TEXAS INSTRUMENTS
ADS101S02, ADS111S02
ZHDS459 – SEPTEMBER 2026

# ADS1x1S02 具有 PGA 和温度传感器的超小型、低功耗、12 位和 16 位、6kSPS 和 4kSPS ADC

## 1 特性

- 宽电源电压范围：1.74V 至 5.5V
- 低电流消耗：
  - 140 µA（连续转换模式）
- 12 位数据速率：100SPS 至 6kSPS
- 16 位数据速率：10SPS 至 4kSPS
- 单周期稳定
- 内部温度传感器
- 内部低漂移 1.024V 基准
- 内部振荡器
- 工作温度范围：-40°C 至 +125°C

## 2 应用

- 消费类电子产品
- 便携式仪表
- 数据中心的泄漏检测
- 温度测量系统
- 工厂自动化和过程控制
- 通用电压和电流监测

## 3 说明

ADS101S02 和 ADS111S02 (ADS1x1S02) 是精密、低功耗、兼容 SPI 的 12 位和 16 位模数转换器 (ADC)。ADS1x1S02 集成了低漂移电压基准、振荡器、可编程增益放大器 (PGA)和高精度温度传感器。

除了这些特性，该器件还具有 1.74V 至 5.5V 的宽电源电压范围，因而非常适用于功率受限型和空间受限型传感器测量应用。

ADS101S02 和 ADS111S02 分别在高达 6kSPS 和 4kSPS 的数据速率下执行转换。PGA 提供 1/6 到 16 的增益设置，允许使用内部 1.024V 基准进行精确的大信号和小信号测量。ADS1x1S02 具有一个输入多路复用器 (MUX)，支持四个单端测量、使用 AIN3 作为公共基准的三个差分测量或两个独立的差分输入对。

**封装信息**

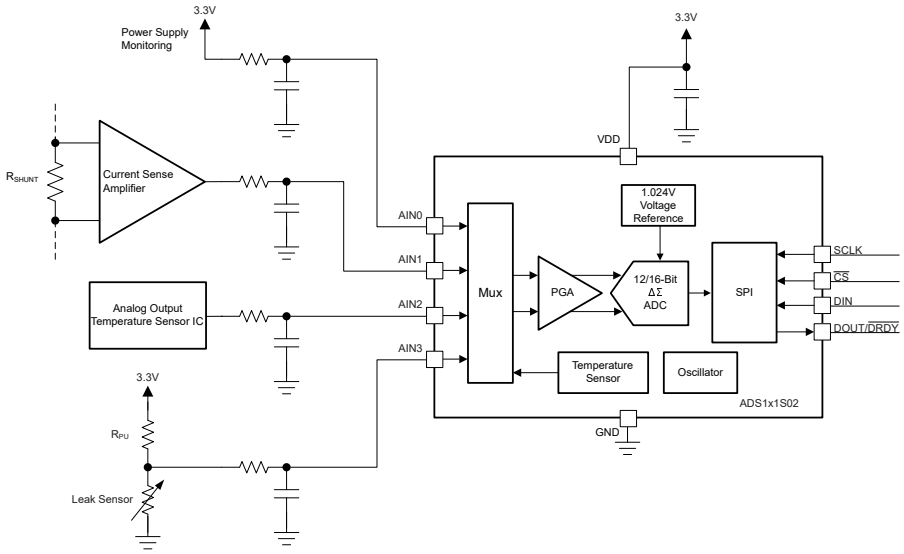
| 器件型号 | 封装(1) | 封装尺寸(2) |
|---|---|---|
| ADS1x1S02 | RUG（X2QFN，10） | 1.50mm × 2.00mm |
| | DYN（TSOT，10） | 2.90mm × 2.80mm |
| | YCJ（DSBGA，12） | 1.38mm × 1.03mm |

(1) 有关所有可用封装，请参阅机械、封装和可订购信息。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。

**器件信息**

| 器件型号 | 分辨率(1) | 数据速率（最大值） |
|---|---|---|
| ADS101S02 | 12 位 | 6kSPS |
| ADS111S02 | 16 位 | 4kSPS |

(1) 有关详细信息，请参阅*器件比较表*。




服务器卡系统监测

ADVANCE INFORMATION

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

ADVANCE INFORMATION

# 内容

**1 特性** ... 1
**2 应用** ... 1
**3 说明** ... 1
**4 器件比较表** ... 3
**5 引脚配置和功能** ... 3
**6 规格** ... 5
6.1 绝对最大额定值 ... 5
6.2 ESD 等级 ... 5
6.3 建议运行条件 ... 6
6.4 热性能信息 ... 6
6.5 电气特性 ... 7
6.6 时序要求 ... 8
6.7 开关特性 ... 8
6.8 时序图 ... 8
**7 参数测量信息** ... 9
7.1 噪声性能 ... 9
**8 详细说明** ... 10
8.1 概述 ... 10
8.2 功能方框图 ... 10
8.3 特性说明 ... 11
8.3.1 多路复用器 ... 11
8.3.2 电压基准 ... 11
8.3.3 振荡器 ... 11
8.3.4 输出数据速率和转换时间 ... 11
8.3.5 低噪声 PGA ... 11
8.3.6 温度传感器 ... 13
8.4 器件功能模式 ... 15
8.4.1 上电和复位 ... 15
8.4.2 工作模式 ... 15
8.5 编程 ... 16
8.5.1 串行接口 (SPI) ... 16
8.5.2 片选 ($\overline{CS}$) ... 16
8.5.3 串行时钟 (SCLK) ... 16
8.5.4 数据输入 (DIN) ... 16
8.5.5 数据输出和数据就绪 (DOUT/$\overline{DRDY}$) ... 17
8.5.6 数据检索和器件配置 ... 17
8.6 转换数据格式 ... 19
**9 寄存器映射** ... 20
**10 应用和实施** ... 23
10.1 应用信息 ... 23
10.1.1 串行接口连接 ... 23
10.1.2 连接多个器件 ... 24
10.1.3 单端输入 ... 25
10.1.4 未使用的输入和输出 ... 25
10.1.5 输入保护 ... 25
10.1.6 模拟输入滤波 ... 26
10.1.7 实施占空比以实现低功耗 ... 27
10.1.8 伪代码示例 ... 28
10.2 典型应用 ... 29
10.2.1 具有热敏电阻冷端补偿的 K 型热电偶 ... 29
10.2.2 服务器卡系统监测应用程序 ... 31
10.3 电源相关建议 ... 32
10.3.1 电源排序 ... 32
10.3.2 电源去耦 ... 32
10.4 布局 ... 33
10.4.1 布局指南 ... 33
10.4.2 布局示例 ... 34
**11 器件和文档支持** ... 35
11.1 文档支持 ... 35
11.1.1 相关文档 ... 35
11.2 接收文档更新通知 ... 35
11.3 支持资源 ... 35
11.4 商标 ... 35
11.5 静电放电警告 ... 35
11.6 术语表 ... 35
**12 修订历史记录** ... 35
**13 机械、封装和可订购信息** ... 35


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 4 器件比较表

| 器件 | 分辨率（位） | 最大采样速率 (SPS) | 输入通道 差分（单端） | 接口 | 数字 I/O 电平 |
|---|---|---|---|---|---|
| ADS101C01 | 12 | 6000 | 1 (1) | I²C | 与 VDD 成比例 |
| ADS101C02 | 12 | 6000 | 2 (4) | I²C | 与 VDD 成比例 |
| ADS111C01 | 16 | 4000 | 1 (1) | I²C | 与 VDD 成比例 |
| ADS111C02 | 16 | 4000 | 2 (4) | I²C | 与 VDD 成比例 |
| ADS101C01L | 12 | 6000 | 1 (1) | I²C | 独立于 VDD |
| ADS101C02L | 12 | 6000 | 2 (4) | I²C | 独立于 VDD |
| ADS111C01L | 16 | 4000 | 1 (1) | I²C | 独立于 VDD |
| ADS111C02L | 16 | 4000 | 2 (4) | I²C | 独立于 VDD |
| ADS101S02 | 12 | 6000 | 2 (4) | SPI | 与 VDD 成比例 |
| ADS111S02 | 16 | 4000 | 2 (4) | SPI | 与 VDD 成比例 |

## 5 引脚配置和功能

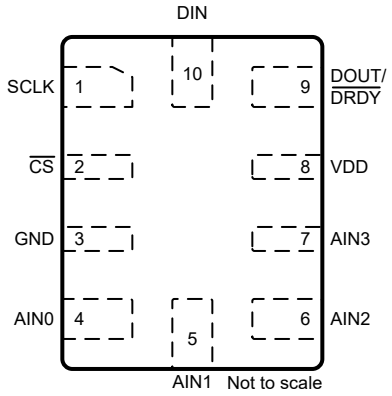



图 5-1. RUG 封装，（顶视图）

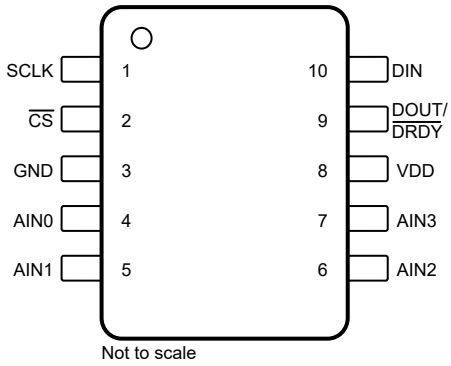



图 5-2. DYN 封装，（顶视图）

表 5-1. 引脚功能：

| 引脚 | | 类型 | 说明(1) |
|---|---|---|---|
| 编号 | 名称 | | |
| 4 | AIN0 | 模拟输入 | 模拟输入 0 |
| 5 | AIN1 | 模拟输入 | 模拟输入 1 |
| 6 | AIN2 | 模拟输入 | 模拟输入 2 |
| 7 | AIN3 | 模拟输入 | 模拟输入 3 |
| 2 | $\overline{CS}$ | 数字输入 | 芯片选择输入。低电平有效。(3) |
| 10 | DIN | 数字输入 | 串行数据输入 |
| 9 | DOUT/$\overline{DRDY}$ | 数字输出 | 串行数据输出和数据就绪信号结合。低电平有效。(2) |
| 3 | GND | 电源 | 接地 |
| 1 | SCLK | 数字输入 | 串行数据时钟输入 |
| 8 | VDD | 电源 | 电源。将一个 0.1 µF 电源去耦电容器连接至 GND。 |

(1) 有关未使用引脚的连接方式，请参见*未使用的输入和输出*部分。
(2) 推挽式输出。
(3) 如果器件是 SPI 总线上的唯一外设，则 ADS1x1S02 可以在 $\overline{CS}$ 永久连接至低电平时运行。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

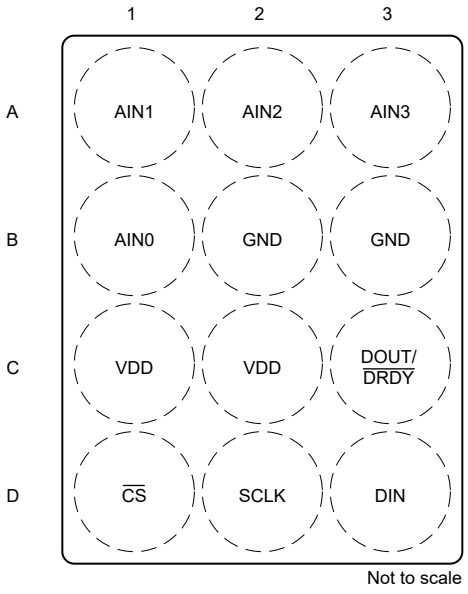



**图 5-3. YCJ 封装，**
**12 引脚 DSBGA（顶视图）**

**表 5-2. 引脚功能：YCJ 封装**

| 引脚 | | 类型 | 说明(1) |
|---|---|---|---|
| ADS1x1S02 | 名称 | | |
| B1 | AIN0 | 模拟输入 | 模拟输入 0 |
| A1 | AIN1 | 模拟输入 | 模拟输入 1 |
| A2 | AIN2 | 模拟输入 | 模拟输入 2 |
| A3 | AIN3 | 模拟输入 | 模拟输入 3 |
| D1 | $\overline{CS}$ | 数字输入 | 芯片选择输入。低电平有效。(3) |
| D3 | DIN | 数字输入 | 串行数据输入 |
| C3 | DOUT/$\overline{DRDY}$ | 数字输出 | 串行数据输出和数据就绪信号结合。低电平有效。(2) |
| B2、B3 | GND | 接地 | 接地 |
| D2 | SCLK | 数字输入 | 串行数据时钟输入 |
| C1, C2 | VDD | 电源 | 电源。将一个 0.1 µF 电源去耦电容器连接至 GND。 |

(1) 有关未使用引脚的连接方式，请参见*未使用的输入和输出*部分。
(2) 推挽式输出。
(3) 如果器件是 SPI 总线上的唯一外设，则 ADS1x1S02 可以在 $\overline{CS}$ 永久连接至低电平时运行。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 6 规格

## 6.1 绝对最大额定值

在工作环境温度范围内测得（除非另有说明）(1)

| | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| 电源电压 | VDD 至 GND | -0.3 | 7 | V |
| 模拟输入电压 | AIN0、AIN1、AIN2、AIN3 | GND – 0.3 | VDD + 0.3 | V |
| 数字输入电压 | $\overline{CS}$、SCLK、SDI、SDO/$\overline{DRDY}$ | GND – 0.3 | VDD + 0.3 | V |
| 输入电流 | 连续，除电源引脚外的任何引脚 | -10 | 10 | mA |
| 温度 | 结温，$T_J$ | | 150 | °C |
| | 贮存温度，$T_{stg}$ | -60 | 150 | |

(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 |
|---|---|---|---|---|
| $V_{(ESD)}$ | 静电放电 | 人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(1) | ±2000 | V |
| | | 充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准(2) | ±750 | |

(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。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

## 6.3 建议运行条件

在工作环境温度范围内测得（除非另有说明）

| | | | 最小值 | 标称值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **电源** | | | | | | |
| | 电源 | VDD 至 GND | 1.74 | | 5.5 | V |
| **模拟输入**(1) | | | | | | |
| $V_{AINx}$ | 绝对输入电压 | | GND | | VDD | V |
| $V_{IN}$ | 差分输入电压(2)(3) | 单极标准二进制编码 | 0 | | $V_{REF}$/增益 | V |
| | | 二进制补码编码 | $-V_{REF}$/增益 | | $V_{REF}$/增益 | |
| **数字输入** | | | | | | |
| | 输入电压 | | GND | | VDD | V |
| **温度范围** | | | | | | |
| $T_A$ | 工作环境温度 | | -40 | | 125 | °C |

(1) $AIN_P$ 和 $AIN_N$ 表示选择的 ADC 正负输入。
(2) $V_{REF}$ = 1.024V（典型值）
(3) 此参数表示 ADC 缩放的满量程范围。向该器件施加的电压不得超过 VDD + 0.3V 或 5.5V（以较小者为准）。有关更多信息，请参阅表 8-1 和表 8-2。

## 6.4 热性能信息

| 热指标(1) | | DYN (TSOT) | RUG (X2QFN) | YCJ (DSBGA) | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 引脚 | 10 引脚 | 12 引脚 | |
| $R_{\theta JA}$ | 结至环境热阻 | 待定 | 245.2 | 待定 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 结至外壳（顶部）热阻 | 待定 | 69.3 | 待定 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 结至电路板热阻 | 待定 | 172 | 待定 | °C/W |
| $\psi_{JT}$ | 结至顶部特征参数 | 待定 | 8.2 | 待定 | °C/W |
| $\psi_{JB}$ | 结至电路板特征参数 | 待定 | 170.8 | 待定 | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 结至外壳（底部）热阻 | 不适用 | 不适用 | 不适用 | °C/W |

(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。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 6.5 电气特性

最小值和最大值规格的适用条件为：$T_A$ = –40°C 至 +125°C；典型值规格的适用条件为：$T_A$ = 25°C；所有规格的适用条件为：VDD = 1.74V 至 5.5V、所有数据速率，所有增益设置（除非另有说明）

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **模拟输入** | | | | | | |
| | 绝对输入电流 | GND ≤ $V_{AINx}$ ≤ VDD，$V_{IN}$ = 0V | | ±15 | | nA |
| | 差分输入电流 | $V_{CM}$ = VDD/2，–$V_{REF}$/增益 ≤ $V_{IN}$ ≤ $V_{REF}$/增益 | | ±25 | | nA |
| | 共模输入阻抗 | 待定 | | 100 | | MΩ |
| | 差分输入阻抗 | 待定 | | 100 | | MΩ |
| **系统性能** | | | | | | |
| | 分辨率（无代码丢失） | ADS101S02 | | 12 | | 位 |
| | | ADS111S02 | | 16 | | |
| DR | 数据速率 | ADS101S02 | | 100、500、2000、6000 | | SPS |
| | | ADS111S02 | | 10、100、1000、4000 | | |
| | 噪声（输入参考） | | | 请参阅*噪声性能*部分 | | |
| INL | 积分非线性（最佳拟合） | | | 待定 | | $ppm_{FSR}$ |
| | 增益设置 | | | 1/6、1/4、1/2、1、2、4、8、16 | | |
| | 偏移误差（以输入为基准） | 差分输入 | | ±5 | | μV |
| | | 单端输入 | | ±25 | | |
| | 偏移漂移 | 差分输入 | | 40 | | nV/°C |
| | | 单端输入 | | 150 | | |
| | 增益误差 | $T_A$ = 25°C，包括内部电压基准的误差 | -0.5 | ±0.1 | 0.5 | % |
| | 增益漂移 | 包括内部电压基准漂移 | | 2.5 | 25 | ppm/℃ |
| $V_{REF}$ | 基准电压 | | | 1.024 | | V |
| CMRR | 共模抑制比 | 在直流 | | 120 | | dB |
| | | $f_{CM}$ = 50Hz 或 60Hz，DR = 待定 | | 105 | | |
| PSRR | 电源抑制比 | 在直流 | | 100 | | dB |
| **振荡器** | | | | | | |
| $f_{OSC}$ | 频率 | | | 1000 | | kHz |
| | 精度 | 全部数据速率 | -5 | | 5 | % |
| **温度传感器** | | | | | | |
| | 温度分辨率 | ADS101S02 | | 0.125 | | °C/LSB |
| | | ADS111S02 | | 0.03125 | | |
| | 精度 | $T_A$ = –40℃ 至 +125℃，ADS101S02 | -1 | ±0.25 | 1 | °C |
| | | $T_A$ = –40℃ 至 +125℃，ADS111S02 | -1 | ±0.25 | 1 | |
| **数字输入/输出** | | | | | | |
| $V_{IL}$ | 逻辑输入电平，低 | | GND | | 0.3 VDD | V |
| $V_{IH}$ | 逻辑输入电平，高 | | 0.7 VDD | | VDD | V |
| $V_{OL}$ | 逻辑输出电平，低 | $I_{OL}$ = 1mA | GND | | 0.2 VDD | V |
| $V_{OH}$ | 逻辑输出电平，高 | $I_{OH}$ = 1mA | 0.8 VDD | | VDD | V |
| | 输入电流 | GND ≤ $V_{Digital\ Input}$ ≤ VDD | -10 | | 10 | μA |
| **电源电流和功率耗散** | | | | | | |
| $I_{VDD}$ | 电源电流 | 断电 | | 2.5 | 10 | μA |
| | | 运行 | | 140 | 220 | |
| $P_D$ | 功率耗散 | VDD = 5.5V | | 0.9 | | mW |
| | | VDD = 3.3V | | 0.5 | | |
| | | VDD = 1.74V | | 0.2 | | |

ADVANCE INFORMATION

## 6.6 时序要求

在工作环境温度范围内测得（除非另有说明）

| | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| $t_{c(SC)}$ | SCLK 周期 | 60 | | ns |
| $t_{w(SCL)}$ | 脉冲持续时间，SCLK 低电平的时间 | 20 | | ns |
| $t_{w(SCH)}$ | 脉冲持续时间，SCLK 高电平的时间 | 30 | | ns |
| $t_{d(CSSC)}$ | 延迟时间，$\overline{CS}$ 下降沿后的第一个 SCLK 上升沿 | 10 | | ns |
| $t_{d(SCCS)}$ | 延迟时间，最后一个 SCLK 下降沿后的 $\overline{CS}$ 上升沿 | 10 | | ns |
| $t_{w(CSH)}$ | 脉冲持续时间，$\overline{CS}$ 为高电平 | 30 | | ns |
| $t_{su(DI)}$ | 建立时间，SCLK 下降沿前的 DIN 有效 | 8 | | ns |
| $t_{h(DI)}$ | 保持时间，DIN 在 SCLK 下降沿后有效 | 8 | | ns |
| $t_{W(SCIR)}$ | 脉冲持续时间，SCLK 置为低电平以强制接口重新同步 | 28 | | ms |

## 6.7 开关特性

在工作环境温度范围内，$C_{LOAD}$ = 20pF（除非另有说明）

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{p(CSDO)}$ | 传播延迟时间，$\overline{CS}$ 下降沿至 DOUT/$\overline{DRDY}$ 驱动 | | | | 25 | ns |
| $t_{p(CSDOZ)}$ | 传播延迟时间，$\overline{CS}$ 上升沿至 DOUT/$\overline{DRDY}$ 高阻抗状态 | | | | 25 | ns |
| $t_{p(SCDO)}$ | 传播延迟时间，SCLK 上升沿至有效 DOUT/$\overline{DRDY}$ | | | | 28 | ns |
| $t_{w(DRH)}$ | 脉冲持续时间，$\overline{DRDY}$ 为高电平 | | 8 | | | µs |

## 6.8 时序图

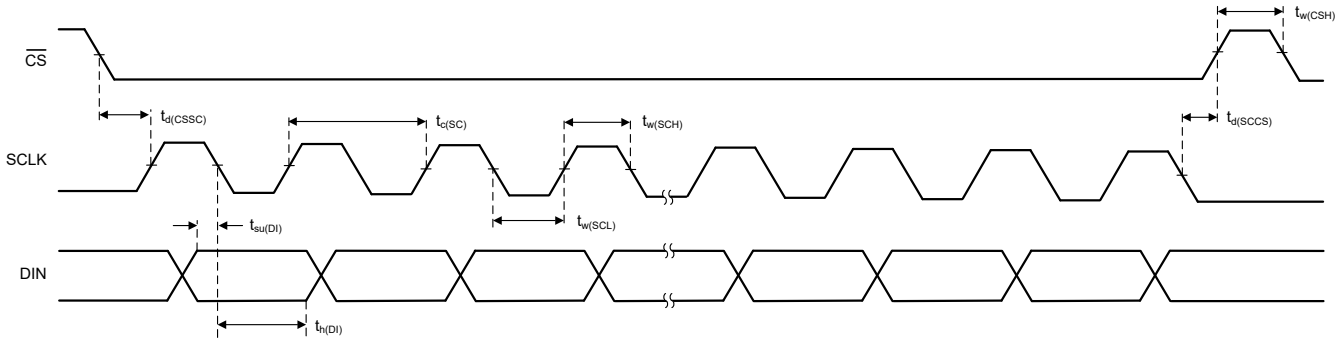



图 6-1. 串行接口时序要求

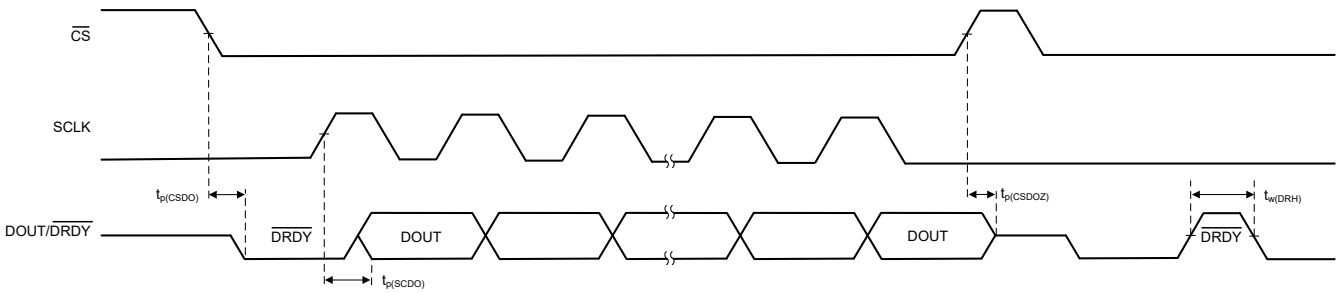



图 6-2. 串行接口开关特性


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 7 参数测量信息

## 7.1 噪声性能

Δ-Σ (Δ Σ) 模数转换器 (ADC) 基于过采样原理。Δ Σ ADC 的输入信号在高频下（调制器频率）进行采样，随后在数字域中进行滤波和抽取，从而在相应输出数据速率下生成转换结果。调制器频率与输出数据速率的比值称为*过采样率* (OSR)。通过增加 OSR 并降低输出数据速率， ADC 的噪声性能可以被优化。即当输出数据速率下降时，获取一个转换结果需要对内部调制器的更多样本求取平均值，因此输入参考噪声下降。增大增益还可降低输入参考噪声，这在测量低电平信号时特别有用。

表 7-1 和表 7-2 展示了所示条件下以输入为基准的噪声（单位为 μ$V_{RMS}$）。括号中显示了有效分辨率值。使用以下公式，根据 μ$V_{RMS}$ 值计算得出有效分辨率。这些数据代表 $T_A$ = 25°C、输入端在外部短接并采用二进制补码数据编码时的典型噪声性能。

$$\text{Effective Resolution} = \ln\left[2 \times \frac{V_{REF}}{\text{Gain} \times V_{RMS\ Noise}}\right] \div \ln[2] \quad (1)$$

**表 7-1. VDD = 3.3V 时 12 位器件的噪声（单位为 μ$V_{RMS}$）（有效分辨率）**

| 数据速率 (SPS) | 增益 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 100 | 45.4 (12) | 32.8 (12) | 15.9 (12) | 8.1 (12) | 4.6 (12) | 4.6 (12) | 4.6 (12) | 4.6 (12) |
| 500 | 90.6 (12) | 60.9 (12) | 29.3 (12) | 15.0 (12) | 7.7 (12) | 7.6 (12) | 7.4 (12) | 7.3 (12) |
| 2000 | 172 (12) | 114 (12) | 56.9 (12) | 28.6 (12) | 14.4 (12) | 14.3 (12) | 14.3 (12) | 14.3 (12) |
| 6000 | 412 (12) | 274 (12) | 136 (12) | 68.3 (12) | 35.8 (12) | 35.8 (12) | 35.4 (12) | 34.7 (11.8) |

**表 7-2. VDD = 3.3V 时 16 位器件的噪声（单位为 μ$V_{RMS}$）（有效分辨率）**

| 数据速率 (SPS) | 增益 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 10 | 9.8 (16) | 6.9 (16) | 3.4 (16) | 1.6 (16) | 0.83 (16) | 0.83 (16) | 0.83 (16) | 0.83 (16) |
| 100 | 32.6 (16) | 22.2 (16) | 11.0 (16) | 5.4 (16) | 2.7 (16) | 2.7 (16) | 2.7 (16) | 2.7 (16) |
| 1000 | 112 (16) | 74.5 (16) | 37.2 (16) | 18.6 (16) | 9.2 (16) | 9.2 (15.7) | 9.2 (14.7) | 9.2 (13.7) |
| 4000 | 307 (15.3) | 204 (15.3) | 102 (15.3) | 51.3 (15.3) | 25.6 (15.3) | 25.6 (14.3) | 25.6 (13.3) | 25.6 (12.3) |

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 8 详细说明

## 8.1 概述

ADS1x1S02 是极小型、低功耗、12 位和 16 位、Δ-Σ 模数转换器 (ADC)。ADS1x1S02 由一个具有可调增益的 Δ Σ ADC 内核、一个内部电压基准、一个时钟振荡器和一个 SPI 接口组成。这些器件集成了高线性度且精确的温度传感器。所有这些特性旨在减少所需的外部电路并提高性能。图 8-1 显示了 ADS1x1S02 功能方框图。

ADS1x1S02 ADC 内核测量差分信号 $V_{IN}$，即 $V_{AINP}$ 和 $V_{AINN}$ 之间的差值。转换器内核由一个差分开关电容器 Δ Σ 调制器后跟一个数字滤波器组成。该架构会使任何共模信号发生强烈的衰减。数字滤波器从调制器接收高速比特流，输出与输入电压成正比的代码。

ADS1x1S02 具有两种可用的转换模式：单次和连续转换。在单次转换模式下，ADC 根据请求对输入信号执行一次转换，将转换值存储到内部 16 位器件转换寄存器，然后进入断电状态。该模式旨在为仅需要定期转换或转换之间有较长空闲期的系统提供显著的节能效果。在连续转换模式下，ADC 在上一次转换完成后立即自动开始转换输入信号。连续转换速率等于通过编程设定的数据速率。数据可以随时读取，并且始终反映最近完成的转换。

## 8.2 功能方框图

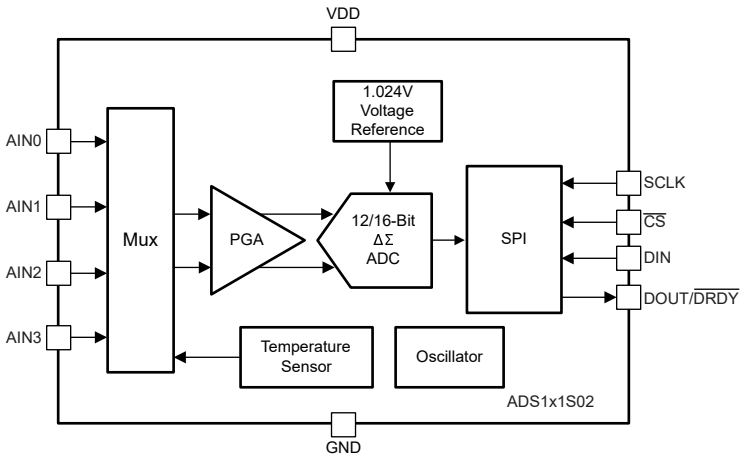



**图 8-1. ADS1x1S02 方框图**

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 8.3 特性说明

### 8.3.1 多路复用器

图 8-2 显示了 ADS1x1S02 的输入多路复用器 (MUX)。输入多路复用器支持四个以地为基准的单端测量、三个使用 AIN3 作为公共基准输入端的差分测量，或两个独立的差分输入对。在测量单端信号时，ADC 负输入端通过多路复用器内部的开关在内部连接到 GND。多路复用器由 MUX[2:0] 位进行配置。

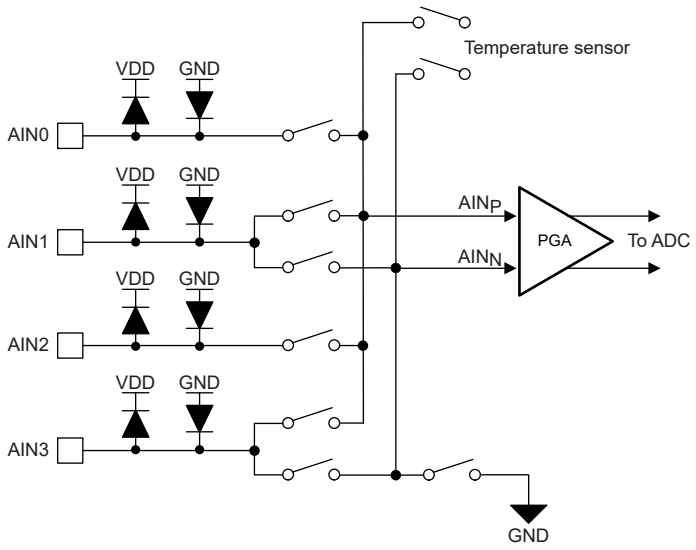



图 8-2. 输入多路复用器

连接到 VDD 和 GND 的静电放电 (ESD) 二极管可保护 ADS1x1S02 模拟输入。将任何输入的绝对电压保持在方程式 2 所示的范围内，防止 ESD 二极管导通。

$$\mathrm{GND} - 0.3\mathrm{V} < \mathrm{V_{AINx}} < \mathrm{VDD} + 0.3\mathrm{V} \quad (2)$$

可能需要外部肖特基钳位二极管或串联电阻器将输入电流限制在安全值（请参阅*绝对最大额定值*）。过度驱动器件上未选择的输入可能会影响其他输入引脚上发生的转换。

### 8.3.2 电压基准

ADS1x1S02 具有集成 1.024V 电压基准。这些器件无法使用外部基准。*电气特性* 表中的增益误差和增益漂移规格包含与内部电压基准精度相关的误差以及基准的漂移。

### 8.3.3 振荡器

ADS1x1S02 具有集成 1MHz 振荡器。不能应用外部时钟来运行这些器件。对输入信号进行采样的频率称为采样频率或调制器频率 ($f_{MOD}$)。1MHz 振荡器频率在内部进行 4 分频，以生成调制器频率 $f_{MOD}$ = 250kHz。内部振荡器会随着温度和时间的变化而漂移。输出数据速率与振荡器频率成正比。

### 8.3.4 输出数据速率和转换时间

ADS1x1S02 提供可编程输出数据速率。使用 DR[1:0] 位选择 100SPS、500SPS、2kSPS 或 6kSPS 的输出数据速率 (ADS101S02) 和 10SPS、100SPS、1kSPS 或 4kSPS 的输出数据速率 (ADS111S02)。ADS1x1S02 中的转换会在一个周期内稳定下来。转换时间等于 1/DR。

### 8.3.5 低噪声 PGA

ADS1x1S02 集成了一个低噪声、低漂移、高输入阻抗的可编程增益放大器 (PGA)。使用 PGA[2:0] 位可配置增益为 1/6、1/4、1/2、1、2、4、8 或 16 的 PGA。方程式 3 和方程式 4 展示了如何使用内部 1.024V 基准根据 ADC 转换编码计算满量程范围 (FSR)。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

$$FSR_{Binary\ two's\ complement\ coding} = \pm VREF / Gain \quad (3)$$

$$FSR_{Unipolar\ straight\ binary\ coding} = 0V\ to\ +VREF / Gain \quad (4)$$

使用方程式 5 根据 FSR 和器件分辨率 n 计算 LSB 大小。表 8-1 汇总了采用二进制补码编码时所有增益设置的满量程范围和 LSB 大小，而表 8-2 显示了采用单极标准二进制编码时的满量程范围和 LSB 大小。

$$LSB = FSR / 2^n \quad (5)$$

**表 8-1. 二进制补码编码的满量程范围和 LSB 大小**

| 增益 | FSR | LSB 大小 | |
|---|---|---|---|
| | 二进制补码 | 12 位 | 16 位 |
| 1/6 | ±6.144V(1) | 3mV | 187.5 µ V |
| 1/4 | ±4.096V(1) | 2mV | 125 µ V |
| 1/2 | ±2.048V | 1mV | 62.5 µ V |
| 1 | ±1.024V | 0.5mV | 31.25 µ V |
| 2 | ±0.512V | 0.25mV | 15.625 µ V |
| 4 | ±0.256V | 0.125mV | 7.813 µ V |
| 8 | ±0.128V | 62.5 µ V | 3.906 µ V |
| 16 | ±0.064V | 31.25 µ V | 1.953 µ V |

(1) 此参数表示 ADC 缩放的满量程范围。请勿向器件的模拟输入施加超过 VDD + 0.3V 的电压。

**表 8-2. 单极标准二进制编码的满量程范围和 LSB 大小**

| 增益 | FSR | LSB 大小 | |
|---|---|---|---|
| | 单极标准二进制 | 12 位 | 16 位 |
| 1/6 | 6.144V(1) | 1.5mV | 93.75 µ V |
| 1/4 | 4.096V(1) | 1mV | 62.5 µ V |
| 1/2 | 2.048V | 0.5mV | 31.25 µ V |
| 1 | 1.024V | 0.25mV | 15.625 µ V |
| 2 | 0.512V | 0.125mV | 7.813 µ V |
| 4 | 0.256V | 62.5 µ V | 3.906 µ V |
| 8 | 0.128V | 31.25 µ V | 1.953 µ V |
| 16 | 0.064V | 15.625 µ V | 0.9766 µ V |

(1) 此参数表示 ADC 缩放的满量程范围。请勿向器件的模拟输入施加超过 VDD + 0.3V 的电压。

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### *8.3.6 温度传感器*

ADS1x1S02 提供用于测量芯片温度的集成式精密温度传感器。要启用温度传感器，请设置 TS_EN = 1b。温度传感器启用时，MUX[2:0] 位设置无效。温度读数遵循与模拟输入相同的过程来启动转换和读取转换结果。

不同器件的温度数据格式不同：ADS101S02 12 位表示，而 ADS111S02 使用 14 位表示。在这两种情况下，温度数据均在 16 位转换寄存器中进行左对齐。

#### 8.3.6.1 12 位温度数据格式 (ADS101S02)

ADS101S02 温度数据表示为 12 位结果，在 16 位转换寄存器中进行左对齐。一个 12 位 LSB 等于 0.125°C。负数用二进制补码格式表示，如表 8-3 所示

**表 8-3. 12 位温度数据格式 (ADS101S02)**

| 温度 (°C) | 数字输出（二进制） | 十六进制 |
|---|---|---|
| 128 | 0100 0000 0000 | 400h |
| 75 | 0010 0101 1000 | 258h |
| 50 | 0001 1001 0000 | 190h |
| 25 | 0000 1100 1000 | 0C8h |
| 0.25 | 0000 0000 0010 | 002h |
| 0 | 0000 0000 0000 | 000h |
| -0.25 | 1111 1111 1110 | FFEh |
| -25 | 1111 0011 1000 | F38h |
| -40 | 1110 1100 0000 | EC0h |

#### 8.3.6.2 从数字代码转换为温度，12 位温度传感器数据

要从数字代码转换为温度，首先需要从器件中读取数据字节，并通过右移结果来提取 12 位温度值。图 8-3 展示了 16 位转换寄存器中的 12 位温度传感器数据对齐。12 位值的 MSB 决定了符号：0b 表示正温度，1b 表示负温度。对于正温度，将 12 位二进制值转换为十进制值，并将结果乘以温度传感器 LSB 大小 0.125°C。对于负温度，该值采用二进制补码格式。反转所有 12 位并添加 1b，转换为十进制，然后将结果乘以负温度传感器 LSB 大小 –0.125°C。

1.正温度示例：器件读回 258h。258h × 0.125°C = 600 × 0.125°C = 75°C

2.负温度示例：器件读回 F38h。减去 1b 并对结果求补码：F38h → 0C8h，0C8h × (–0.125°C) = 200 × (–0.125°C) = –25°C

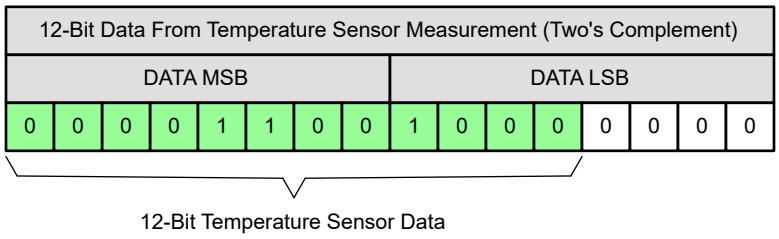



**图 8-3. 16 位转换寄存器中的 12 位温度传感器数据对齐**

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

#### 8.3.6.3 14 位温度数据格式 (ADS101S02)

ADS111S02 温度数据表示为 14 位结果，在 16 位转换结果中进行左对齐。一个 14 位 LSB 等于 0.03125°C。负数用二进制补码格式表示，如表 8-4 所示

**表 8-4. 14 位温度数据格式 (ADS111S02)**

| 温度 (°C) | 数字输出 ( 二进制 ) | 十六进制 |
|---|---|---|
| 128 | 01 0000 0000 0000 | 1000h |
| 50 | 00 0110 0100 0000 | 0640h |
| 25 | 00 0011 0010 0000 | 0320h |
| 0.25 | 00 0000 0000 1000 | 0008h |
| 0.03125 | 00 0000 0000 0001 | 0001h |
| 0 | 00 0000 0000 0000 | 0000h |
| -0.25 | 11 1111 1111 1000 | 3FFFh |
| -25 | 11 1100 1110 0000 | 3CE0h |
| -40 | 11 1011 0000 0000 | 3B00h |

#### 8.3.6.4 从数字代码转换为温度，14 位温度传感器数据

要从数字代码转换为温度，首先需要从器件中读取数据字节，并通过右移结果来提取 14 位温度值。图 8-4 展示了 16 位转换结果中的 14 位温度传感器数据对齐。14 位值的 MSB 决定了符号：0b 表示正温度，1b 表示负温度。对于正温度，将 14 位二进制值转换为十进制值，并将结果乘以温度传感器 LSB 大小 0.03125°C。对于负温度，该值采用二进制补码格式。反转所有 14 位并添加 1b，转换为十进制，然后将结果乘以负温度传感器 LSB 大小 – 0.03125°C。

1.正温度示例：器件读回 0960h。0960h × 0.03125°C = 2,400 × 0.03125°C = 75°C

2.负温度示例：器件读回 3CE0h。减去 1b 并对结果求补码。3CE0h → 0320h，0320h × ( – 0.03125°C) = 800 × ( – 0.03125°C) = – 25°C

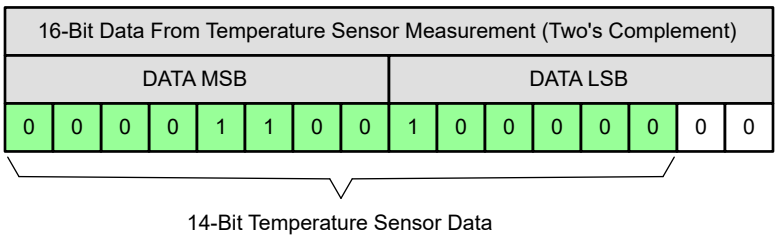



**图 8-4. 16 位转换结果中的 14 位温度传感器数据对齐**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 8.4 器件功能模式

### 8.4.1 上电和复位

ADS1x1S02 在上电时复位并将 Configuration 寄存器中的所有位设置为相应的默认设置。ADS1x1S02 在复位过程完成后进入断电状态。器件接口和数字块处于活动状态，但不执行数据转换。ADS1x1S02 的初始断电状态可缓解电源要求严格的系统在上电期间遇到浪涌的情况。

### 8.4.2 工作模式

ADS1x1S02 以两种模式之一运行：单次转换或连续转换。MODE 位选择相应的运行模式。图 8-5 显示了该器件在单次转换模式和连续转换模式下的运行情况。

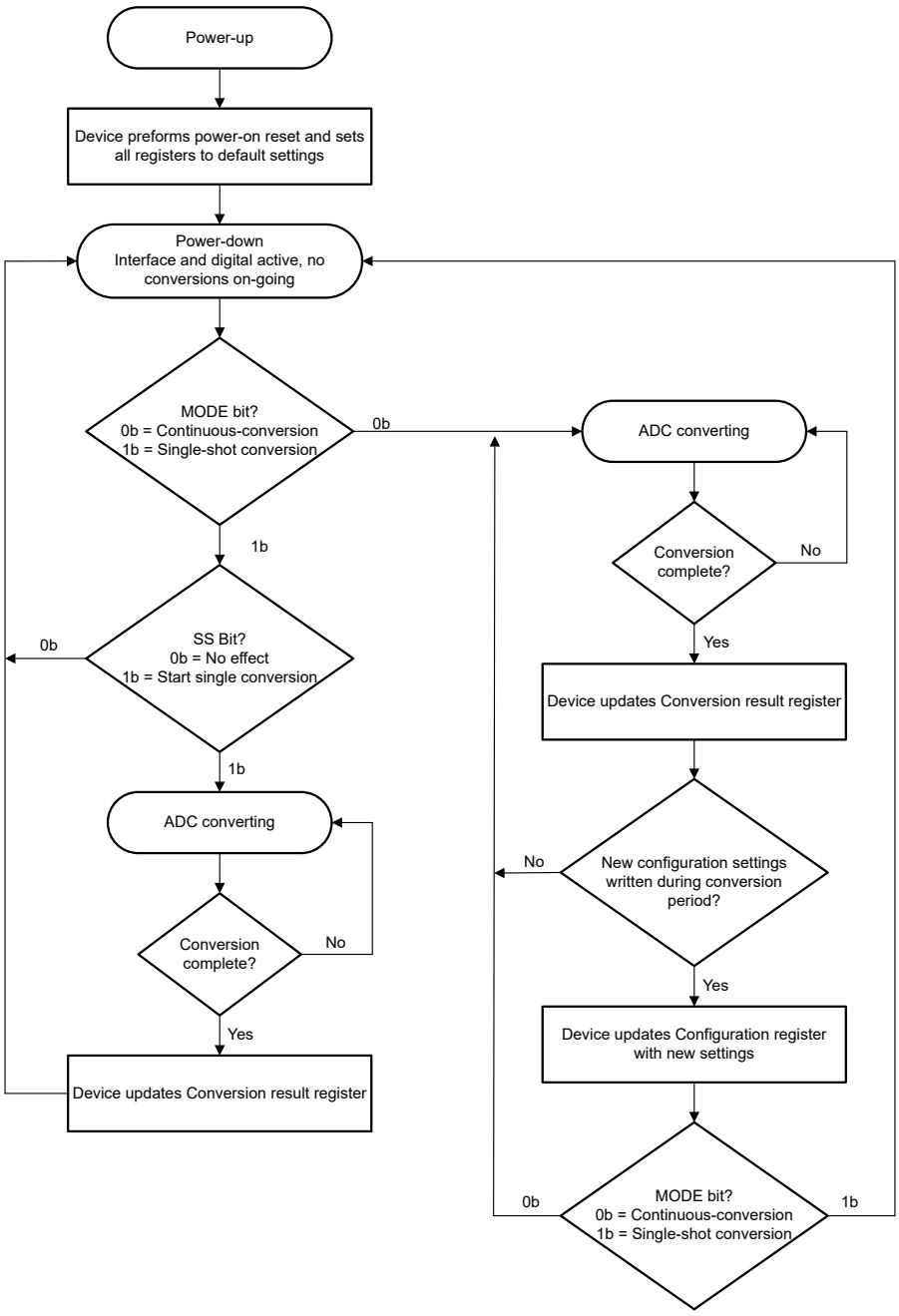



图 8-5. 工作模式状态图

ADVANCE INFORMATION

#### 8.4.2.1 单次转换模式

当 MODE 位被设置为 1b 时，ADS1x1S02 进入断电状态，并在单次转换模式下运行。首次施加电源时，断电状态是 ADS1x1S02 的默认状态。ADS1x1S02 将保持该断电状态，直到单次 (SS) 位被写入 1b。当 SS 位被置为有效时，该器件会在大约 25 µs 内上电，将 SS 位复位为 0b，并开始单次转换。准备好工检索的转换数据时，器件会再次断电。在断电模式下，器件仍会响应命令。当转换正在进行时向 SS 位写入 1b 无效。要切换到连续转换模式，请向 MODE 位写入 0b。

#### 8.4.2.2 连续转换模式

MODE 位设置为 0b 时，ADS1x1S02 在连续转换模式下运行并连续执行转换。转换完成后，ADS1x1S02 将结果放入 Conversion 寄存器中并立即开始另一次转换。写入新的配置设置时，当前正在进行的转换将使用先前的配置设置完成。此后，开始使用新配置设置进行连续转换。

要切换到单次转换模式，请向 MODE 位写入 1b。正在进行的转换立即停止，并且器件转换至断电状态。要启动单次转换，请向 SS 位写入 1b。复位 ADS1x1S02 会将器件切换为单次转换模式。

## 8.5 编程

### *8.5.1 串行接口 (SPI)*

串行接口用于读取转换数据、配置器件寄存器和控制 ADC 转换。

串行接口由四条线路组成：$\overline{CS}$、SCLK、DIN 和 DOUT/$\overline{DRDY}$。可将 $\overline{CS}$ 连接至低电平以在 3 线 SPI 模式下运行该接口。主机始终驱动 SCLK，并且器件充当外设。该接口仅支持 SPI 配置（CPOL = 0 且 CPHA = 1），其中 SCLK 在空闲状态下保持低电平，数据在 SCLK 上升沿更新，并锁存在 SCLK 下降沿。该接口支持全双工操作，这意味着可以同时传送输入数据和输出数据。

### *8.5.2 片选 ($\overline{CS}$)*

$\overline{CS}$ 是一个低电平有效输入，可实现接口通信。通信帧通过将 $\overline{CS}$ 置为低电平来启动，并通过将 $\overline{CS}$ 置为高电平来结束。$\overline{CS}$ 为高电平时，串行接口复位，SCLK 被忽略，DOUT/$\overline{DRDY}$ 进入高阻抗状态。在此状态下，DOUT/$\overline{DRDY}$ 无法提供数据就绪指示。可将 $\overline{CS}$ 连接至低电平以在 3 线 SPI 模式下运行该接口。

### *8.5.3 串行时钟 (SCLK)*

SCLK 是串行时钟输入，用于将数据移入和移出 ADC。DOUT 上的数据在 SCLK 的上升沿更新，DIN 上的数据在 SCLK 的下降沿锁存。SCLK 是一种施密特触发输入，旨在提高抗噪性能。尽管 SCLK 具有抗噪性，但应尽可能使 SCLK 保持无噪声，以避免 SCLK 意外转换。要在 3 线 SPI 模式下复位串行接口，请将 SCLK 保持在低电平 $t_{W(SCIR)}$ 时间。使用此超时功能可在串行接口传输中断时恢复通信。下一个 SCLK 脉冲会启动新的通信周期。当串行接口空闲时，应将 SCLK 保持为低电平。

### *8.5.4 数据输入 (DIN)*

DIN 是串行接口数据输入。DIN 用于向器件输入数据。输入数据在 SCLK 的下降沿锁存。ADS1x1S02 从不驱动 DIN 引脚。

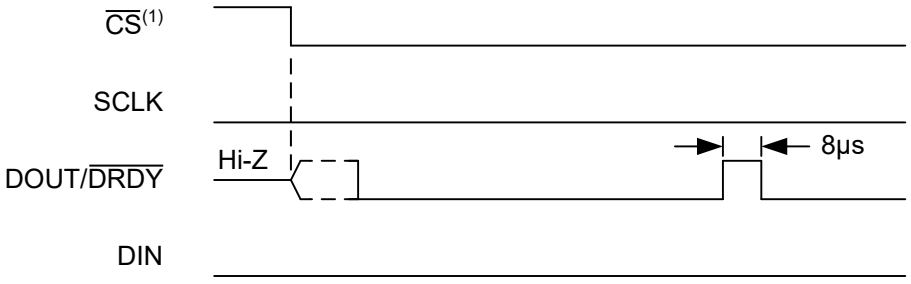
ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 8.5.5 数据输出和数据就绪 (DOUT/$\overline{DRDY}$)

DOUT/$\overline{DRDY}$ 是一个双功能输出引脚。在 SPI 通信期间，转换和寄存器数据在 SCLK 的上升沿移出。该引脚还用作数据就绪指示器，在转换完成且有可用新数据时切换为低电平。在必须监测 SPI 总线上多个器件转换完成情况的多器件系统中，定期拉低 $\overline{CS}$ 以轮询器件的 DOUT/$\overline{DRDY}$ 状态。这种方法使系统能够识别哪个器件已完成转换，而无需为每个器件配备专用的中断线路。

在连续转换模式下运行时，可以定期将 $\overline{CS}$ 拉至低电平，以将 DOUT/$\overline{DRDY}$ 用作数据就绪信号。如果没有发生数据传输，DOUT/$\overline{DRDY}$ 会在下一次转换完成前 8µs 切换为高电平。DOUT/$\overline{DRDY}$ 可触发微控制器开始读取数据。此切换如图 8-6 中所示。在 DOUT/$\overline{DRDY}$ 恢复高电平之前完成数据传输，以避免丢失后续转换结果。




(1) 在连续转换模式下，$\overline{CS}$ 可保持低电平。如果 $\overline{CS}$ 处于低电平，则 DOUT/$\overline{DRDY}$ 置为低电平，以指示新数据可用。

**图 8-6. 在连续转换模式下 $\overline{CS}$ 保持低电平时，不进行数据检索的 DOUT/$\overline{DRDY}$ 行为**

当 $\overline{CS}$ 为高电平时，DOUT/$\overline{DRDY}$ 默认使用弱内部上拉电阻器进行配置。此功能降低了 DOUT/$\overline{DRDY}$ 在中间电源附近悬空并导致控制器中产生漏电流的风险。要禁用该上拉电阻并将该引脚配置为真正的高阻抗输出，请设置 PULL_UP_EN = 0b。

### 8.5.6 数据检索和器件配置

对于单次和连续转换模式，数据均以相同的方式写入 ADS1x1S02 和从中读取，而无需发出任何命令。

转换数据始终会进行缓冲，并保留当前数据，直到被新的转换数据替换。可以随时读取数据，而无需担心数据损坏。当 DOUT/$\overline{DRDY}$ 置为低电平，表示新的转换数据已就绪时，通过将数据移出 DOUT/$\overline{DRDY}$ 来读取转换数据。DOUT/$\overline{DRDY}$ 上数据的 MSB 在第一个 SCLK 上升沿由时钟控制移出。在 DOUT/$\overline{DRDY}$ 上由时钟控制移出转换结果的同时，新的 Configuration 寄存器数据锁存在 SCLK 下降沿的 DIN 上。

WRITE_EN[1:0] 位控制对 Configuration 寄存器的写入访问。仅当 WRITE_EN[1:0] 设置为 01b 时，Configuration 寄存器才会更新。所有其他位组合（00b、10b、11b）均导致无操作命令，并阻止 Configuration 寄存器更新。当发生无操作命令时，SCLK 脉冲期间会忽略 DIN 数据，并且 Configuration 寄存器保持不变。

ADS1x1S02 直接读回转换数据传输周期中的 Configuration 寄存器设置。Configuration 寄存器数据读回传输周期包含 32 位；当 $\overline{CS}$ 接地时，这对 3 线 SPI 模式是必需的。在 4 线 SPI 模式下，$\overline{CS}$ 受控且未永久连接低电平时，数据传输周期可能包含 16 位（通过在第 16 个 SCLK 周期后将 $\overline{CS}$ 线路置为高电平），也可能包含 32 位（使用 Configuration 寄存器数据读回时）。

#### 8.5.6.1 32 位数据传输周期

32 位数据传输周期中的数据由四个字节组成：两个字节用于转换结果数据，另外两个字节用于 Configuration 寄存器读回数据。

要更新 Configuration 寄存器，请在一个传输周期内写入相同的寄存器设置两次，如图 8-7 所示。或者，在传输周期的前半部分写入一次 Configuration 寄存器设置，然后在周期的后半部分将 DIN 引脚保持在低电平（如图 8-8 所示）或高电平。如果不需要更新 Configuration 寄存器，请在整个传输周期内将 DIN 引脚保持为低电平或高电平。在 32 位传输周期的前两个字节中写入的 Configuration 寄存器设置会在同一周期的后两个字节中读回。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

只要 SCLK 频率小于 1MHz，连续 SCLK 就可以用于整个 32 位数据传输。如果使用大于 1MHz 的 SCLK 频率，请在第一个 16 位和第二个 16 位的传输之间添加一个延迟，以便在 Configuration 寄存器读回之前完成 Configuration 寄存器写入的解码。选择相应的延迟，使数据第 1 位的 SCLK 上升沿与数据第 17 位的 SCLK 上升沿之间的时间大于 16µs。

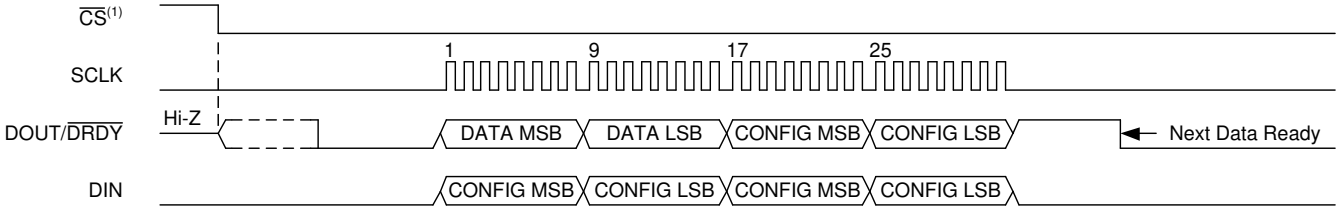



**图 8-7. 具有 Configuration 寄存器读回的 32 位数据传输周期**

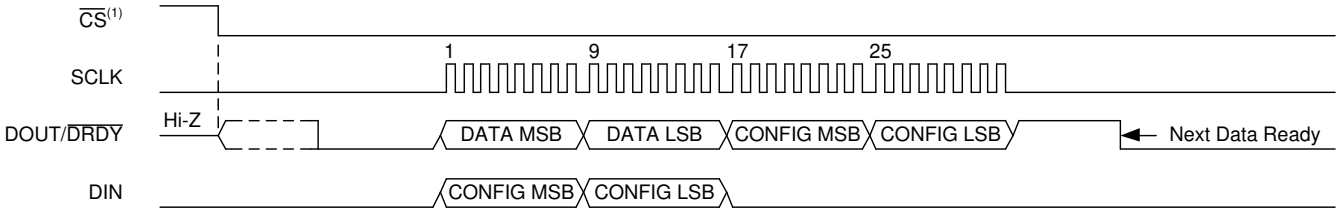



**图 8-8. 32 位数据传输周期：DIN 保持低电平**

#### 8.5.6.2 16 位数据传输周期

如果不需要读回 Configuration 寄存器数据，也可以在短暂的 16 位数据传输周期内由时钟控制移出转换数据，如图 8-9 所示。在第 16 个 SCLK 周期之后将 $\overline{CS}$ 线路置为高电平以复位 SPI 接口。下次 $\overline{CS}$ 置为低电平时，数据传输从第一个 SCLK 上升沿上当前缓冲的转换结果开始。如果在数据检索开始时 DOUT/$\overline{DRDY}$ 为低电平，则转换缓冲器已经更新为新结果。否则，如果 DOUT/$\overline{DRDY}$ 为高电平，则会读取与前一个数据传输周期相同的结果。当 $\overline{CS}$ 线路受控且未永久拉至接地时，可以使用 16 位数据传输周期。

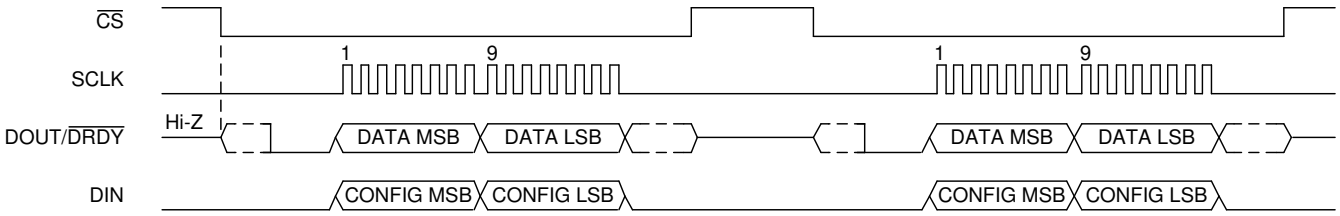



**图 8-9. 16 位数据传输周期**

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 8.6 转换数据格式

转换数据根据 MUX[2:0] 配置进行编码。使用 $AIN_N$ = GND 的配置采用单极标准二进制数据格式；所有其他配置均采用二进制补码数据格式，MSB 优先（符号位）。表 8-5 显示了基于 MUX[2:0] 设置的转换数据格式。

**表 8-5. 转换数据格式**

| MUX[2:0] | $AIN_P$ | $AIN_N$ | 转换数据格式 |
|---|---|---|---|
| 000b | AIN0 | AIN1 | 二进制补码 |
| 001b | AIN0 | AIN3 | 二进制补码 |
| 010b | AIN1 | AIN3 | 二进制补码 |
| 011b | AIN2 | AIN3 | 二进制补码 |
| 100b | AIN0 | GND | 单极标准二进制 |
| 101b | AIN1 | GND | 单极标准二进制 |
| 110b | AIN2 | GND | 单极标准二进制 |
| 111b | AIN3 | GND | 单极标准二进制 |

表 8-6 和表 8-7 分别显示了 12 位和 16 位器件的输出编码。在二进制补码格式中，当输入信号超过各自的正负满量程值时，转换数据削平为正负满量程代码值。在单极标准二进制格式中，当输入信号超过满量程或低于零时，转换数据会分别削平为满量程值或零代码值。

**表 8-6. 理想输出代码与输入信号间的关系（12 位器件）**

| 差动输入电压 (V) | 理想输出代码(1) | |
|---|---|---|
| | 二进制补码格式 | 单极标准二进制格式 |
| ≥ FSR × ($2^{12}$ – 1) / $2^{12}$ | 7FFh | FFFh |
| ≥ FSR × ($2^{11}$ – 1) / $2^{11}$ | | FFEh |
| FSR/$2^{11}$ | 001h | 002h |
| 0 | 000h | 000h |
| – FSR/$2^{11}$ | FFFh | |
| – FSR × ($2^{11}$ – 1) / $2^{11}$ | 801h | |
| ≤ – FSR | 800h | |

(1) 理想输出数据，不包括偏移、增益、线性度和噪声误差。

**表 8-7. 理想输出代码与输入信号间的关系（16 位器件）**

| 差动输入电压 (V) | 理想输出代码(1) | |
|---|---|---|
| | 二进制补码格式 | 单极标准二进制格式 |
| ≥ FSR × ($2^{16}$ – 1) / $2^{16}$ | 7FFFh | FFFFh |
| ≥ FSR × ($2^{15}$ – 1) / $2^{15}$ | | FFFEh |
| FSR/$2^{15}$ | 0001h | 0002h |
| 0 | 0000h | 0000h |
| – FSR/$2^{15}$ | FFFFh | |
| – FSR × ($2^{15}$ – 1) / $2^{15}$ | 8001h | |
| ≤ – FSR | 8000h | |

(1) 理想输出数据，不包括偏移、增益、线性度和噪声误差。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 9 寄存器映射

ADS1x1S02 具有两个可通过 SPI 访问的寄存器。Conversion 寄存器包含上次转换的结果。使用 Configuration 寄存器可更改 ADS1x1S02 运行模式和查询器件状态。

表 9-1 列出了寄存器访问代码。

**表 9-1. 寄存器访问代码**

| 访问类型 | 代码 | 说明 |
|---|---|---|
| R | R | 读取 |
| W | W | 写入 |
| R/W | R/W | 读取或写入 |
| *-n* | | 复位后的值或默认值 |

ADVANCE INFORMATION

### Conversion 寄存器 [复位 = 0000h]

16 位 Conversion 寄存器包含差分测量配置的上次转换结果（二进制补码格式）或单端测量配置的上次转换结果（单极标准二进制格式）。上电后，Conversion 寄存器被清除为 0000h，并在第一次转换完成之前一直保持为 0000h。图 9-1 展示了寄存器格式。

**表 9-2. 12 位器件转换寄存器**

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D[11:4] | | | | | | | |
| R-00h | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| D[3:0] | | | | RESERVED#none# | | | |
| R-0h | | | | R-0h | | | |

1. ADS101S02 D[3:0] 将始终读回 0h

**表 9-3. 12 位器件转换寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:4 | D[11:0] | R | 000h | 12 位转换结果 |
| 3:0 | RESERVED | R | 0h | 始终读回 0h |

**图 9-1. 16 位器件转换寄存器**

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D[15:8] | | | | | | | |
| R-00h | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| D[7:0] | | | | | | | |
| R-00h | | | | | | | |

**表 9-4. 16 位器件转换寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:0 | D[15:0] | R | 0000h | 16 位转换结果 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### Configuration 寄存器 [复位 = 052Bh]

16 位 Configuration 寄存器控制运行模式、输入选择、数据速率、增益、内部温度传感器和写入启用。图 9-2 展示了寄存器格式。

**图 9-2. 配置寄存器**

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SS | MUX[2:0] | | | PGA[2:0] | | | 模式 |
| R/W-0b | R/W-000b | | | R/W-010b | | | R/W-1b |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| DR[1:0] | | 分辨率 | TS_EN | PULL_UP_EN | WRITE_EN[1:0] | | RESERVED |
| R/W-00b | | R-xb | R/W-0b | R/W-1b | R/W-01b | | R-1b |

**表 9-5. 配置寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15 | SS | R/W | 0b | **单次转换开始**<br>当器件配置为单次转换模式 (MODE = 1b) 时，该位用于启动单次转换。SS 只能在断电状态下写入，在转换正在进行时无效。<br>始终读回 0b。<br>如果写入：<br>0b = 无影响<br>1b =启动单次转换（当处于断电状态时） |
| 14:12 | MUX[2:0] | R/W | 000b | **输入多路复用器配置**<br>这些位用于配置输入多路复用器。使用 $AIN_N$ = GND 的配置采用单极标准二进制数据格式；所有其他配置均采用二进制补码数据格式，MSB 优先（符号位）。<br>000b：$AIN_P$ = AIN0，$AIN_N$ = AIN1<br>001b：$AIN_P$ = AIN0，$AIN_N$ = AIN3<br>010b：$AIN_P$ = AIN1，$AIN_N$ = AIN3<br>011b：$AIN_P$ = AIN2，$AIN_N$ = AIN3<br>100b：$AIN_P$ = AIN0，$AIN_N$ = GND<br>101b：$AIN_P$ = AIN1，$AIN_N$ = GND<br>110b：$AIN_P$ = AIN2，$AIN_N$ = GND<br>111b：$AIN_P$ = AIN3 且 $AIN_N$ = GND |
| 11:9 | PGA[2:0] | R/W | 010b | **可编程增益放大器配置**<br>这些位设置可编程增益放大器的增益。<br>000b：增益 = 1/6(1)<br>001b：增益 = 1/4(1)<br>010b：增益 = 1/2<br>011b：增益 = 1<br>100b：增益 = 2<br>101b：增益 = 4<br>110b：增益 = 8<br>111b：增益 = 16 |
| 8 | 模式 | R/W | 1b | **器件运行模式**<br>该位控制运行模式。<br>0b：连续转换模式<br>1b：单次转换模式或断电状态 |
| 7:6 | DR[1:0] | R/W | 00b | **数据速率**<br>这些位控制数据速率设置。<br>**ADS101S02**<br>00b: 100SPS<br>01b：500SPS<br>10b：2kSPS<br>11b：6kSPS<br>**ADS111S02**<br>00b: 10SPS<br>01b：100SPS<br>10b：1kSPS<br>11b：4kSPS |
| 5 | 分辨率 | R | xb | **分辨率标识符**<br>该位指示器件分辨率。<br>0b：12 位<br>1b：16 位 |

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 9-5. 配置寄存器字段说明（续）

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | TS_EN | R/W | 0b | **温度传感器启用**<br>该位启用内部温度传感器进行测量。<br>0b：禁用时，ADC 测量由 MUX[2:0] 配置的外部输入<br>1b：启用时，ADC 测量内部温度传感器 |
| 3 | PULL_UP_EN | R/W | 1b | **上拉启用**<br>当 $\overline{CS}$ 为高电平时，该位会启用 DOUT/$\overline{DRDY}$ 引脚上的弱内部上拉电阻器。启用时，内部 400kΩ 电阻器将总线连接到电源。禁用时，DOUT/$\overline{DRDY}$ 引脚悬空。<br>0b：在 DOUT/$\overline{DRDY}$ 引脚上禁用上拉电阻器<br>1b：在 DOUT/$\overline{DRDY}$ 引脚上启用上拉电阻器 |
| 2:1 | WRITE_EN[1:0] | R/W | 01b | **写入启用**<br>WRITE_EN[1:0] 位控制是否将数据写入 Configuration 寄存器。要将数据写入 Configuration 寄存器，WRITE_EN[1:0] 位必须为 01b。任何其他值都会导致不更新 Configuration 寄存器。在 SCLK 脉冲期间，DIN 可以保持高电平或低电平，而无需将数据写入 Configuration 寄存器。<br>00b：无效数据，不更新 Configuration 寄存器的内容<br>01b：有效数据，更新 Configuration 寄存器<br>10b：无效数据，不更新 Configuration 寄存器的内容<br>11b：无效数据，不更新 Configuration 寄存器的内容 |
| 0 | RESERVED | R | 1b | **保留**<br>将 0b 或 1b 写入该位无影响。<br>始终读回 1b。 |

(1) 此参数表示 ADC 缩放的满量程范围。向该器件施加的电压不得超过 VDD + 0.3V。

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 10 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。

## 10.1 应用信息

ADS1x1S02 是精密 12 位和 16 位 ΔΣ ADC，集成了众多特性，可简化最常见传感器类型的测量，包括各类温度传感器和桥式传感器。以下各节提供了在各种情况下使用 ADS1x1S02 的示例电路和建议。

### *10.1.1 串行接口连接*

图 10-1 显示了 ADS1x1S02 的主串行接口连接。

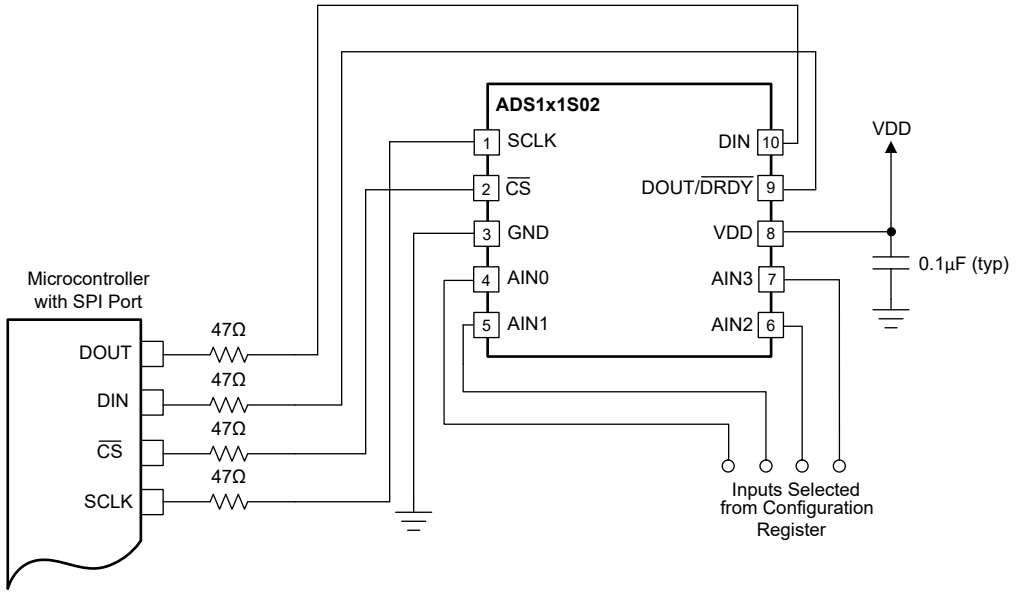



**图 10-1. 串行接口连接**

大多数微控制器 SPI 外设都可以与器件配合运行。该接口仅支持 SPI 配置（CPOL = 0 且 CPHA = 1），其中 SCLK 在空闲状态下保持低电平，并且数据仅在 SCLK 上升沿进行启动或更改；在 SCLK 下降沿锁存或读取数据。

$\overline{CS}$ 引脚可以永久连接到 GND，以在 3 线 SPI 模式下运行器件。

有关 ADS1x1S02 采用的 SPI 通信协议的详细信息，请参阅*时序要求*部分。

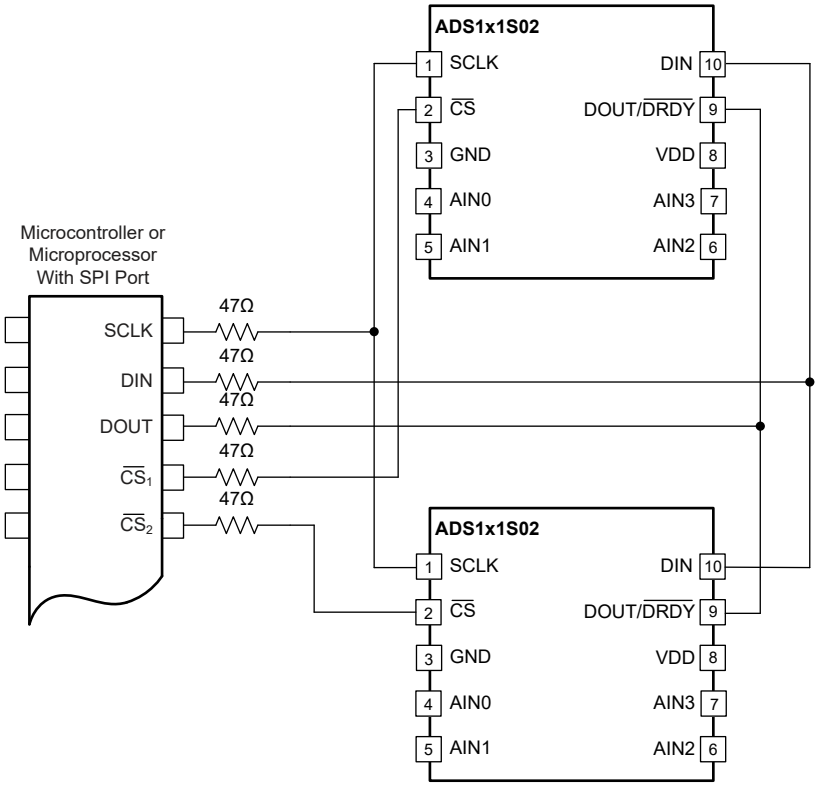
或者，将电阻器与所有数字输入和输出引脚串联。典型串联电阻值的范围为 10Ω 至 50Ω。该电阻可使急剧的信号转换变得平滑、抑制过冲，并提供一定的过压保护。注意满足所有 SPI 时序要求，因为这些额外的串联电阻器与数字信号线上的总线电容相互作用。

ADVANCE INFORMATION

### 10.1.2 连接多个器件

当多个 ADS1x1S02 器件连接到单条 SPI 总线时，通过为每个启用了 SPI 的器件使用专用 $\overline{CS}$，可以共享 SCLK、DIN 和 DOUT/$\overline{DRDY}$。默认情况下，当 $\overline{CS}$ 变为高电平时，DOUT/$\overline{DRDY}$ 由内部弱上拉电阻器上拉至 VDD。该功能可防止 DOUT/$\overline{DRDY}$ 在中间轨附近悬空并导致微控制器输入端产生过大的漏电流。如果 PULL_UP_EN 位设置为 0b，则在 $\overline{CS}$ 切换为高电平时，DOUT/$\overline{DRDY}$ 引脚会进入高阻态模式。当 $\overline{CS}$ 为高电平时，DOUT/$\overline{DRDY}$ 无法发出数据就绪脉冲。

要在使用多个器件时评估新转换何时准备就绪，控制器可以定期将 ADS1x1S02 的 $\overline{CS}$ 线路拉低。如果 DOUT/$\overline{DRDY}$ 线路驱动为低电平，则当前已有新数据可随时由时钟控制移出。如果 DOUT/$\overline{DRDY}$ 线路驱动为高电平，则没有新数据可用，并且 ADS1x1S02 返回上一次的读取转换结果。可以随时从 ADS1x1S02 检索有效数据，而无需担心数据损坏。如果在数据传输期间新转换变为可用状态，则在启动新的 SPI 传输之前无法读回该转换。




注意：为清楚起见，省略了电源和输入连接。

**图 10-2. 连接多个 ADS1x1S02**

ADVANCE INFORMATION

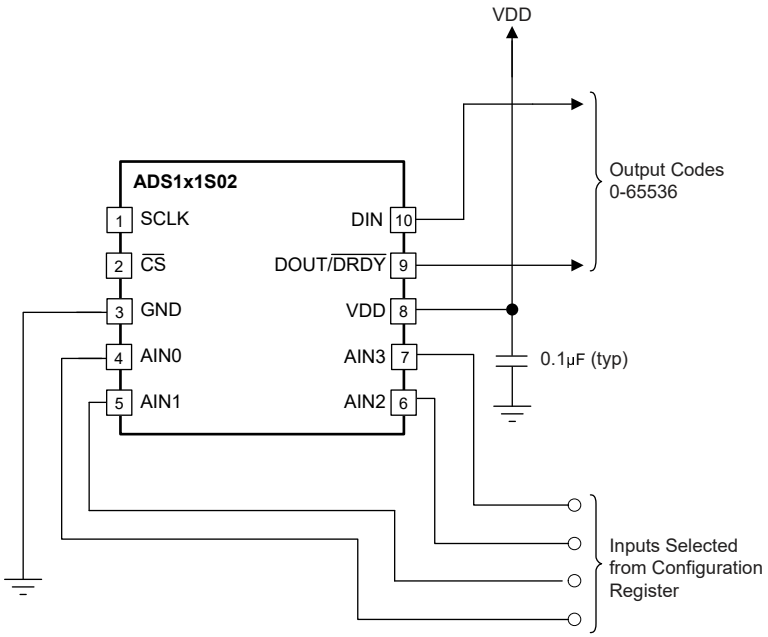

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 10.1.3 单端输入

ADS1x1S02 可以测量多达四个单端输入信号。ADS1x1S02 通过适当配置 MUX[2:0] 位来测量单端信号。

图 10-3 展示了 ADS1x1S02 的单端连接方案。单端信号的范围为 0V 至正电源电压或 +FS，以较低者为准。不能向这些器件施加负电压，因为 ADS1x1S02 只能接受相对于接地端的正电压。ADS1x1S02 在输入范围内不会失去线性。

单端配置以单极标准二进制格式输出数据。有关数据编码信息，请参阅*转换数据格式* 部分。与单端配置相比，差分配置可提供更好的共模噪声抑制。




为了清楚起见，省略了数字引脚连接。

**图 10-3. 测量单端输入**

通过适当设置 MUX[2:0] 位，ADS1x1S02 还允许 AIN3 用作测量的公共点。AIN0、AIN1 和 AIN2 均可相对于 AIN3 进行测量。在该配置中，ADS1x1S02 与输入配合工作，AIN3 用作公共点。该功能提高了单端配置的可用范围，因为当 GND < $V_{AIN3}$ < VDD 时允许负差分电压。但不提供共模噪声衰减。

### 10.1.4 未使用的输入和输出

对于未使用的器件引脚的连接，请遵循以下指南：

- 使未使用的模拟输入悬空，或将未使用的模拟输入连接到 GND。

### 10.1.5 输入保护

ADS1x1S02 采用小几何尺寸、低电压工艺制造。模拟输入具有连接到电源轨的保护二极管。然而，这些二极管的电流处理能力有限，并且长时间超出电源轨约 300mV 的模拟输入电压可能会永久损坏 ADS1x1S02。将限流电阻器与模拟输入端串联，以防止发生过压事件。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 10.1.6 模拟输入滤波

模拟输入滤波有两个用途：限制采样过程中混叠的影响和减少测量中的外部噪声。

如果输入信号的频率分量高于 ADC 采样频率的一半（也称为*奈奎斯特频率*），将发生混叠。这些频率分量会折返，并出现在低于采样频率一半的实际关注频带内。数字滤波器的滤波器响应（如图 10-4 所示）以采样频率（也称为调制器频率 ($f_{MOD}$)）的倍数重复。频率高至滤波器响应重复频率的信号或噪声，会由数字滤波器根据滤波器架构衰减一定的量。除非由外部模拟滤波器进行衰减，否则输入信号中存在的接近于调制器频率或其倍数的任何频率分量都不会衰减并混叠回至相关的频带。

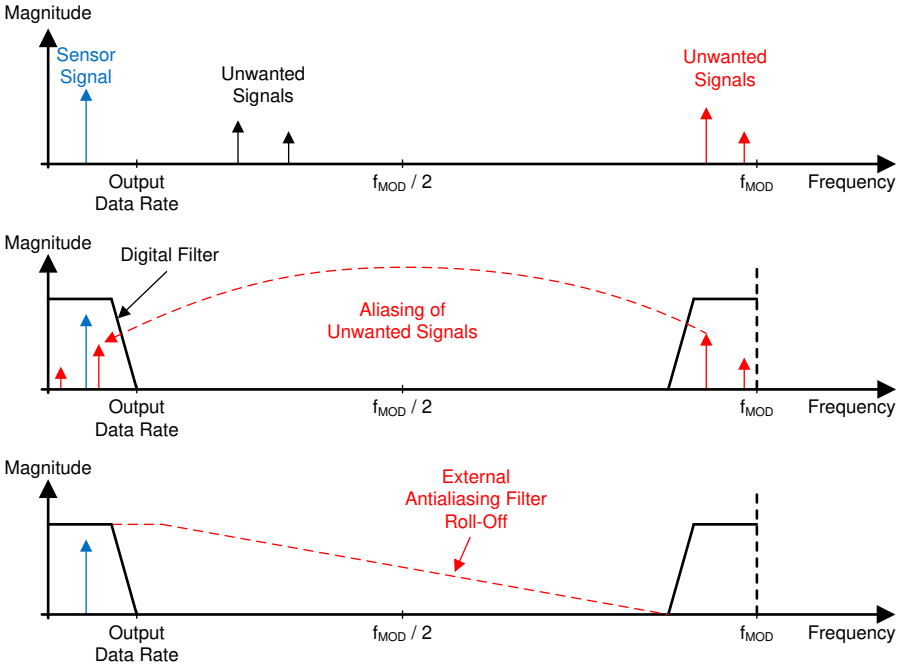



**图 10-4. 混叠的影响**

许多传感器信号本质上是带限信号（例如，热电偶的输出具有有限的变化率）。在这种情况下，当使用 ΔΣ ADC 时，传感器信号不会混叠回至通带。然而，沿着传感器接线或应用电路拾取的任何噪声都可能混叠到通带中。电力线周期频率及谐波是一种常见的噪声源。外部噪声也可能来自电磁干扰 (EMI) 或射频干扰 (RFI) 源，例如附近的电机和手机。另一种噪声源通常以时钟和其他数字信号的形式存在于印刷电路板 (PCB) 上。模拟输入滤波有助于消除不必要的信号，使其不会影响测量结果。

在大多数情况下，一阶阻容 (RC) 滤波器足以完全消除混叠，或将混叠效应降低至传感器本底噪声以下的水平。一般而言，任何超过 $f_{MOD}/2$ 的信号都会衰减至低于 ADC 的本底噪声的水平。ADS1x1S02 的数字滤波器可在一定程度上使信号发生衰减。此外，噪声分量的幅度通常比实际传感器信号小。因此，系统设计最初通常选择截止频率设置为与输出数据速率相等或是其 10 倍的一阶 RC 滤波器。

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### *10.1.7 实施占空比以实现低功耗*

当输出传输数据速率降低时，由于获取一个转换结果需要对内部调制器的更多样本求取平均值，因此 ΔΣ ADC 的噪声性能通常有所改善。在功耗至关重要的应用中，并不总是需要在低数据速率下提高噪声性能。对于这些应用，ADS1x1S02 支持占空比，通过以实际较低的数据速率定期请求高数据速率读数，可显著节省功耗。

ADS111S02 在断电模式下运行且配置为 4kSPS 数据速率时，通过在微控制器控制下每 100ms 执行一次单次转换，可实现 10SPS 的有效数据速率。以 4kSPS 速率进行的转换仅需要大约 0.25ms，因此器件在剩余的 99.75ms 进入断电状态。在该配置下，器件消耗的功率约为连续转换模式下所消耗功率的 1/400。

占空比完全是任意的，由控制器定义。ADS1x1S02 可提供不实施占空比的低数据速率，并可根据需要改善噪声性能。

ADVANCE INFORMATION

### 10.1.8 伪代码示例

图 10-5 中的流程图显示了一个伪代码序列，其中包含在器件和微控制器之间建立通信，以便从 ADS1x1S02 中获取后续读数所需的步骤。例如，更改默认 Configuration 寄存器设置，将器件设置为增益 = 2、连续转换模式和 100SPS 数据速率。

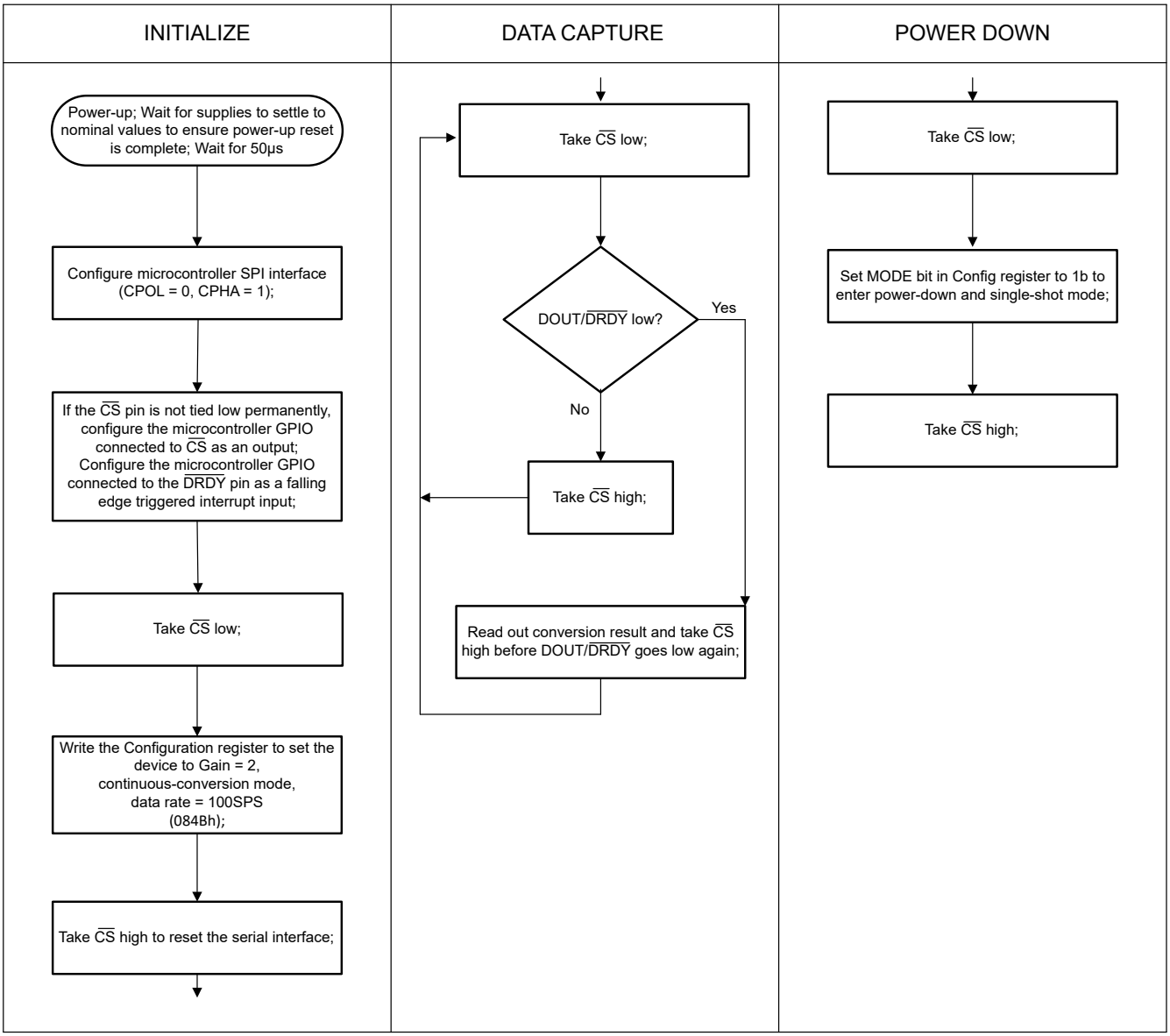



**图 10-5. 伪代码示例流程图**

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 10.2 典型应用

### *10.2.1 具有热敏电阻冷端补偿的 K 型热电偶*

图 10-6 中的应用示例展示了如何使用 ADS1x1S02 来监测 K 型热电偶，其采用线性 PTC 热敏电阻进行冷端补偿。

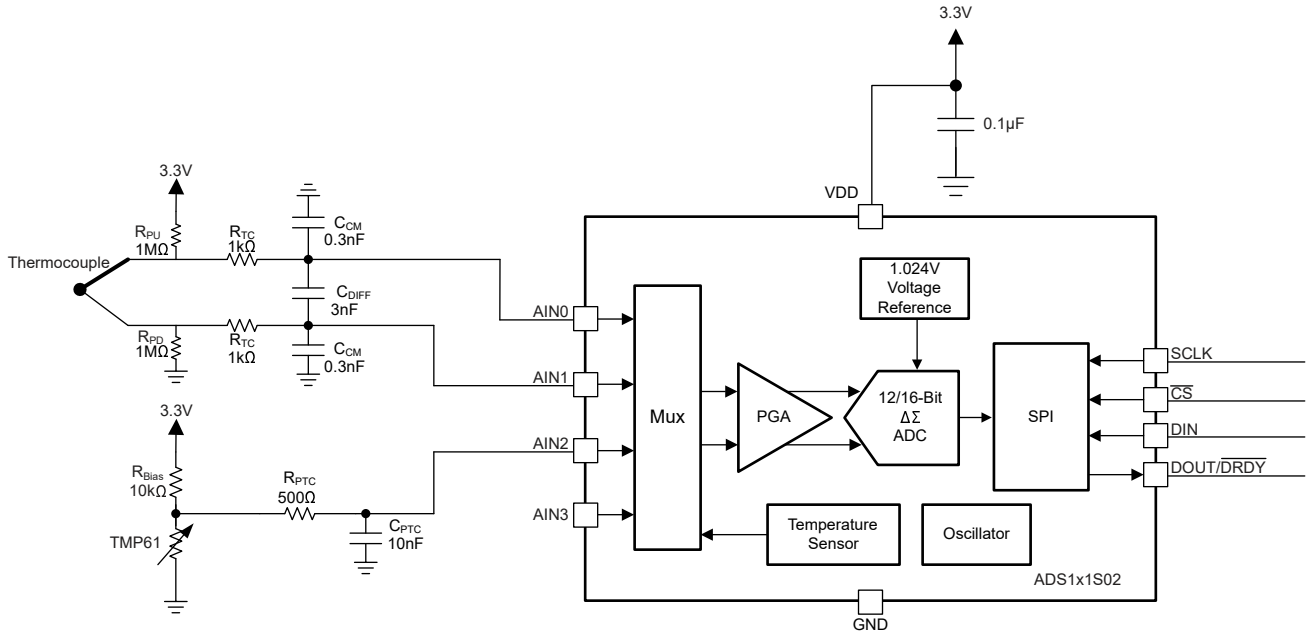



**图 10-6. 采用热敏电阻进行冷端补偿的 K 型热电偶测量**

#### 10.2.1.1 设计要求

表 10-1 列出了该应用的设计要求。

**表 10-1. 设计要求**

| 设计参数 | 值 |
|---|---|
| 电源电压 | 3.3V |
| 热电偶类型 | K |
| 热电偶温度测量范围 | -200°C 至 +1250°C |
| 热敏电阻类型 | PTC |
| 热敏电阻温度测量范围 | -40°C 至 +125°C |
| $T_A$ = 25°C 时的测量精度(1) | ±0.75 |

(1) 未计入热电偶和冷端温度测量的误差； $T_{TC} = T_{CJ}$ = 25°C 时的偏移电压校准；无增益校准。

#### 10.2.1.2 详细设计过程

在该热电偶测量示例中，偏置电阻 $R_{PU}$ 和 $R_{PD}$ 将热电偶的共模电压设置为约中间电压 (VDD/2)，以使输入电压保持在 PGA 的绝对输入电压范围内。这些偏置电阻在检测热电偶开路时也很有用。热电偶开路引线会导致 $R_{PU}$ 和 $R_{PD}$ 将模拟输入 AIN0 和 AIN1 分别拉至 VDD 和 GND。因此，ADC 会读取到正常测量范围之外的满量程值，表明故障情况。$R_{PU}$ 和 $R_{PD}$ 的建议值范围为 1MΩ 至 50MΩ，以更大限度地减少自热和测量误差。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

尽管器件的数字滤波器会衰减高频噪声，但在输入端包含一阶无源 RC 滤波器可以进一步改善性能。由电阻器 $R_{TC}$ 和电容器 $C_{DIFF}$ 产生的差分滤波器截止频率 ($f_C$) 通过方程式 6 计算。

$$f_C = 1 / [2\pi \times (R_{TC} + R_{TC}) \times C_{DIFF}] \quad (6)$$

此外，共模电容器 ($C_{CM}$) 还可衰减高频共模噪声。选择至少比差分电容器小 10 倍的共模电容器值，以防止共模噪声转换为差分噪声。

滤波电阻器 $R_{TC}$ 也可用作限流电阻器。如果输入端发生过压，这些电阻器可将流入器件模拟输入端（AIN0 和 AIN1）的电流限制在安全水平。选择滤波电阻值时必须谨慎，因为流入和流出器件的输入电流会在电阻器上产生压降。该压降会表现为 ADC 输入端的额外偏移电压误差。

当预期最大热电偶电压略低于 ADC 的满量程范围时，可获得最高分辨率。例如，根据美国国家标准与技术研究院 (NIST) 发布的表格规定，在 $T_{TC}$ = 1250°C 且冷端温度 $T_{CJ}$ = 0°C 时，K 型热电偶的最大热电偶电压约为 50.644mV。如果冷端降至 0°C（–40°C 时规定的最小值）以下，则输出电压会增加。$T_{CJ}$ = –40°C 时，输出电压变为：

$$V_{TC} = 50.644\text{mV} - (-1.527\text{mV}) = 52.171\text{mV} \quad (7)$$

使用 1.024V 基准时可应用的最大增益计算结果为 (1.024V / 52.171mV) = 19.6。该器件提供的下一个较小 PGA 增益设置为 16。

该器件集成了一个内部高精度温度传感器，用于测量冷端温度。通过设置位 TS_EN = 1b 来启用内部温度传感器。理想精度需要精心进行电路板布局，以在冷端与器件封装之间提供高效的热耦合。

该器件不会执行自动冷端补偿 (CJC)。按照以下程序在主机控制器内执行 CJC：

1. 测量 AIN0 与 AIN1 之间的热电偶电压 $V_{TC}$。
2. 使用内部温度传感器测量冷端温度 $T_{CJ}$。
3. 使用 NIST 转换表将 $T_{CJ}$ 转换为等效热电偶电压 ($V_{CJ}$)。
4. 计算总补偿电压 ($V_T = V_{TC} + V_{CJ}$)
5. 使用 NIST 表将补偿后的电压 ($V_T$) 转换回温度。

如果内部温度传感器精度不足，或器件无法放置在足够靠近冷端的位置以实现良好的热性能测量，则使用额外的 ADC 输入通道，通过热敏电阻或专用温度传感器从外部测量冷端温度。

图 10-6 展示了器件如何使用 AIN2 测量单端热敏电阻以实现冷端补偿。选择德州仪器 (TI) 的 TMP61 线性热敏电阻以确保线性度和一致的灵敏度，从而实现简单准确的温度到电压转换。10kΩ 偏置电阻器与 TMP61 搭配使用，构成匹配 TMP61 标称电阻（25°C 时 10kΩ）的分压器。在此应用中，与 ADS1x1S02 的内部温度传感器相比，使用热敏电阻可实现更精确的冷端温度测量。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 10.2.2 服务器卡系统监测应用程序

图 10-7 显示了使用 ADS1x1S02 的服务器卡监测系统示例。该示例展示了四个要监测的单端测量：

- 电源，
- 电流分流器，使用外部分流放大器 (INA185)，
- 温度，使用模拟输出温度传感器 (LMT70A)，
- 液体泄漏，使用电阻式泄漏传感器检测。

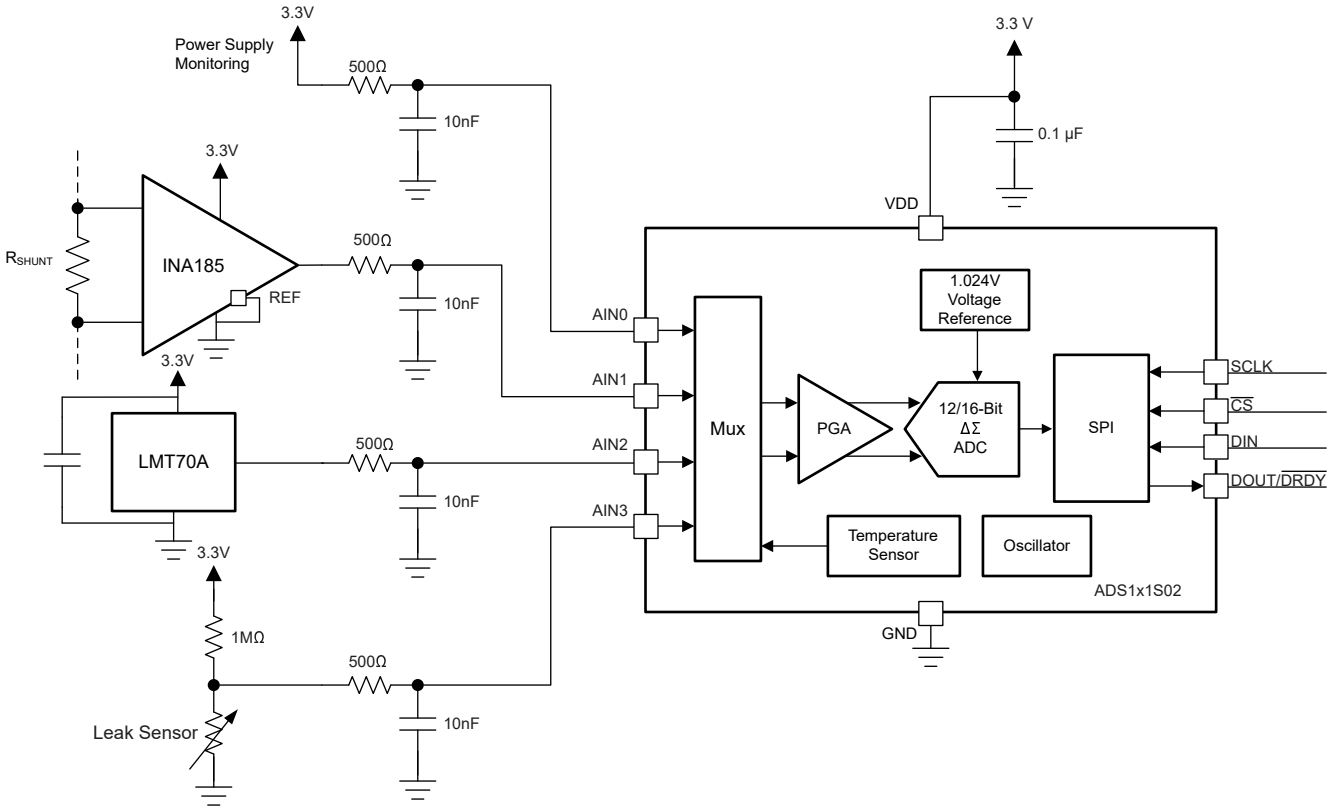



**图 10-7. 服务器卡系统监测应用程序**

ADVANCE INFORMATION

## 10.3 电源相关建议

该器件需要一个单极电源 VDD 来为器件的模拟和数字电路供电。

### *10.3.1 电源排序*

在 VDD 稳定后等待约 150μs，然后再与器件通信，以完成加电复位过程。

### *10.3.2 电源去耦*

良好的电源去耦对于实现卓越性能至关重要。如图 10-8 所示，必须使用至少 0.1μF 的电容器对 VDD 进行去耦。当器件进行转换时，0.1 μ F 旁路电容器可提供电源所需的瞬时突发额外电流。使用低阻抗连接方式将旁路电容器尽可能靠近器件的电源引脚放置。应使用多层陶瓷片式电容器 (MLCC) 提供低等效串联电阻 (ESR) 和电感 (ESL) 特性，从而实现电源去耦。对于非常敏感的系统或处于恶劣噪声环境中的系统，请勿使用过孔将电容器连接到器件引脚，以实现更好的抗噪性能。并联使用多个过孔可降低总电感并且有利于与接地平面相连。

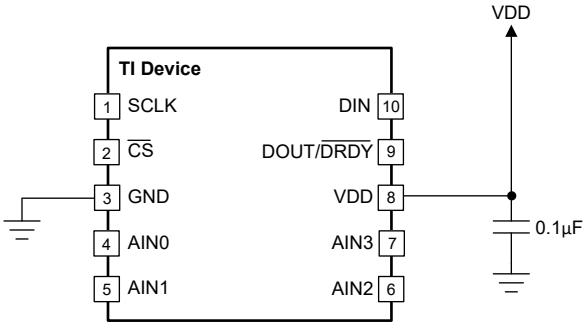



**图 10-8. ADS1x1S02 电源去耦**

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 10.4 布局

### *10.4.1 布局指南*

下面的 ADS1x1S02 布局基本建议有助于达到可能的 ADC 最佳性能。

- 为了获得最佳性能，请将一个完整的 PCB 层专用于接地平面，在该层上不要进行任何其他信号布线。
- 对电源去耦电容器使用陶瓷电容器（例如 X7R 级）。不建议使用高 K 电容器 (Y5V)。使用短而直接的引线将所需的电容器放置在尽可能靠近器件引脚的位置。将旁路电容器放置在尽可能靠近器件的同一层上可产生理想结果。
- 为模拟输入端的 RC 滤波器使用 C0G 或 NP0 电容器。
- 使数字引线远离所有模拟输入和相关元件，以尽可能地减少干扰。
- 提供良好的接地返回路径。信号返回电流在阻抗最小的路径上流动。如果接地平面被切割或有其他引线阻止电流在信号引线旁边流动，则必须找到另一条路径返回到源以完成电路。如果强制进入更大的路径，信号辐射的可能性会增加。敏感信号更容易受到 EMI 干扰的影响。
- 考虑布线的电阻和电感。通常，输入端的引线具有电阻，这些电阻会与输入偏置电流发生反应，从而导致额外的误差电压。减小源信号和返回电流所包围的环路面积可减小路径中的电感。减小电感可降低 EMI 拾取，并减小器件输入端的高频阻抗。
- 注意布局中的寄生热电偶。从每个模拟输入到传感器的不同金属元件可能会形成寄生热电偶，从而增加测量的偏移。对于测量源的两个输入，差分输入必须相匹配。
- 用接地填充物填充信号层上的空白区域。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### *10.4.2 布局示例*

图 10-9 显示了 ADS1x1S02 的基本布局示例：

- C3 是电源去耦电容器。将 C3 放置在尽可能靠近电源引脚的位置。
- 将 GND 引脚连接到接地平面。
- 分别显示了差分输入对 AIN0-AIN1 和 AIN2-AIN3 的差分抗混叠 RC 滤波器。
- 显示了适用于 SPI 线路的可选串联电阻器（R5 至 R8）。串联电阻器有助于通过平滑信号边沿来减少数字线路上的过冲和振铃。

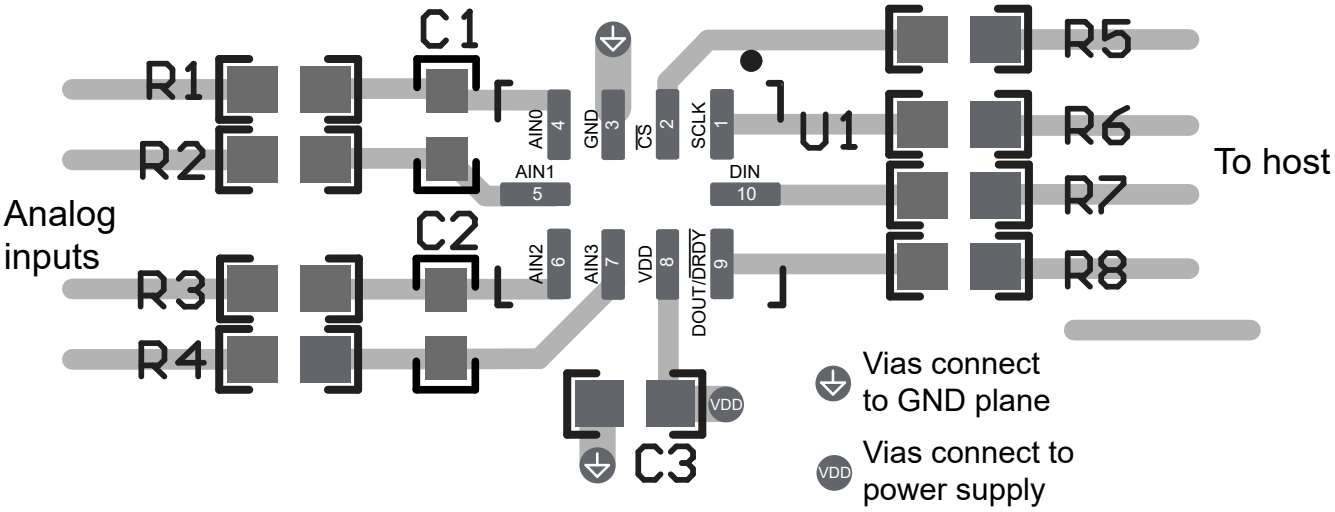



**图 10-9. ADS1x1S02 X2QFN 封装**

ADVANCE INFORMATION


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 11 器件和文档支持

## 11.1 文档支持

### *11.1.1 相关文档*

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*TMP61 具有 0402 和 0603 封装选项的 ±1% 10kΩ 线性热敏电阻 数据表*
- 德州仪器 (TI)，*LMT70A ±0.05°C 精密模拟温度传感器、RTD 和精密 NTC 热敏电阻 IC 数据表*
- 德州仪器 (TI)，*INA185 采用超小型 (SOT-563) 封装的 26V、350kHz、双向、高精度电流检测放大器 数据表*

## 11.2 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。

## 11.3 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。

## 11.4 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。

## 11.5 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。

## 11.6 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。

# 12 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 |
|---|---|---|
| September 2026 | * | 初始发行版 |

# 13 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。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package \| Pins | Package qty \| Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PADS111S02IRUGR | Active | Preproduction | X2QFN (RUG) \| 10 | 3000 \| LARGE T&R | - | Call TI | Call TI | - | |

(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.

# GENERIC PACKAGE VIEW

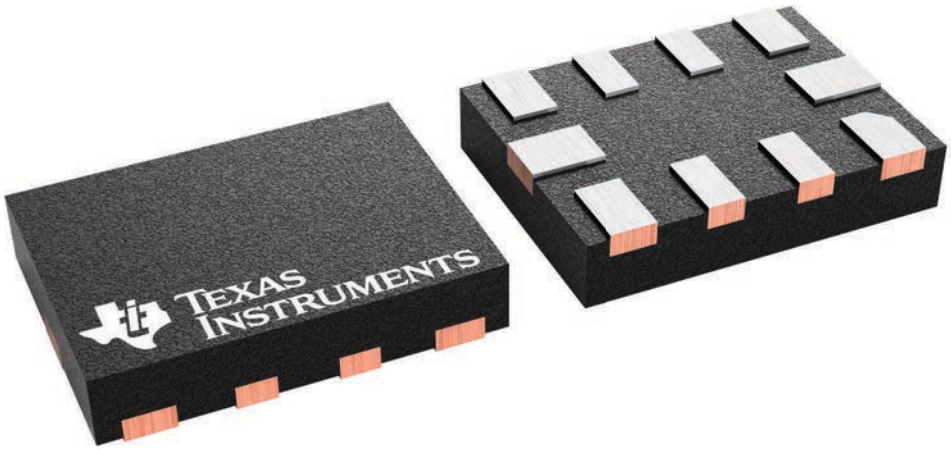
## RUG 10

## X2QFN - 0.4 mm max height

**1.5 x 2, 0.5 mm pitch**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.




4231768/A

# 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出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