力测量, 建议使用恒定超温操作模式, 下面给出了这样的电路。 ● 由于电导率的变化在此压力范围内很重要, 并且根据应用情况可能会很快, 因此这是避免传感器造成任何损坏的最佳方法。 | | | | | |

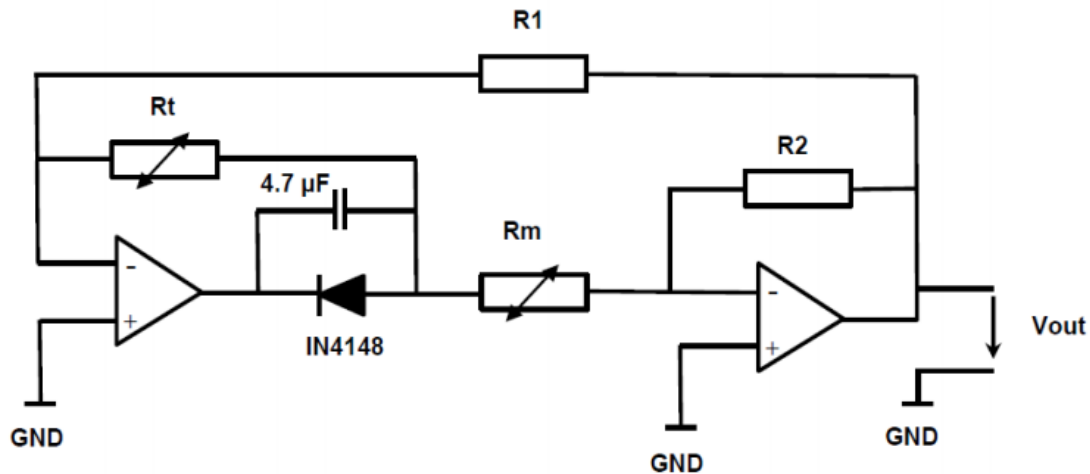
基体材料

- 硅，通过各向异性蚀刻形成微结构

6. 开发电路

推荐应用电路：恒定超温运行

推荐的恒定超温应用电路如下所示。二极管确定回路输出电压 V_{out} 的极性，在下面的电路中为正值。这种电路完全兼容在大范围压力 [1E-5; 1E3]mbar 下导热率的快速变化。



推荐的运放：例如 TSG922

有两种可能的电路。在这两种情况下，两个薄膜加热/测量电阻器 R_{m1} 和 R_{m2} 串联连接：

$$R_m = R_{m1} + R_{m2}$$

$$(1) \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_t(T_a)}{R_m(T)} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_t(T_a)}{R_m(T_a) * (1 + \frac{\alpha \Delta T}{1 + \alpha T_a})}$$

$\alpha = 0^\circ\text{C}$ 时的温度系数； $\Delta T = (T - T_a)$ ， T_a = 环境温度， T 为加热温度

在环路中使用该商，该信号是一阶温度补偿。

$$(2) \quad \Delta T = \frac{(1 + \alpha T_a)}{\alpha} * [\frac{R_2 R_{t0}}{R_1 R_{m0}} - 1]$$

$$(3) \quad V_{out}^2 = \frac{R_2 * G * \lambda}{\alpha} * (\frac{R_{t0} * R_2 - R_{m0} * R_1}{R_{m0} * R_{t0}})$$

λ = 气体的热导率； G = 几何因数；

$$R_m(T) = R_{m0} * (1 + \alpha * T); \quad R_t(T) = R_{t0} * (1 + \alpha * T)$$

对于 TCR 值的评估，我们将传感器从 30°C 校准到 90°C ，并在 30°C 的参考温度下评估 TCR 值。因此， $R_m(T) = R_{m0} * [1 + \alpha * (T - T_0)]$ ，其中 $T_0 = 30^\circ\text{C}$ ， R_{m0} 为 $T = 30^\circ\text{C}$ 。这说明了在 Table 1 模拟中， R_0 值 (30°C 时) 高于 $T_a = 22^\circ\text{C}$ 时的值。

所以， $R_m(T) = R_{m0} * (1 + \alpha * T)$ ； $R_t(T) = R_{t0} * (1 + \alpha * T)$ ； R_{m0} 和 R_{t0} 分别是 30°C 时测量电阻和参考电阻的值。

电路 a) 在这种情况下，两个电阻 Rt1 和 Rt2 串联连接。

推荐的电阻值：R1=1000 Ω；R2=560 Ω。

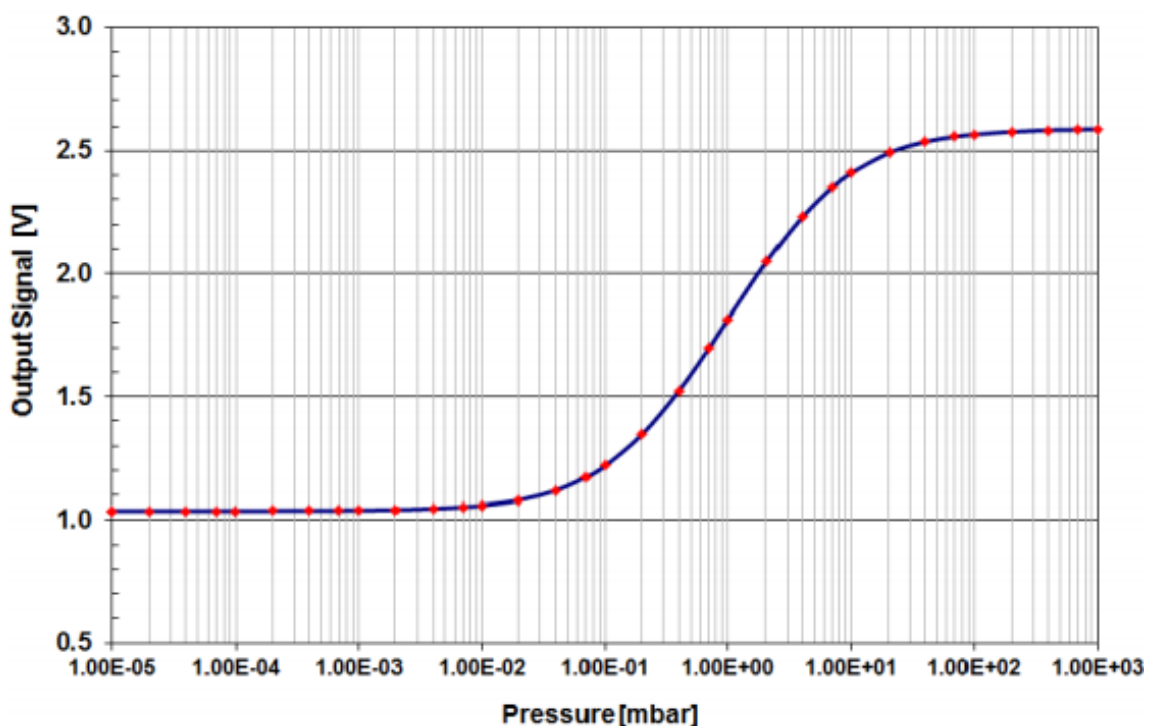
备注：为了提高在 1E-4~1E-2 mbar 范围内的准确度，可以适当增加 R2 的阻值，标准阻值是 560 Ω，最大可以增加到 700 Ω。在非常低的压力下这样做，你会得到更好的信号。操作传感器温度高达 120℃是可以的，但是最好不要使恒定超温电路工作在高于这个温度的环境下。另外，如果你想要达到更高的精度，你还需要改进元件的质量来降低信号噪声。

电路 b) 在这种情况下，回路中仅使用两个电阻器 Rt1 或 Rt2 中的一个，即使用 Rt1 时，允许另一个电阻器 Rt2 用作额外的二阶温度补偿。

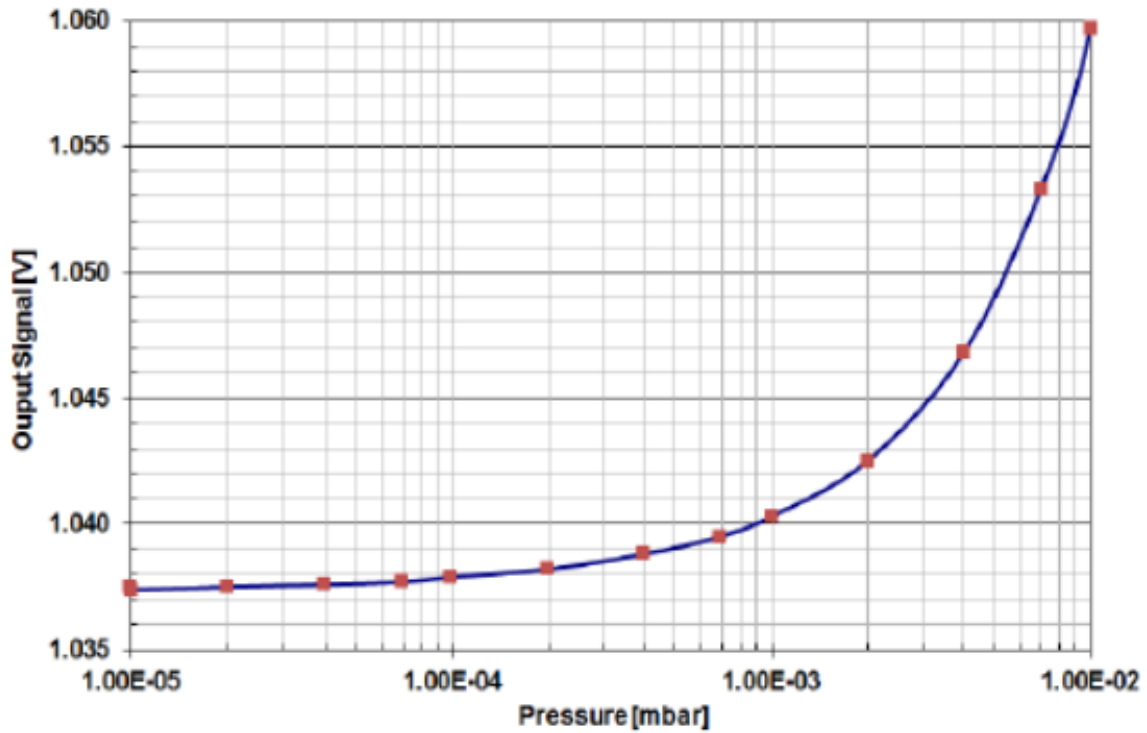
推荐的电阻值：R1=500 Ω；R2=560 Ω。

使用这些值，可获得一个典型的超温 $\Delta T=50^{\circ}\text{C}$ 。输出信号通常为 2.5 伏，在 0.1 至 10 mbar 范围内具有 0.5 伏/十进制的灵敏度。

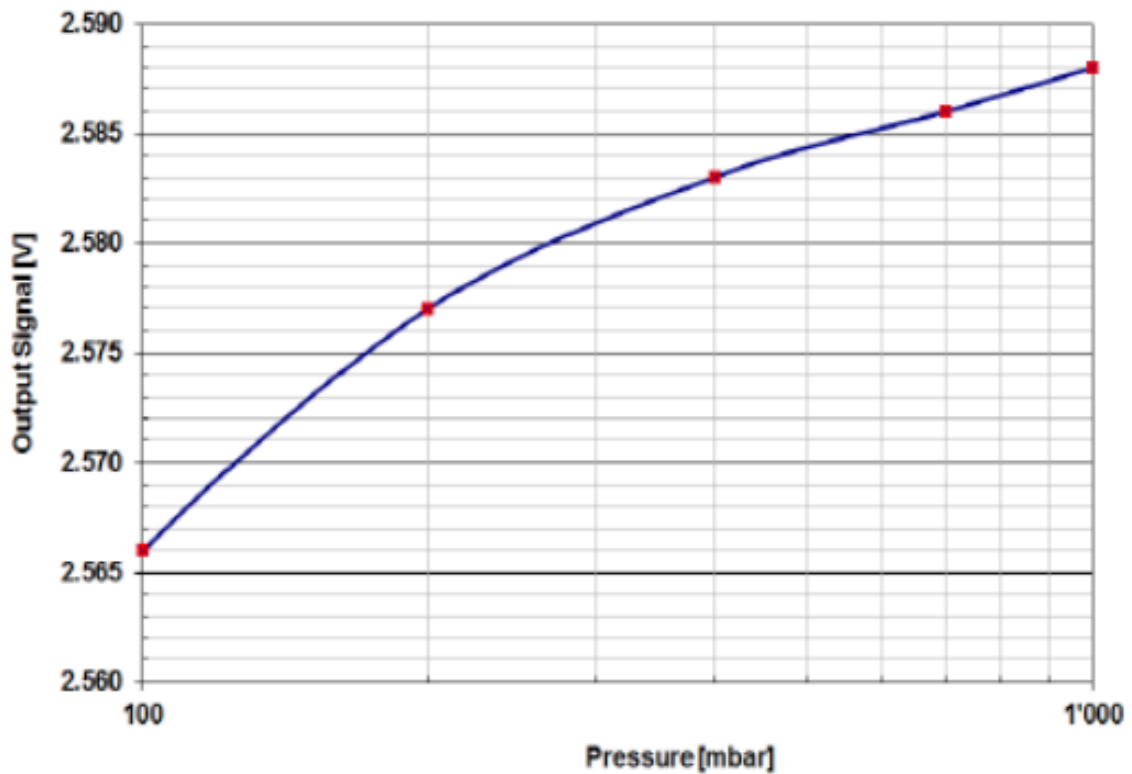
MTCS2601 对压力范围[1E-5; 1E3]mbar 的响应：



输出信号与压力在[1E-5; 1E3]mbar 区间内的典型曲线



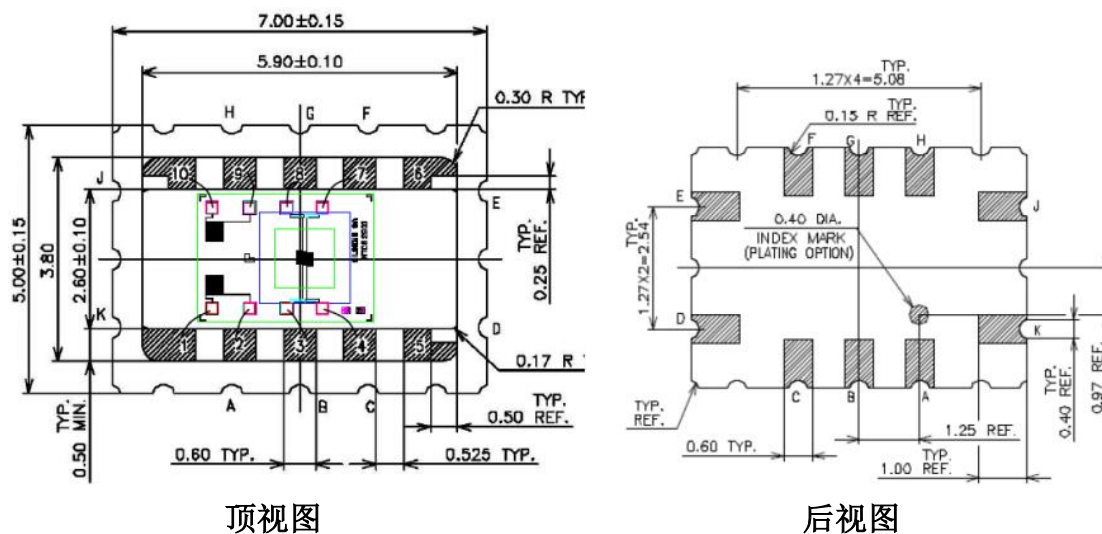
在[1E-5; 1E-2]mbar 区间内的响应细节



在[100; 1'000]mbar 区间内的响应细节

7. 封装信息

具体尺寸：



顶视图

后视图

所有电阻都是单独连接的。

| 引脚和封装的基本信息 | |
|-----------------|----------------------------|
| SMD 封装带保护栅的整体尺寸 | 7.00 mm × 5.0 mm × 1.50 mm |
| Rm1 的引脚 | 顶视图 (4-7)；后视图 (C-F) |
| Rm2 的引脚 | 顶视图 (3-8)；后视图 (B-G) |
| Rt1 的引脚 | 顶视图 (1-2)；后视图 (K-A) |
| Rt2 的引脚 | 顶视图 (9-10)；后视图 (H-J) |
| | (5, 6)；(D, E)：无连接 |
| 金线 | |
| 金属焊盘 | 标准铝，金按客户要求 |
| 保护格栅 | 阳极氧化铝 |
| 焊接信息 | 最大：250°C，90sec |
| 交货条件 | 16mm 磁带和卷轴包装 |

连接：

(1-K)；(2-A)；(3-B)；(4-C)
(7-F)；(8-G)；(9-H)；(10-J)

可以在格栅上添加特定的 PTFE 过滤器，以避免在肮脏的环境条件下水滴或油滴到传感器上的风险。

暴露于真空中的部件：铝、大块硅、二氧化硅、氮化硅、熔融石英、金属格栅。

8. 订购信息

| 零件号 | 描述 |
|-------------------------|-------------------|
| MTCS2601 | LCC 封装中带有金属格栅的传感器 |
| 磁带和卷轴包装发货:一般 740 个传感器/卷 | |