

# TMCS1170 具有过流保护功能、采用小型 QFN 封装的 285kHz 霍尔效应电流传感器

## 1 特性

- 小型 3mm × 3mm 低高度 QFN 封装
- 高持续电流能力：60 A<sub>RMS</sub>
  - 低损耗 0.6mΩ 导体
- ±100V 功能隔离
- 电流检测精度
  - 灵敏度误差：±1%，典型值
  - 灵敏度误差：±2.85%，T<sub>A</sub> = 25°C 至 125°C
  - 失调电压误差：±15mV，T<sub>A</sub> = 25°C 至 125°C
  - 偏移寿命漂移：±20mV
- 对外部磁场具有高抗扰度
- 内置过流检测
  - 信号带宽：285kHz
  - 输出传播延迟：300ns
  - 过流检测响应：1.3 μs
- 工作电源电压范围：3V 至 5.5V
- 双向和单向电流检测
- 多个灵敏度选项：
  - 范围为 26.4mV/A 至 200mV/A

## 2 应用

- 机器人
- 电机控制
- 太阳能
- 电源
- 过流保护

## 3 说明

TMCS1170 是一款电隔离霍尔效应电流传感器，具有 100V 功能隔离，采用小型 QFN 封装。该器件还提供与输入电流成正比的输出电压，且在所有灵敏度选项下均具有出色的线性度和低漂移。具有内置漂移补偿功能的信号调节电路能够在整个温度范围内实现小于 2.85% 的最大灵敏度误差，使用寿命偏移小于 3%，并且无需系统级校准。

交流或直流输入电流流经内部导体，所产生的磁场可由集成式片上霍尔效应传感器进行测量。无磁芯结构消除了对磁集中器的需求。差分霍尔传感器可抑制外部杂散磁场产生的干扰。低导体电阻将可测量电流范围提高至 ±60A，同时更大程度地降低功率损耗并降低散热要求。集成式屏蔽可提供出色的共模抑制和瞬态抗扰度。

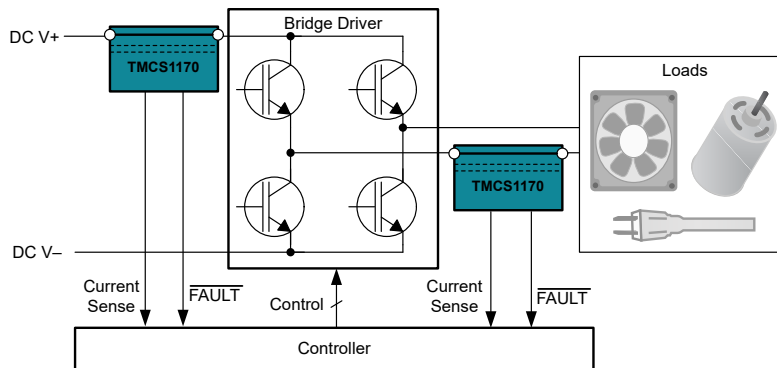
固定的灵敏度允许器件使用单个 3V 至 5.5V 的电源运行，因此消除了比例式误差并提高了电源噪声抑制能力。该器件具有小解决方案尺寸、电流能力和环境磁场抑制等特性，是监测狭小空间内电流的理想解决方案。

### 封装信息 (1)

| 器件型号     | 封装             | 封装尺寸(2)   |
|----------|----------------|-----------|
| TMCS1170 | VAP (VQFN, 12) | 3mm × 3mm |

(1) 有关所有可用封装，请参阅节 12。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



典型应用



## 内容

|                        |    |                             |    |
|------------------------|----|-----------------------------|----|
| <b>1 特性</b> .....      | 1  | 8.3 特性说明.....               | 18 |
| <b>2 应用</b> .....      | 1  | 8.4 器件功能模式.....             | 20 |
| <b>3 说明</b> .....      | 1  | <b>9 应用和实施</b> .....        | 21 |
| <b>4 器件比较</b> .....    | 3  | 9.1 应用信息.....               | 21 |
| <b>5 引脚配置和功能</b> ..... | 4  | 9.2 典型应用.....               | 21 |
| <b>6 规格</b> .....      | 5  | 9.3 电源相关建议.....             | 24 |
| 6.1 绝对最大额定值.....       | 5  | 9.4 布局.....                 | 24 |
| 6.2 ESD 等级.....        | 5  | <b>10 器件和文档支持</b> .....     | 26 |
| 6.3 建议运行条件.....        | 5  | 10.1 器件支持.....              | 26 |
| 6.4 热性能信息.....         | 5  | 10.2 文档支持.....              | 26 |
| 6.5 绝缘规格.....          | 6  | 10.3 接收文档更新通知.....          | 26 |
| 6.6 电气特性.....          | 6  | 10.4 支持资源.....              | 26 |
| 6.7 典型特性.....          | 8  | 10.5 商标.....                | 26 |
| <b>7 参数测量信息</b> .....  | 11 | 10.6 静电放电警告.....            | 26 |
| 7.1 精度参数.....          | 11 | 10.7 术语表.....               | 26 |
| 7.2 瞬态响应参数.....        | 14 | <b>11 修订历史记录</b> .....      | 26 |
| 7.3 安全工作区.....         | 15 | <b>12 机械、封装和可订购信息</b> ..... | 26 |
| <b>8 详细说明</b> .....    | 18 | 12.1 卷带包装信息.....            | 28 |
| 8.1 概述.....            | 18 | 12.2 机械数据.....              | 30 |
| 8.2 功能方框图.....         | 18 |                             |    |

## 4 器件比较

| 器件          | 基准电压  | 灵敏度      | 线性范围 <sup>(1) (2)</sup> | 故障跳变电平 |
|-------------|-------|----------|-------------------------|--------|
| TMCS1170B7F | 1.65V | 132mV/A  | ±10A                    | ±10A   |
| TMCS1170B9F | 1.65V | 90mV/A   | ±14.7A                  | ±14.7A |
| TMCS1170B3F | 1.65V | 44mV/A   | ±30A                    | ±30A   |
| TMCS1170B1F | 1.65V | 26.4mV/A | ±50A                    | ±50A   |
| TMCS1170A8F | 2.5V  | 200mV/A  | ±10A                    | ±10A   |
| TMCS1170A6F | 2.5V  | 100mV/A  | ±20A                    | ±20A   |
| TMCS1170A4F | 2.5V  | 66mV/A   | ±30A                    | ±30A   |
| TMCS1170A2F | 2.5V  | 40mV/A   | ±50A                    | ±50A   |
| TMCS1170C5F | 0.5V  | 80mV/A   | 50A                     | 50A    |

- (1) 指定线性范围的目的是实现更大程度的器件兼容性和宽电源容差。最大线性范围受实际电源容差和输出线性摆幅范围限制，不受热限制。有关计算最大线性范围的方法，请参阅 [节 8.3.5](#)。
- (2) 电流电平必须一直低于允许的持续直流/RMS 和瞬态峰值电流安全工作区，以便不会超过器件热限值。请参阅 [安全工作区](#) 部分。

### TMCS1170B1FQVAPR

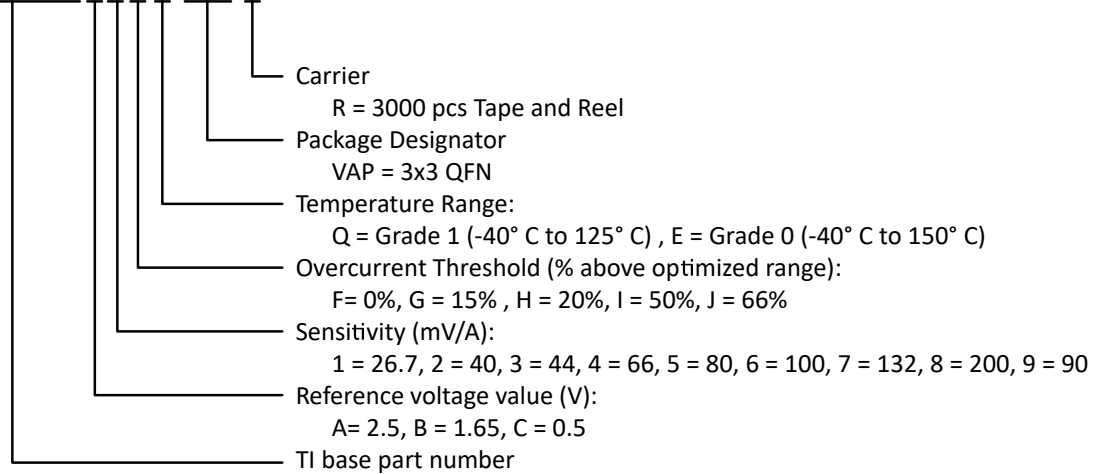


图 4-1. 器件型号命名代号

## 5 引脚配置和功能

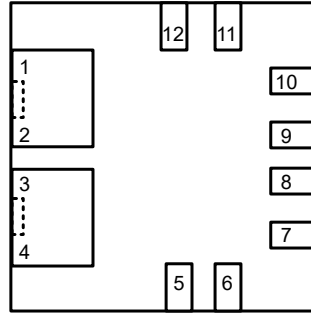


图 5-1. VAP 封装 12 引脚 VQFN 顶视图

表 5-1. 引脚功能

| 引脚   |       | 类型   | 说明   |
|------|-------|------|--|
| 编号   | 名称    |      |  |
| 1,2  | IN+   | 模拟输入 | 输入电流正引脚。测量发现，正电流会流入这些引脚。                               |
| 3,4  | IN-   | 模拟输入 | 输入电流负引脚。测量发现，正电流会流出这些引脚。                               |
| 5    | GND   | 模拟   | 接地。连接至模拟接地层。   |
| 6    | FAULT | 数字输出 | 开漏、低电平有效过流输出。当超过过流阈值时，该引脚变为低电平。过流状态为透明，并在过流条件消失后变为高电平。 |
| 7-10 | N.C.  | 无连接  | 无内部连接。可以根据应用需要保持悬空或接地。                                 |
| 11   | VOUT  | 模拟输出 | 输出电压表示检测到的电流。零电流输出电压取决于所选器件。                           |
| 12   | VS    | 模拟   | 电源连接，可以按照所选器件使用 3.0V 至 5.5V 电源为器件供电。                   |

## 6 规格

### 6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) <sup>(1)</sup>

|                  |                                    | 最小值       | 最大值                     | 单位 |
|------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|----|
| V <sub>S</sub>   | 电源电压                               | GND - 0.3 | 6                       | V  |
|                  | 模拟输出                               | GND - 0.3 | (V <sub>S</sub> ) + 0.3 | V  |
|                  | 数字输出                               |           |                         |    |
|                  | VO <sub>UT</sub> 、V <sub>REF</sub> |           |                         |    |
|                  | FAULT                              |           |                         |    |
| T <sub>J</sub>   | 结温                                 | -65       | 165                     | °C |
| T <sub>stg</sub> | 贮存温度                               | -65       | 165                     | °C |

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

### 6.2 ESD 等级

|                    |      |   | 值     | 单位 |
|--------------------|------|---|-------|----|
| V <sub>(ESD)</sub> | 静电放电 | 人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准 <sup>(1)</sup> | ±5000 | V  |
|                    |      | 充电器件模型 (CDM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 <sup>(2)</sup> | ±1000 |    |

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

### 6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

|                                     |              | 最小值  | 标称值 | 最大值 | 单位              |
|-------------------------------------|--------------|------|-----|-----|-----------------|
| V <sub>IN+</sub> , V <sub>IN-</sub> | 输入电压         | -100 |     | 100 | V <sub>PK</sub> |
| V <sub>S</sub>                      | 运行电源电压       | 3    | 5   | 5.5 | V               |
| T <sub>A</sub> <sup>(1)</sup>       | 自然通风条件下的工作温度 | -40  |     | 125 | °C              |

(1) 输入电流安全工作区受结温的限制。使用 TMCS1170EVM 时的建议条件。输入电流额定值会因环境温度升高而降低。

### 6.4 热性能信息

| 热指标 <sup>(1)</sup>    |              | TMCS1170 <sup>(2)</sup> |  | 单位   |
|-----------------------|--------------|-------------------------|--|------|
|                       |              | VAP                     |  |      |
|                       |              | 10 引脚                   |  |      |
| R <sub>θJA</sub>      | 结至环境热阻       | 34                      |  | °C/W |
| R <sub>θJC(top)</sub> | 结至外壳 (顶部) 热阻 | 58.7                    |  |      |
| R <sub>θJB</sub>      | 结至电路板热阻      | 1.7                     |  |      |
| Ψ <sub>JT</sub>       | 结至顶部特征参数     | 17.3                    |  |      |
| Ψ <sub>JB</sub>       | 结至电路板特征参数    | 28                      |  |      |

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 [半导体和 IC 封装热指标应用手册](#)。

(2) 当器件安装在 TMCS1170EVM 上时适用。更多详细信息，请参阅 [安全工作区](#) 部分。

## 6.5 绝缘规格

| 参数         |            | 测试条件                    | 值   | 单位       |
|------------|------------|-------------------------|-----|----------|
| 通用         |            |                         |     |          |
| $V_{IOWM}$ | 最大基本隔离工作电压 | 引脚 1-2 和引脚 3-10 之间施加的电压 | 100 | $V_{DC}$ |

## 6.6 电气特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ，TMCS1170AxFand TMCS1170Cx F 上的  $V_S = 5\text{V}$ ，TMCS1170BxF 上的  $V_S = 3.3\text{V}$  (除非另有说明)

| 参数                       |                         | 测试条件  | 最小值          | 典型值          | 最大值 | 单位                         |
|--------------------------|-------------------------|---|--------------|--------------|-----|----------------------------|
| 输入                       |                         |   |              |              |     |                            |
| $R_{IN}$                 | 输入导体电阻                  | IN+ 至 IN-   | 0.6          |              |     | $m\Omega$                  |
| $R_{IN}$                 | 输入导体电阻温度漂移              | $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$  | 1.9          |              |     | $\mu\Omega/^\circ\text{C}$ |
| $I_{IN,MAX}$             | 最大连续输入电流 <sup>(1)</sup> | $T_A = 25^\circ\text{C}$  | 60           |              |     | $A_{RMS}$                  |
|                          |                         | $T_A = 125^\circ\text{C}$   | 35           |              |     |                            |
| 输出                       |                         |   |              |              |     |                            |
| S                        | 灵敏度                     | TMCS1170x1x   | 26.4         |              |     | $mV/A$                     |
|                          |                         | TMCS1170x2x   | 40           |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x3x   | 44           |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x4x   | 66           |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x5x   | 80           |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x9x   | 90           |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x6x   | 100          |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170x7x   | 132          |              |     |                            |
| $e_S$                    | 灵敏度误差                   | $0.05\text{V} \leq V_{OUT} \leq V_S - 0.2\text{V}$  | $\pm 1$      |              |     | %                          |
| S <sub>漂移</sub>          | 灵敏度误差随温度的变化情况           | $0.05\text{V} \leq V_{OUT} \leq V_S - 0.2\text{V}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$ | $\pm 1$      | $\pm 2.85$   |     | %                          |
|                          |                         | $0.05\text{V} \leq V_{OUT} \leq V_S - 0.2\text{V}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $25^\circ\text{C}$ | $\pm 2.2$    |              |     | %                          |
| S <sub>drift, life</sub> | 灵敏度寿命漂移                 | $0.05\text{V} \leq V_{OUT} \leq V_S - 0.2\text{V}$  | $\pm 0.6$    | $\pm 3$      |     | %                          |
| $e_{NL}$                 | 非线性误差                   | $V_{OUT} = 0.1\text{V}$ 至 $V_S - 0.1\text{V}$   | $\pm 0.1$    |              |     | %                          |
| $V_{OUT,0A}$             | 零电流输出电压                 | TMCS1170Ax F， $I_{IN} = 0\text{A}$ ，双向， $V_S = 5.0\text{V}$   | 2.5          |              |     | V                          |
|                          |                         | TMCS1170Bx F， $I_{IN} = 0\text{A}$ ，双向， $V_S = 3.3\text{V}$   | 1.65         |              |     |                            |
|                          |                         | TMCS1170Cx F， $I_{IN} = 0\text{A}$ ，单向  | 0.5          |              |     |                            |
| $V_{OE}$                 | 输出电压失调误差                | TMCS1170xx F， $V_{OUT,0A}$ ， $I_{IN} = 0\text{A}$   | $\pm 4$      | $\pm 12$     |     | $mV$                       |
|                          |                         | TMCS1170xx F， $V_{OUT,0A}$ ， $I_{IN} = 0\text{A}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$  | $\pm 6$      | $\pm 15$     |     | $mV$                       |
|                          |                         | TMCS1170xx F， $V_{OUT,0A}$ ， $I_{IN} = 0\text{A}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $25^\circ\text{C}$  | $\pm 4$      | $\pm 40$     |     | $mV$                       |
| $I_{OS, life}$           | 偏移寿命漂移                  | 以输出为基准， $I_{IN} = 0\text{A}$  | $\pm 6$      | $\pm 20$     |     | $mV$                       |
| PSRR                     | 电源抑制比                   | 以输出为基准， $V_S = 3\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ ，直流   | 40           | 53           |     | dB                         |
| CMRR                     | 共模抑制比                   | 以输入为基准，直流至 60Hz   | 8            |              |     | $\mu A/V$                  |
| CMFR                     | 共模场抑制                   | 均匀外部磁场，以输入为基准，直流至 1kHz  | 5            | 20           |     | $mA/mT$                    |
|                          | 输入噪声密度                  | 以输入为基准，全带宽  | 235          |              |     | $\mu A/\sqrt{Hz}$          |
| $C_{L,MAX}$              | 最大容性负载                  | VOUT 至 GND  | 4.7          |              |     | nF                         |
|                          | 短路输出电流                  | VOUT 接地短路，对 $V_S$ 短路  | 30           |              |     | mA                         |
| 摆幅 <sub>VS</sub>         | 相对于 $V_S$ 电源轨的摆幅        | $R_L = 10k\Omega$ 至 GND， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$                            | $V_S - 0.02$ | $V_S - 0.05$ |     | V                          |
| 摆幅 <sub>GND</sub>        | 到 GND 的摆幅               |   | 5            | 10           |     | mV                         |

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ，TMCS1170AxFand TMCS1170Cx F 上的  $V_S = 5\text{V}$ ，TMCS1170BxF 上的  $V_S = 3.3\text{V}$  (除非另有说明)

| 参数           |                     | 测试条件  | 最小值 | 典型值     | 最大值 | 单位               |
|--------------|---------------------|---|-----|---------|-----|------------------|
| <b>带宽和响应</b> |                     |   |     |         |     |                  |
| BW           | 模拟带宽                | - 3dB 增益  |     | 285     |     | kHz              |
| SR           | 压摆率 <sup>(2)</sup>  | 达到最终值的 10% 和 90% 之间的输出变化率，输出阶跃为 1V，输入阶跃为 100ns <sup>(2)</sup>           |     | 1       |     | V/ $\mu\text{s}$ |
| $t_r$        | 响应时间 <sup>(2)</sup> | 输入和输出达到最终值的 90% 的时间，输入阶跃为 100ns，1V 输出转换 <sup>(2)</sup>                  |     | 1.2     |     | $\mu\text{s}$    |
| $t_{pd}$     | 传播延迟 <sup>(2)</sup> | 输入和输出达到最终值的 10% 的时间，输入阶跃为 100ns，1V 输出转换 <sup>(2)</sup>                  |     | 300     |     | ns               |
|              | 电流过载恢复时间            |   |     | 600     |     | ns               |
| <b>过流检测</b>  |                     |   |     |         |     |                  |
|              | 过流阈值误差              | $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$                         |     | $\pm 8$ |     | %                |
|              | 过流迟滞                | 过流跳变阈值百分比   |     | 15      |     | %                |
|              | 过流检测响应时间            | $I_{IN}$ 阶跃 = 测得 $I_{OC}$ 的 120%， $R_{PULLUP} = 1\text{k}\Omega$        |     | 0.8     | 1.3 | $\mu\text{s}$    |
| $OC_{OL}$    | FAULT 引脚下拉电压        | $I_{OL} = 3\text{mA}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$ | GND | 0.07    | 0.2 | V                |
| <b>电源</b>    |                     |   |     |         |     |                  |
| $V_S$        | 电源电压                | $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$                        | 3.0 |         | 5.5 | V                |
| $I_Q$        | 静态电流                | $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$                        |     | 5.5     | 7   | mA               |
|              | 上电时间                | 从 $V_S > 3\text{V}$ 到有效输出的时间  |     | 500     |     | $\mu\text{s}$    |

- (1) 受结温热限制。当器件安装在器件 EVM 上时适用。更多详细信息，请参阅 [安全工作区](#) 部分。  
(2) 有关器件的瞬态响应的详细信息，请参阅 [瞬态响应](#) 部分。

6.7 典型特性

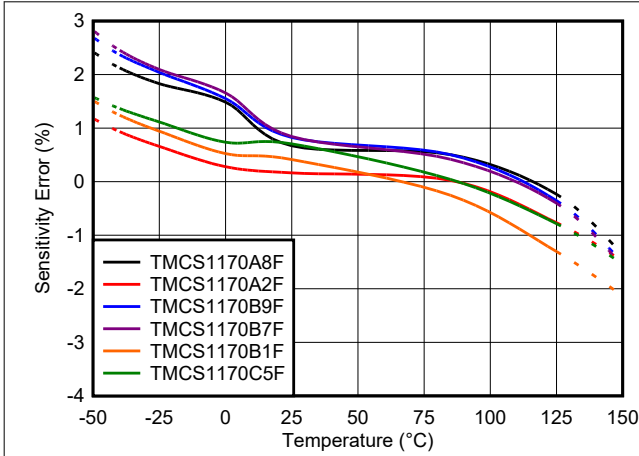


图 6-1. 灵敏度误差与温度间的关系

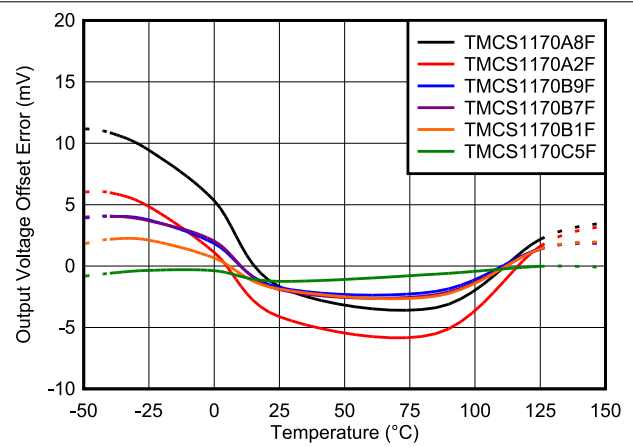


图 6-2. 偏移误差与温度间的关系

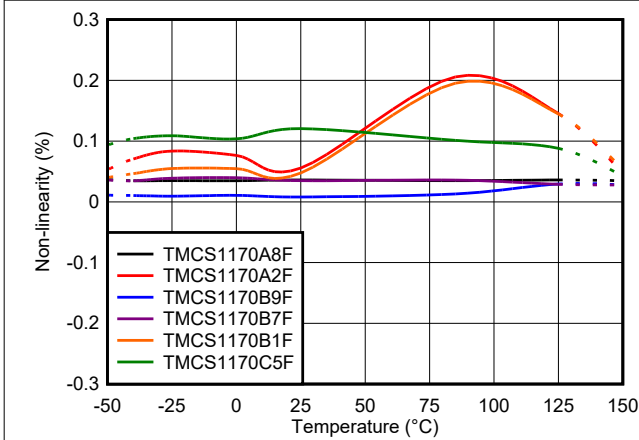


图 6-3. 非线性与温度间的关系

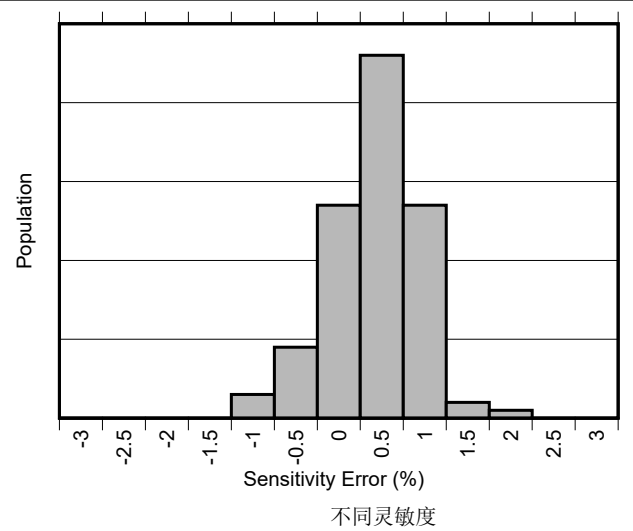


图 6-4. 灵敏度误差产生分布图

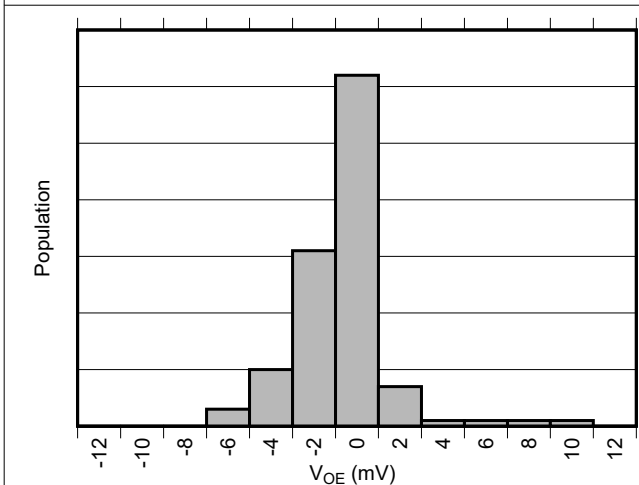


图 6-5. 失调误差产生分布图

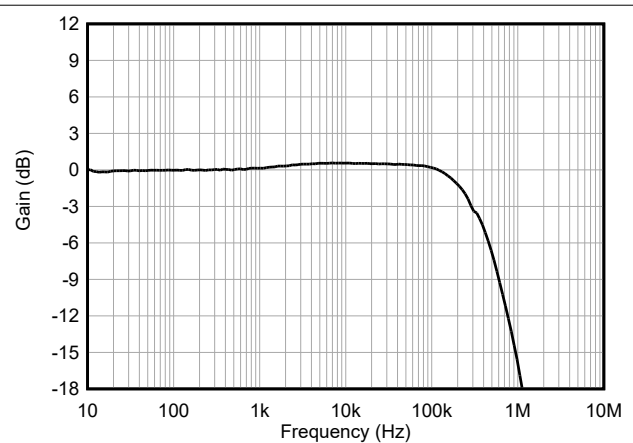


图 6-6. 灵敏度与频率间的关系 (所有灵敏度都归一化为 1Hz)

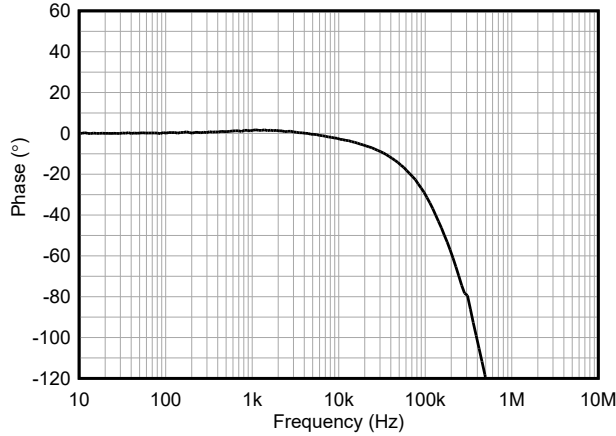


图 6-7. 相位与频率间的关系 (所有灵敏度)

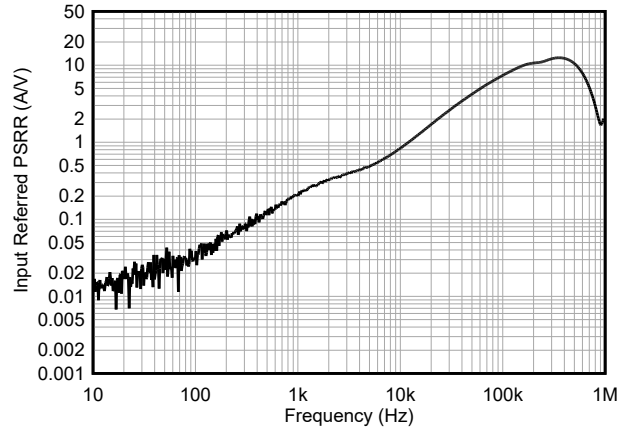


图 6-8. PSRR 与频率间的关系

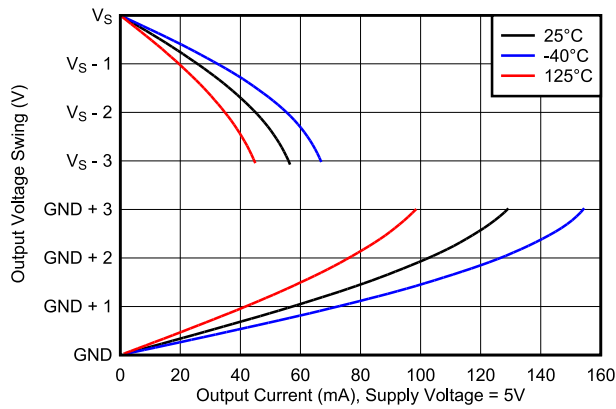


图 6-9. 输出摆幅与输出电流间的关系

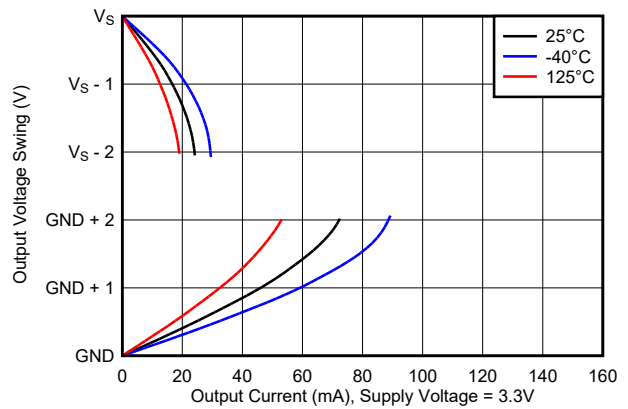


图 6-10. 输出摆幅与输出电流间的关系

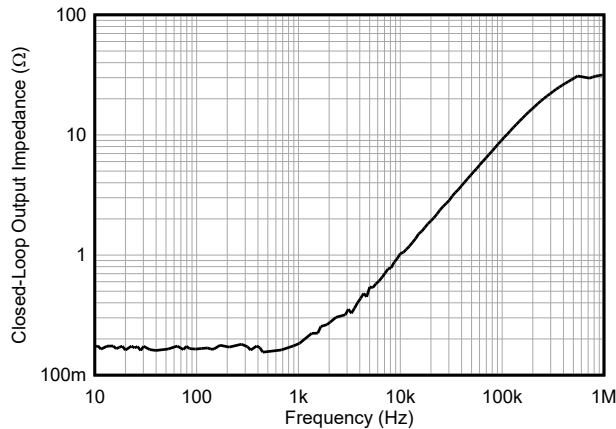


图 6-11. 输出阻抗与频率间的关系

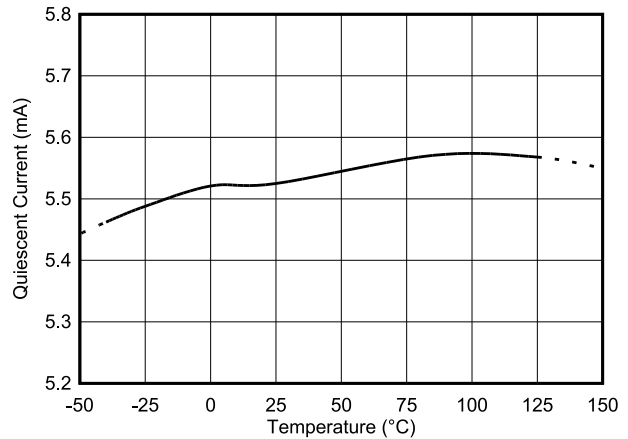
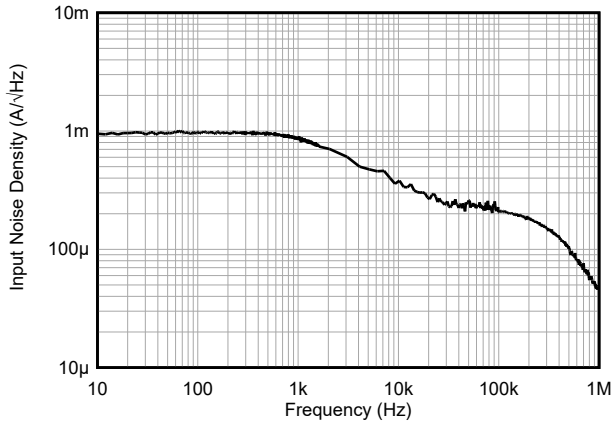


图 6-12. 静态电流与温度间的关系



不同灵敏度

图 6-13. 以输入为基准的噪声与频率间的关系

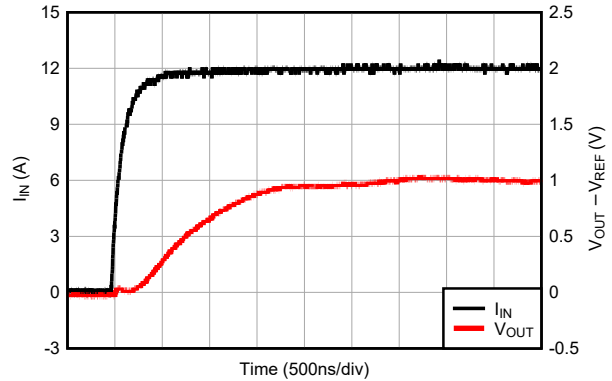


图 6-14. 电压输出阶跃响应 (上升)

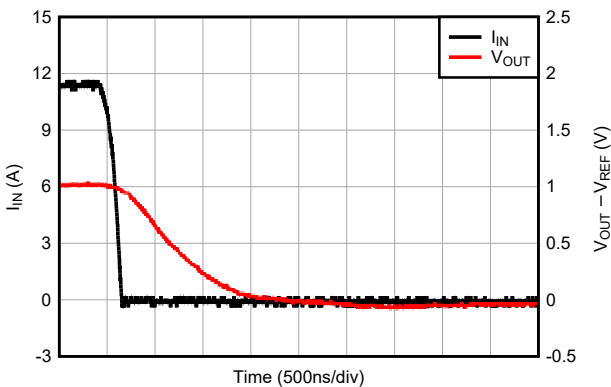


图 6-15. 电压输出阶跃响应 (下降)

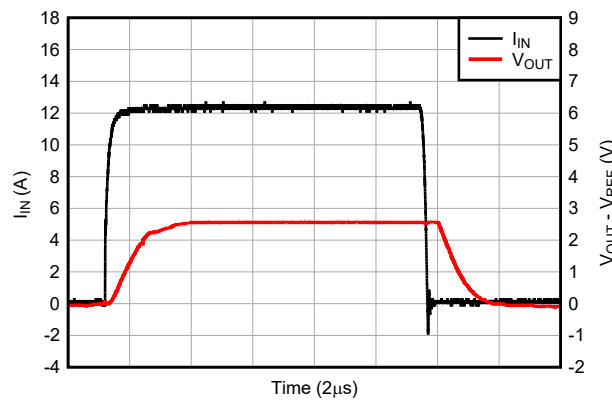


图 6-16. 电流过载响应

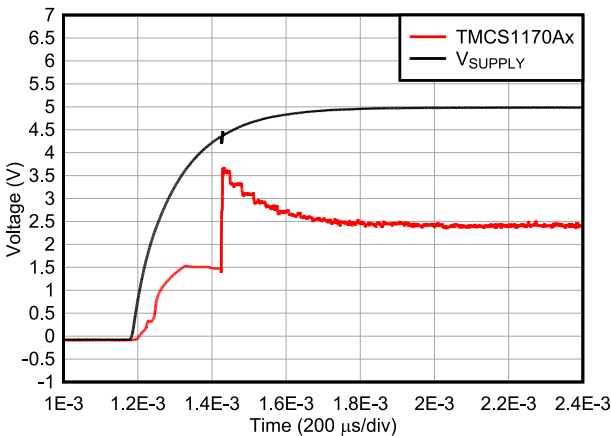


图 6-17. 启动瞬态响应

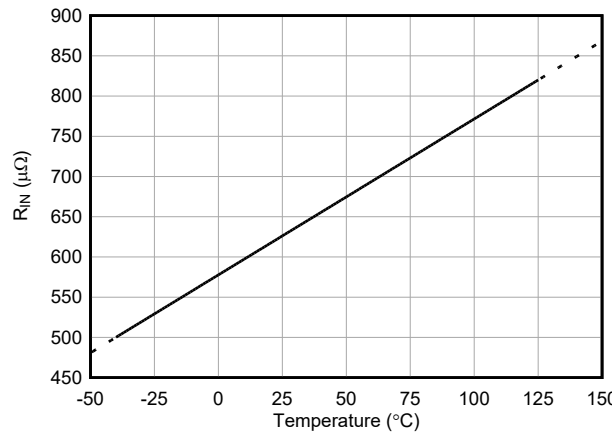


图 6-18. 输入导体电阻与温度间的关系

## 7 参数测量信息

### 7.1 精度参数

方程式 1 给出了 TMCS1170 的理想一阶传递函数，其中输出电压是输入电流的线性函数。器件的精度通过传递函数参数中的误差项以及引入简化线性模型中未包含的额外误差项的非理想性来量化。有关总误差的示例计算（包括所有器件误差项），请参阅 [总误差计算示例](#)。

$$V_{OUT} = S \times I_{IN} + V_{OUT,0A} \quad (1)$$

其中

- $V_{OUT}$  为模拟输出电压。
- $I_{IN}$  为隔离的输入电流。
- $S$  为器件的灵敏度。
- $V_{OUT,0A}$  为器件型号的零电流输出电压。

#### 7.1.1 灵敏度误差

灵敏度是输入导体电流的变化引起的传感器输出电压的成比例变化。该灵敏度是传感器一阶传递函数的斜率（请参阅图 7-1）。TMCS1170 的灵敏度在出厂时经过测试和校准，确保达到高精度。

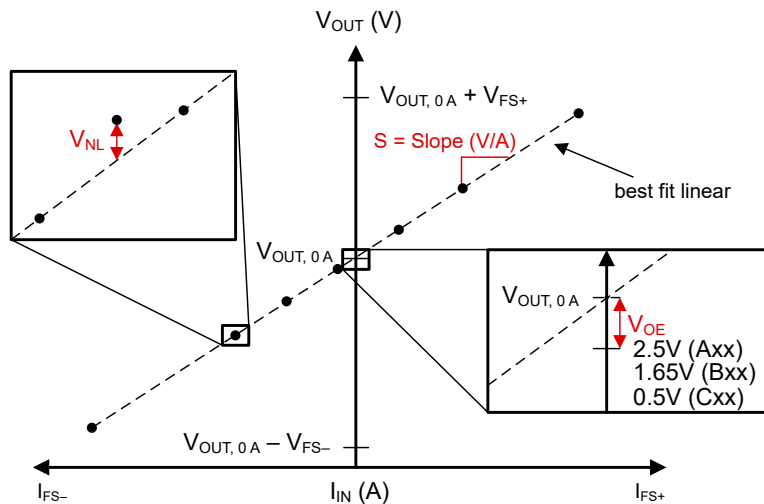


图 7-1. 灵敏度、失调电压和非线性误差

灵敏度误差  $e_S$  是相对于理想灵敏度的偏差，在方程式 2 中定义为最佳拟合测量灵敏度相对于理想灵敏度的变化。

$$e_S = \frac{(S_{fit} - S_{ideal})}{S_{ideal}} \quad (2)$$

其中

- $e_S$  是灵敏度误差。
- $S_{fit}$  是最佳拟合灵敏度。
- $S_{ideal}$  是理想灵敏度。

灵敏度寿命漂移  $S_{drift,life}$  是指在器件的整个寿命内，由于运行和环境应力而导致的灵敏度变化，报告为灵敏度在寿命内的最坏情况百分比变化。

### 7.1.2 偏移量误差

偏移量误差是指零输入电流与理想输出的偏差，并且通常会限制低输入电流水平下的测量精度。偏移量误差既可以输出为基准（作为失调电压误差），也可以输入为基准（作为失调电流误差）。当除以器件灵敏度  $S$  时，输出电压偏移量误差  $V_{OE}$  以输入为基准，作为输入电流偏移量误差  $I_{OS}$ （请参阅方程式 3）。以输入为基准 (RTI) 的偏移量误差允许更直接地将偏移量误差与输入电流进行比较。无论偏移量误差是以输入为基准（作为电流偏移量误差  $I_{OS}$ ），还是以输出为基准（作为电压偏移量误差  $V_{OE}$ ），偏移量误差都是单个误差源，并且在以输入为基准或以输出为基准的误差计算中只能包括一次。

$$I_{OS} = \frac{V_{OE}}{S} \quad (3)$$

如图 7-1 所示，TMCS1170 的输出电压偏移量误差  $V_{OE}$  是零电流输出电压  $V_{OUT,0A}$  和内部固定基准电压  $V_{REF}$  之间的差（请参阅方程式 4）。

$$V_{OE} = V_{OUT,0A} - V_{REF} \quad (4)$$

输出偏移量误差  $V_{OE}$  包括霍尔传感器中的磁性偏移量误差、信号链中的失调电压误差以及内部零电流输出基准电压  $V_{REF}$  中的偏移量误差。内部基准电压的值为 2.5V、1.65V 或 0.5V，具体取决于所选器件型号（TMCS1170Axx、TMCS1170Bxx 或 TMCS1170Cxx）。

### 7.1.3 非线性误差

非线性是指输出电压相对于与输入电流的线性关系的偏差。如图 7-1 所示，非线性电压是指基于测量参数的相对于最佳拟合线的最大电压偏差（请参阅方程式 5）。

$$V_{NL} = V_{OUT,meas} - [(I_{meas} \times S_{fit}) + V_{OUT,0A}] \quad (5)$$

其中

- $V_{OUT,meas}$  为相对于最佳拟合的最大偏差处的电压输出。
- $I_{meas}$  为相对于最佳拟合的最大偏差处的输入电流。
- $S_{fit}$  为器件的最佳拟合灵敏度。
- $V_{OUT,0A}$  为器件的零电流输出电压。

TMCS1170 的非线性误差指定为满量程输出范围  $V_{FS}$  的百分比（请参阅方程式 6）。

$$e_{NL} = 100\% \times \frac{V_{NL}}{V_{FS}} \quad (6)$$

### 7.1.4 电源抑制比

TMCS1170 的电源抑制比 (PSRR) 以输出为基准，反映了电源电压变化导致的器件输出变化。使用方程式 7 可以计算由 TMCS1170Axx 和 TMCS1170Cxx 型号上的电源变化引起的以输出为基准的偏误差。使用方程式 8 可以计算由 TMCS1170Bxx 型号上的电源变化引起的以输入为基准的偏移量误差。

$$e_{PSRR A,C} = 10^{-\frac{PSRR}{20}} \times (V_S - 5V) \quad (7)$$

$$e_{PSRR B} = 10^{-\frac{PSRR}{20}} \times (V_S - 3.3V) \quad (8)$$

其中

- PSRR 是以输出为基准的电源抑制比，单位为 dB。
- $V_S$  是工作电源电压。

### 7.1.5 共模抑制比

共模抑制比 (CMRR) 量化了器件隔离输入电压变化导致的有效输入电流误差。由于电流信号存在磁耦合和电隔离，TMCS1170 对输入共模电压具有非常高的抑制能力。使用 [方程式 9](#) 计算输入共模电压  $V_{CM}$  产生的误差。

$$e_{CMRR} = CMRR \times V_{CM} \quad (9)$$

其中

- CMRR 是以输入为基准的共模抑制，单位为  $\mu A/V$ 。
- $V_{CM}$  是器件输入端的交流或直流工作电压。

### 7.1.6 外部磁场误差

TMCS1170 可抑制由相邻大电流承载导体、附近电机、磁体或任何其他杂散磁场源产生的外部磁场的干扰。共模场抑制 (CMFR) 可以量化杂散磁场引起的以输入为基准的有效误差。使用 [方程式 10](#) 可计算外部杂散磁场  $B_{EXT}$  产生的误差。

$$e_{B_{EXT}} = B_{EXT} \times CMFR \quad (10)$$

其中

- $B_{EXT}$  是以 mT 为单位的外部磁场强度。
- CMFR 是以 mA/mT 为单位的共模磁场抑制。

## 7.2 瞬态响应参数

图 7-2 展示了关键的 TMCS1170 瞬态阶跃响应参数。传播延迟  $t_{pd}$  是输入电流波形达到最终值的 10% 与输出电压  $V_{OUT}$  达到最终值的 10% 之间的时长。响应时间  $t_r$  是输入电流达到最终值的 90% 与输出电压达到最终值的 90% 之间的时长，这使输入电流阶跃足以让输出电压引起 1V 变化。压摆率 SR 是输出电压的大信号响应，定义为足够快的输入电流阶跃期间输出电压达到最终值的 10% 至 90% 之间的变化率。

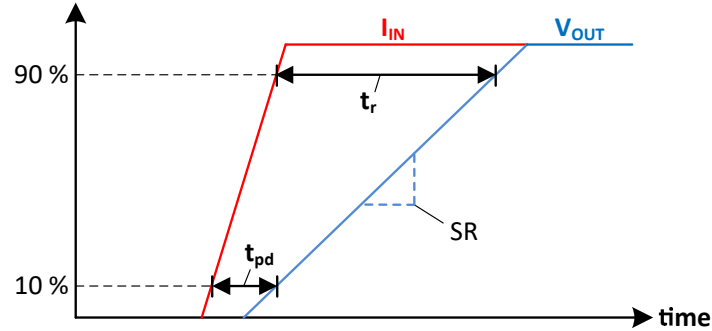


图 7-2. 瞬态阶跃响应

### 7.2.1 CMTI，共模瞬态抗扰度

CMTI 是指器件在不对输出信号产生明显耦合干扰的情况下承受输入电压上升或下降阶跃的能力。该器件规定了最大共模转换速率，在该速率下，输出信号不会受到持续时间超过  $1\mu s$  的大于  $200mV$  电压的干扰，如 图 7-3 所示，共模输入阶跃为  $40V/ns$ 。在共模转换之后，通过足够的滤波或消隐时间，可以支持比指定 CMTI 更高的边沿速率。

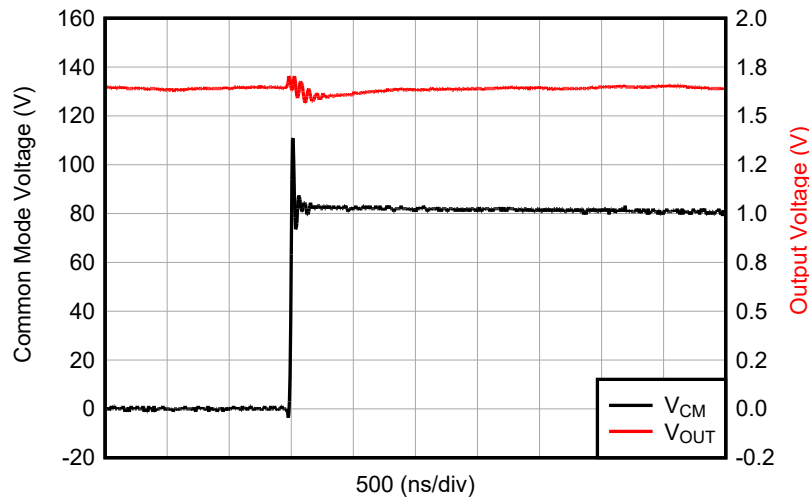


图 7-3. 共模瞬态响应

## 7.3 安全工作区

TMCS1170 的隔离式输入电流安全工作区 (SOA) 受到输入导体中功率耗散导致的自发热的限制。根据使用案例，SOA 受到诸多条件的限制，包括超过最大结温、引线框中的焦耳加热或在极高电流下的引线框熔断。这些机制在很大程度上取决于输入电流幅度和持续时间以及环境热条件。

当前的 SOA 在很大程度上取决于系统级印刷电路板 (PCB) 的热环境和设计。多个热变量控制着热量从器件到周围环境的传递，包括气流、环境温度以及 PCB 结构和设计。所有额定值均适用于 TMCS1170EVM 或等效 PCB 设计上安装的单个 TMCS1170 器件，在指定的环境温度条件下没有空气流量。器件使用配置文件必须满足针对系统运行而计划的热环境的连续电流传导 SOA 能力。

### 7.3.1 持续直流或正弦交流电流

器件封装和 PCB 的最大热时间常数为秒级；因此，对于任何频率高于 1Hz 的持续直流或正弦交流周期波形，都可以根据 RMS 持续电流电平进行评估。连续电流能力强烈依赖于运行时的预期工作环境温度范围。图 7-4 显示了 TMCS1170EVM 上器件的最大持续电流处理能力。由于从结到环境的热传递减少以及引线框中的功率耗散增加，在较高的环境温度下电流能力会下降。通过改进应用的热设计，SOA 可以在更高的温度下支持更大的电流。使用更大更重的铜电源平面、在电路板上提供气流或在器件区域添加散热结构都有助于提高热性能。

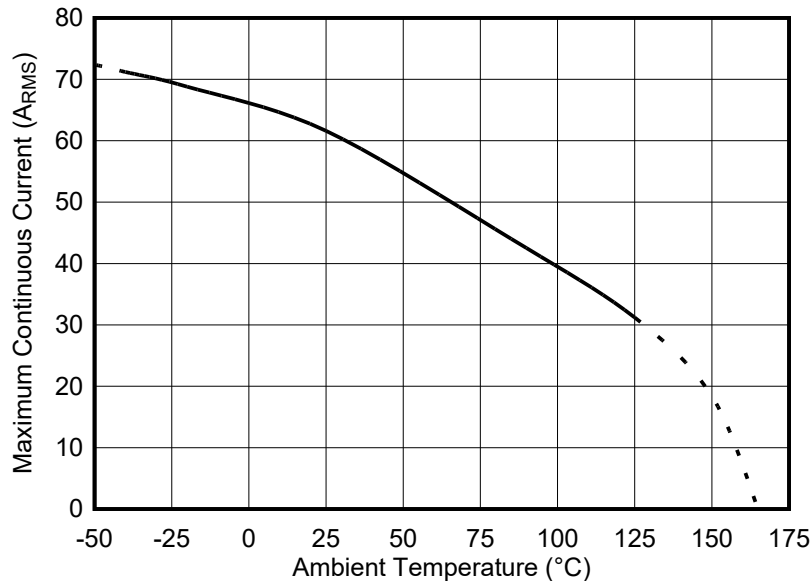


图 7-4. 最大连续 RMS 电流与环境温度间的关系

### 7.3.2 重复脉冲电流 SOA

对于在高电流和无电流之间传输脉冲电流的应用，允许的能力受到引线框中短时间发热的限制。TMCS1170 在某些条件下可以承受更高的电流范围，但是，对于重复的脉冲事件，电流电平必须同时满足脉冲电流 SOA 和 RMS 持续电流约束条件。脉冲持续时间、占空比和环境温度都会影响重复脉冲事件的 SOA。图 7-5、图 7-6、图 7-7 和图 7-8 根据 TMCS1170EVM 的测试结果说明了重复应力水平，在该测试结果下，参数性能和隔离完整性在多个环境温度的后应力下不受影响。在高占空比或长脉冲持续时间下，对于由方程式 11 定义的 RMS 值，该限值接近持续电流 SOA。

$$I_{IN,RMS} = I_{IN,P} \times \sqrt{D} \tag{11}$$

其中

- $I_{IN,RMS}$  为 RMS 输入电流电平
- $I_{IN,P}$  为脉冲峰值输入电流
- $D$  为脉冲占空比

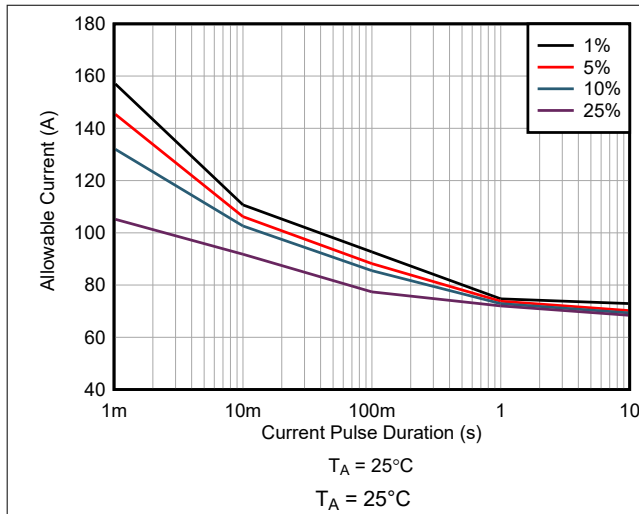


图 7-5. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

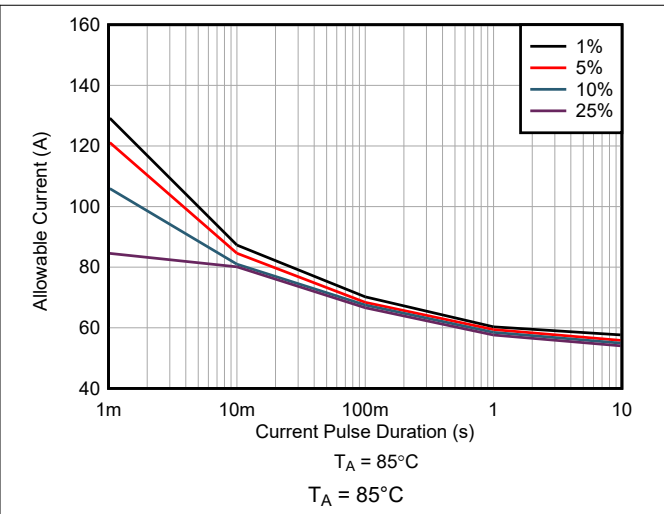


图 7-6. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

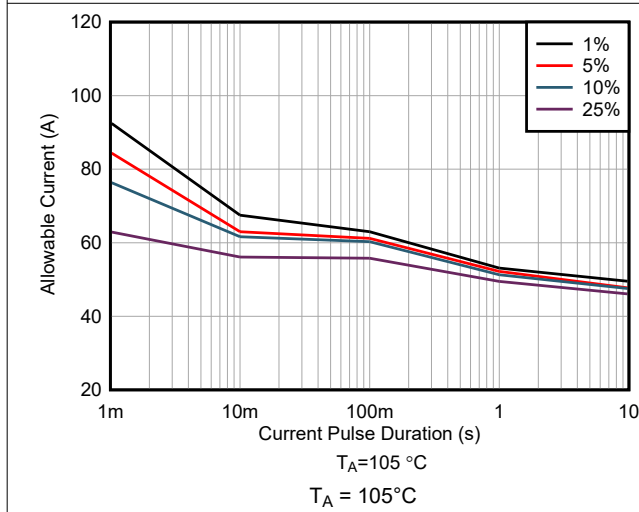


图 7-7. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

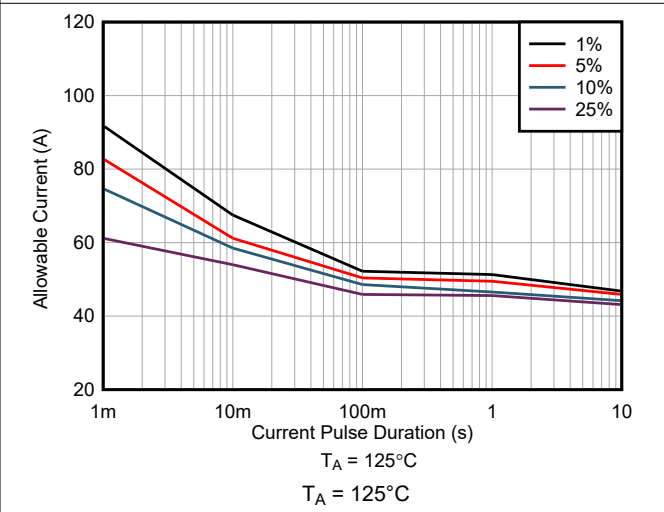


图 7-8. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

### 7.3.3 单粒子电流能力

TMCS1170 可以容忍持续时间较短的单个较高电流事件，因为结温不会在脉冲持续时间内达到热平衡。图 7-9 展示了器件在单电流脉冲事件中的短路持续时间曲线，其中引线框电阻在承受应力后发生变化。可在引线框熔断事件之前达到该电平，但该电平必须被视为短期 SOA 的上限。对于持续时间较长的脉冲，电流能力接近给定环境温度下的连续 RMS 限值。

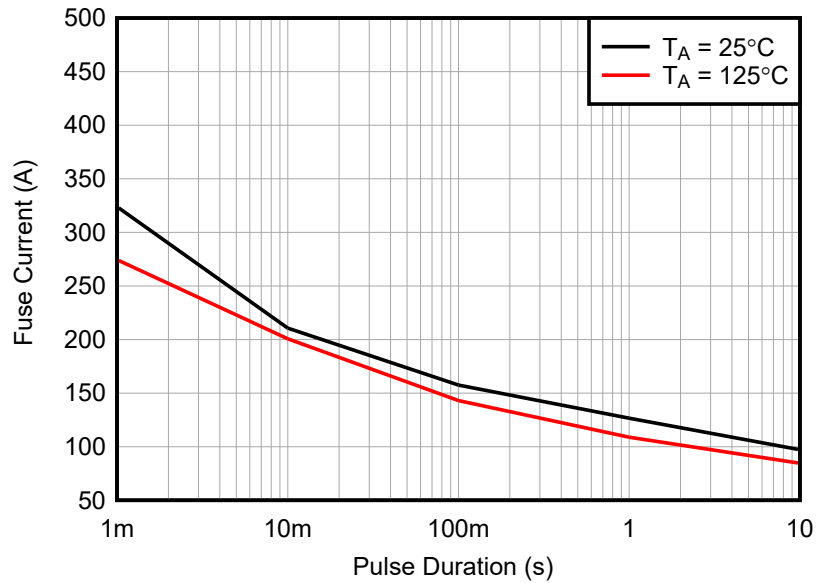


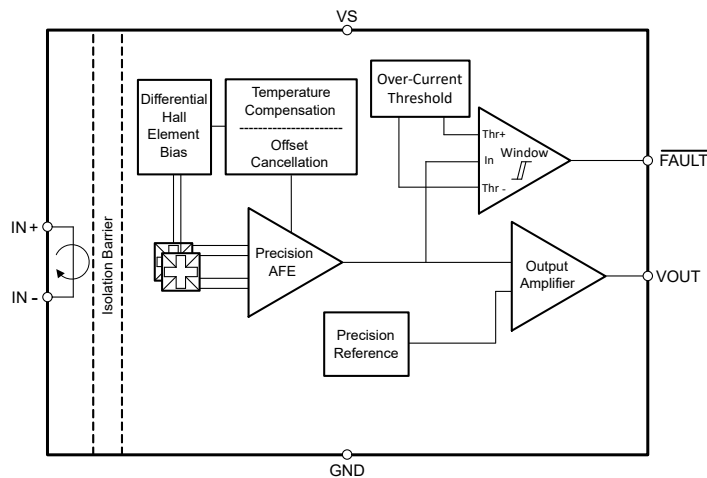
图 7-9. 单脉冲引线框能力

## 8 详细说明

### 8.1 概述

TMCS1170 是一款霍尔效应电流传感器，具有 100V 功能隔离、环境磁场抑制和高载流能力，并采用小型 3mm×3mm QFN 封装。该器件提供了多种器件选项，可用于单向和双向电流测量。输入电流流过隔离式输入电流引脚之间的导体。该导体在室温下具有 0.6mΩ 的电阻，当与 TMCS1170EVM 热设计类似的印刷电路板一起使用时，在 125°C 的环境温度下可容纳高达 30A<sub>RMS</sub> 的持续电流。与其他可行的电流测量方法相比，低欧姆值引线框路径降低了功耗，并且在高压侧不需要任何外部无源器件、隔离式电源或控制信号。输入电流产生的磁场由霍尔传感器检测到并由精密信号链放大。该器件可用于交流和直流电流测量，其带宽为 285kHz。有多种固定灵敏度器件可供选择，可提供 ±10A 至 ±50A 的广泛双向线性电流检测范围以及高达 50A 的单向线性电流检测范围。TMCS1170 可以在 3V 至 5.5V 的低压电源下运行，并针对高精度和温度稳定性进行了优化，在整个工作温度范围内对偏移量和灵敏度进行了补偿。

### 8.2 功能方框图



### 8.3 特性说明

#### 8.3.1 电流输入

TMCS1170 的输入电流通过封装引线框的隔离高压侧流入和流出 IN+ 和 IN- 引脚。流经封装的电流会产生与输入电流成正比的磁场，该磁场可由集成式片上精密霍尔传感器进行测量。仅测量输入电流产生的磁场，从而限制输入电压开关直通至电路。该配置支持直接测量具有高压瞬变的电流，而不会在电流传感器输出上产生信号失真。引线框导体具有低电阻和正温度系数。

#### 8.3.2 输入隔离

由于 TMCS1170 结构，输入导体和霍尔传感器芯片之间的分离在高压输入侧的封装引脚 1、2 和 3、4 与低压输出侧的封装插脚 5 至 12 之间提供了功能隔离。

#### 8.3.3 环境磁场抑制

TMCS1170 设计用于在恶劣环境中提供高水平的电流测量精度。由于不受杂散磁场干扰，因此可以在高载流布线、电机绕组、电感器或任何其他错误的杂散磁场源附近使用。TMCS1170 包含差分霍尔传感器，这些传感器的位置很重要，且配置为可抑制来自外部杂散磁场的干扰。仅受霍尔元件匹配和封装引线框耦合限制的环境磁场抑制 (AFR) 功能可减少杂散磁场产生的误差。

#### 8.3.4 内部基准电压

TMCS1170 具有精内部基准，此基准可确定零电流输出电压 V<sub>OUT,0A</sub>。通过选择 [器件比较](#) 表中列出的三个不同零电流输出电压选项中的任何一个，可以优化总体电流检测动态范围。[方程式 12](#)、[方程式 13](#) 和 [方程式 14](#) 中列出的这些零电流基准选项提供了使用 3.0V 至 5.5V 之间的各种电源电压进行双向或单向电流测量的功能。

$$\bullet \quad \text{TMCS1170Axx} \rightarrow V_{\text{OUT},0\text{A}} = V_{\text{REF}} = 2.5\text{V} \quad (12)$$

$$\bullet \quad \text{TMCS1170Bxx} \rightarrow V_{\text{OUT},0\text{A}} = V_{\text{REF}} = 1.65\text{V} \quad (13)$$

$$\bullet \quad \text{TMCS1170Cxx} \rightarrow V_{\text{OUT},0\text{A}} = V_{\text{REF}} = 0.5\text{V} \quad (14)$$

### 8.3.5 电流检测可测量范围

零电流基准电压  $V_{\text{OUT},0\text{A}}$  以及器件灵敏度  $S$  和电源电压  $V_S$  决定了 TMCS1170 线性输入电流测量范围，如 [器件比较表](#) 中所列。最大线性输出电压  $V_{\text{OUT},\text{max}}$  限制为比电源电压低 100mV，如 [方程式 15](#) 所示。最小线性输出电压  $V_{\text{OUT},\text{min}}$  限制为地电平以上 100mV，如 [方程式 16](#) 所示。

$$V_{\text{OUT},\text{max}} = V_{S,\text{min}} - 100\text{mV} \quad (15)$$

$$V_{\text{OUT},\text{min}} = 100\text{mV} \quad (16)$$

在适当地选择器件之后，通过将输出电压除以灵敏度  $S$ （请参阅 [方程式 17](#) 和 [方程式 18](#)），将最小和最大线性输出电压摆幅以最小和最大的线性输入电流范围为基准，可以优化总体最大动态范围。

$$I_{\text{IN},\text{max}+} = \frac{(V_{\text{OUT},\text{max}} - V_{\text{OUT},0\text{A}})}{S} \quad (17)$$

$$I_{\text{IN},\text{max}-} = \frac{(V_{\text{OUT},0\text{A}} - V_{\text{OUT},\text{min}})}{S} \quad (18)$$

其中

- $I_{\text{IN},\text{max}+}$  是最大线性可测量正输入电流。
- $I_{\text{IN},\text{max}-}$  是最大线性可测量负输入电流。
- $S$  是器件型号的灵敏度。
- $V_{\text{OUT},0\text{A}}$  是相应的零电流输出电压。

### 8.3.6 过流检测

除了快速精密模拟信号响应之外，TMCS1170 还提供快速的数字过流响应。过流检测 (OCD) 电路提供一个比较器输出，可用于触发警告或系统关断，以防止由短路、电机停转或其他系统状况引起的电流过大而造成的损坏。快速数字过流检测响应在内部是固定的，如可订购器件型号所示。可以为双向和单向器件提供器件选项，以便在满标度测量范围的约一半与高达两倍之间的任意位置跳线。

**图 8-1** 将过流数字输出 **FAULT** 响应显示为低电平有效。当双向器件上的输入电流超过  $\pm I_{\text{OC}}$  时，快速故障引脚会下拉至低电平。在故障引脚复位回到正常高电平状态之前，输入电流必须返回到  $\pm I_{\text{OC}}$  范围内且超过滞后电流  $I_{\text{Hys}}$ 。

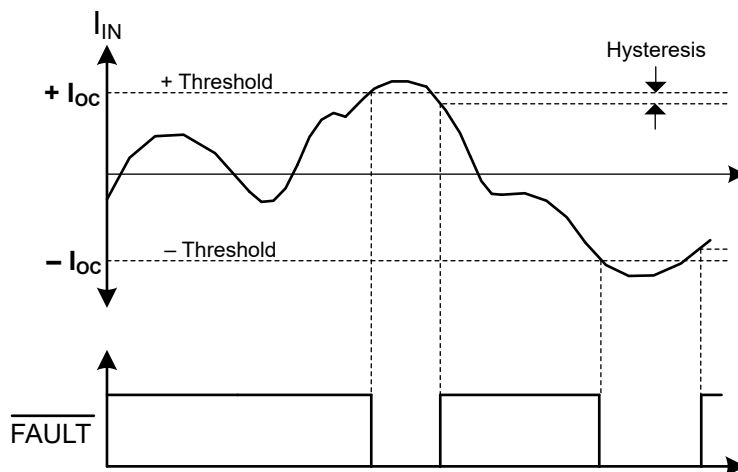


图 8-1. 过流检测图

## 8.4 器件功能模式

### 8.4.1 断电行为

由于器件固有的电隔离，只要任何引脚都不超过 [绝对最大额定值](#) 表中的限值，几乎就不必考虑将器件断电。隔离电流输入和低压信号链可以在操作行为中解耦，因为只要不超过隔离栅能力，其中的任何一者都可以在另一者关闭的情况下通电。可以在隔离式输入仍连接到有源高压信号或系统时关闭低压电源。

## 9 应用和实施

### 备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

### 9.1 应用信息

TMCS1170 的主要特性集可在任何需要隔离式电流测量的应用中提供显著的优势。

- 功能隔离可提供出色的输入电压瞬变抗扰度。
- 基于霍尔效应的测量简化了系统级解决方案，无需高压 (HV) 侧电源。
- 通过低阻抗导体的输入电流路径将功耗降至最低。
- 良好的精度和低温度漂移消除了对多点校准的需求，并且不会牺牲系统性能。
- 宽工作电源电压范围使单个器件能够在很宽的电压电平范围内工作。

这些优势提高了系统级性能，同时更大限度地降低了任何必须对隔离电流进行精密电流测量的应用的复杂性。以下部分详细说明了具体示例和设计要求。

### 9.2 典型应用

电感负载电流（例如电机相位）的内嵌式检测为控制系统带来了显著的性能优势，能够以极少的后处理实现先进的控制算法和诊断。内嵌式检测面临的主要挑战是电流传感器受到驱动负载的全高压电源电平 PWM 瞬态的影响。封装内霍尔效应电流传感器拓扑的固有隔离有助于应对该挑战，能够提供高共模抗扰度以及高压电机驱动电平和低压控制电路之间的隔离。图 9-1 说明了 TMCS1170 在此类应用中的使用情况，驱动由三相电机提供的电感负载。

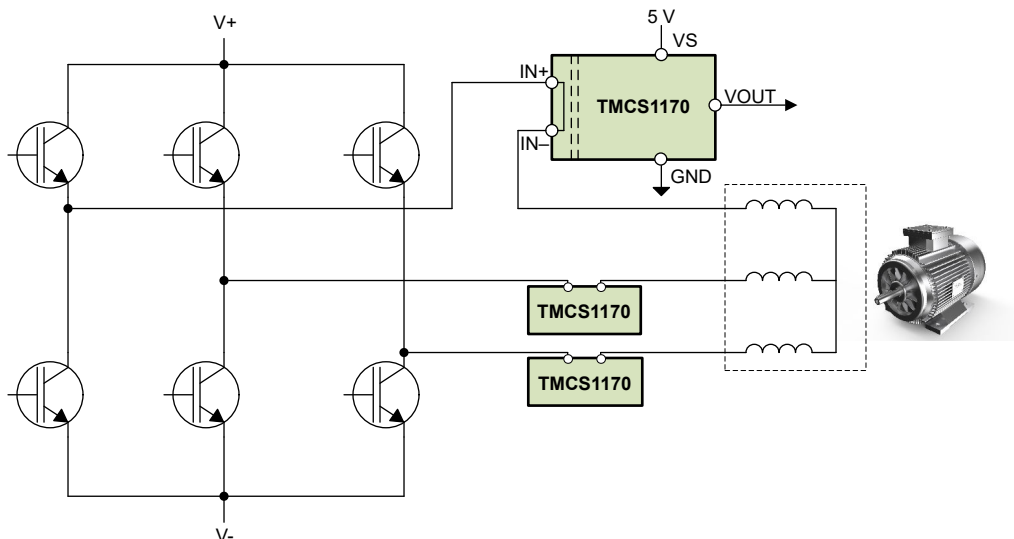


图 9-1. 内嵌式电机相电流检测

#### 9.2.1 设计要求

对于三相电流检测应用，要确保在预期电流范围内提供线性检测，并确保器件处于工作热约束范围内。如有必要，可以使用单个 TMCS1170 来测量每个相位的电流。对于该示例，考虑 5V 的标称电源，但对于某些电源变化，至少要包含 4.9V。最大输出摆幅根据 TMCS1170 规格定义，并且需要  $\pm 20A$  的满量程电流测量。

表 9-1. 示例应用设计要求

| 设计参数        | 示例值 |
|-------------|-----|
| $V_{S,nom}$ | 5V  |

表 9-1. 示例应用设计要求 (续)

| 设计参数        | 示例值       |
|-------------|-----------|
| $V_{S,min}$ | 4.9V      |
| $I_{IN,FS}$ | $\pm 20A$ |

### 9.2.2 详细设计过程

根据所需的测量电流电平和所选电源电压，使用 TMCS1170 的主要设计参数可实现出色的灵敏度。由于此内嵌式相电流应用示例中测量了正电流和负电流，因此请选择双向型号。TMCS1170 具有精密的内部基准电压，此电压可确定零电流输出电压  $V_{OUT,0A}$ 。TMCS1170Axx 型号上的内部基准电压 (零电流输出电压  $V_{OUT,0A} = 2.5V$ ) 用于与 5V 电源一起使用时进行双向电流测量。TMCS1170Bxx 型号上的内部基准电压 (零电流输出电压  $V_{OUT,0A} = 1.65V$ ) 用于与 3.3V 电源一起使用时进行双向电流测量。可以进一步考虑噪声和与 ADC 的集成，但这超出了本应用设计示例的范围。TMCS1170 输出电压  $V_{OUT}$  与输入电流  $I_{IN}$  成正比，如 [方程式 19](#) 所定义，输出失调电压由  $V_{OUT,0A}$  设置。

$$V_{OUT} = (I_{IN} \times S) + V_{OUT,0A} \quad (19)$$

该设计侧重于更大限度地提高器件的灵敏度，同时在预期的电流输入范围内保持线性测量。TMCS1170 具有线性可测量电流范围，该范围受到相对于电源的正摆幅或相对于接地的负摆幅的限制。若要弄清工作裕度，请考虑之前定义的可能的最小电源电压  $V_{S,min} = 4.9V$ 。使用上述参数，最大线性输出电压  $V_{OUT,max}$  由 [方程式 20](#) 定义，最小线性输出电压  $V_{OUT,min}$  由 [方程式 21](#) 定义。

$$V_{OUT,max} = V_{S,min} - 100mV \quad (20)$$

$$V_{OUT,min} = 100mV \quad (21)$$

[表 9-2](#) 展示了该示例应用的设计参数以及计算得出的输出范围。

表 9-2. 示例应用设计参数

| 设计参数                       | 示例值  |
|----------------------------|------|
| $V_{OUT,max}$              | 4.8V |
| $V_{OUT,0A}$               | 2.5V |
| $V_{OUT,max} - V_{OUT,0A}$ | 2.3V |

这些设计参数可产生  $\pm 2.3V$  (大约  $V_{OUT,0A} = 2.5V$ ) 的最大正线性输出电压摆幅。若要确定 TMCS1170 的哪个灵敏度型号能够更充分地利用该线性范围，请使用 [方程式 22](#) 计算双向电流  $\pm I_{IN,max}$  的最大电流范围。

$$I_{IN,max} = \frac{(V_{OUT,max} - V_{OUT,0A})}{S} \quad (22)$$

其中

- S 是相关 AxA 型号的灵敏度。

[表 9-3](#) 展示了具有相应灵敏度的 TMCS1170 的每个增益型号的计算。

表 9-3. 具有 2.3V 正输出摆幅的最大满量程电流范围

| 型号          | 灵敏度     | $I_{IN,max}$ |
|-------------|---------|--------------|
| TMCS1170A2x | 40mV/A  | 57.5A        |
| TMCS1170A4x | 66mV/A  | 34.8A        |
| TMCS1170A6x | 100mV/A | 23A          |
| TMCS1170A8x | 200mV/A | 11.5A        |

通常，选择灵敏度最高的型号以提供大于所需满量程电流范围的最低最大输入电流范围。对于本示例中的设计参数，适合选择灵敏度为 100mV/A 的 TMCS1170A6x，因为最大线性可测量范围 23A 大于所需的 20A 满量程电流范围要求。

### 9.2.3 应用曲线

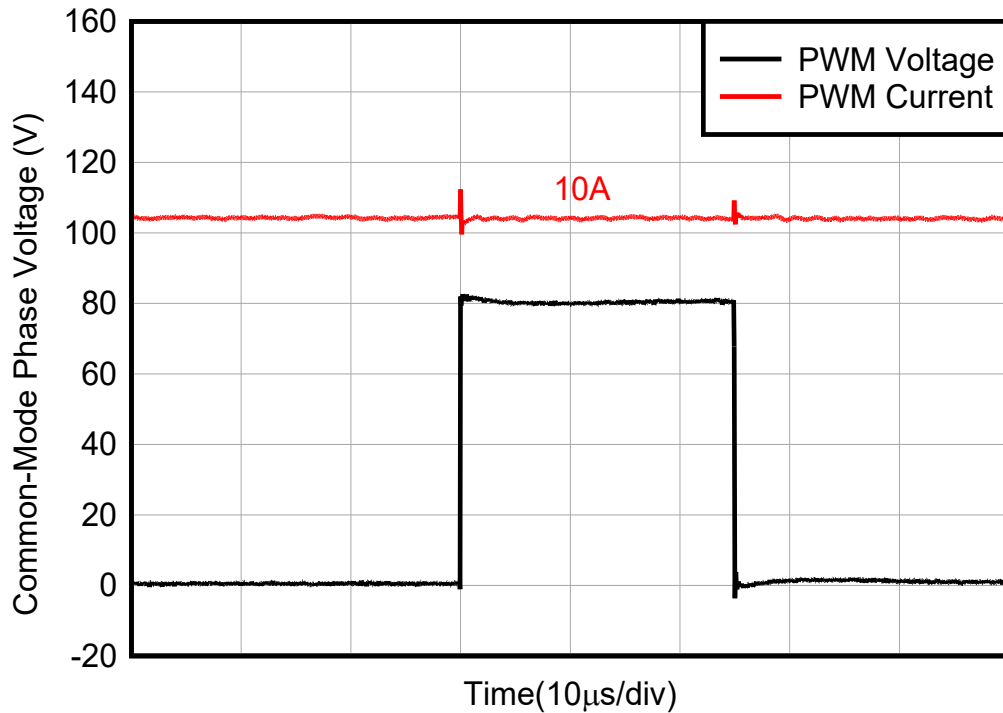


图 9-2. 内联电机电流检测输入和输出信号

## 9.3 电源相关建议

TMCS1170 仅在低压隔离侧需要一个电源 ( $V_S$ )，该电源独立于隔离式电流输入来为模拟电路供电。 $V_S$  决定了模拟输出  $V_{OUT}$  的满量程输出范围，可提供在 3V 到 5.5V 之间的任何电压。TMCS1170 的零电流输出电压是从内部获得的；因此，请注意优化电源路径的噪声和温度稳定性，从而实现高精度测量。为了滤除电源路径中的噪声，应在  $V_S$  和 GND 引脚之间放置一个容值为 0.1 $\mu$ F 的低 ESR 去耦电容器，其位置应尽可能靠近器件的电源和接地引脚。为了补偿高噪声或高阻抗电源，应增加更多去耦电容。

TMCS1170 电源  $V_S$  可以独立于流过输入的电流进行定序。然而，在  $V_S$  达到建议的工作电压与模拟输出验证之间存在加电延迟。在此开通时间内，当输出从高阻抗复位状态转换至主动驱动状态时，输出电压  $V_{OUT}$  可以在 GND 和  $V_S$  之间转换。如果必须避免这种行为，则在施加输入电流之前为  $V_S$  提供超过开通时间的稳定电源电压。

## 9.4 布局

### 9.4.1 布局指南

TMCS1170 可以在 [TMCS1170EVM](#) 上提供持续电流处理能力，该评估模块使用 3oz 覆铜平面。这种电流能力从根本上受到最大器件结温和热环境的限制，主要是 PCB 布局和设计。为了最大限度地提高器件的电流处理能力和热稳定性，请注意 PCB 布局和结构以优化热性能。在 [TMCS1170EVM](#) 的设计和构造之外，努力提升热性能可以提高持续电流能力，因为到周围环境的热传递更高。提高 PCB 热性能的要点包括：

- 针对输入电流路径以及隔离的电源平面和信号使用大型铜平面。
- 使用较重的铜 PCB 结构。
- 通过分布在隔开的电流输入周围的散热过孔进行散热。
- 在 PCB 表面提供气流。

### 9.4.2 布局示例

图 9-3 中显示的布局示例来自 [TMCS1170EVM 用户指南](#)。器件性能针对该布局的热和磁特性，提供从终端连接器到器件输入引脚的最佳电流，同时大型铜平面增强了热性能。

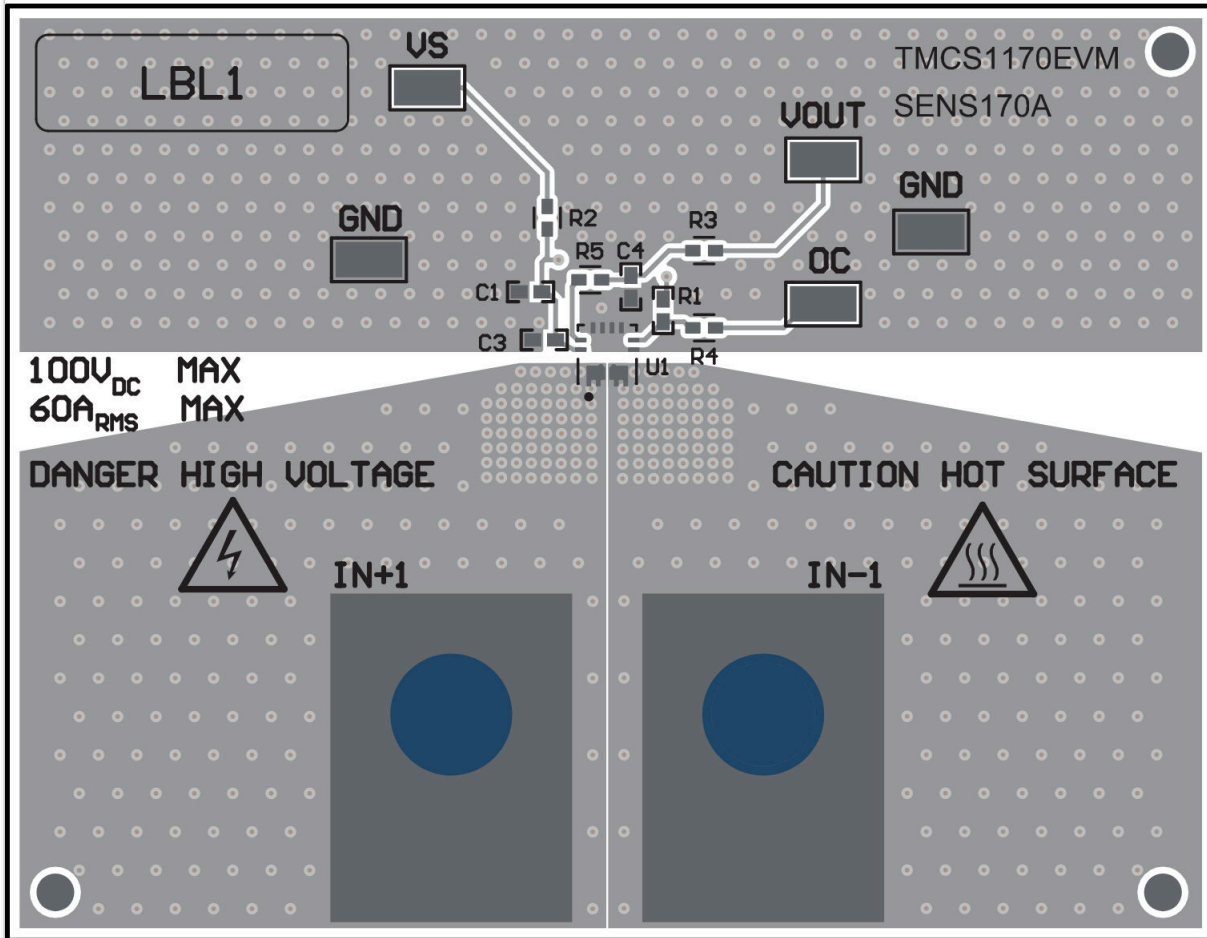


图 9-3. 建议的电路板布局布线

## 10 器件和文档支持

### 10.1 器件支持

#### 10.1.1 开发支持

要获得开发工具支持，请参阅以下文档：

- [TMCS1170xEVM](#)

### 10.2 文档支持

#### 10.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[TMCS1170xEVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[隔离相关术语](#)

### 10.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

### 10.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

### 10.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 10.6 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

### 10.7 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

## 11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| 日期        | 修订版本 | 注释    |
|-----------|------|-------|
| June 2026 | *    | 初始发行版 |

## 12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。如需获取此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

## 封装选项附录

### 封装信息

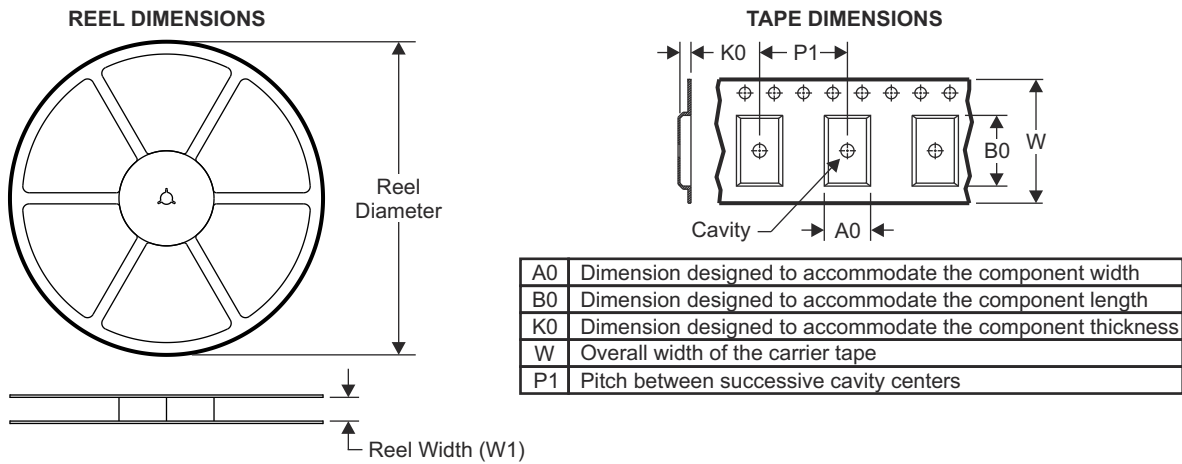
| 可订购器件型号          | 状态<br>(1) | 材料类型<br>(2) | 封装   引脚            | 包装数量   包装     | RoHS<br>(3) | 引脚镀层/焊球材料<br>(4) | MSL 等级/回流焊峰值温度<br>(5) | 工作温度 (°C) | 器件标识<br>(6) |
|------------------|-----------|-------------|--------------------|---------------|-------------|------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| TMCS1170A2FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170A2      |
| TMCS1170A4FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170A4      |
| TMCS1170A6FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170A6      |
| TMCS1170A8FQVAPR | 有效        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170A8      |
| TMCS1170B1FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170B1      |
| TMCS1170B3FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170B3      |
| TMCS1170B7FQVAPR | 有效        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170B7      |
| TMCS1170B9FQVAPR | 有效        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170B9      |
| TMCS1170C5FQVAPR | 预览        | 量产          | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   大型 T&R | 是           | SN               | Level-1-260C-UNLIM    | -40 至 125 | 1170C5      |

- (1) **状态**：有关状态的详细信息，请参阅我们的 [产品生命周期](#)。
- (2) **材料类型**：指定时，预量产器件是原型/试验器件，尚未获批或发布以进行全面生产。测试和最终工艺（包括但不限于质量保证、可靠性测试以及/或工艺鉴定）可能尚未完成，并且本器件可能会进一步更改，也可能中断研发。即使可供订购，所购器件仍将可能在结算时被取消，并且所购器件仅可用于早期内部评估。这些器件一经售出，概不提供任何保修。
- (3) **RoHS 值**：是、否、RoHS 豁免。有关更多信息和值定义，请参阅“[TI RoHS 声明](#)”。
- (4) **引脚镀层/焊球材料**：器件可能有多种材料镀层选项。各镀层选项用垂直线隔开。如果铅镀层/焊球值超出最大列宽，则会折为两行。
- (5) **MSL 等级/回流焊峰值温度**：湿敏等级等级和峰值焊接（回流焊）温度。如果器件具有多个湿敏等级，则仅显示符合 JEDEC 标准的最低等级。有关将器件安装到印刷电路板上时采用的实际回流焊温度，请参阅装运标签。
- (6) **器件标识**：器件上可能还有与徽标、批次跟踪代码信息或环境分类相关的其他标识。如有多个器件标识，将用括号括起来。不过，器件上仅显示括号中以“~”隔开的其中一个器件标识。如果某一行缩进，说明该行续接上一行，这两行合在一起表示该器件的完整器件标识。

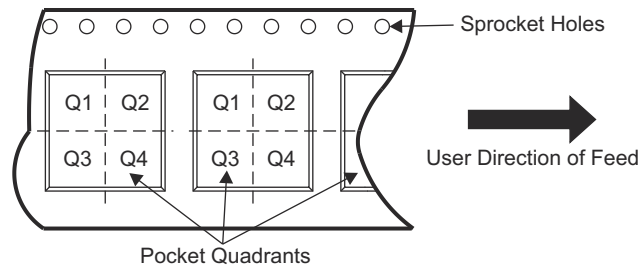
**重要信息和免责声明**：本页面上提供的信息代表 TI 在提供该信息之日的认知和观点。TI 的认知和观点基于第三方提供的信息，TI 不对此类信息的正确性做任何声明或保证。TI 正在致力于更好地整合第三方信息。TI 已经并将继续采取合理的措施来提供有代表性且准确的信息，但是可能尚未对引入的原料和化学制品进行破坏性测试或化学分析。TI 和 TI 供应商认为某些信息属于专有信息，因此可能不会公布其 CAS 编号及其他受限制的信息。

在任何情况下，TI 因此类信息产生的责任决不超过 TI 每年向客户销售的本文档所述 TI 器件的总购买价。

### 12.1 卷带包装信息

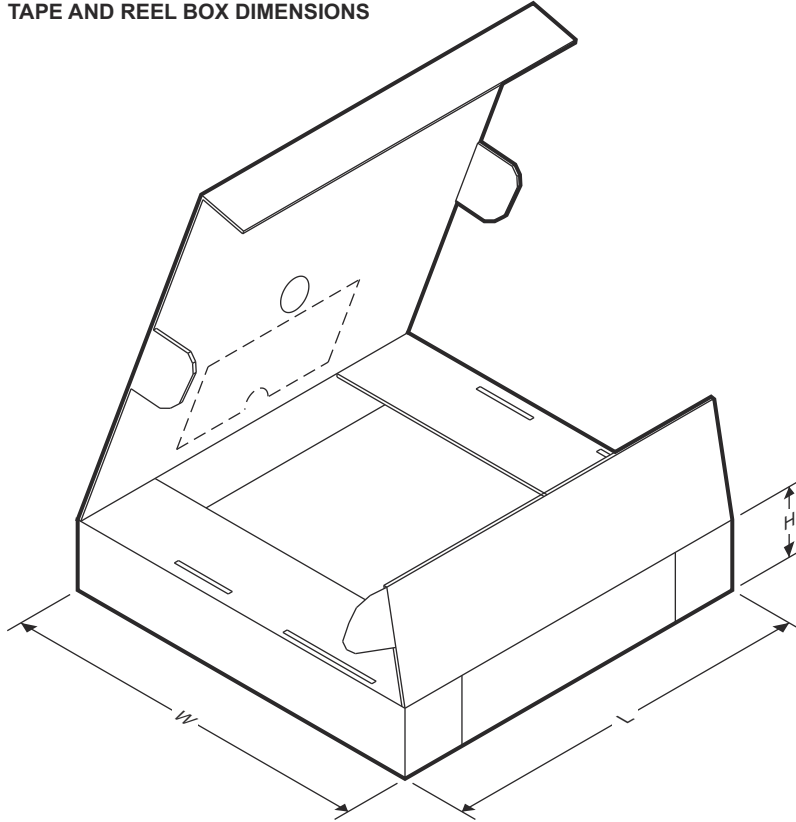


#### QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



| 器件               | 封装类型    | 封装图 | 引脚 | SPQ  | 卷带直径 (mm) | 卷带宽度 W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 象限 |
|------------------|---------|-----|----|------|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| TMCS1170A2FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170A4FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170A6FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170A8FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170B1FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170B3FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170B7FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170B9FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |
| TMCS1170C5FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 330       | 12.4         | 3.3     | 3.3     | 1.1     | 8       | 12     | Q2      |

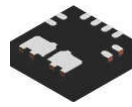
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



| 器件               | 封装类型    | 封装图 | 引脚 | SPQ  | 长度 (mm) <sup>(1)</sup> | 宽度 (mm) | 高度 (mm) |
|------------------|---------|-----|----|------|------------------------|---------|---------|
| TMCS1170A2FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170A4FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170A6FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170A8FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170B1FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170B3FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170B7FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170B9FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |
| TMCS1170C5FQVAPR | VQFN-HR | VAP | 12 | 3000 | 367                    | 367     | 35      |
|                  |         |     |    |      | 346                    | 346     | 33      |

(1) 可订购器件有两种不同的包装盒尺寸。

## 12.2 机械数据

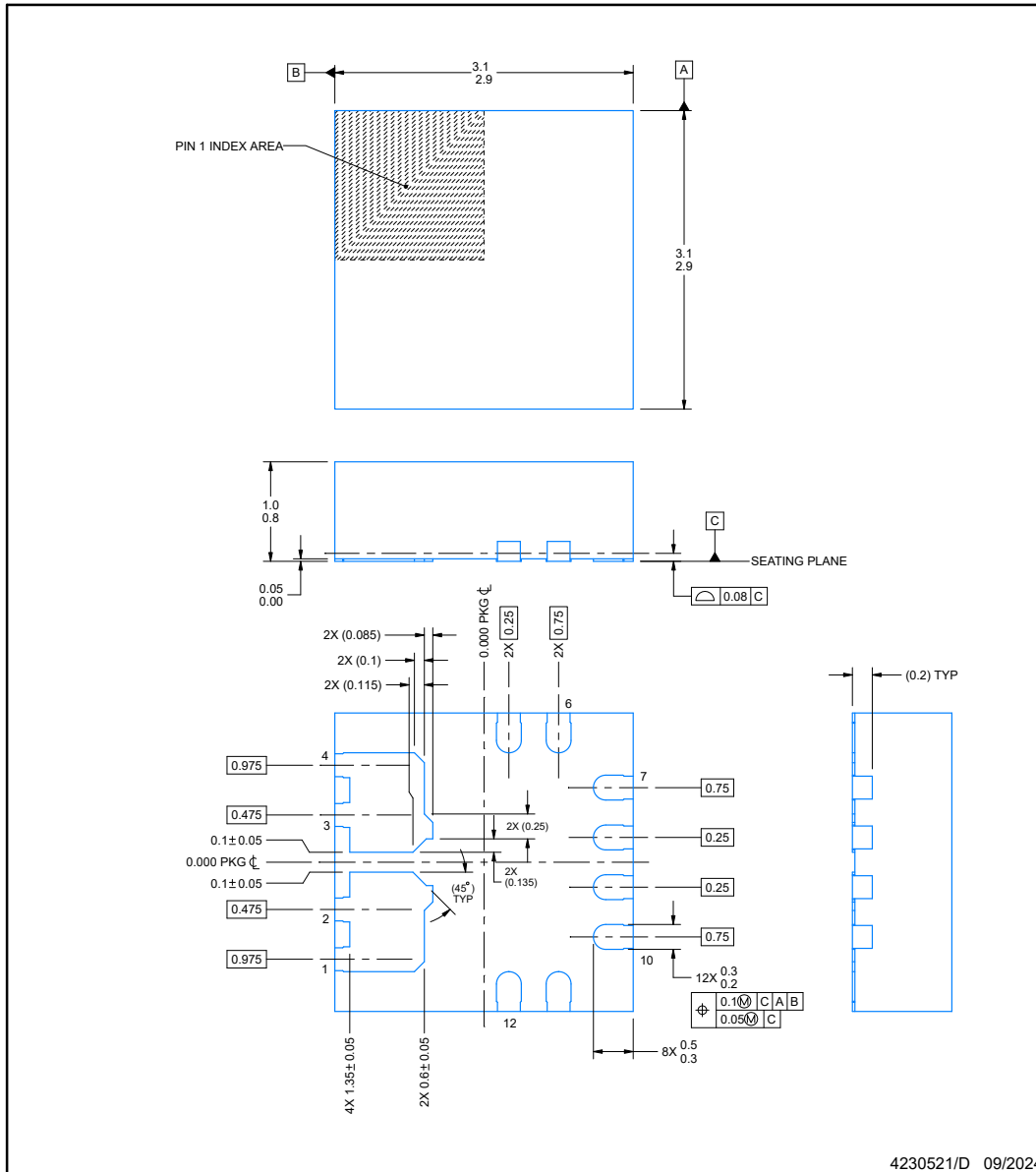


**VAP0012A**

### PACKAGE OUTLINE

**VQFN-HR - 1 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



**NOTES:**

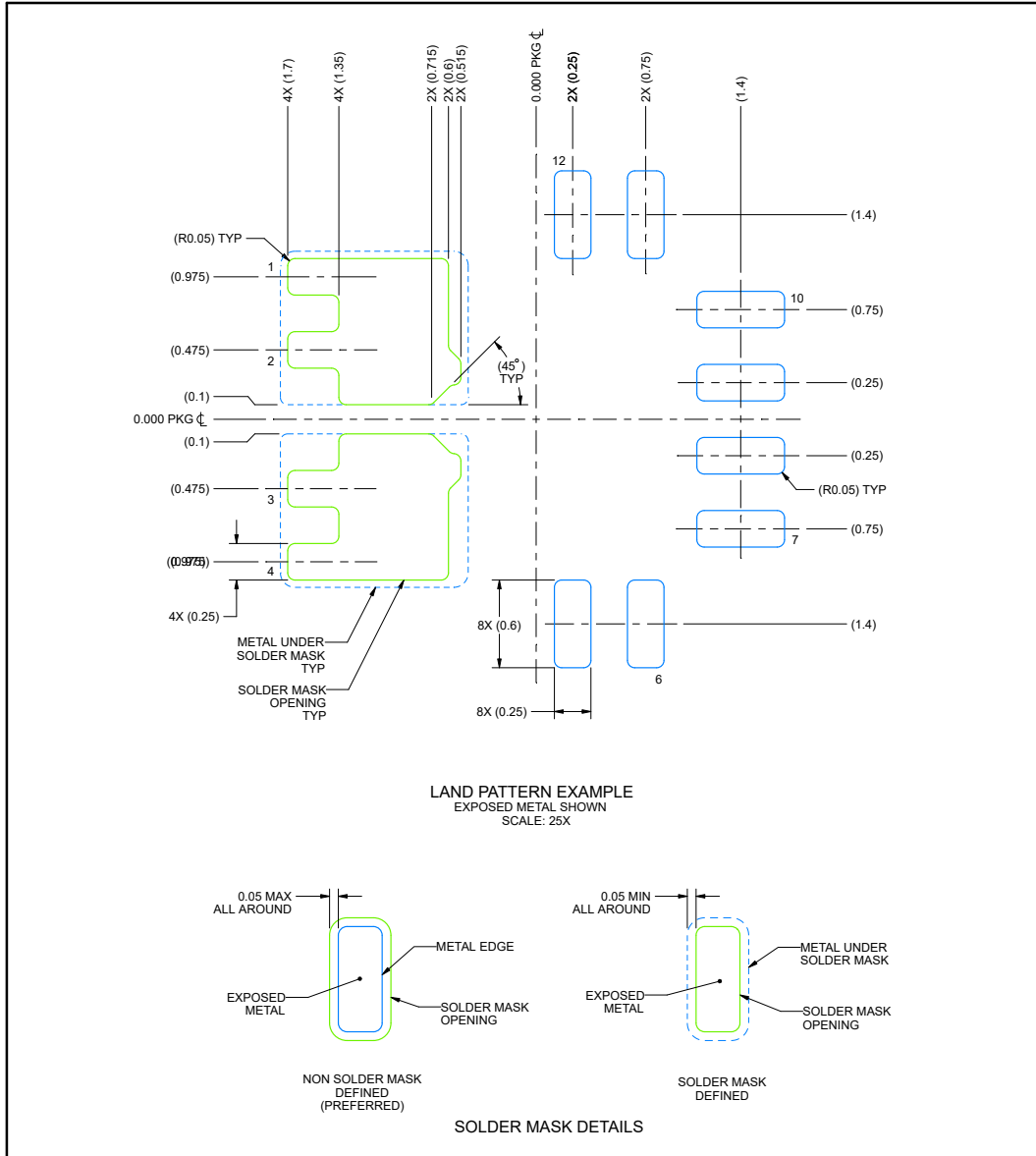
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

## EXAMPLE BOARD LAYOUT

VAP0012A

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

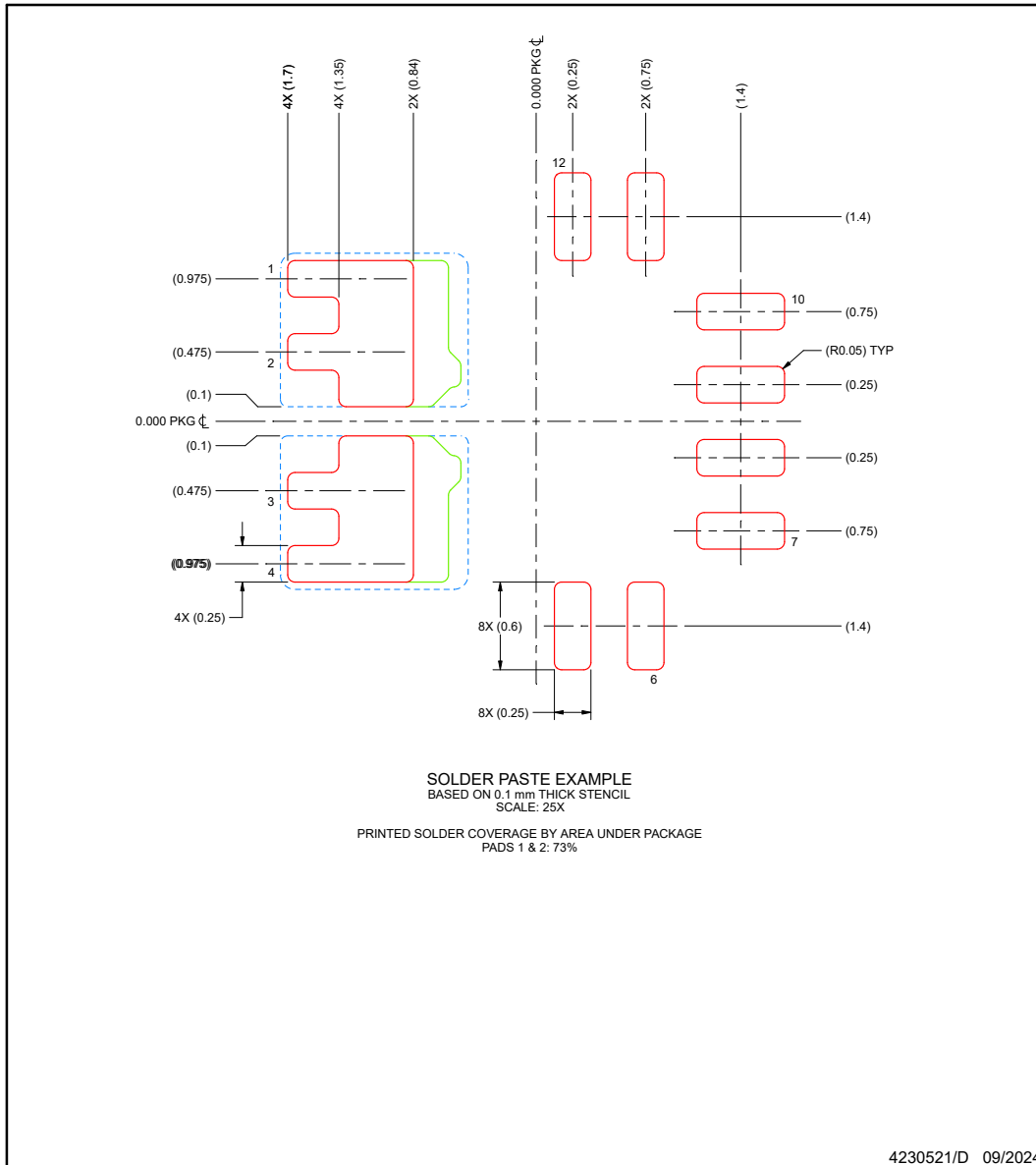
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).

## EXAMPLE STENCIL DESIGN

VAP0012A

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

## PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number            | Status<br>(1) | Material type<br>(2) | Package   Pins     | Package qty   Carrier | RoHS<br>(3) | Lead finish/<br>Ball material<br>(4) | MSL rating/<br>Peak reflow<br>(5) | Op temp (°C) | Part marking<br>(6) |
|----------------------------------|---------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| <a href="#">TMCS1170A8FQVAPR</a> | Active        | Production           | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 125   |                     |
| <a href="#">TMCS1170B7FQVAPR</a> | Active        | Production           | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 125   |                     |
| <a href="#">TMCS1170B9FQVAPR</a> | Active        | Production           | VQFN-HR (VAP)   12 | 3000   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 125   |                     |

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月