

# EVM User's Guide: TMP9R01EVM

## TMP9R01 评估模块



### 说明

TMP9R01EVM 旨在提供快速设置，用于评估 TMP9R01SEP 器件并帮助熟悉该器件，直至达到逐位寄存器级别的深入了解。除了对器件进行常见功能测试，EVM 还支持特定辐射环境下的测试，包括信号事件前瞻 (SEL) 测试。该 EVM 可供用户评估 TMP9R01 数字温度传感器在太空条件下的性能。

### 开始使用

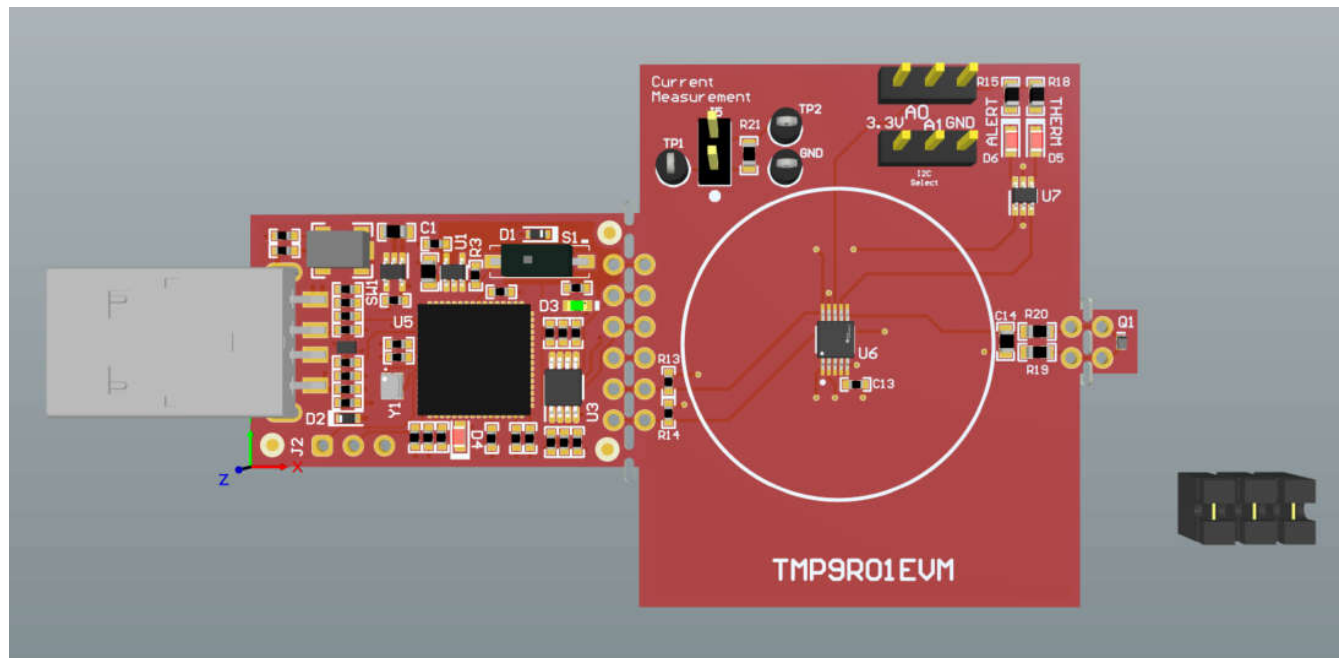
1. 在 [ti.com](https://ti.com) 上订购 [TMP9R01EVM](#)
2. 将 EVM 连接到计算机
3. 打开 [TMP9R01EVM](#) 产品页面上的 GUI 链接
4. 在 [dev.ti.com](https://dev.ti.com) 上打开最新版本的 GUI
5. 安装 TI Cloud Agent Setup 插件。

### 特性

- 用于检查 TMP9R01SEP 温度功能的简单应用
- 易于使用、基于云的 GUI 可在线使用，也可下载供离线使用
- 可拆式 TMP9R01 传感器板可灵活调整测量位置，无论是本地还是远程。
- 预装的 SEL 板专为辐射测试设计
- 访问数据日志记录，调整 I2C 频率，并修改寄存器中的数据
- 由 GUI Composer 提供支持的软件可在 Windows®、Mac® 和 Linux® 操作系统上的浏览器中运行

### 应用

- 航天器 FPGA、ADC、DAC 和 ASIC 温度监控
- 航天器辅助控制和遥测



TMP9R01EVM

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

该 EVM 采用了 U 盘尺寸封装，带有能与主机电脑和 TMP9R01 器件连接的板载 MSP430F5528 微控制器。该模块在 EVM 板上的传感器和主机控制器之间设计有穿孔。利用穿孔，用户可以灵活地进行评估：

- 用户可将 TMP9R01 与其系统或主机连接。
- 用户可使用 TMP9R01 器件将 EVM 主机和软件与用户系统连接。
- 小型独立的电路板支持用户在用户系统中放置传感器。
- 孔间距与常见的 0.1 英寸原型设计试验电路板兼容。

本用户指南介绍了 TMP9R01 评估模块 (EVM) 的特性、运行和使用情况。本文档还提供了完整的原理图、印刷电路板布局布线以及物料清单。本用户指南详细介绍了用于操作 TMP9R01 评估模块的操作步骤。

### 1.2 套件内容

表 1-1 中详细列出了 EVM 套件的内容。如果缺少元件，请与离您最近的德州仪器 (TI) 产品信息中心联系。TI 强烈建议查看 TI 网站 <https://www.ti.com> 以获取最新版本。

表 1-1. 套件内容

物品	数量
TMP9R01EVM	1
USB 扩展电缆	1

### 1.3 规格

表 1-2 列出了 EVM 每个部分的绝对最大热性能条件。两个主要部分是控制器部分和可拆式传感器部分。评估器件在极端温度下的性能时，必须考虑这些限值。在这种情况下，如果设置条件超过控制器绝对最大热性能规格，则必须分离可拆式传感器部分，以便在这些温度下仅评估传感器（而不是 MCU）。

表 1-2. TMP9R01EVM 温度限值

板部分	条件	温度范围
控制器板	建议的自然通风条件下的工作温度范围 ( $T_A$ )	-40°C 至 85°C
	绝对最大结温值 ( $T_{J(MAX)}$ )	95°C
TMP9R01 可拆板	建议的自然通风条件下的工作温度范围 ( $T_A$ )	-55°C 至 150°C

### 1.4 器件信息

TMP9R01 是一款耐辐射、高精度、低功率远程温度传感器监控器，内置本地温度传感器。其远程接点通常采用低成本分立式 NPN 或 PNP 晶体管，或微处理器、微控制器或现场可编程门阵列 (FPGA) 中集成的基板热晶体管。本地和远程传感器均用 12 位数字编码表示温度，分辨率为 0.0625°C。此两线制串口接受 SMBus 通信协议，以及多达 9 个不同的引脚可编程地址。表 1-3 包含了在使用该 EVM 时要考虑的有关 TMP9R01 的一些参数。

表 1-3. 器件规格

器件规格	值
工作温度范围	-55°C 至 125°C
最大本地温度精度	2C
最高远程温度精度	1.5C
工作电源电压范围	1.7V 至 3.6V

## 2 硬件

### 2.1 概述

该 EVM 分为两个部分：控制器部分和可拆式传感器部分。可拆式传感器部分可以分离，以便在以下情况下使用传感器：

- 在通过焊接电线/连接器连接传感器部分的情况下，使用控制器部分来在极端温度或其他条件下，将传感器远离控制器和 PC 进行评估。
- 通过 I2C 与 TMP9R01 连接，将传感器部分与用户的系统搭配使用。
- 将控制器部分与用户系统中的 TMP9R01 传感器结合使用。

图 2-1 突出显示了用户必须识别的 EVM 各部分以及一些元件，以便了解其用途和使用方法。后续几节将详细说明这些元件。

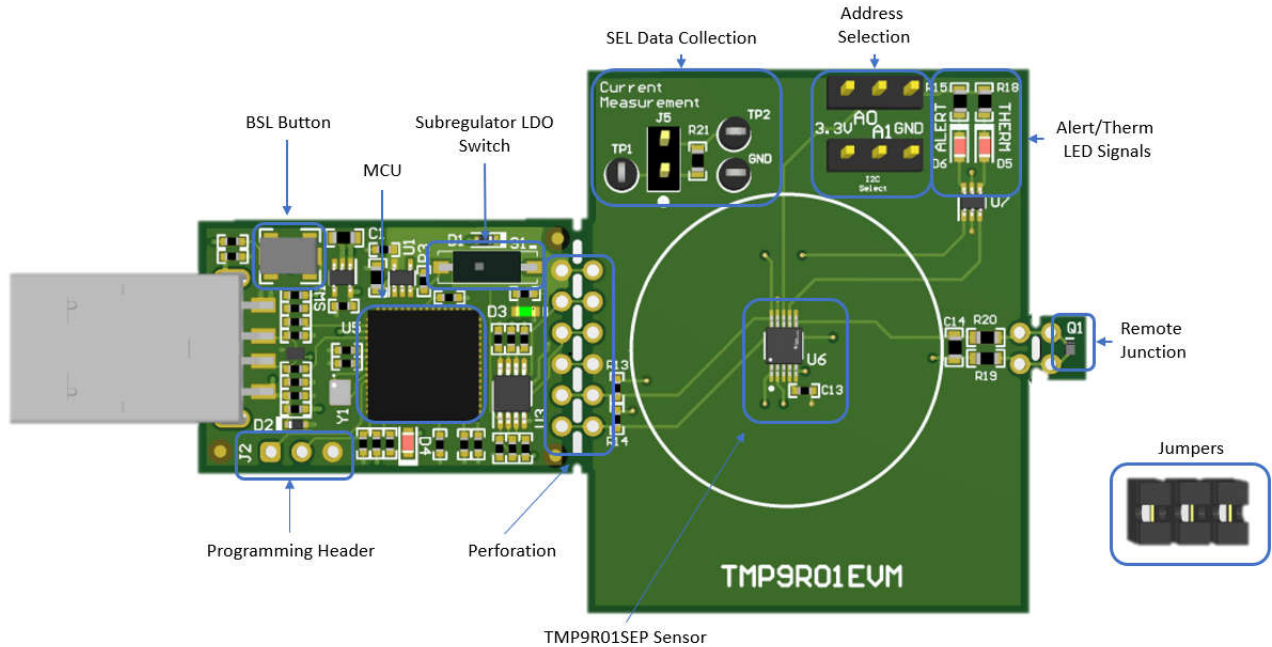


图 2-1. TMP9R01EVM 电路板部分

### 2.2 穿孔和连接

USB 控制器和 TMP9R01 传感器之间的穿孔两侧都标记有引脚连接。将传感器部分与控制器部分分离后，用户可以通过两种不同方式与传感器部分连接：

- 焊线或 0.1 英寸接头连接器：通过这种方法，用户可以访问该器件的所有引脚。

#### 备注

当连接其他控制器板时，TI 建议验证任何控制器板上是否存在上拉电阻器和保护电路，以确保功能安全且正常。

## 2.3 状态 LED ( D3、D5、D6 ) 和子稳压器

开关 S1 可启用和禁用板载 3.3V 稳压器：U5。启用该子稳压器后，绿色 LED D3 亮起。为了使 TMP9R01EVM 正常运行，必须启用该子稳压器，因为该子稳压器为器件供电并提供通信线路的上拉电压。

红色 LED D4 是 MSP430F5528 状态 LED。LED 状态显示不同的工作模式，如表 2-1 所示。

表 2-1. LED 状态

D4 LED 状态	MSP430F5528 工作模式
关闭	EVM 已连接到 EVM GUI
以 4 次闪烁为一组进行闪烁	EVM 已插入 PC，未连接到 EVM GUI
持续闪烁	已连接到 USB 电源

EVM 上还有另外两个 LED。D5 LED 可以指示 THERM 故障，并在器件检测到 THERM 故障并将引脚置于低电平时亮起。D6 执行相同的功能，但针对 ALERT/THERM2 引脚。这两个 LED 均为红色。

## 2.4 编程接头

TMP9R01EVM 预先加载了正常运行 USB 接口和 PC GUI 软件所必需的固件。提供了未填充的接头 J2，用于对 MSP430F5528 进行 Spy-Bi-Wire 访问。TI 不建议用户访问该接头或对器件进行重新编程。

## 2.5 BSL 按钮

TMP9R01EVM 具有用于进入 USB BSL 模式的按钮 SW1。可将其用于固件更新。要进入 USB BSL 模式，请在按住 SW1 的同时将 EVM 连接到 PC USB 端口。

## 2.6 远程 BJT - Q1

Q1 是 MMBT3904LP NPN BJT，用作 EVM 上的远程温度传感器。MMBT3904LP 的 N 因数通常约为 1.0042。TMP9R01 假设 N 因数为 1.008，这会导致远程温度读数出现误差。GUI 会自动将 N 因数校正寄存器设置为 1.0042 以补偿这一误差。如果器件复位，N 因数校正寄存器将恢复默认值或 1.008，可能导致温度读数误差。如果看到远程温度误差，可以使用 N 因数校正功能进行调整。MMBT3904LP 也可移除，以便工程师能够将其他远程温度传感器连接到器件上。

## 2.7 地址跳线

电阻器 J3 和 J4 用于设置 TMP9R01 的 I2C 地址。J3 用于设置 A0 引脚，J4 用于设置 A1 引脚。

## 2.8 电流测量 - SEL 测量

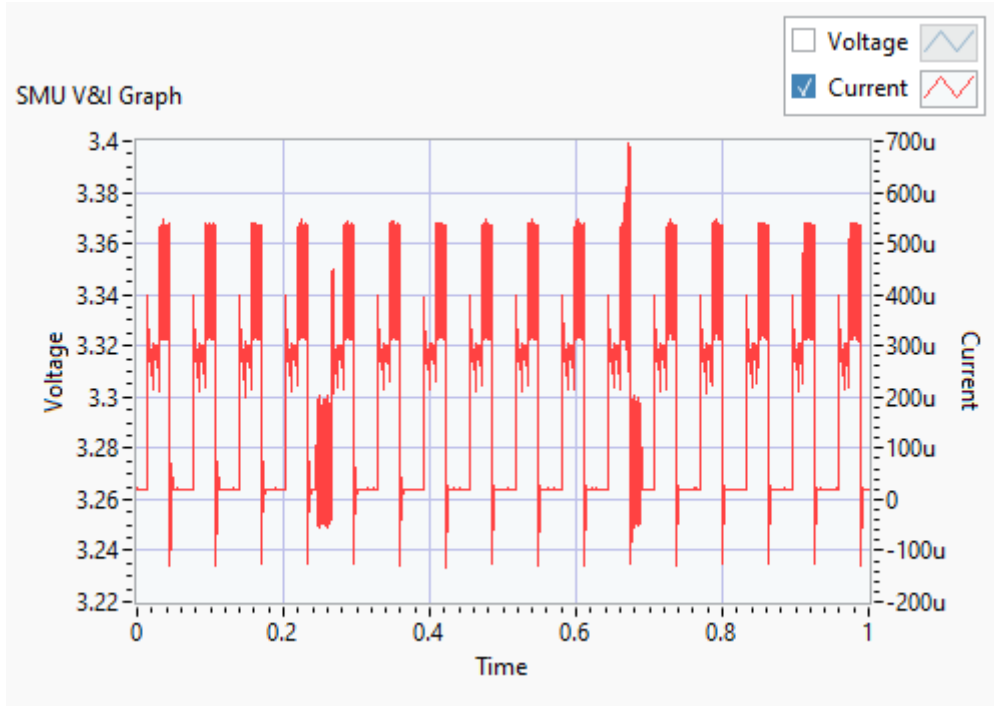
该 EVM 提供了两种测量 TMP9R01 器件总静态电流的方法。在 EVM 的这一部分中，有一个跳线和三个测试点：TP1、TP2 和 GND。

选项 1：使用 TP1 和 TP2 的已知电压测量值来测量流过电阻器的电流。跳线与电阻器并联。要利用此选项，用户需要移除跳线，并使用所选的值重新填充电阻器 R21。

选项 2：使用 SMU 提供电压并测量通过 TP2 和 GND 的电流。要利用此选项，请移除 R21 电阻，通过子稳压器开关关闭 USB 电源，并在 1.7V 至 3.6V 范围内以相同的电压为 TP1 和 TP2 供电。

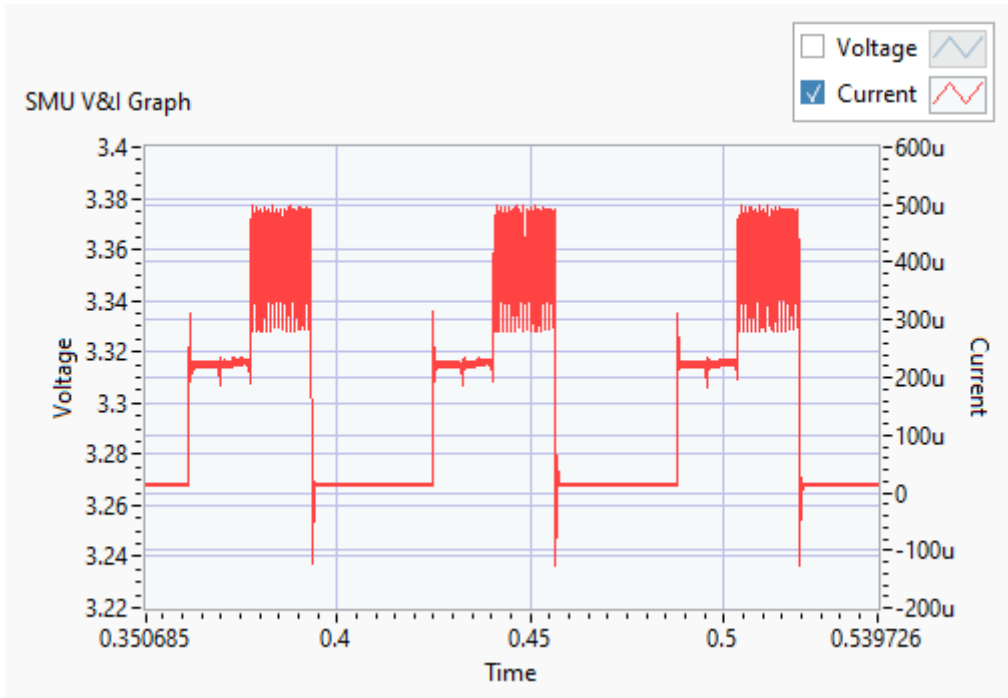
测量流经该器件的电流时，下图显示了电流输出的预期结果。器件所处的模式有不同的电流范围。关断模式消耗的功率最少，有效转换模式消耗的功率最多。

		典型值 (μA)	最大值 (μA)
Iq	有效转换, 本地传感器	240	375
	有效转换, 远程传感器	400	600
	待机模式 (转换之间)	15	35
	关断模式, 串行总线无效	3	8
	关断模式, 串行总线有效, fs = 400kHz	90	
	关断模式, 串行总线有效, fs = 2.17MHz	350	



A. VDD 为 5.5V。

图 2-2. 通信时的预期总静态电流



A. VDD 为 3.3V。

图 2-3. 无通信时的预期总静态电流

## 3 软件

### 3.1 软件安装

TMP9R01EVM 的 PC GUI 软件在 TI 的 GUI Composer 框架上运行。该软件可作为在浏览器中运行的实时版本提供，也可以下载以供离线使用。该软件与 Windows、Mac 或 Linux 操作系统兼容。

#### 3.1.1 dev.ti.com 上的实时软件

在线软件当前可以在 Chrome™、Firefox® 和 Safari® 中工作。不支持 Internet Explorer®。用户可以通过以下操作之一访问实时版本：

- 转到 [ti.com](https://ti.com) 上的 TMP9R01EVM 产品页面并点击“View”按钮。
- 转到 [dev.ti.com/gallery](https://dev.ti.com/gallery)，使用 myTI 帐户凭据进行登录，然后搜索“TMP9R01EVM”。
- 访问 <https://dev.ti.com/gallery/info/THSApps/TMP9R01EVM/>。

点击库中的应用程序图标，以启动该软件。同意安装或更新 TI Cloud Agent 浏览器插件的提示。该插件是连接 USB 硬件所必需的。

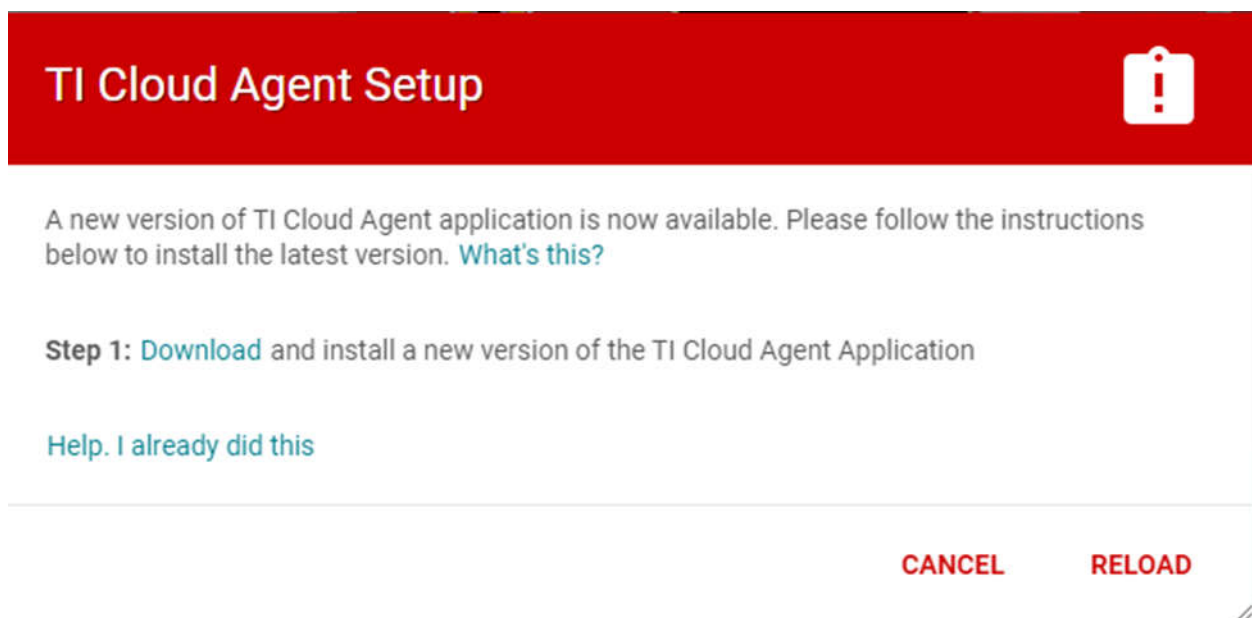



图 3-1. 插件设置



### 3.1.2 从 dev.ti.com 下载

如上所述，用户可以通过导航到实时版本来访问最新版本的离线软件。查找下载图标  并下载适用于操作系统的应用程序和运行时，如图 3-2 所示。

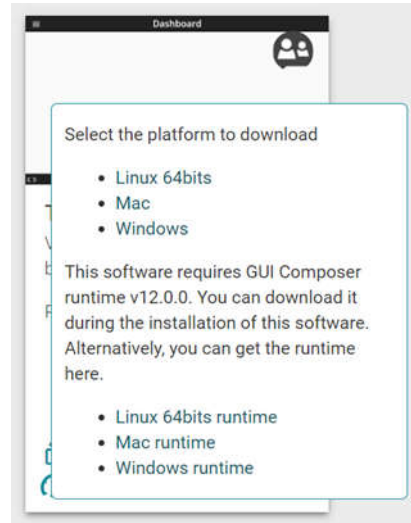


图 3-2. 下载弹出窗口

### 3.2 主页选项卡

*Home* 选项卡会在软件启动时显示。该选项卡底部的图标是 GUI 其他功能选项卡的快捷方式，与 GUI 左侧的图标相对应。

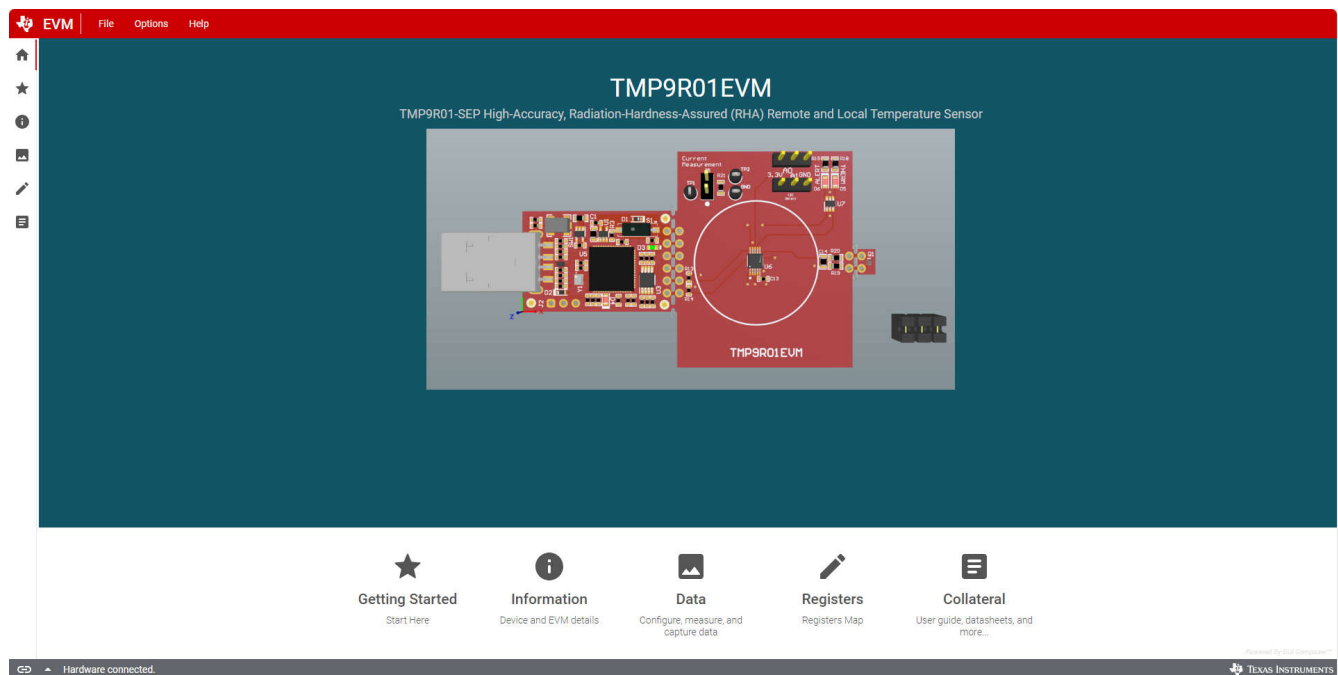


图 3-3. 主页



### 3.3 数据采集选项卡

**Data Capture** 选项卡报告 TMP9R01EVM 中包含的 TMP9R01 器件的温度。默认情况下会轮询和显示温度数据。默认情况下，MCU 以 100ms 的延迟轮询寄存器。在轮询时会自动发送 CONVERT TEMP 命令 (0x44)。**Data Capture** 选项卡上的轮询率设置与 **Registers** 选项卡上的轮询率设置同步。“Data Capture”选项卡包括以下功能：

- 从右上角显示的 TMP9R01 读取当前温度测量值。
- “Polling Rate” 下拉菜单可用于禁用轮询或更改轮询率。
- **Save Logging** 和 **Stop Logging** 按钮可用于捕获温度数据并将数据保存为 CSV 格式。

捕获数据时，请记住以下几点：

- 使用 GUI 的在线版本时，会在浏览器中开始进行下载。如果 GUI 关闭，该下载会丢失。
- 使用 GUI 的离线版本时，会在接收到数据时附加该文件。在这种情况下，如果关闭 GUI，附加的数据不会丢失。

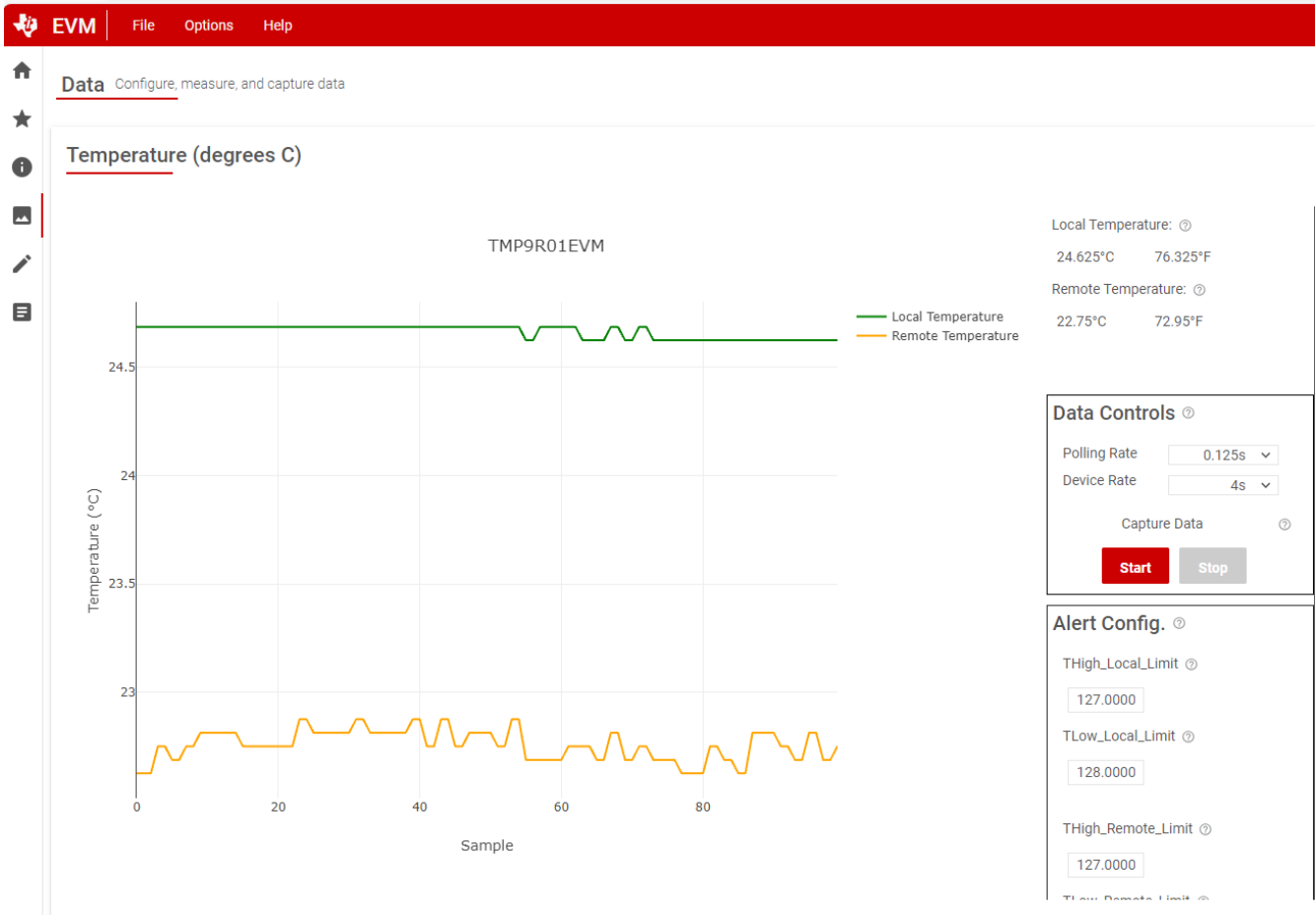


图 3-4. 数据采集

### 3.4 寄存器选项卡

**Registers** 选项卡提供 TMP9R01 器件中寄存器和位的交互。有关每个寄存器/位的更多信息，请将鼠标指针悬停在寄存器名称上并点击问号以查看每个位的定义。

默认情况下，MCU 以 100ms 的延迟轮询寄存器，该表显示寄存器的当前状态，并且每次轮询都会更新表中的更改。通过点击表中的位，用户可以将该位更改为 1 或 0。当“Write Register”按钮旁边被设置为“Immediate”时，该按钮将显示为灰色并被禁用。每次修改寄存器时，Immediate 模式都会触发写入操作。选择 Deferred 模式时，会启用“Write Register”按钮，除非点击“Write Register”按钮，否则不会执行写入操作。

选择 Deferred 模式时，用户可以使用以下功能：

- 点击“Write”按钮来写入所选寄存器中的位变化。
- 点击“Write All”按钮来写入所有寄存器中的所有位变化。

当自动读取关闭时，该表不再更新，用户可以使用以下功能：

- 点击“Read”按钮来读取所选寄存器的当前状态。
- 点击“Read All”按钮来同时获取所有寄存器的当前内容。

这些设置使用户可以完全控制总线活动，并可以使用示波器、逻辑分析仪或总线监听器件轻松观察各个事务。

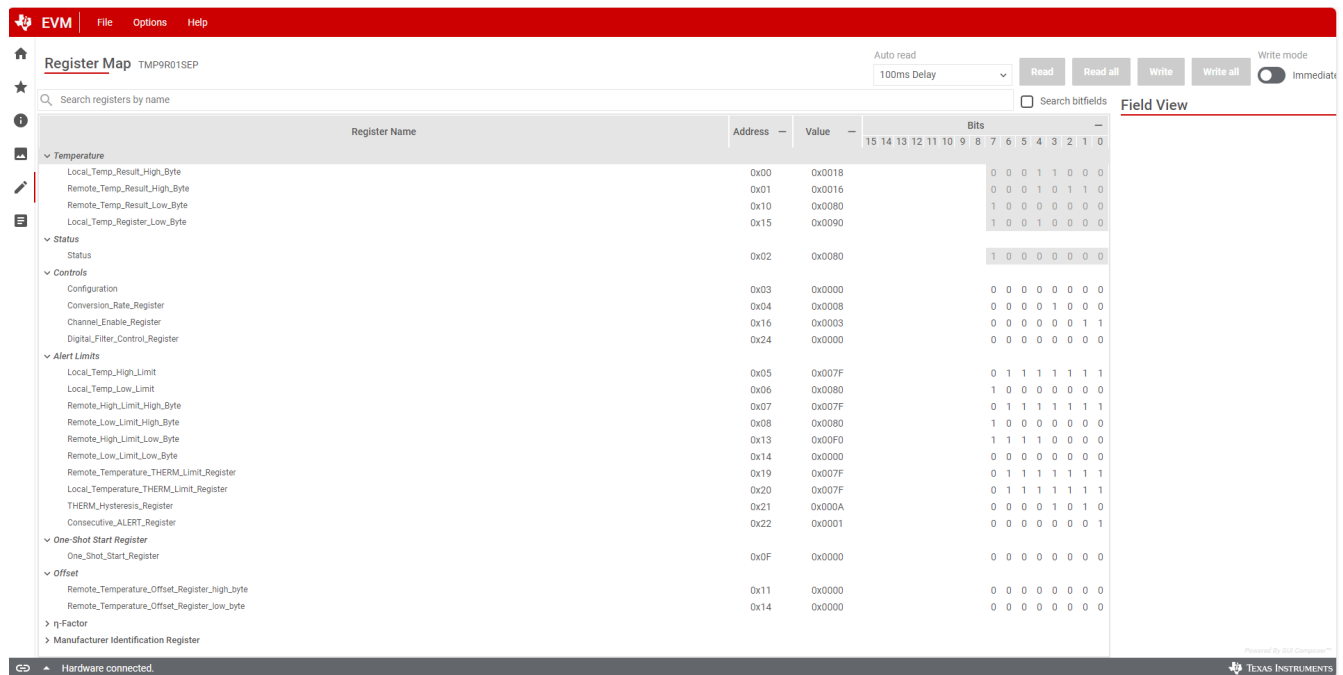


图 3-5. 寄存器

## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

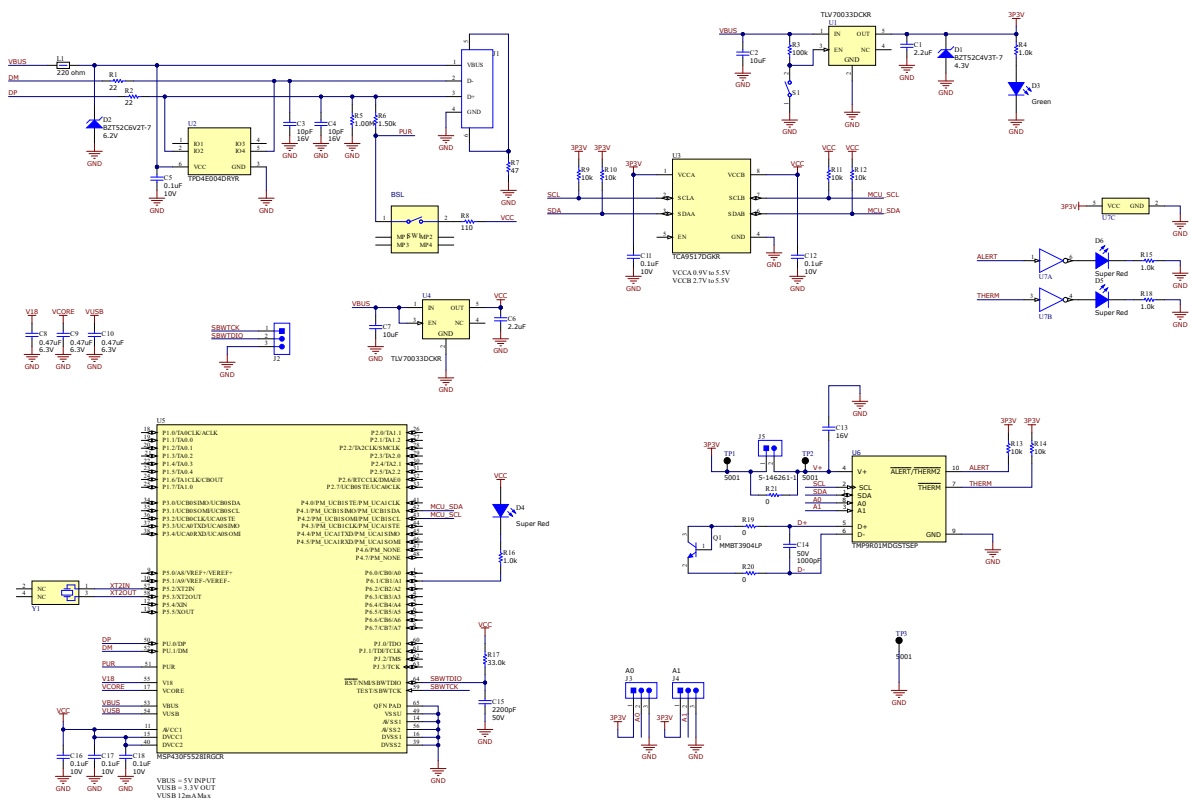


图 4-1. 原理图

## 4.2 PCB 布局

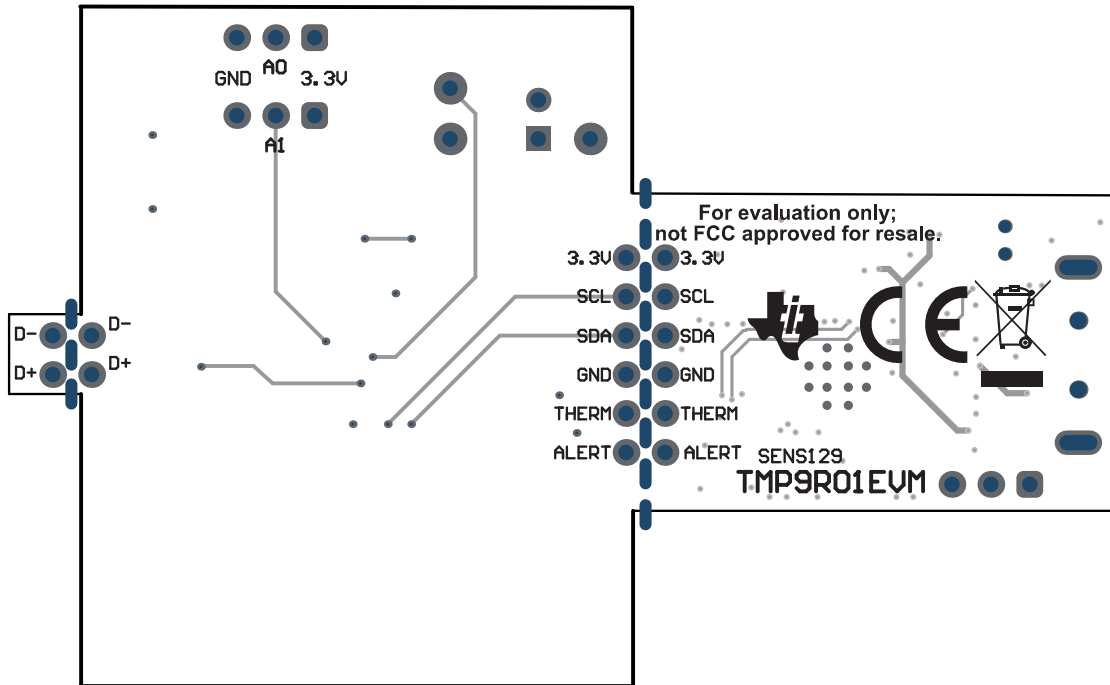


图 4-2. PCB (顶视图)

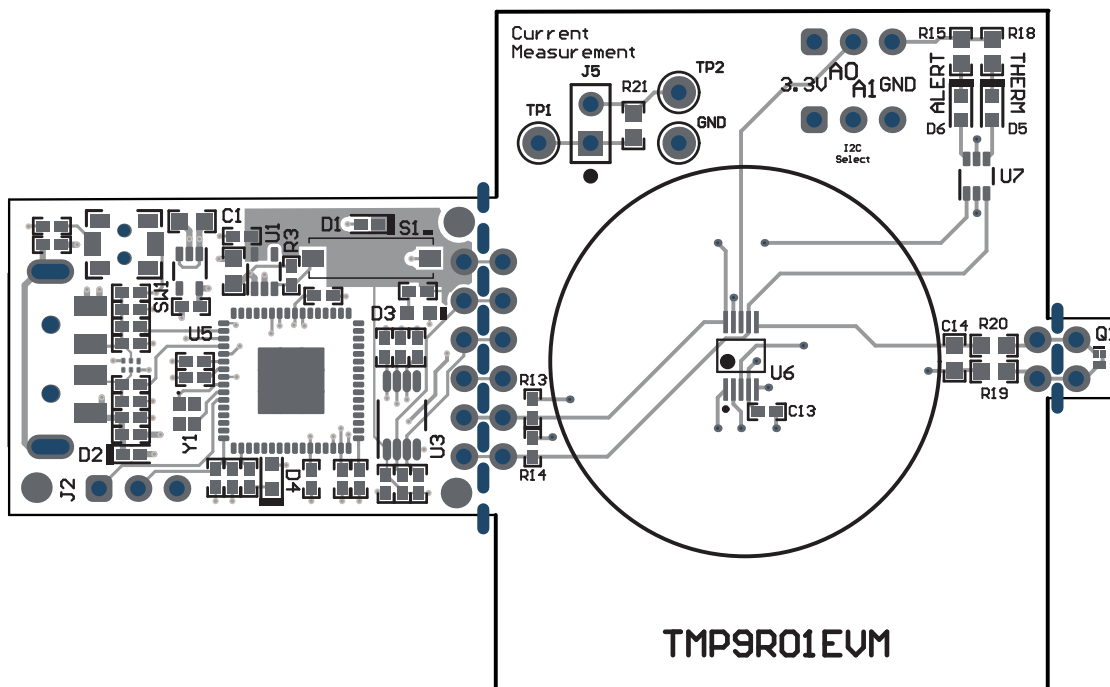


图 4-3. PCB (底视图)

### 4.3 物料清单

表 4-1 列出了 TMP9R01EVM 的物料清单。

表 4-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	器件型号	封装参考	制造商
!PCB1	1		印刷电路板	SENS129		不限
C1, C6	2	2.2 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X5R, 0402	GRM155R61C225KE11D	0402	MuRata
C2, C7	2	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0603	C1608X5R1A106M080AC	0603	TDK
C3, C4	2	10pF	电容, 陶瓷, 10pF, 16V, +/-10%, C0G, 0402	C0402C100K4GACTU	0402	Kemet
C5, C11, C12、 C16、C17、C18	6	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X5R, 0402	LMK105BJ104KV-F	0402	Taiyo Yuden
C8, C9, C10	3	0.47 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 6.3V, +/-10%, X7R, 0402	JMK105B7474KVHF	0402	Taiyo Yuden
C13	1	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, 0402	ATC530L104KT16T	0402	AT Ceramics
C14	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/- 5%, C0G/NP0, 0603	C0603C102J5GACTU	0603	Kemet
C15	1	2200pF	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/-5%, X7R, 0402	CL05B222JB5NNNC	0402	Samsung Electro-Mechanics
D1	1	4.3V	二极管, 齐纳, 4.3V, 300mW, SOD-523	BZT52C4V3T-7	SOD-523	Diodes Inc.
D2	1	6.2V	二极管, 齐纳, 6.2V, 300mW, SOD-523	BZT52C6V2T-7	SOD-523	Diodes Inc.
D3	1	绿色	LED, 绿色, SMD	SML-LX0603GW-TR	LED, 绿色, 0603	Lumex
D4, D5, D6	3	红色超高亮	LED, 红色超高亮, SMD	150060SS75000	LED_0603	Würth Elektronik
J1	1		连接器, 插头, USB Type-A, R/A, 顶部安装 SMT	48037-1000	USB Type-A 直角	Molex
J3, J4	2		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	TSW-103-07-G-S	3x1 接头	Samtec
J5	1		接头, 100mil, 2x1, 金, TH	5-146261-1	接头, 2x1, 100mil	TE Connectivity
L1	1	220 $\Omega$	铁氧体磁珠, 220 $\Omega$ ( 100MHz 时 ), 0.45A, 0402	BLM15AG221SN1D	0402	MuRata
Q1	1	40V	晶体管, NPN, 40V, 0.2A, 3-UFDNF	MMBT3904LP	3-UFDNF	Diodes Inc.
R1, R2	2	22	电阻, 22, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ220X	0402	Panasonic
R3	1	100k	电阻, 100k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ104X	0402	Panasonic
R4, R16	2	1.0k	电阻, 1.0k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ102X	0402	Panasonic
R5	1	1.00Meg	电阻, 1.00M, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT1M00	0402	Stackpole Electronics Inc

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	封装参考	制造商
R6	1	1.50k	电阻, 1.50k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT1K50	0402	Stackpole Electronics Inc
R7	1	47	电阻, 47, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ470X	0402	Panasonic
R8	1	110	电阻, 110, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2RKF1100X	0402	Panasonic
R9、R10、R11、 R12、R13、R14	6	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ103X	0402	Panasonic
R15、R18	2	1.0k	电阻, 1.0k, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-071KL	0603	Yageo
R17	1	33.0k	电阻, 33.0k, 1%, 0.063W, 0402	RC0402FR-0733KL	0402	Yageo America
R19、R20、R21	3	0	电阻, 0, 0%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 0603	RCS06030000Z0EA	0603	Vishay-Dale
S1	1		开关, 滑动式, SPST, 顶部滑动, SMT	CHS-01TB	开关, 单个顶部滑动, 2.5 x 8 x 2.5mm	Copal Electronics
SH-J1、SH-J2、 SH-J3	3		单操作 2.54mm 间距开顶跳线插座	M7582-05	单操作 2.54mm 间距开顶 跳线插座	Harwin
SW1	1		开关, SPST-NO, Off-Mom, 0.05A, 12VDC, SMD	PTS820 J20M SMTR LFS	3.9x2.9mm	C&K Components
TP1、TP2、TP3	3		测试点, 微型, 黑色, TH	5001	黑色微型测试点	Keystone Electronics
U1、U4	2		单路输出 LDO, 200mA, 固定 3.3V 输出, 2 至 5.5V 输入, 具有低 IQ, 5 引脚 SC70 (DCK), -40 至 125 摄氏度, 绿色环保 (RoHS, 无镉/溴)	TLV70033DCKR	DCK0005A	德州仪器 (TI)
U2	1		适用于高速数据接口的 4 通道 ESD 保护阵列, DRY0006A (USON-6)	TPD4E004DRYR	DRY0006A	德州仪器 (TI)
U3	1		电平转换 I2C 总线中继器, DGK0008A (VSSOP-8)	TCA9517DGKR	DGK0008A	德州仪器 (TI)
U5	1		16 位超低功耗微控制器, 128KB 闪存, 8KB RAM, USB, 12 位 ADC, 2 个 USCI, 32 位硬件乘法器, RGC0064B (VQFN-64)	MSP430F5528IRGCR	RGC0064B	德州仪器 (TI)
U6	1		高精度、耐辐射 (RHA)、远程和本地温度传感器	TMP9R01MDGSTSEP	VSSOP10	德州仪器 (TI)
U7	1		双路反相器, DCK0006A (SOT-SC70-6)	SN74LVC2G04DCKR	DCK0006A	德州仪器 (TI)
Y1	1		晶体, 24MHz, SMD	XRCGB24M000F2P00R0	2x1.6mm	MuRata
J2	3		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	TSW-103-07-G-S	3x1 接头	Samtec

## 5 其他信息

### 5.1 商标

Chrome™ is a trademark of Google LLC.

Windows® and Internet Explorer® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Mac® is a registered trademark of Apple Inc..

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

Firefox® is a registered trademark of Mozilla Foundation.

Safari® is a registered trademark of Apple Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。



## 重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司