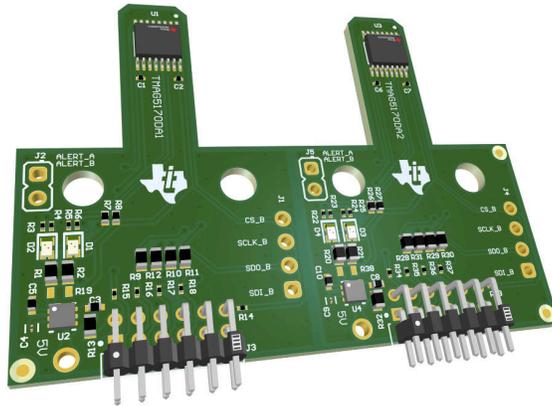


摘要

本用户指南介绍了 TMAG5170D 评估模块 (EVM) 的特性、运行和使用情况。该 EVM 用于评估 TMAG5170D 的性能。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等所有术语与 TMAG5170DEVM 具有相同的含义。本文档包括原理图、参考印刷电路板 (PCB) 布局和完整的物料清单 (BOM)。



内容

1 概述	2
1.1 套件内容.....	2
1.2 德州仪器 (TI) 提供的相关文档.....	2
2 硬件	3
2.1 特性.....	3
3 操作	3
3.1 快速启动设置.....	3
3.2 EVM 操作.....	4
4 原理图、PCB 布局和物料清单	12
4.1 原理图.....	13
4.2 PCB 布局.....	15
4.3 物料清单.....	17

商标

Firefox™ is a trademark of Mozilla Foundation.

Google Chrome™ is a trademark of Google LLC.

Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 概述

TMAG5170D 是一款双芯片 3 轴线性霍尔效应传感器。该器件在每块芯片的 X、Y 和 Z 轴中集成了三个独立的霍尔传感器。精密模拟信号链和集成的 12 位 ADC 对测量的模拟磁场值进行数字化。在系统校准期间可以进一步配置该器件，以选择适合磁体强度和元件放置的三个磁场范围之一。

表 1-1. TMAG5170D 器件概要

产品	灵敏度范围选项
TMAG5170DA2	±75mT、±150mT、±300mT

TMAG5170DA1 尚不可用，目前未安装在 EVM 上。

1.1 套件内容

表 1-2 列出了 EVM 套件的内含物。如果缺少任何元件，请联系最近的德州仪器 (TI) 产品支持中心。

表 1-2. 套件内容

品类	数量
TMAG5170DEVMM	1
3D 打印旋转和按压模块	1
手持磁铁	1

1.2 德州仪器 (TI) 提供的相关文档

本用户指南可从 TI 网站获得，文献编号为 [SBAU420](#)。附加到文献编号的任何字母对应于撰写本文档时已有的最新文档修订版。较新的修订版可从 www.ti.com 上获得，也可从德州仪器 (TI) 文献响应中心 (电话为 (800) 477-8924) 或产品信息中心 (电话为 (972) 644-5580) 获得。订购时，可通过文档标题或文献编号识别文档。表 1-3 列出了与 EVM 相关的文档。可以通过点击表 1-3 中的链接来获取更多信息。器件名称链接至 www.ti.com 上的产品网络文件夹。文献编号链接到 PDF 文档。

表 1-3. 相关文档

文档标题	文档文献编号
TMAG5170D-Q1 数据表	SLYS052
TI-SCB 用户指南	SLAU839
TMAG5170 EVM 快速入门视频	—

2 硬件

该 EVM 是一个易于使用的平台，用于评估 TMAG5170D 的主要特性和性能。该 EVM 包含图形用户界面 (GUI)，用于读取和写入寄存器以及查看和保存测量结果。另外还包括一个 3D 打印旋转和按压模块，用于通过单个器件测试角度测量和按钮的常用功能。

该 EVM 旨在对这些器件的基本功能进行评估。此布局并不用作目标电路的模型，也不作为针对电磁兼容性 (EMC) 测试进行布局的模型。该 EVM 安装了两个具有不同灵敏度的 TMAG5170D，可以根据需要将其拆分为两个单独的板。可以将该 EVM 连接到 [TI-SCB](#)，但也可以根据需要用作独立器件。

2.1 特性

- 拆分 PCB 以评估 TMAG5170DA2 灵敏度
- GUI 支持读取和写入器件寄存器以及查看和保存测量结果
- 3D 打印旋转和按压模块
- 用于电源的 Micro-USB 连接器

3 操作

3.1 快速启动设置

若要设置并使用 EVM，请遵循以下步骤：

1. 下载并安装 PAMB Windows® USB 驱动程序：<http://www.ti.com/lit/zip/sbac253>。
2. 将 EVM 连接到传感器控制板 (TI-SCB) (请参阅图 3-1)。
3. 使用 USB 电缆将 EVM 连接到 PC。
 - a. 将 Micro-USB 电缆插入 TI-SCB 控制器板载 USB 插座 J2。
 - b. 将该 USB 电缆的另一端插入 PC。
4. 在 Firefox™ 或 Google Chrome™ 浏览器中通过以下链接访问 GUI：
 - a. TMAG5170DEV GUI：<https://dev.ti.com/gallery/search/TMAG5170D>
5. 通过寄存器映射设置配置器件：
 - a. 点击 *Write Config to Both*
 - b. 将 DEVICE_CONFIG 寄存器中的 OPERATING_MODE 设为“主动测量模式”(0b101)
 - c. 将 SENSOR_CONFIG 寄存器中的 MAG_CH_EN 设为“XYZ”(0b0111)
6. 导航到 *Plots* 面板并点击 *Collect Data*
7. 通过执行以下操作之一向传感器施加磁场：
 - a. 在传感器周围挥动随附的手持磁体。
 - b. 将旋转和按压模块连接到 EVM 以进行使用 (请参阅图 3-10)。有关如何使用该模块的更多详细信息，请参阅节 3.2.2。
8. 在 GUI 中观察输出。有关 GUI 设置和操作的更多信息，请参阅节 3.2.1.3。

3.2 EVM 操作

要将 EVM 与随附的 TI-SCB 控制器配合使用，请按照图 3-1 所示连接 EVM。

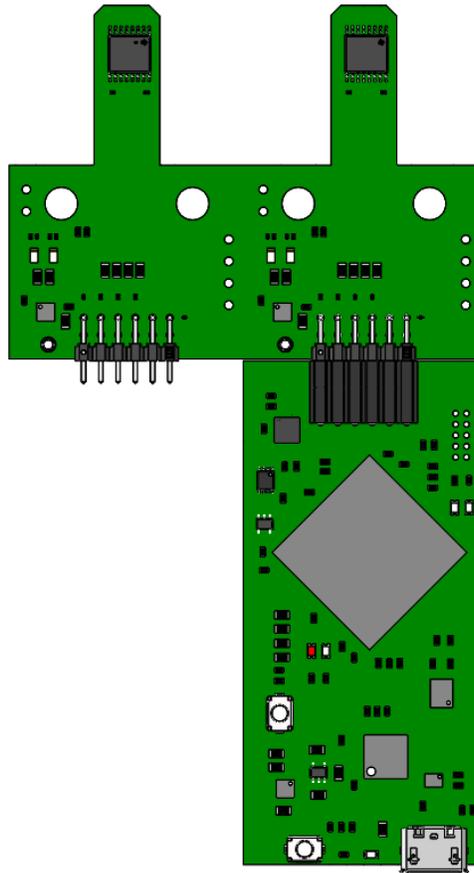


图 3-1. TI-SCB 控制器上的 EVM

可以选择将 TMAG5170DEVM 拆分为两半，即 TMAG5170DA1 和 TMAG5170DA2。要将 PCB 拆分为两半，请在图 3-2 中所示的边界处弯曲 PCB。

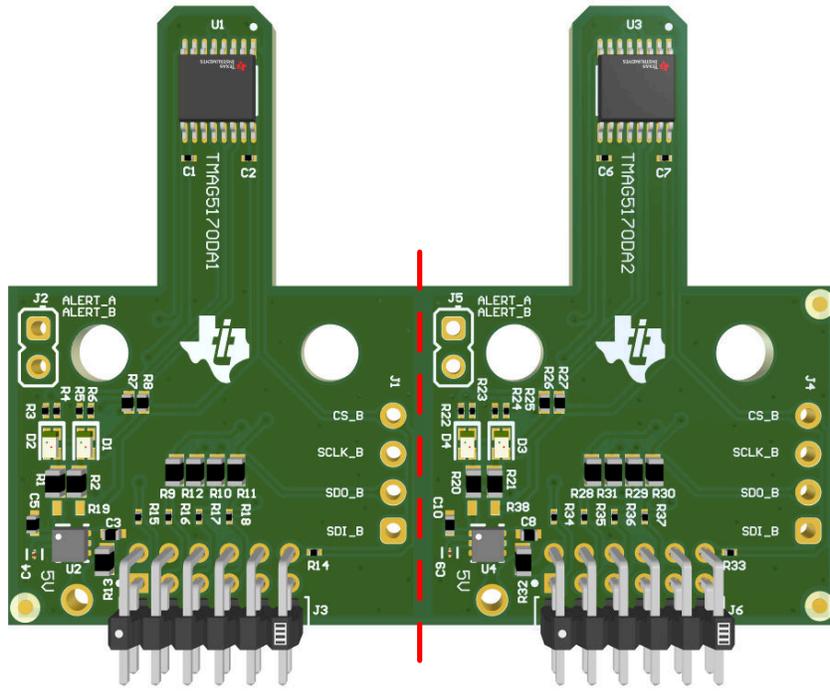


图 3-2. TMAG5170DEVM 拆分边界

3.2.1 设置

3.2.1.1 驱动程序安装

下载并安装 PAMB Windows USB 驱动程序：<http://www.ti.com/lit/zip/sbac253>。每台计算机只需执行一次该步骤。解压缩文件夹并以管理员权限运行 .exe 文件。

3.2.1.2 固件

GUI 可将固件加载到 TI-SCB 中，如节 3.2.1.3.1 所述。固件更新将通过 GUI 推送（需要安装驱动程序）。下载的离线 GUI 可能会根据版本检查是否存在 GUI/固件更新。

3.2.1.2.1 固件调试

如果由于任何原因固件损坏或必须手动重新安装固件，请按照以下步骤重新安装固件。[TMAG5170 EVM 快速入门视频](#)中演示了这些步骤：

1. 将 TI-SCB 控制器上的 MCU 配置为器件固件更新 (DFU) 模式。
 - a. MCU 可能已经进入 DFU 模式。如果是这样，GUI 将通知您，并在 GUI 连接到 PC 后尝试将固件更新到最新版本。
 - b. 在 TI-SCB 控制器通电的情况下，可以通过以下方法之一手动进入 DFU 模式：
 - 通过软件：
 - 在 TI-SCB 的 USB 串行 (COM) 端口上发送命令“bsl”。
 - 通过硬件：
 - 确保 TI-SCB 已通过 USB 连接到 PC
 - 在按下 RESET 按钮的同时，用一把镊子（或一根导线）将接头引脚的 PK1 和 PK2 附近的两个测试点（请参阅图 3-3）短路。

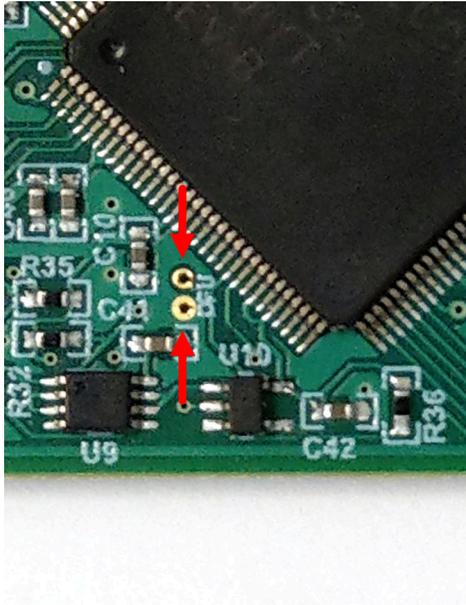


图 3-3. 用于手动进入 DFU 模式的测试点

- c. 如果成功，LED D1 和 D2 将熄灭。
2. MCU 进入 DFU 模式后，通过 GUI 上传固件：
 - 打开 **File** 菜单，然后选择 **Program Device**
 - 将启动固件更新
 - GUI 重新启动后，TI-SCB 应自动连接

如果固件未能成功编程，TI 建议连接计算机上的另一 USB 端口重复以上步骤。

3.2.1.3 GUI 设置和使用

在 Firefox 或 Google Chrome 浏览器中通过以下链接访问 GUI：

- TMAG5170DEVM GUI：<https://dev.ti.com/gallery/search/TMAG5170D>

3.2.1.3.1 初始设置

首次设置 GUI 时请遵循以下步骤：

1. 确保上述驱动程序已成功安装，以保证一切正常工作，并且 GUI 可以在必要时更新 EVM 固件。
2. 将 EVM/TI-SCB 控制器单元插入 PC 后，转到 GUI 链接：
3. 要通过网络浏览器启动 GUI，请点击 *GUI Composer* 应用程序，以打开 *GUI Composer* 窗口（请参阅图 3-4）。



图 3-4. GUI Composer 应用程序窗口

- a. 首次设置 GUI Composer 时，请根据提示下载 *TI Cloud Agent* 和浏览器扩展（请参阅图 3-5）。这些提示将在关闭 README.md 对话框后出现。

TI Cloud Agent Installation

Hardware interaction requires additional one time set up. Please perform the actions listed below and try your operation again.(What's this?)

- Step 1: **INSTALL** browser extension
- Step 2: **DOWNLOAD** and install the TI Cloud Agent Application
- Help. I already did this

FINISH

图 3-5. TI Cloud Agent

4. （可选）点击  图标（位于 *GUI Composer* 窗口中）下载 GUI 以供离线使用（请参阅图 3-4）。

3.2.1.3.2 GUI 操作

若要操作 GUI，请执行以下步骤：

1. 按照节 3.2.1.3.1 所述连接和启动 GUI。
2. 将 EVM 连接到 GUI 后，关闭 README.md 文件页面。靠近 GUI 左下角的文本应为 *Hardware Connected*（请参阅图 3-6）。

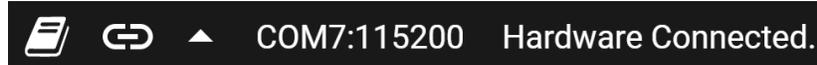


图 3-6. 硬件已连接

- a. 如果 GUI 的左下角未显示 *Hardware Connected*，请在 *Options* → *Serial Port* 下检查不同的硬件 COM 端口（请参阅图 3-7）。

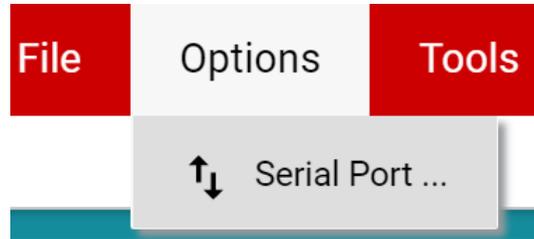


图 3-7. 更改串行端口

- b. 如果硬件仍然没有连接，请确保使用的 GUI/EVM 组合正确无误。
3. 点击图 3-8 所示的 *Registers* 图标（左侧的菜单中也提供了该图标），以查看寄存器映射，更改器件设置，并启用寄存器自动读取。TMAG5170D 内的每个芯片可以使用器件选择功能进行独立配置，也可以将两个传感器配置为相同的寄存器设置（如果需要）。有关寄存器或寄存器位字段的问题，请选择 ? 图标。有关寄存器的更多问题，请查看数据表。



Low level register read and write operations

图 3-8. “Registers” 页面图标

4. 点击 *Plots* 图标，可查看并保存结果寄存器中的图形数据（请参阅图 3-9）。左侧的菜单也提供了该图标。



Plots for device outputs

图 3-9. “Plots” 页面图标

3.2.2 旋转和按压演示

要使用旋转和按压演示，请执行以下步骤：

1. 将旋转和按压模块连接到 EVM，如图 3-10 所示。

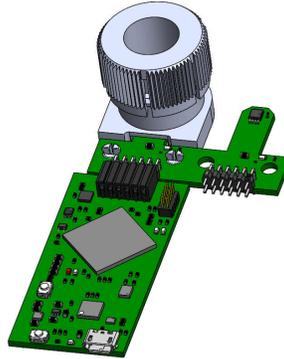


图 3-10. EVM 上的旋转和推送模块

2. 在 GUI 寄存器页面中：
 - a. 此时，“Rotate & Push” GUI 将仅显示寄存器映射页面上所选器件的结果。
 - b. 确保“DEVICE_CONFIG” → “OPERATING_MODE”显示 (TRIGGER_MODE Active)。
 - c. 确保“SYSTEM_CONFIG” → “TRIGGER_MODE”设置为默认值。
 - d. 在 SENSOR_CONFIG 寄存器下：
 - i. 确保 X 和 Y 通道均已启用 (MAG_CH_EN)。
 - ii. 对于 A1 版本，将 X_RANGE 和 Y_RANGE 设置为 $\pm 100\text{mT}$ ，对于 A2 版本，将其设置为 $\pm 133\text{mT}$ 。
 - iii. 可选：将 ANGLE_EN 设置为 X-Y 角度计算。
 - e. 在寄存器映射顶部，将 Auto Read 设置为 As fast as possible。
3. 转到“Plots”页面中的 Rotate & Push 选项卡 (请参阅图 3-11)。

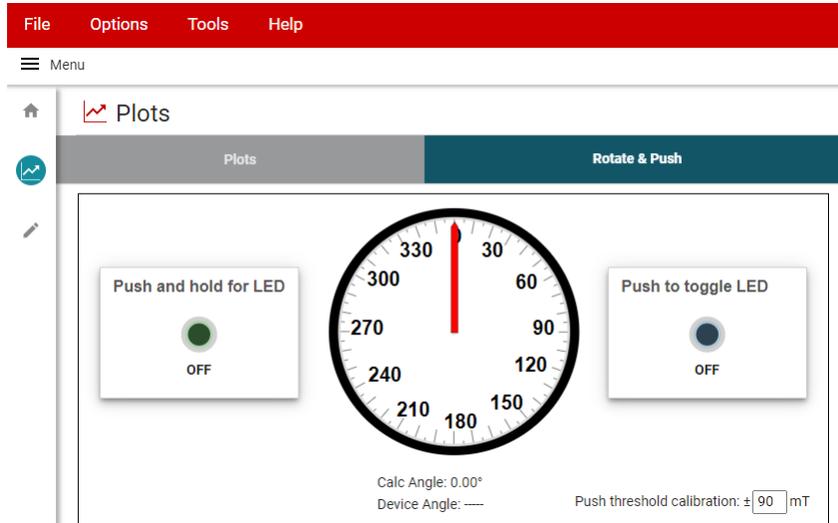


图 3-11. “Rotate & Push” GUI 页面

4. 如果按钮 LED 没有在每个角度触发或在不应该触发时触发，请通过执行以下操作来校准该模块：
 - a. 进行所需设置来运行演示后，将模块缓慢旋转 360°，并使用“Plots”页面记录 X 和 Y 通道的最小和最大磁场测量值 (以 mT 为单位) 的绝对值。
 - b. 将 Rotate & Push 选项卡中的 Push threshold calibration 值调整至大约比上面记录的最大值大 3mT 至 5mT。

3.2.2.1 优化器件角度匹配

每个 3D 霍尔效应传感器都装配在一个芯片上，封装组件将这些芯片垂直堆叠以便在 XY 平面中实现最小偏移。应消除器件关于灵敏度增益和偏移的容差：

1. 在两个器件上采集一个完整旋转过程的数据，为实现尽可能小的输入参考噪声，将平均值设置为 32x。设置器件以使用所需的轴来计算角度。
2. 在每个器件上校正一个轴的增益：
 - a. 查找角度测量中使用的每个轴的最大和最小数据点
 - b. 如果任一通道的最大值大于另一个通道的最大值的 2 倍，则需要减弱具有较大输入的通道。否则，TI 建议放大较小输入的输出
 - c. **MAG_GAIN_CONFIG** 寄存器 (0h11) 中的 **GAIN_VALUE** 用于为所需轴选择灵敏度增益调整。
 - i. 增益根据一个 11 位值 / 1024 计算得出 (对于 0-2 范围内的值)
 - ii. 使用 **GAIN_SELECTION** 选择要放大/减弱的轴
 - iii. 根据以下比率设置增益值：
 1. (最大通道 A - 最小通道 A)/(最大通道 B - 最小通道 B)。
 2. 其中的通道 A 和 B 根据步骤 2b 进行选择。
3. 重复步骤 1 以确认幅度匹配并开始计算偏移校正
 - a. 对于每个轴，使用以下公式计算偏移：
 - i. 输出偏移 = (最大值 + 最小值) / 2
 - b. 将 **MAG_OFFSET_CONFIG** (0h12) 中的 **OFFSET_SELECTION** 设置为 0b11 以便在两个轴上启用偏移校正
 - c. 使用一个 7 位 2 的补码值来设置 **OFFSET_VALUE1** 和 **OFFSET_VALUE2**，以根据步骤 3a 中的最大和最小峰值数据校正输出偏移

在校正器件的灵敏度和偏移误差之后，由于封装与旋转磁体之间存在相对的机械旋转，传感器可能仍会出现一定的测量误差。最直接的对齐方法是将传感器与旋转磁体放置在同一轴上。

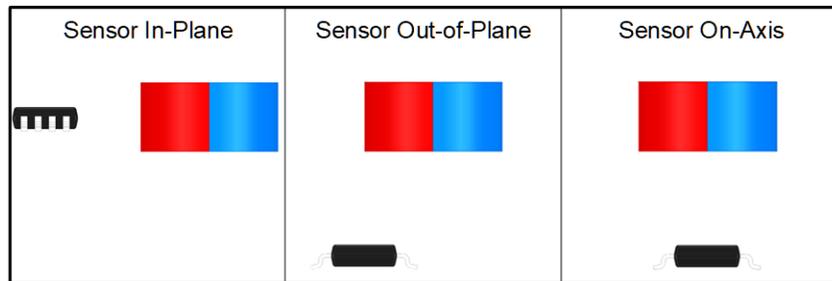


图 3-12. 传感器对齐以进行角度测量

在理想的同轴放置方案中，X 和 Y 轴数据只会观察到幅度下降，而不会影响观察到的角度线性度。由于封装有机械偏移，X 轴和 Y 轴的峰值输入数据将发生变化，因此所需的幅度校正强度将变得更加显著。此外，封装旋转可能会导致其相对于磁体位置存在角度偏移，或导致观察到的 X 轴和 Y 轴输入之间存在相位误差。当每个传感元件检测到与传感元件正交的磁场并且传感器不再与旋转磁体正交时，就会发生这种情况。因此，每个传感元件会从其他两个轴中的任何一个轴检测到矢量分量的一部分。此误差可能因系统中磁体或传感器的安装方式而异。通常，在整个系统组装完成后，需要对每个传感器进行下线校准，以获得理想结果。如需了解更多信息，请参阅德州仪器 (TI) 的[实现超高系统角度传感精度应用手册](#)。

3.2.3 直接 EVM 串行通信

如果需要，您可以通过 USB 串行 (COM) 端口直接与 TI-SCB 进行通信，而无需使用 GUI。可以通过串行端口直接发送所需的命令字符串，并接收结果。这有助于通过自定义设置、脚本和 GUI 连接 EVM。要读取和写入寄存器，请使用以下格式：

- 选择器件格式：setdevice CMD
 - 其中的 CMD 是作为整数值 (0-3) 发送的两位命令。
 - 00 = 从器件 1 读取/写入
 - 01 = 从器件 2 读取/写入
 - 10 = 写入到两个器件；从器件 1 读取
 - 11 = 写入到两个器件；从器件 2 读取
 - 写入两个器件并从器件 1 读取的有效设置命令为：
 - Setdevice 0x02
 - 在 EVM 上，可使用此命令共享 SDI 和 SDO 线路并控制 CS。MCU 可以使用两次连续写入向每个器件发送相同的写入命令，但读取数据由 MCU 单独记录。

- 读取寄存器格式：rreg ADR

- 其中 ADR 是十六进制地址，rreg 始终小写
- 寄存器地址可以是大写或小写，并且不需要以“0x”开头。也可以选择用 0 填补寄存器地址。例如，要读取寄存器地址 0xA，某些有效的命令包括：
 - rreg a
 - rreg 0A
 - rreg 0x0A
 - 使用“0x”时，“x”必须小写。
- 在上述示例中，EVM 会返回 JSON 格式的结果

```

{"acknowledge": "rreg 0x0A"}
{"register": {"address": 10, "value": 65488}}
{"evm_state": "idle"}

```

- 写入寄存器格式：wreg ADR VAL

- 其中 ADR 和 VAL 采用十六进制，wreg 始终小写
- 寄存器地址和值可以是大写或小写，并且不需要以“0x”开头。也可以选择用 0 填充寄存器地址和值。例如，要向寄存器地址 0x1 写入值 0x01c0，某些有效的命令包括：
 - wreg 1 1c0
 - wreg 01 0x1c0
 - wreg 0x01 0x01C0
 - 使用“0x”时，“x”必须小写。
- 在上述示例中，EVM 会返回 JSON 格式的结果：

```

{"acknowledge": "wreg 0x01 0x01C0"}
{"console": "Writing 0x1c0 to SENSOR_CONFIG register"}
{"evm_state": "idle"}

```

4 原理图、PCB 布局和物料清单

备注

电路板布局未按比例显示。这些图旨在显示电路板的布局。而不用于制造 EVM PCB。

4.1 原理图

图 4-1 和图 4-2 显示了 EVM 的原理图。图 4-1 显示了 EVM 的电路，图 4-2 显示了随 EVM 提供的机械部件。

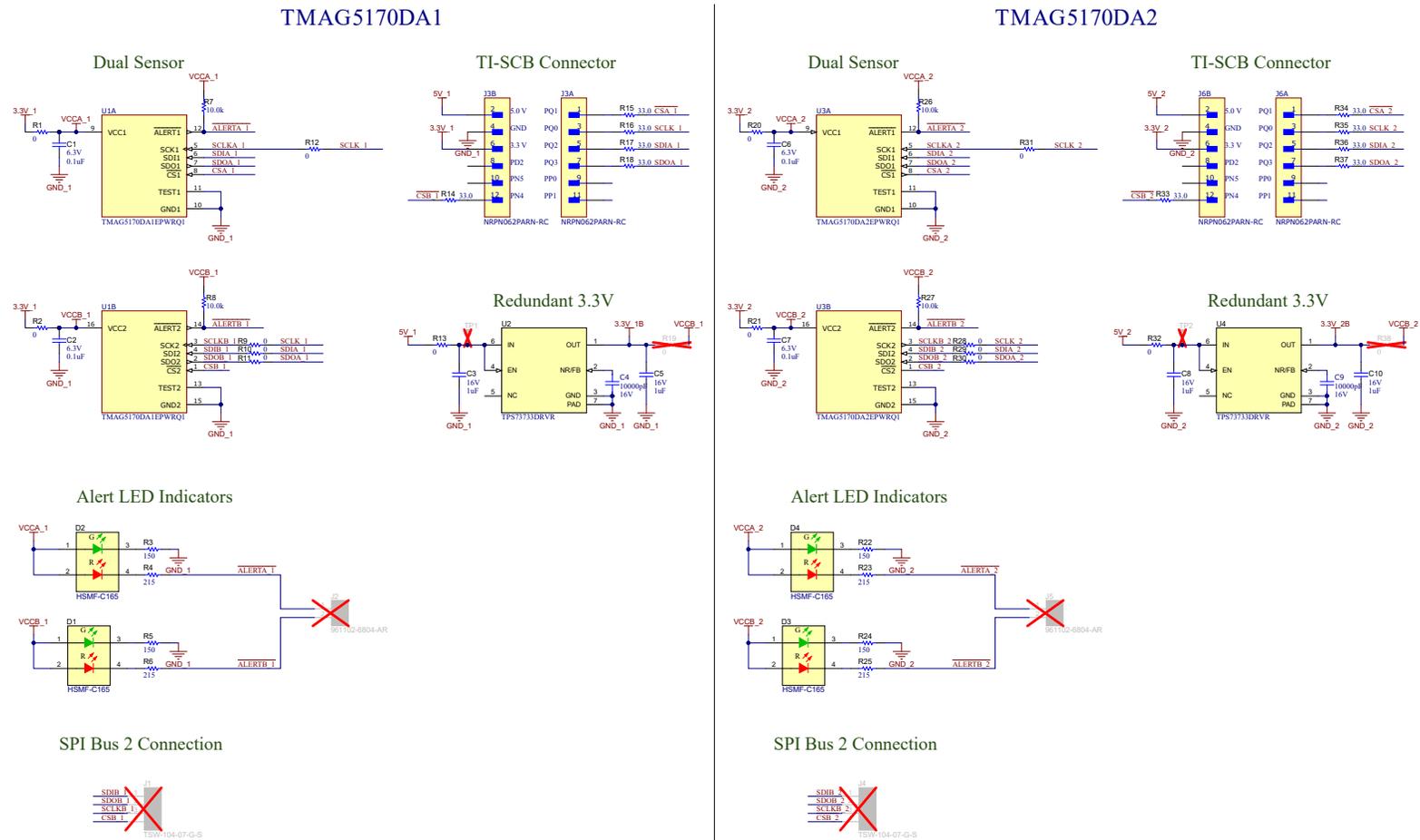


图 4-1. TMAG5170DEVM 原理图

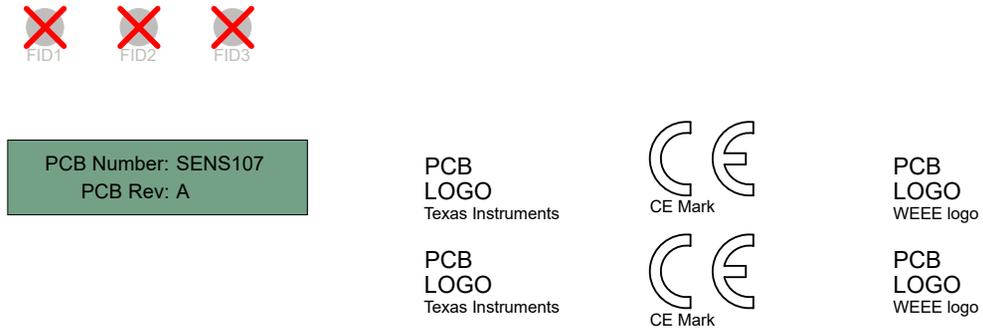


图 4-2. 硬件原理图

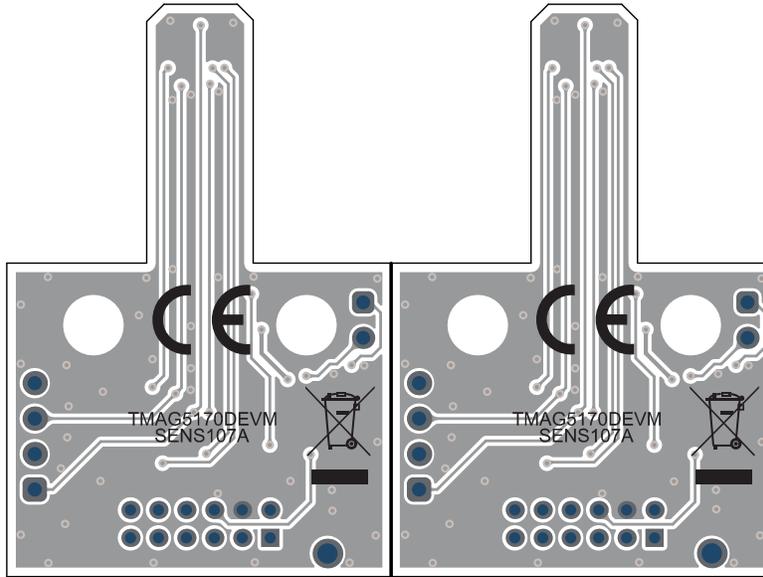


图 4-5. 底视图

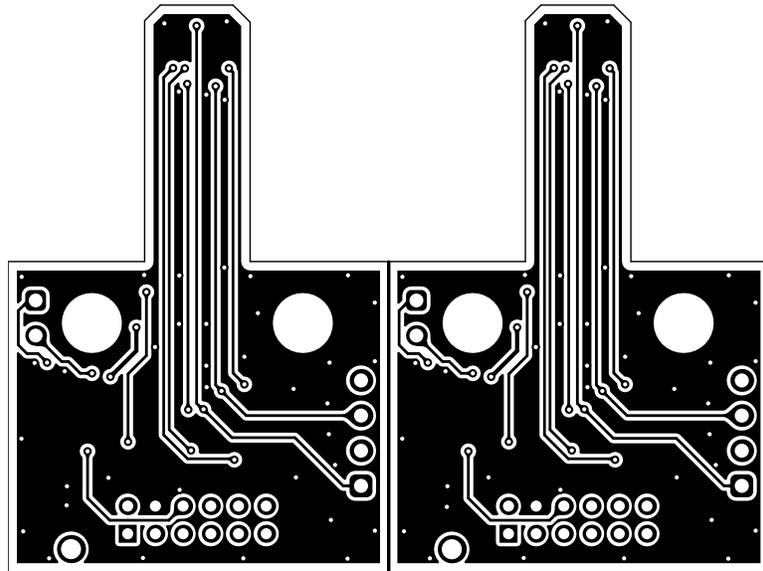


图 4-6. 底层

4.3 物料清单

表 4-1 提供了 EVM 的器件列表。

表 4-1. 物料清单

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		SENS107	不限
C1、C2、C6、C7	4	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R60J104KE19D	MuRata (村田)
C3、C5、C8、C10	4	1uF	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, +/-10%, X5R, 0402	0402	EMK105BJ105KVHF	Taiyo Yuden
C4、C9	2	10nF	10000pF \pm 20% 16V 陶瓷电容器 X5R 01005 (公制 0402)	010005	CM02X5R103M16AH	AVX
D1、D2、D3、D4	4	Rg	LED, Rg, SMD	1.6x0.8mm	HSMF-C165	Avago (安华高)
J3, J6	2			HDR12	NRPN062PARN-RC	Sullins Connector Solutions
R1、R2、R9、R10、R11、R12、R13、R20、R21、R28、R29、R30、R31、R32	14	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo
R3、R5、R22、R24	4	150	电阻, 150, 5%, 0.05W, 0201	0201	RC0201JR-07150RL	Yageo America (国巨美国)
R4、R6、R23、R25	4	215	电阻, 215, 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-07215RL	Yageo America (国巨美国)
R7、R8、R26、R27	4	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0402	0402	ERJ-2RKF1002X	Panasonic (松下)
R14、R15、R16、R17、R18、R33、R34、R35、R36、R37	10	33.0	电阻, 33.0, 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-0733RL	Yageo America (国巨美国)
U1	0		具有 SPI 的双芯片高精度 3D 线性霍尔效应传感器	TSSOP16	TMAG5170DA1EPWRQ1	德州仪器 (TI)
U2, U4	2		单路输出 LDO, 1A, 可调节电压 (1.2V 至 5.0V), 反向电流保护, DRV0006A (WSON-6)	DRV0006A	TPS73733DRVR	德州仪器 (TI)
U3	1		具有 SPI 的双芯片高精度 3D 线性霍尔效应传感器	TSSOP16	TMAG5170DA2EPWRQ1	德州仪器 (TI)
FID1、FID2、FID3	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
J1、J4	0		接头, 100mil, 4x1, 金, TH	4x1 接头	TSW-104-07-G-S	Samtec (申泰)
J2、J5	0		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	961102-6804-AR	3M
R19、R38	0	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo

4.2 PCB 布局

图 4-3 至图 4-6 显示了 EVM 的各 PCB 层。

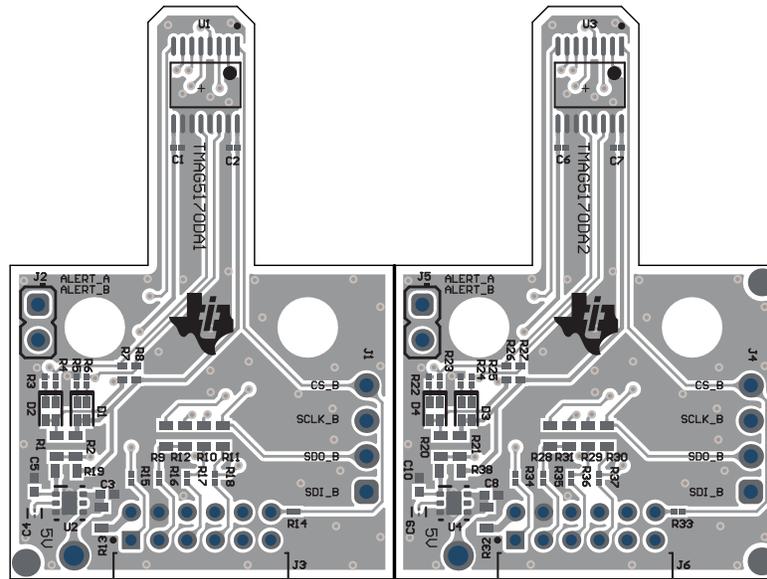


图 4-3. 顶视图

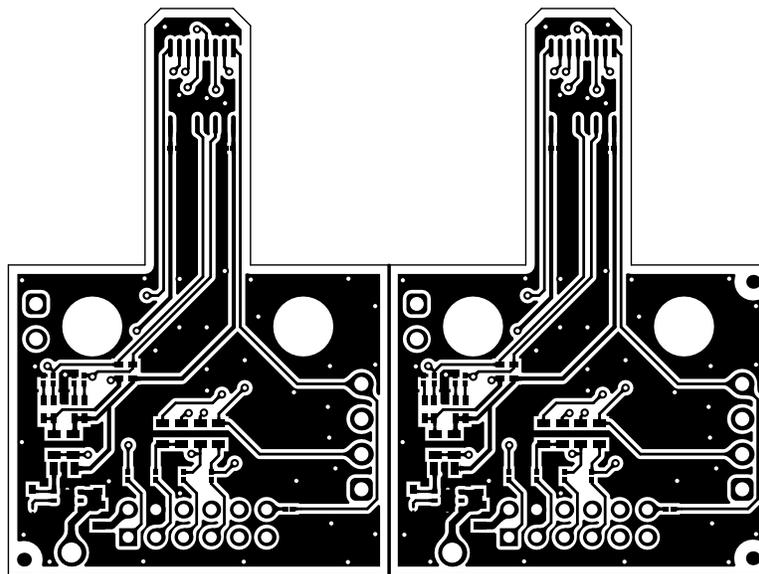


图 4-4. 顶层

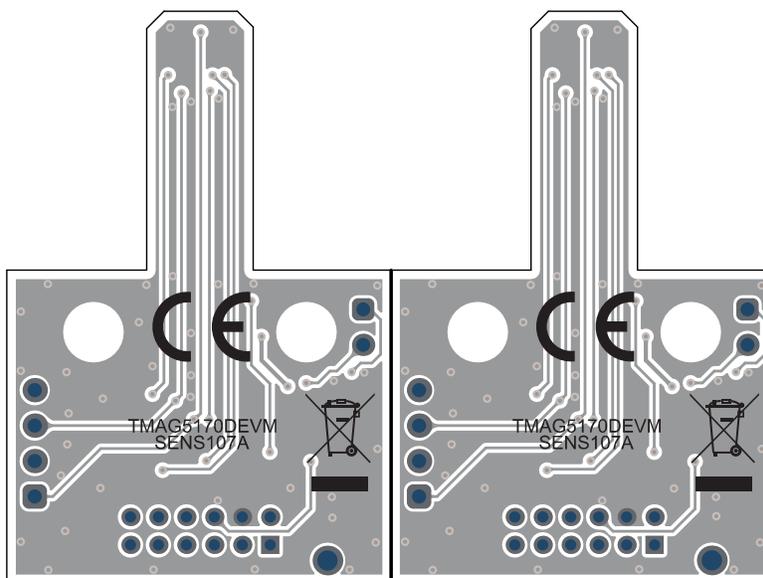


图 4-5. 底视图

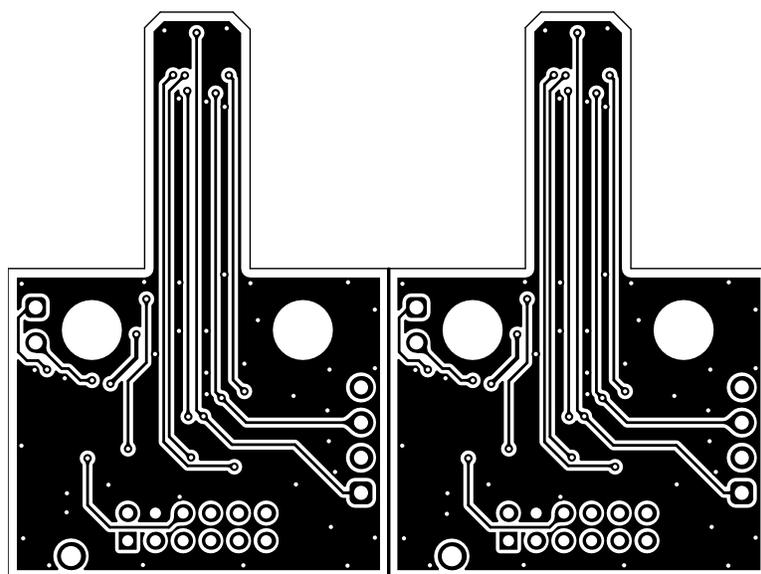


图 4-6. 底层

4.3 物料清单

表 4-1 提供了 EVM 的器件列表。

表 4-1. 物料清单

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		SENS107	不限
C1、C2、C6、C7	4	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R60J104KE19D	MuRata (村田)
C3、C5、C8、C10	4	1uF	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, +/-10%, X5R, 0402	0402	EMK105BJ105KVHF	Taiyo Yuden
C4、C9	2	10nF	10000pF \pm 20% 16V 陶瓷电容器 X5R 01005 (公制 0402)	010005	CM02X5R103M16AH	AVX
D1、D2、D3、D4	4	Rg	LED, Rg, SMD	1.6x0.8mm	HSMF-C165	Avago (安华高)
J3, J6	2			HDR12	NRPN062PARN-RC	Sullins Connector Solutions
R1、R2、R9、R10、R11、R12、R13、R20、R21、R28、R29、R30、R31、R32	14	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo
R3、R5、R22、R24	4	150	电阻, 150, 5%, 0.05W, 0201	0201	RC0201JR-07150RL	Yageo America (国巨美国)
R4、R6、R23、R25	4	215	电阻, 215, 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-07215RL	Yageo America (国巨美国)
R7、R8、R26、R27	4	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0402	0402	ERJ-2RKF1002X	Panasonic (松下)
R14、R15、R16、R17、R18、R33、R34、R35、R36、R37	10	33.0	电阻, 33.0, 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-0733RL	Yageo America (国巨美国)
U1	0		具有 SPI 的双芯片高精度 3D 线性霍尔效应传感器	TSSOP16	TMAG5170DA1EPWRQ1	德州仪器 (TI)
U2, U4	2		单路输出 LDO, 1A, 可调节电压 (1.2V 至 5.0V), 反向电流保护, DRV0006A (WSON-6)	DRV0006A	TPS73733DRVR	德州仪器 (TI)
U3	1		具有 SPI 的双芯片高精度 3D 线性霍尔效应传感器	TSSOP16	TMAG5170DA2EPWRQ1	德州仪器 (TI)
FID1、FID2、FID3	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
J1、J4	0		接头, 100mil, 4x1, 金, TH	4x1 接头	TSW-104-07-G-S	Samtec (申泰)
J2、J5	0		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	961102-6804-AR	3M
R19、R38	0	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司