



摘要

本用户指南介绍了 TMAG5328 评估模块 (EVM) 的特性、运行和使用情况。本 EVM 用于评估 TMAG5328 的性能。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等术语指的是 TMAG5328EVM。本文档包括原理图、参考印刷电路板 (PCB) 和完整的物料清单 (BOM)。

内容

1 概述	2
1.1 特性.....	3
2 套件内容	4
3 德州仪器 (TI) 提供的相关文档	4
4 硬件	5
4.1 EVM 阈值调整选项.....	5
4.2 电源选项和跳线设置.....	9
5 EVM 操作	11
5.1 利用 SCB 和 GUI 进行评估.....	11
5.2 评估时不需要 SCB 和 GUI (EVM 独立模式)	19
5.3 迎面线性位移演示.....	20
6 原理图、PCB 布局和物料清单	22
6.1 原理图.....	23
6.2 PCB 布局.....	24
6.3 物料清单.....	28
7 修订历史记录	30

商标

Chrome® is a registered trademark of Google LLC.

Firefox® is a registered trademark of Mozilla Foundation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 概述

TMAG5328 是一款电阻器可调节的器件，当连接到器件“ADJ”引脚的外部电阻器的阻值改变时，该器件的内部磁性阈值灵敏度 (B_{OP}) 也发生变化。当施加的磁通密度超过 B_{OP} 阈值时，器件会输出低电压。输出会保持低电平，直到磁通密度降低至低于释放点 (B_{RP})，随后输出驱动至高电压。 B_{OP} 可在 2mT 至 15mT 范围内任意选择。此器件支持设计一种仅通过一个霍尔传感器实现多种灵敏度的系统平台，从而减少了器件库存管理，同时可在组装后进行 B_{OP} 调节，利于进行原型设计。除了使用电阻器直接设置 B_{OP} ，还可以直接在 ADJ 引脚上施加电压来设置 B_{OP} ，假设电压源可以正确地灌入 ADJ 引脚上生成的内部电流。

TMAG5328EVM 是一个易于使用的平台，用于评估 TMAG5328 的性能。此 EVM 支持使用四种选项来调节 B_{OP} ：使用固定电阻器，用电位器生成可调节电阻，用 DAC43701 DAC 生成可调节电压或使用外部电压源。图 1-1 展示了此 EVM。传感器控制器板 (SCB) 将 EVM 连接到 PC GUI。请注意，SCB 与 TMAG5328EVM 分别销售。

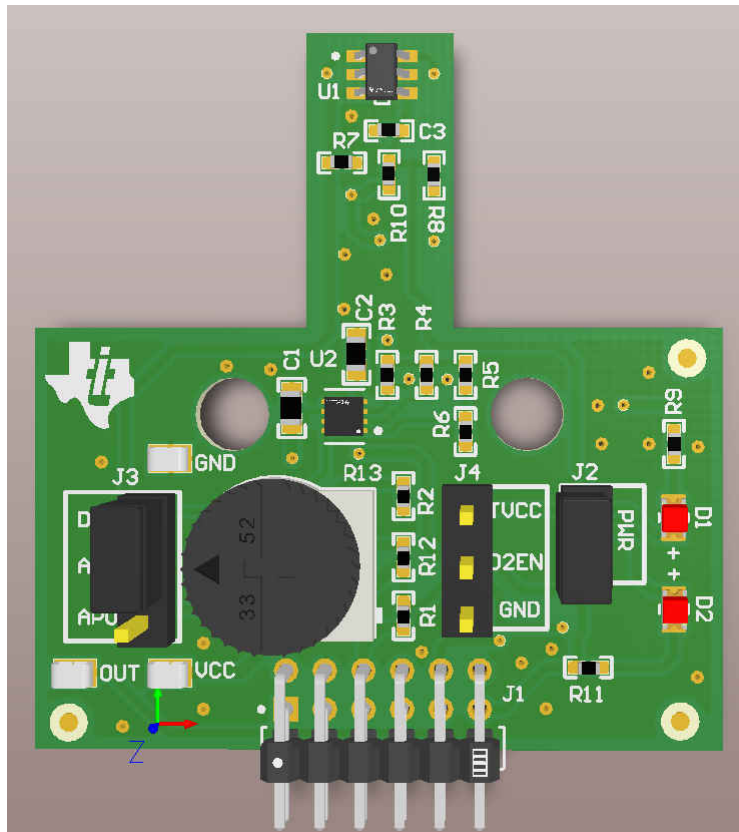


图 1-1. TMAG5328 评估模块

此 EVM 旨在提供这些器件的基本功能评估。此布局并非作为目标电路的模型使用，也不针对电磁兼容性 (EMC) 测试进行布局。

1.1 特性

该 EVM 包含以下特性：

- 支持设置 B_{OP} 的多种选项
 - GUI 控制的 DAC (需要传感器控制器板进行初始化)
 - 在 TMAG5328 ADJ 引脚上设置电压，以生成理想的 B_{OP}
 - 更改 DAC 输出电压，可实现动态变化的 B_{OP}
 - DAC 上的非易失性存储器可存储 DAC 输出电压设置，未来无需 GUI 或传感器控制器板即可支持运行。
 - 电位器
 - 在 TMAG5328 ADJ 引脚上设置电阻，以生成理想的 B_{OP}
 - 调整电位器位置，可实现动态变化的 B_{OP}
 - 用于创建静态 B_{OP} 的电阻器空间
 - 外部电源
- TMAG5328 输出上的 LED 可用于目视检查开关的输出状态
- 灵活的 TMAG5328 电源选项
 - 传感器控制器板提供的 3.3V 电源轨：支持无外部电源的评估
 - 外部电源：TMAG5328 由传感器控制器板独立供电，支持在 3.3V 之外的电压下测试 TMAG5328
- 套件中包含 3D 打印的磁性附件，以便于磁性测试

2 套件内容

表 2-1 列出了 EVM 套件的内含物。如果缺少任何元件，请与离您最近的德州仪器 (TI) 产品信息中心联系。

表 2-1. 套件内容

产品	数量
TMAG5328EVM	1
手持磁铁	1
迎面线性位移 3D 打印模块	1

3 德州仪器 (TI) 提供的相关文档

本用户指南可从 TI 网站上获得，文献编号为 [SBAU376](#)。附加到文献编号的任何字母都对应于撰写本文档时的最新文档修订版。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 3-1 列出了与 EVM 相关的文档。点击表 3-1 中的链接，了解更多信息。器件名称链接到 www.ti.com 上的产品网络文件夹。文献编号链接到 PDF 文档。

表 3-1. 相关文档

文档标题	文档文献编号
TMAG5328 数据表	SLYS044

4 硬件

图 4-1 展示了 TMAG5328EVM 的 TMAG5328 部分的原理图片段。EVM 支持通过三种板载选项调整 B_{OP} ：由 GUI 控制的 DAC、电位器或固定电阻器。根据图 4-1 中电阻器 R7 和接头 J3 的配置选择不同的 B_{OP} 选项。EVM 还有其他接头和测试点用于进一步配置 EVM。

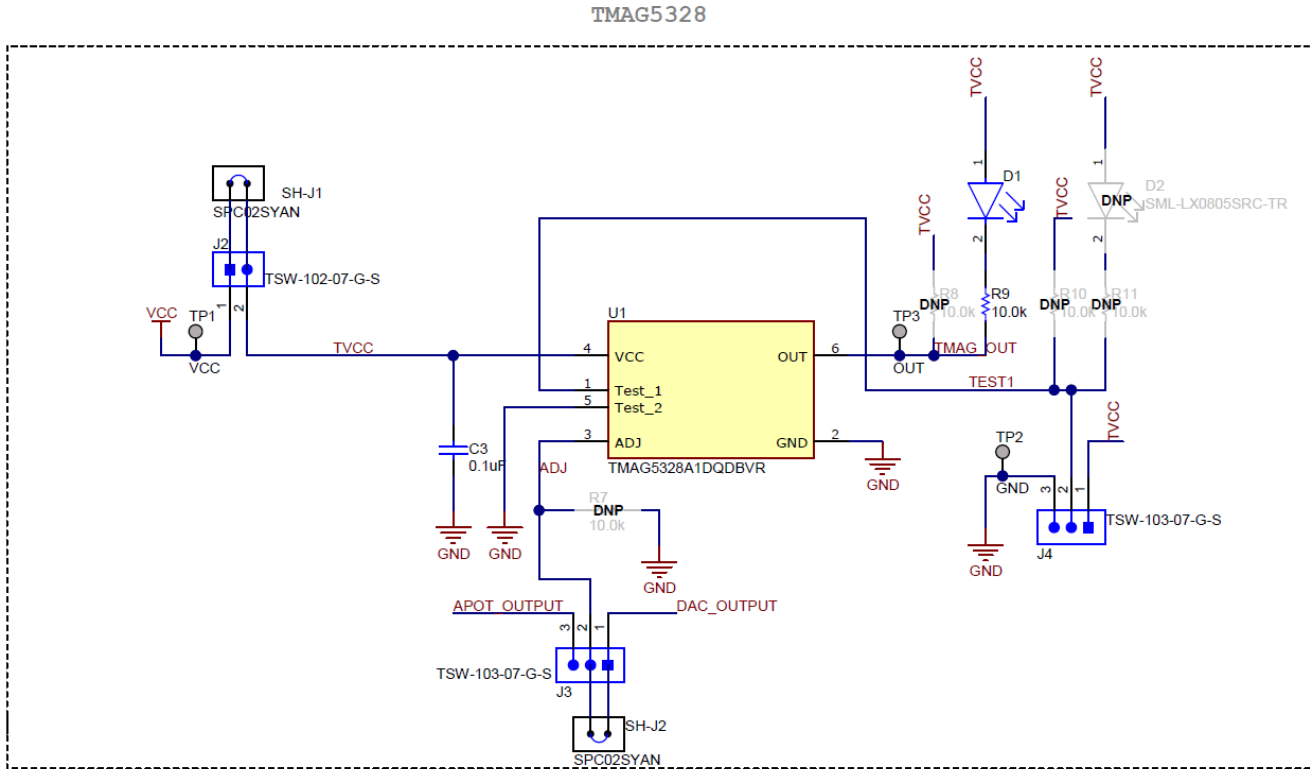


图 4-1. TMAG5328EVM 的 TMAG5328 部分的原理图片段

4.1 EVM 阈值调整选项

4.1.1 利用 DAC 调整阈值

TMAG5328 设置 B_{OP} 的一个选项是使用板载 DAC43701 DAC 在 TMAG5328 ADJ 引脚上输出电压。DAC43701 是 8 位电压输出 DAC，具有非易失性存储器和 I²C 接口。非易失性存储器可在断电情况下保留设定的值。因此，如果 DAC 输出设置存储在 DAC 的非易失性存储器中，微控制器就不需要在每次复位后都重新配置 DAC。如果理想的 DAC 输出电压之前存储在器件的非易失性存储器中，DAC43701 可以设置 TMAG5328 的 B_{OP} ，无需之后使用 SCB。只在 DAC 电压进行初始编程并将此电压存储到非易失性存储器时需要 SCB 和 GUI。

DAC43701 还具有可在 TMAG5328EVM 中使用的内部基准选项功能。使用内部基准时，DAC 的输出电压不会随电源电压显著变化（前提条件是 DAC43701 的电源电压在建议的 1.8V 到 5.5V 范围内）。

使用方程式 1 将 ADJ 引脚上的电压转换为 B_{OP} 设置：

$$B_{OP} = 0.0125 \times \text{ADJ voltage} \quad (1)$$

其中：

- B_{OP} 的单位为 mT
- ADJ_{voltage} 的单位为 mV

例如，如果对 ADJ 引脚施加了 680mV 电压， B_{OP} 将设为 8.5mT。

TMAG5328 ADJ 引脚可接受从 0.16V 到 1.2V 的电压。GUI 可确保 DAC 输出电压不会超出 0.16V 到 1.2V 的范围，以保持在此电压范围内。

GUI 支持根据以下选项设置 DAC 电压：

- **TMAG5328 当前感应到的磁通密度**：对于此选项，DAC 会扫描 ADJ 引脚上的电压（从 1.2V (15mT) 到 0.16V (2mT)），然后找到导致 TMAG5328 输出置为低电平的第一个 DAC 代码，以此确定感应到的磁通密度。将第一个 DAC 代码转换回相应的 DAC 输出电压，然后再使用上述公式将其转换为相应的 B_{OP} 。如果在 ADJ 引脚上施加 1.2V 后 TMAG5328 置为低电平，则感应到的磁通密度大于器件支持的 15mT B_{OP} 最大值。如果在 ADJ 引脚上施加 0.16V 后 TMAG5328 仍置为高电平，则感应到的磁通密度小于器件支持的 2mT B_{OP} 最小值。
- 手动输入以下参数之一（GUI 一次仅启用这些参数中的一个）：
 - 理想的 B_{OP}
 - ADJ 引脚上的理想电压
 - ADJ 等效电阻：在此设置会施加电压，该电压将产生与输入电阻相同的 B_{OP} ，以此来模拟在 ADJ 引脚上放置电阻器。

GUI 还会根据 DAC 输出电压计算等效电阻值。等效电阻值是**固定电阻器阈值调整选项**的电阻值，将生成与当前设置的 DAC 输出电压相同的 B_{OP} 。进行等效电阻计算后，GUI 可使用 DAC 精准地确定在没有 DAC 的最终系统中所需的 ADJ 电阻值。

图 4-2 展示了 TMAG5328EVM 中的 DAC43701 部分的原理图片段。以下原理图片段也与 DAC43701 兼容，这是 DAC43701 的 10 位版本。另外，此片段也与 TPL1401 兼容，这是 8 位数字电位器器件。

若要选择设置 B_{OP} 的 DAC 选项，DAC 输出必须连接到 ADJ 引脚，连接步骤如下：

- 不要组装 R7 电阻器。
- 在接头 J3 的“DAC”（引脚 1）和“ADJ”（引脚 2）之间连接一个跳线。

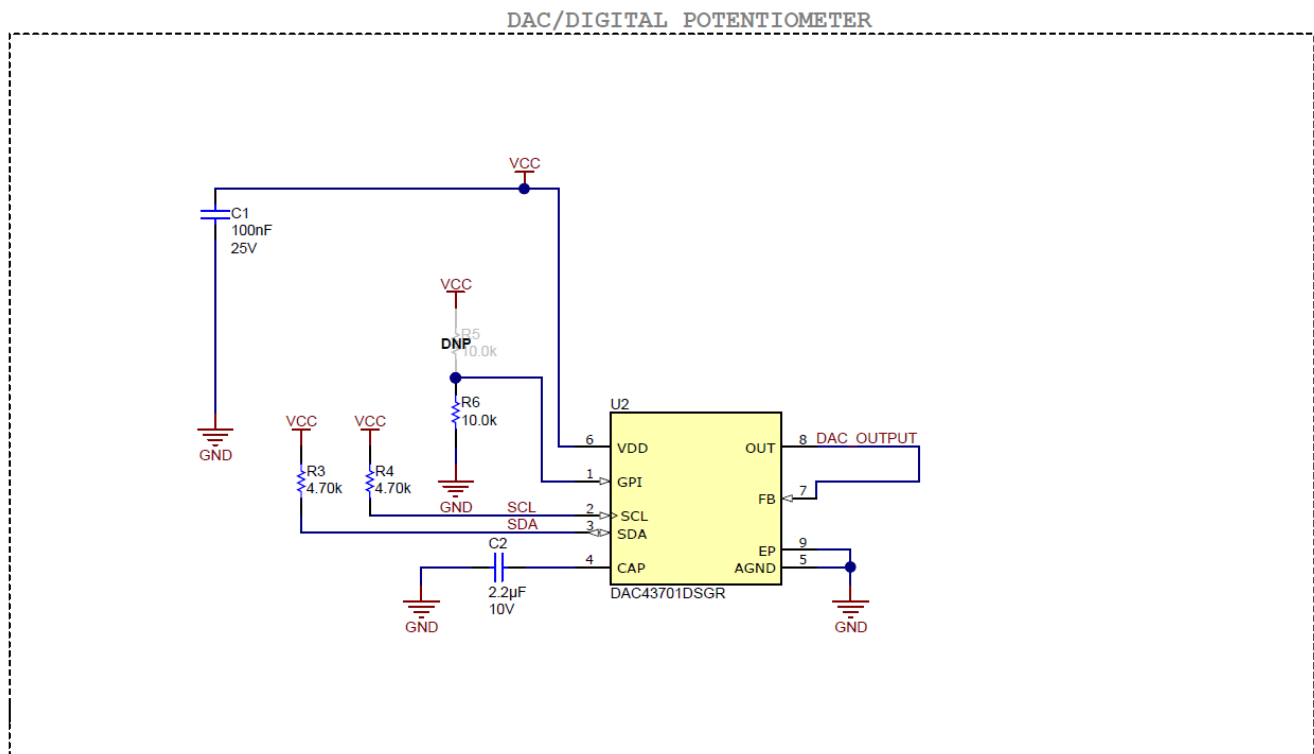


图 4-2. TMAG5328EVM 的 DAC43701 部分的原理图片段

4.1.2 利用电位器调整阈值

还可以使用 EVM 上的模拟电位器设置 TMAG5328 的 B_{OP} 。若要选择设置 B_{OP} 的电位器选项，电位器必须连接到 ADJ 引脚，连接步骤如下：

- 不要组装 R7 电阻器。

- 在接头 J3 的“APOT”（引脚 3）和“ADJ”（引脚 2）之间连接一个跳线。

使用方程式 2 将 ADJ 和 GND 引脚间的电阻转换为 B_{OP} 设置：

$$B_{OP} = ADJ_{resistance} \quad (2)$$

其中：

- B_{OP} 的单位为 mT
- $ADJ_{resistance}$ 的单位为 $k\Omega$

例如，如果 ADJ 和 GND 之间的电阻为 $8.5k\Omega$ ， B_{OP} 将设为 8.5mT。

图 4-3 展示了 EVM 电位器部分的原理图片段。此电路包含一个 $10k\Omega$ 电位器 (R13)，与 $4.3k\Omega$ 的固定电阻器 (R2) 串联。使用电位器设置 B_{OP} 时，ADJ 引脚的电阻等于 R2 和 R13 的电阻之和。因此，ADJ 引脚的电阻在 $4.3k\Omega$ 与 $14.3k\Omega$ 之间，具体取决于电位器的位置。 $4.3k\Omega$ 到 $14.3k\Omega$ 的电阻范围对应于 4.3mT 到 14.3 mT 的 B_{OP} 。使用了 $10k\Omega$ 电位器，因此电位器仅同时涵盖 B_{OP} 设置的 10mT 范围。但可以修改 R2 电阻器，以选择支持哪些 B_{OP} 选项。例如，如果要支持 2mT 到 12mT 的范围，可以将 R2 替换为 $2k\Omega$ 的电阻器。同样，如果要支持 5mT 到 15mT 的范围，可以将 R2 替换为 $5k\Omega$ 的电阻器。

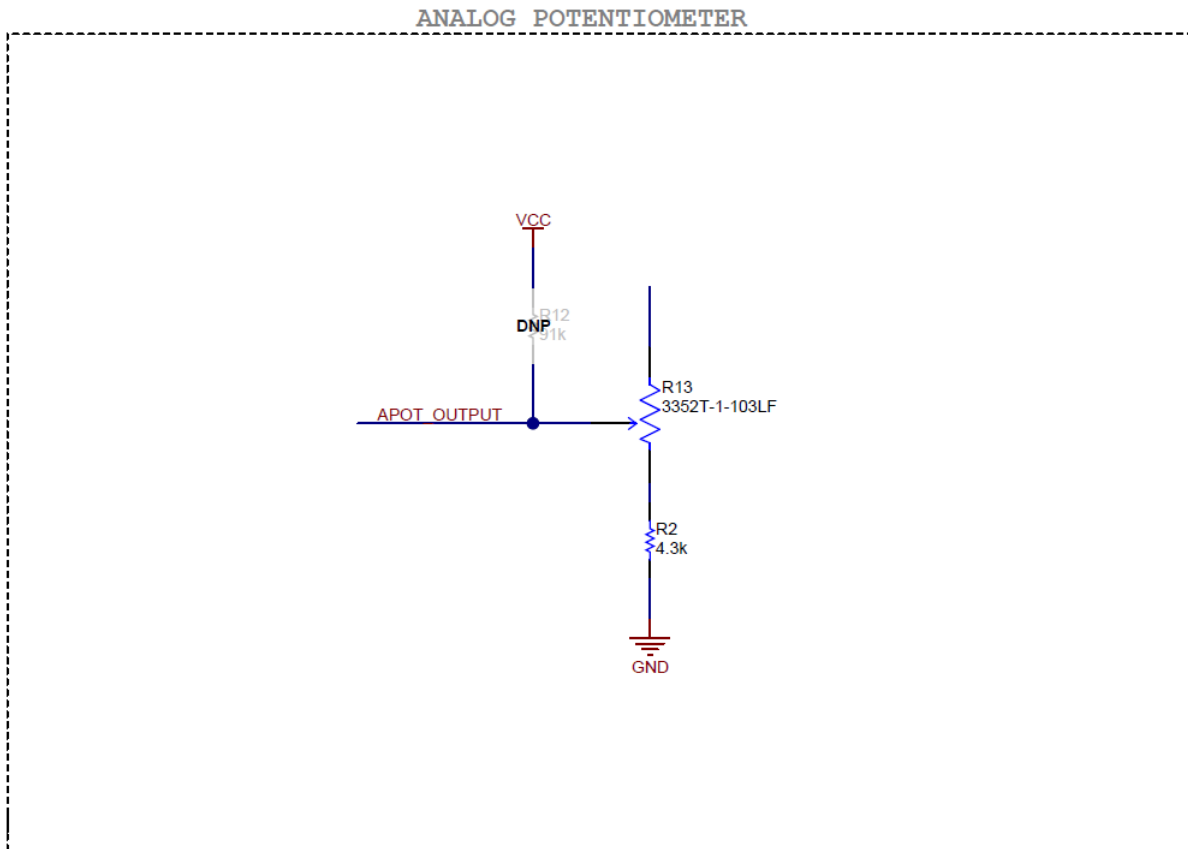


图 4-3. TMAG5328EVM 电位器部分的原理图片段

逆时针转动电位器可增加电阻。图 4-4 和图 4-5 分别显示了对应于 $4.3k\Omega$ 和 $14.3k\Omega$ ADJ 电阻的电位器位置。

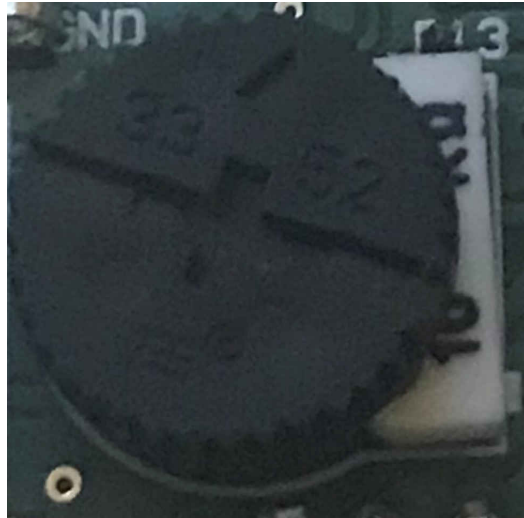


图 4-4. 生成 4.3k Ω ADJ 电阻的电位器位置



图 4-5. 生成 14.3k Ω ADJ 电阻的电位器位置

4.1.2.1 使用电位器预估 TMAG5328 感应到的磁通密度

与“扫描 DAC 输出电压，以确定感应磁通密度”类似，也可以通过调整电位器位置，扫描其电阻来预估感应到的磁通密度。在这种方法中，放置电位器是为了生成最大电阻（图 4-5）。在电位器的此位置，如果 TMAG5328 的输出未置于高电平（LED 灭），请用 5k Ω 电阻器来替换 R2。如果替换 R2 后输出仍未置于高电平，则感应到的磁通密度大于 TMAG5328 可以感应的 15mT 磁通密度最大值。

如果对 ADJ 引脚施加了最大电阻后 TMAG5328 的输出仍未置于高电平，请缓慢地顺时针旋转电位器，直到 TMAG5328 的输出首次置于低电平（LED 亮起）。输出置于低电平时停止转动电位器。这时可测量 ADJ 引脚和接地 GND 引脚间的电阻，输入到上面的公式中，即可确定 TMAG5328 感应到的磁通密度。如果电位器已顺时针旋转到头（图 4-4）而输出仍未置于低电平，请将 R2 替换为 2k Ω 电阻器。如果替换 R2 后输出仍未置于低电平，则感应到的磁通密度小于 TMAG5328 可以感应的 2mT 磁通密度最小值。

由于电位器不会受到电源复位的影响，如果其位置未移动，可确保电源复位后使用相同的 B_{OP} 。因此无论是否连接了 SCB 板，均可使用电位器选项。但如果电位器的位置意外改变， B_{OP} 也会改变。为确保 B_{OP} 不变，一个选项是测量 ADJ 引脚和 GND 引脚之间的电阻，然后通过固定电阻器阈值调整选项使用此电阻器。请确保在系统未通电时进行这些电阻测量。

4.1.3 利用固定电阻器调整阈值

设置 B_{OP} 的另一选项是在 R7 上放置电阻器 (请参见图 4-1)。R7 是 TMAG5328 的 ADJ 和 GND 引脚之间的电阻。您必须选择 $2k\Omega$ 到 $15k\Omega$ 之间的电阻。

如果选择固定电阻器选项设置 B_{OP} ，请移除 J3 上的跳线，使 DAC、电位器或任何其他器件都不连接到 ADJ 引脚。

4.2 电源选项和跳线设置

此 EVM 中的 TMAG5328 可从板上的主电源轨供电，在板上标记为 VCC，也可从独立于板上主电源轨的外部电源供电。若要从 VCC 电压轨为 TMAG5328 供电，请在接头 J2 的引脚 1 和 2 上添加跳线。向 J2 添加跳线，TMAG5328 将从与 DAC43701 相同的电源供电。如果将 SCB 连接到 TMAG5328EVM，SCB 可提供 3.3V VCC，在这种情况下外部电源不应连接到 VCC。但如果未将 SCB 连接到 TMAG5328EVM，可在 VCC 和 GND 测试点间连接外部电源，从而将 VCC 连接到外部电源。在这种情况下，外部电源的电压必须设为 1.8V 到 5.5V 之间，处于 DAC43701 和 TMAG5328 的正常电源电压范围内。

若要从独立于板上主电源轨的外部电源为 TMAG5328 供电，请移除 J2 上的跳线，将 J4 引脚 1 (在板上标记为 TVCC) 连接到电源的正端子，然后将板的接地端连接到电源的负端子。此配置可实现从 DAC 和 SCB 之外的电源为 TMAG5328 供电。TMAG5328 的电源电压应设为 1.65V 到 5.5V 之间，这是 TMAG5328 的正常电源电压范围。

各种跳线接头和跳线设置可增加电路板的灵活性。一些接头需要正确连接跳线，才能使电路板正常发挥作用。表 4-1 显示了板上每个接头的功能。

表 4-1. 接头名称和跳线设置

插头名称	类型	主要功能	有效应用场景
J1	2 个 6 引脚接头	连接至 SCB	<p>若要将 TMAG5328EVM 连接到 SCB，请将这个公接头连接到 SCB 上的 J1 母接头。此接头包括以下引脚映射 (偶数引脚在顶行，奇数引脚在底行)：</p> <ul style="list-style-type: none"> 引脚 4：GND 引脚 6：VCC (3.3V 由 SCB 提供) 引脚 9：TMAG5328 输出 引脚 10：DAC43701 SCL I2C 通信信号 引脚 11：未使用 引脚 12：DAC43701 SDA I2C 通信信号
J2	2 引脚跳线接头	PWR：TMAG5328 电源选择	<ul style="list-style-type: none"> 在这里放置跳线，用板上的 VCC 电压轨为 TMAG5328 的电源轨 (在 EVM 上的标记为 TVCC) 供电。 如果您要从独立于 DAC 和 SCB 的外部电源为 TMAG5328 供电，请移除这里的跳线，在 J4 引脚 1 和 GND 之间连接外部电源。此选项可测试 TMAG5328 在除 SCB 提供的 3.3V 之外的其他电压下的表现。

表 4-1. 接头名称和跳线设置 (continued)

插头名称	类型	主要功能	有效应用场景
J3	3 引脚跳线接头	阈值调整选项选择	<ul style="list-style-type: none"> 在“ADJ”（引脚 2）和“DAC”（引脚 1）位置之间放置跳线，使用 DAC 设置 B_{OP}。确保未组装 R7 电阻器。更多详细信息，请参阅节 4.1.1。 在“ADJ”（引脚 2）和“APOT”（引脚 3）位置之间放置跳线，使用电位器设置 B_{OP}。确保未组装 R7 电阻器。更多详细信息，请参阅节 4.1.2。 若要使用固定电阻器设置 B_{OP}，请移除此引脚上的跳线，确保没有跳线。根据所需 B_{OP} 在 R7 上添加电阻器。此电阻器应在 $2k\Omega$ 到 $15k\Omega$ 之间。请参阅节 4.1.3 了解更多详情。 若要使用外部电压源设置 B_{OP}，请移除此引脚上的跳线，确保没有跳线，同时确保未组装 R7 电阻器。外部电源应连接在“ADJ”（引脚 2）和 GND 之间。施加的电压应在 0.16V 到 1.2V 之间。此外，电压源必须能够在 $4\mu s$ 之内灌入 $80\mu A$ 电流，以确保正常运行。
J4	3 引脚接头	在此处探测 TVCC 和 GND。	在这里探测 TVCC（引脚 1）和 GND（引脚 3）。如果 J2 上有跳线，TVCC 会连接到板上的 VCC。若要从独立于 VCC 的外部电源为 TMAG5328 供电，请移除 J2 上的跳线接头，在 TVCC 和 GND 之间连接外部工作台电源。

5 EVM 操作

此 EVM 可通过两种选项进行评估。第一种选项需使用 SCB 和 GUI。第二种选项需使用 TMAG5328EVM，无需 SCB 和 GUI，TMAG5328EVM 作为独立板运行。对于这两种选项，可使用迎面模块 (节 5.3) 以促进磁性测试顺利执行。

5.1 利用 SCB 和 GUI 进行评估

若要将 EVM 与 SCB 搭配使用，如图 5-1 中所示连接 EVM。

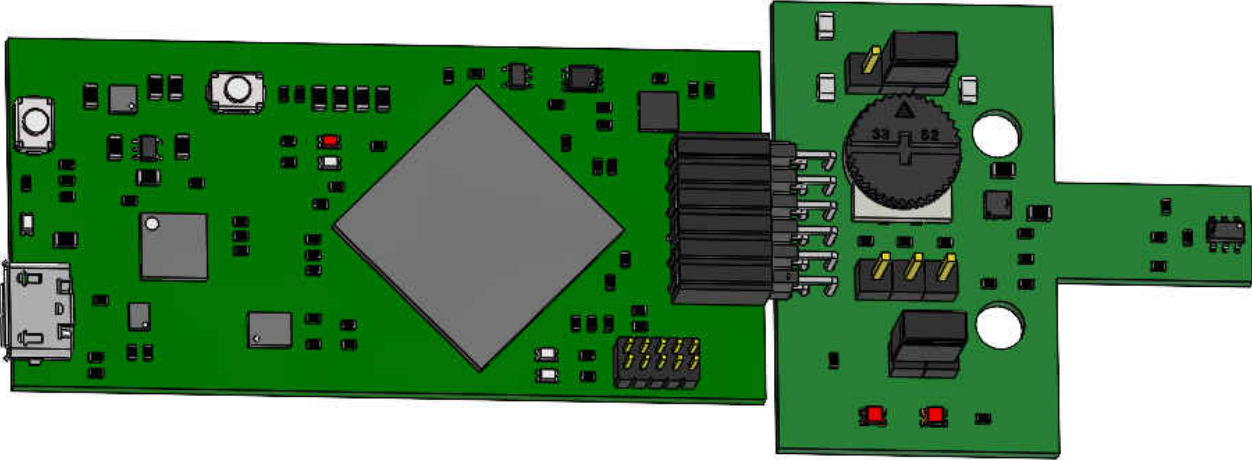


图 5-1. 连接到 TMAG5328EVM 的传感器控制板

5.1.1 驱动程序安装

在使用 SCB 之前，下载并安装此驱动程序：<http://www.ti.com/lit/zip/sbac253>。每台计算机只需执行一次此步骤。解压缩文件夹并以管理员权限运行 .exe 文件。

5.1.2 固件

固件必须刷写到 SCB 上，以便与 TMAG5328EVM 正常通信。使用 TMAG5328EVM 时，在刷写 SCB 后，只要未擦除固件，或用另一 EVM 的固件替换，就不必再次将固件刷写到 SCB。如果固件已擦除或替换，必须再次将 TMAG5328EVM 固件刷写到 SCB 上，以便与 TMAG5328EVM 进行通信。可从以下位置下载固件的最新版本：<https://www.ti.com/lit/zip/sbac297>。也可以使用 GUI 将它下载到 SCB 上。

5.1.2.1 更新 SCB 上的固件

请按如下步骤安装固件。

1. 将 SCB 上的 MCU 配置为器件固件更新 (DFU) 模式。在 SCB 通电的情况下，可通过以下任一方法手动进入 DFU 模式：
 - a. 通过软件：
 - 在 SCB 的 USB 串行 (COM) 端口上发送命令“bsl”。
 - b. 通过硬件 (移除 EVM)：
 - 使用镊子 (或导线) 短接标记为 DFU (请参见图 5-2) 的两个测试点，同时按下 RESET (复位) 按钮。如果正确操作，SCB 上的 LED D1 应灭掉，而 LED D5 (电源 LED) 仍亮着。如果 LED D1 仍亮着，GUI 固件仍为运行状态，器件未进入 DFU 模式。

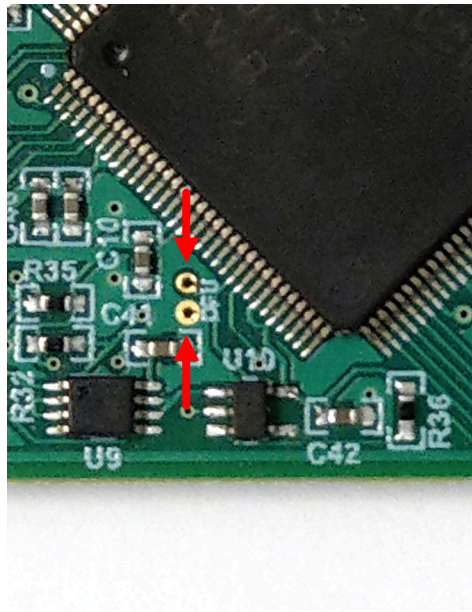


图 5-2. 用于手动进入 DFU 模式的测试点

2. MCU 进入 DFU 模式后，现在可以通过以下方法之一更新固件：

a. 引导加载程序 (BSL) 脚本程序工具和批处理文件

- i. 从 EVM 页面下载固件包和 BSL 脚本程序工具，或使用链接：<https://www.ti.com/lit/zip/sbac297>
- ii. 将固件文件夹解压缩并运行 .bat 文件。
- iii. 刷写固件后从 PC 上拔下 USB 电缆，然后将电缆插回，复位 SCB。

b. TMAG5328GUI

i. 转到 GUI 菜单栏，点击“File”→“Program Device”（“文件”→“编程器件”）

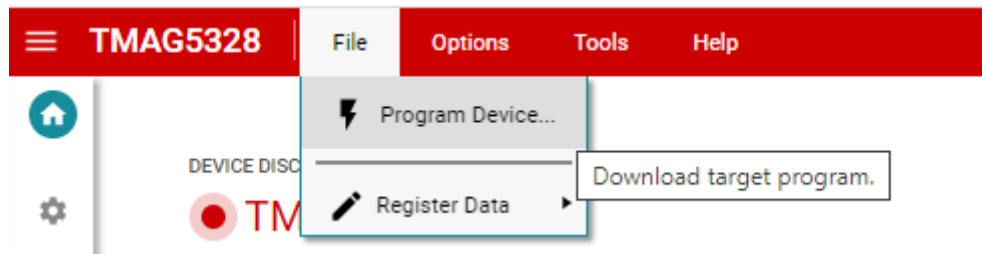


图 5-3. 菜单中的 Program Device (编程器件) 选项

ii. 更新固件时将弹出以下屏幕：

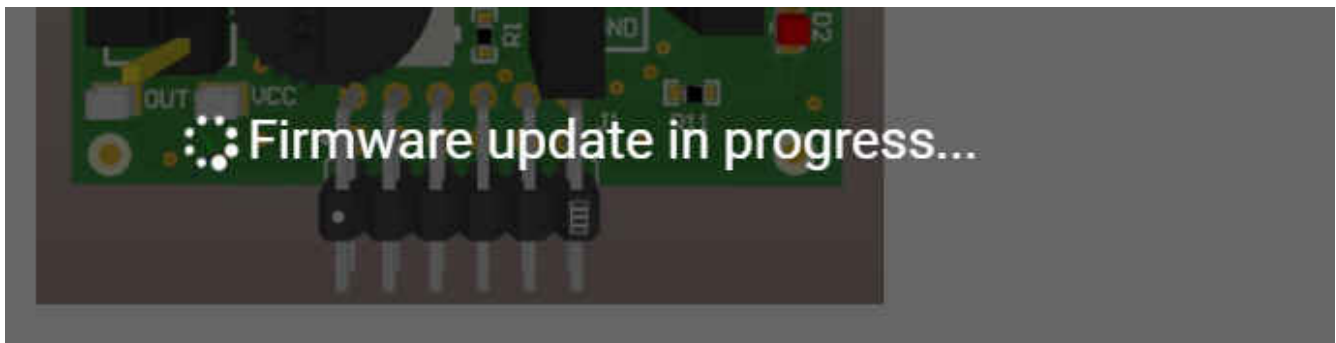


图 5-4. 固件更新屏幕

iii. 固件成功更新后，GUI 将重新加载。

5.1.3 GUI 设置和使用

在 Google Chrome® 或 Firefox® 浏览器中，点击以下链接访问 GUI：https://dev.ti.com/gallery/view/1471350/TMAG5328EVM_GUI/ver/1.1.0/。点击此链接会跳转到 TMAG5328GUI 主页标签页。此页中包含指向 EVM 方框图、用户指南、数据表、原理图和 E2E 论坛（可提问）的链接。

5.1.3.1 初始设置

首次设置 GUI 时请遵循以下步骤：

1. 确保前面提到的驱动程序已成功安装，以保证一切正常工作。
2. 将连接的 EVM 和 SCB 单元插入 PC，然后打开之前提供的 [GUI 链接](#)。
3. 点击 GUI Composer 应用窗口，从网络浏览器启动 GUI。
 - 首次设置 GUI Composer 时，请根据提示下载 *TI Cloud Agent* 和浏览器扩展，如图 5-5 中所示。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 5-5. TI Cloud Agent

4. 点击 *GUI Composer* 窗口中的  图标，离线下载 GUI（可选）。

5.1.3.2 GUI 操作

若要操作 GUI，请执行以下步骤：

1. 按照节 5.1.3.1 所述连接和启动 GUI。
2. 将 EVM 连接到 GUI 后，关闭弹出的 README.md 文件页面。靠近 GUI 左下角的文本应为 *Hardware Connected*（硬件已连接）。



图 5-6. 硬件已连接

- a. 如果 *Hardware Connected*（硬件已连接）未显示在 GUI 的左下角，请在 *Options* → *Serial Port*（选项 → 串行端口）下检查不同的硬件 COM 端口。

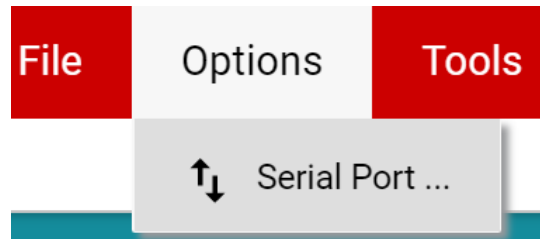


图 5-7. 更改串行端口

- b. 如果硬件仍然没有连接，请确保使用的 GUI 与 EVM 组合正确无误。

3. 点击 **Registers** (寄存器) 图标, 打开 **Registers** (寄存器) 页面 (也可通过左侧菜单打开)。请注意, 列出的“寄存器”并不是 TMAG5328 上的寄存器, 而是存储在微控制器中的内部变量, 并不直接用于 EVM 评估。这些变量无法在 **Registers** (寄存器) 页面上修改, 可以将其忽略。

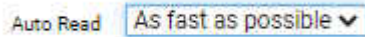


Registers

Low level register read and write operations

图 5-8. 寄存器页面图标

4. 在 **Registers** (寄存器) 页面顶部, 将“Auto Read” (自动读取) 更改为“**As fast as possible**” (尽可能快)。



TMAG5328 还有一个 **Results** (结果) 页面, 可查看 TMAG5328 OUT 引脚的状态, 以及用于配置 DAC 的 **DAC configuration** (DAC 配置) 页面。这两个页面都将在以下小节中介绍。

5.1.3.2.1 GUI 结果页面



点击 **结果数据** 图标, 查看 **结果** 页面。此屏幕显示 TMAG5328 OUT 引脚的状态。请记住在 **Registers** (寄存器) 页面上将“Auto Read” (自动读取) 选项设为“**As fast as possible**” (尽可能快), 以查看此引脚上的结果 (请参见节 5.1.3.2)。

图 5-9 展示了 OUT 波形的示例图。如果 TMAG5328 OUT 引脚处于高电平状态 (LED 灭), 图中将显示“1”。如果引脚处于低电平状态 (LED 亮), 图中将显示“0”。图中存储的样本数量可以修改, 方法是调整屏幕顶部的“1000”, 替换为所需的样本数量, 然后点击 Enter (回车)。另外, 点击 **SAVE PLOT** (保存图) 按钮可将此图导出。

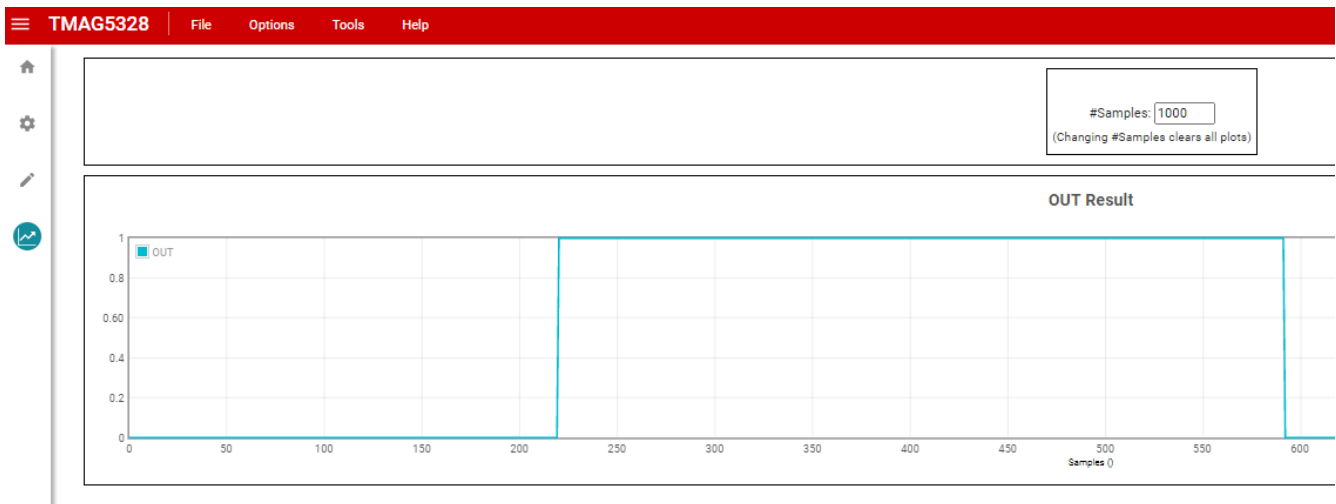


图 5-9. TMAG5328 GUI 结果页面

5.1.3.2.2 GUI DAC 配置页面

使用 GUI 上的 DAC 配置页面配置 EVM 上的 DAC。使用 EVM 配置 DAC 时，请确保将 EVM 配置为使用 DAC


设置 B_{OP} (请参阅节 4.1.1)。若要转到 GUI 上的 DAC 配置页面，请点击 **DAC 配置** 图标 。图 5-10 展示了 DAC 配置页面。

图 5-10. TMAG5328 GUI DAC 配置页面

- **Modification Method (修改方法)** 下拉框：点击 **CHANGE VALUE** (更改值) 按钮后，此下拉框选择用于设置 DAC 电压的方法。此下拉框中提供了四种修改方法：
 - **Voltage sweep 下拉框选项**：此方法会扫描 DAC 输出电压，以确定感应磁通密度，然后将 B_{OP} 设为这个感应到的磁通密度。电压扫描操作需要 20 秒来完成。在此期间，将显示图 5-11 的屏幕。20 秒后，图 5-11 中的屏幕应消失，状态文本框将显示以下内容之一：
 - 如果操作成功：“BOP updated to”后跟感应到的磁通密度值 (请参见图 5-10)。
 - 如果操作成功，但感应到的磁通密度大于器件支持的 15mT B_{OP} 最大值：“Magnetic Flux Density > 15 mT device maximum Bop.”
 - 如果操作成功，但感应到的磁通密度小于器件支持的 2mT B_{OP} 最小值：“Magnetic Flux Density < 2 mT device minimum Bop.”
 - 如果操作不成功：“Sweep started.Next update in 20 seconds”

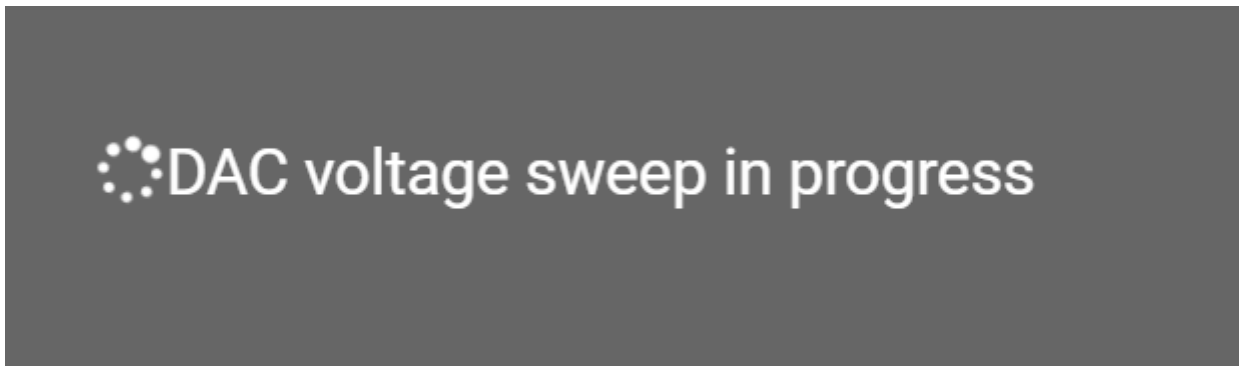


图 5-11. “正在进行 DAC 扫描” 屏幕

- **Manual B 下拉框选项**：用户可在“Implemented Magnetic Flux Density (BOP)”文本框中输入磁通密度。点击 **CHANGE VALUE** (更改值) 按钮时，DAC 配置为输出所需电压，以生成在“Implemented Magnetic Flux Density (BOP)”文本框中输入的 B_{OP} 。
- **Manual V 下拉框选项**：用户可在“Voltage Applied to TMAG5328 ADJ Pin”文本框中输入 DAC 输出电压。点击 **CHANGE VALUE** (更改值) 按钮时，DAC 的输出电压设为在“Voltage Applied to TMAG5328 ADJ Pin”文本框中输入的输出电压。
- **Manual R 下拉框选项**：此设置施加的等效 DAC 电压与“Equivalent Resistance to Apply on TMAG5328 ADJ Pin”文本框中输入的电阻将产生相同的 B_{OP} ，以此来模拟在 ADJ 引脚上放置电阻器。在此文本框中输入的任何电阻器在点击 **CHANGE VALUE** (更改值) 按钮前不会编程到 DAC。
- 文本框
 - **Implemented Magnetic Flux Density (BOP) 文本框**：根据 DAC 设置显示 TMAG5328 B_{OP} 值。如果在“Modification Method” (修改方法) 下拉框中选择了“Manual B”选项，此文本框还可用于输入要改变的理想 B_{OP} 。
 - **Voltage Applied to TMAG5328 ADJ Pin 文本框**：显示 DAC 输出电压。如果在“Modification Method” (修改方法) 下拉框中选择了“Manual V”选项，此文本框还可用于输入要改变的理想 DAC 输出电压。
 - **Equivalent Resistance to Apply on TMAG5328 ADJ Pin 文本框**：显示可施加于 ADJ 引脚的电阻器，以生成当前设置的 DAC 输出电压生成的 B_{OP} 。如果在“Modification Method” (修改方法) 下拉框中选择了“Manual R”选项，此文本框还可用于输入要改变的理想等效电阻值。
 - **Status 文本框**：显示与按下不同操作按钮相关的状态。
- 操作按钮
 - **CHANGE VALUE (更改值) 按钮**：点击此按钮时，DAC 输出电压将根据“Modification Method” (修改方法) 下拉框中选择的选项更改。
 - **STORE TO NVM (存储到 NVM) 按钮**：按下此按钮可将当前 DAC 输出电压存储到非易失性存储器中。如果 EVM 下电上电，DAC 将自动设置为非易失性存储器中存储的输出电压，无需微控制器在 DAC 上执行任何重新配置的步骤。因此，下电上电后 B_{OP} 也会保留。
 - **RELOAD FROM NVM (从 NVM 重新加载) 按钮**：将当前 DAC 输出电压设为存储在非易失性存储器中的 DAC 输出电压。

5.1.4 直接 EVM 串行通信

如有需要，SCB 可通过 USB 串行 (COM) 端口直接与 EVM 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/GUI 连接 EVM。请注意，TMAG5328EVM 必须连接至 SCB，才能从 SCB 接收任何命令响应。

支持以下命令：

- 结果读取命令格式：**rreg 0**
 - 此命令用于读取 TMAG5328 OUT 引脚的状态。如果引脚置于高电平 (LED 熄灭)，返回的值为 1。如果引脚置于低电平 (LED 亮起)，返回的值为 0。
 - [图 5-12](#) 是该命令的响应示例。在此响应中，TMAG5328 OUT 引脚为逻辑高电平，因为返回的值为 1 而不是 0。

```

{"acknowledge": "rreg 0"}

{"register": {"address": 0, "value": 1}}

{"evm_state": "idle"}

```

图 5-12. 结果读取命令响应示例

- DAC 扫描命令格式：**dacsweep**
 - 此命令会启动 DAC 电压扫描。在 GUI 中，当“Modification Method” (修改方法) 下拉框设为“Voltage Sweep”选项时，点击 **CHANGE VALUE** (更改值) 按钮时执行的命令与此相同。

- 图 5-13 是此命令的响应示例，其中前两行会立即发送，而第三行会在接收命令后的 20 秒内发送。第三行中的数字表示新的 B_{OP} 设置，单位为 μT 。

```

{"acknowledge":"dacsweep"}

{"evm_state":"idle"}

{"DACSWEEP":5052}
  
```

图 5-13. DAC 扫描命令响应示例

- 设置 B_{OP} 命令格式：**wreg 2 VAL**

- 此命令可用于输入所需的 B_{OP} 。在 GUI 中，当“Modification Method”（修改方法）下拉框设为“Manual B”选项时，点击 **CHANGE VALUE**（更改值）按钮时执行的命令与此相同。
- VAL 是所需的 B_{OP} ，单位为 μT 。
- VAL 为十六进制，wreg 始终小写
- VAL 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 VAL。例如，若要写入 $8000 \mu T$ 的 B_{OP} ，某些有效的命令将包括：
 - wreg 2 1F40
 - wreg 2 0x1F40
 - 使用“0x”时，“x”必须是小写。
- 图 5-14 是此命令的响应示例

```

{"acknowledge":"wreg 2 1f40"}

{"console":"Writing 0x1f40 to APPLIED_BOP register"}

{"evm_state":"idle"}
  
```

图 5-14. 设置 B_{OP} 命令响应示例

- 设置 DAC 输出电压命令格式：**wreg 1 VAL**

- 此命令可用于输入要将 DAC 设为的所需输出电压。在 GUI 中，当“Modification Method”（修改方法）下拉框设为“Manual V”选项时，点击 **CHANGE VALUE**（更改值）按钮时执行的命令与此相同。
- VAL 是所需 DAC 输出电压，单位为 mV。
- VAL 为十六进制，wreg 始终小写
- VAL 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 VAL。例如，若要将 DAC 输出电压设为 397mV，某些有效的命令将包括：
 - wreg 1 190
 - wreg 1 0x190
 - 使用“0x”时，“x”必须是小写。
- 图 5-15 是此命令的响应示例

```

{"acknowledge":"wreg 1 190"}

{"console":"Writing 0x0190 to APPLIED_DAC_VOLTAGE register"}

{"evm_state":"idle"}
  
```

图 5-15. 设置 DAC 输出电压命令响应示例

- 设置等效电阻命令格式：**wreg 3 VAL**

- 此命令用于配置 DAC 输出，以生成与输入电阻所生成 BOP 相同的 BOP。在 GUI 中，当“Modification Method”（修改方法）下拉框设为“Manual R”选项时，点击 *CHANGE VALUE*（更改值）按钮时执行的命令与此相同。
- VAL 是所需等效电阻值，单位为 Ω 。
- VAL 为十六进制，wreg 始终小写
- VAL 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 VAL。例如，若要配置 DAC 输出，以生成与 9000Ω 电阻器连接到 ADJ 引脚所生成的 B_{OP} 相同的值，一些有效的命令将包括：
 - wreg 2 2328
 - wreg 1 0x2328
 - 使用“0x”时，“x”必须是小写。
- 图 5-16 是此命令的响应示例

```

{"acknowledge": "wreg 3 2328"}

{"console": "Writing 0x2328 to APPLIED_DAC_EQ_RESISTOR register"}

{"evm_state": "idle"}
    
```

图 5-16. 设置等效电阻命令响应示例

- 存储到非易失性存储器命令：**storenvm**
 - 此命令用于将当前 DAC 输出存储到非易失性存储器中。EVM 下电上电后，DAC 输出电压将自动初始化为非易失性存储器中存储的值，因此在 EVM 下电上电后要确保使用相同的 B_{OP} 值。这与在 GUI 中点击 *STORE TO NVM*（存储到 NVM）按钮执行的命令相同。
 - 图 5-17 是此命令的响应示例：

```

{"acknowledge": "storenvm"}

{"evm_state": "idle"}
    
```

图 5-17. 存储到非易失性存储器命令响应示例

- 从非易失性存储器恢复命令：**reloadnvm**
 - 此命令用于将当前施加的 DAC 输出电压设为存储在非易失性存储器中的电压。这与在 GUI 中点击 *RELOAD FROM NVM* 按钮（从 NVM 重新加载）执行的命令相同。
 - 图 5-18 是此命令的响应示例：

```

{"acknowledge": "reloadnvm"}

{"evm_state": "idle"}
    
```

图 5-18. 从非易失性存储器恢复命令响应示例

- 固件版本命令格式：**id**
 - 此命令用于输出配置 SCB 的 EVM（本例中为 TMAG5328EVM）以及 SCB 中所加载固件版本的相关日期。

- 图 5-19 是此命令的响应示例：

```
{ "acknowledge": "id" }

{ "id": { "name": "TMAG5328EVM", "version": "1.1.0.0", "date": "Jan 21 2022", "time": "12:40:12" } }

{ "evm_state": "idle" }
```

图 5-19. 固件版本命令响应示例

- BSL 命令格式：**bsl**

- 此命令将器件置于 BSL 模式，再次刷写 SCB 固件之前需要这样做。进入 BSL 模式的另一种方式是在硬件中操作，如节 5.1.2.1 的步骤 1b 中所述。在进入 BSL 模式之前，LED D1 亮起。如果成功进入 BSL 模式，LED D1 会熄灭，这时只有电源 LED (LED D5) 亮起。进入 BSL 模式后，器件不再接受上述任何命令。
- 图 5-20 展示了此命令的响应示例：

```
{ "acknowledge": "bsl" }
```

图 5-20. BSL 命令响应

5.2 评估时不需要 SCB 和 GUI (EVM 独立模式)

TMAG5328EVM 可以在独立模式下运行，不需要 SCB 或 GUI。若要在独立模式下运行，TMAG5328EVM 必须连接外部电源 (请参见节 4.2)。

在待机模式下， B_{OP} 可使用 DAC、电位器或固定电阻器选项设置。请记住，没有 SCB 时不能更改 DAC 输出电压。DAC 输出电压只能设为之前由 GUI 存储在其非易失性存储器中的值。因此，除非连接了 SCB，否则不能通过扫描 DAC 来确定 TMAG5328 感应到的磁通密度。但电位器不需要 SCB 就可估计 TMAG5328 感应到的磁通密度 (请参见节 4.1.2.1)。

在独立模式下，TMAG5328 OUT 引脚可在板上标记为“OUT”的测试点进行探测，或在接头 J1 的引脚 9 上进行探测。此外，可以使用 LED D1 直观地观察 TMAG5328 OUT 引脚的状态。图 5-21 展示了 TMAG5328 上连接到 OUT 引脚的 LED 电路。如果 OUT 置为高电平，LED 熄灭。如果 OUT 置为低电平，LED 亮起。

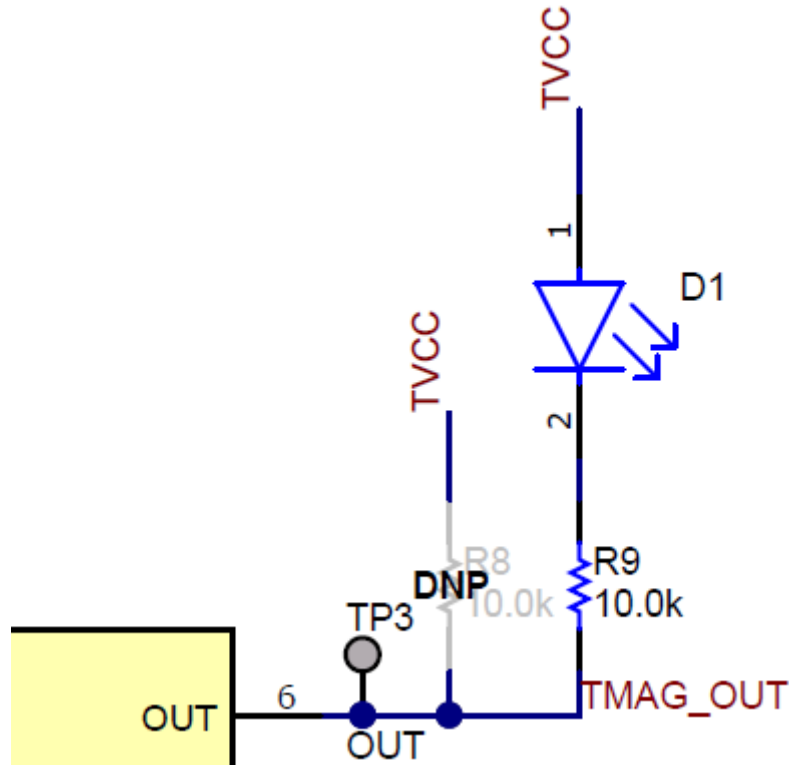


图 5-21. OUT LED 电路

5.3 迎面线性位移演示

TMAG5328EVM 套件中包含一个 3D 打印的迎面线性位移模块（具有一个嵌入式磁体）。连接 TMAG5328EVM 后，该模块会产生一个 TMAG5328 可感应到的磁场。该模块包含两个部分：螺钉和基座。基座与 EVM 相连，而螺钉置于基座内部。一个磁体嵌入螺钉中，产生的磁场可由 TMAG5328 感应到。图 5-22 展示了该模块中不同组件的分解图。

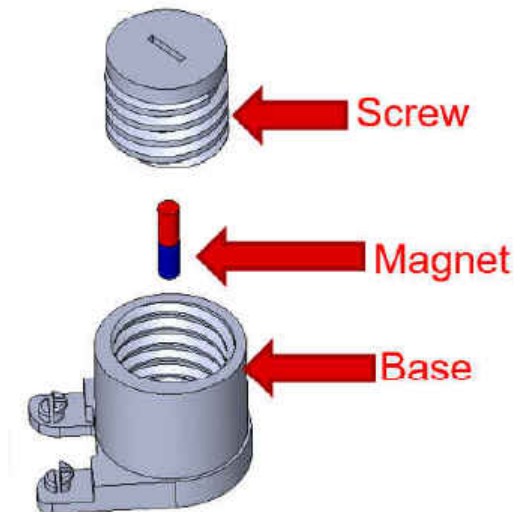


图 5-22. 迎面线性位移连接的分解图

螺钉在基座内顺时针旋转时，磁体逐渐接近 TMAG5328，感应到的磁通密度会因此增加。螺钉在基座内逆时针旋转时，螺钉逐渐远离 TMAG5328，感应到的磁通密度会因此减少。

若要将此模块与 TMAG5328EVM 搭配使用，请执行以下步骤：

1. 将模块基座连接到 TMAG5328EVM (请参见图 5-23)。

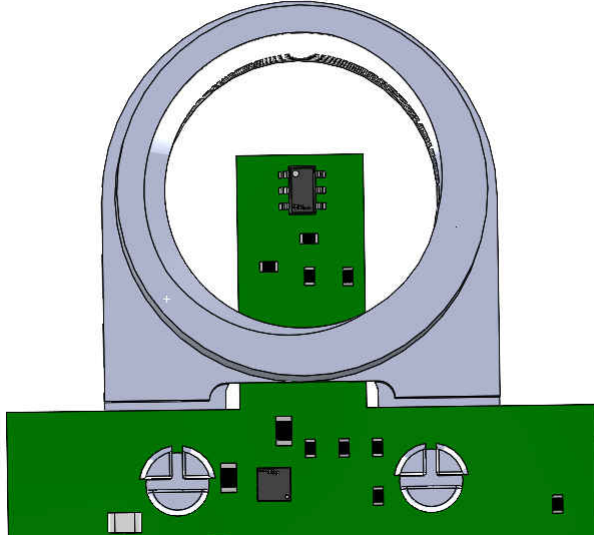


图 5-23. 基座连接到 TMAG5328EVM

2. 将螺钉放在基座顶部 (请参见图 5-24)。螺钉接近基座顶部时，感应到的磁通密度将接近 2mT。

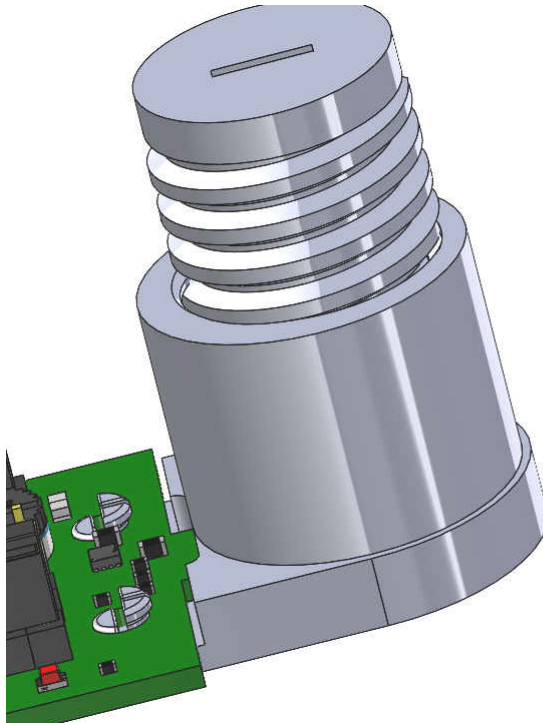


图 5-24. 将螺钉放在基座顶部

3. 将螺钉放在基座顶部后，顺时针旋转螺钉，使螺钉及其中嵌入的磁体接近 TMAG5328。顺时针转动螺钉后，当 TMAG5328 感应到的磁通密度大于所设的 B_{OP} 时，其 OUT 引脚将置于低电平。将螺钉完全旋入基座后

(请参见图 5-25)，感应到的磁通密度将大于 TMAG5328 支持的 15mT B_{OP} 的最大值，因此 TMAG5328 OUT 引脚将置于低电平，而 LED D1 将亮起。

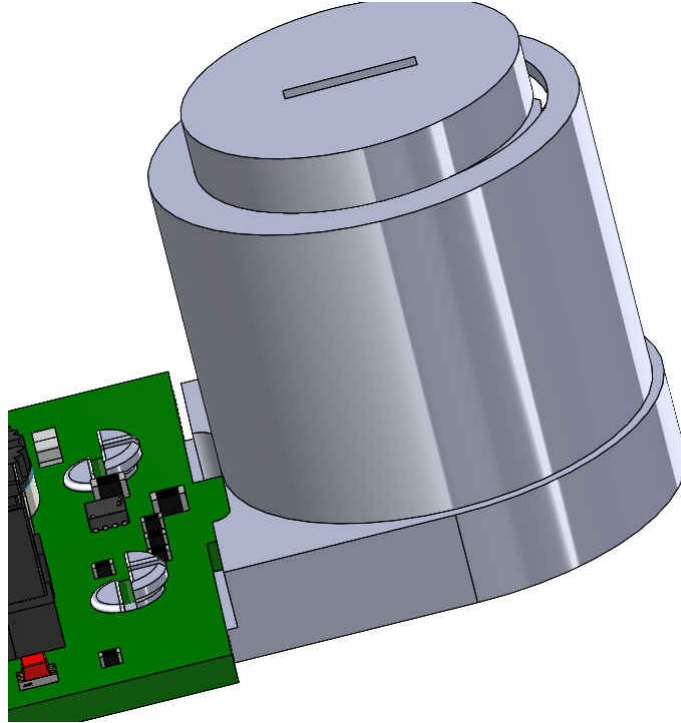


图 5-25. 螺钉完全拧入基座

有关迎面线性位移连接的更多信息，请参阅[迎面线性位移 3D 连接用户指南](#)。

6 原理图、PCB 布局和物料清单

以下各节列出了 TMAG5328 的原理图、PCB 布局和物料清单。

6.1 原理图

图 6-1 所示为 EVM 原理图。

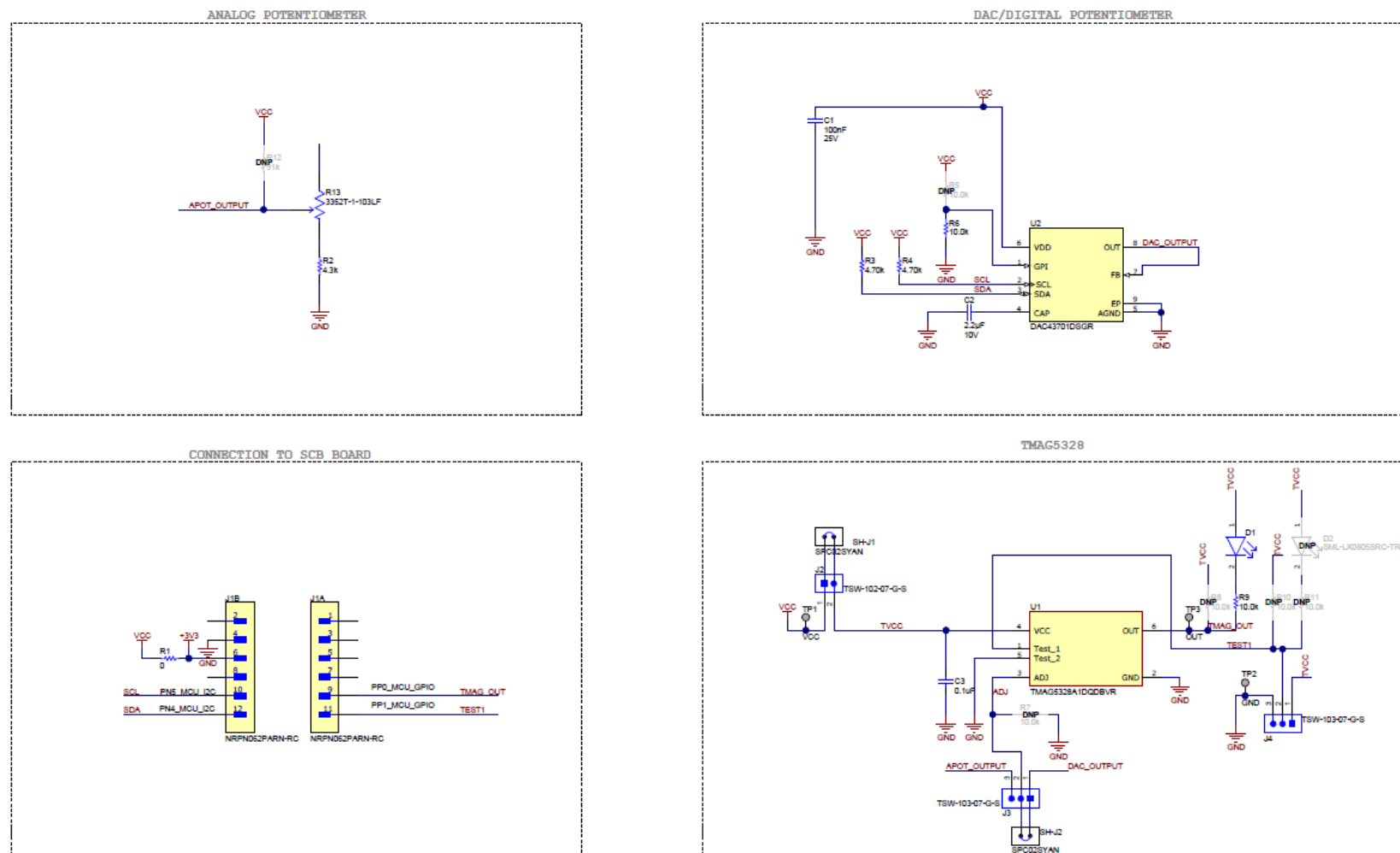


图 6-1. TMAG5328EVM 原理图

6.2 PCB 布局

图 6-2 至图 6-5 展示了 EVM 的各 PCB 层。

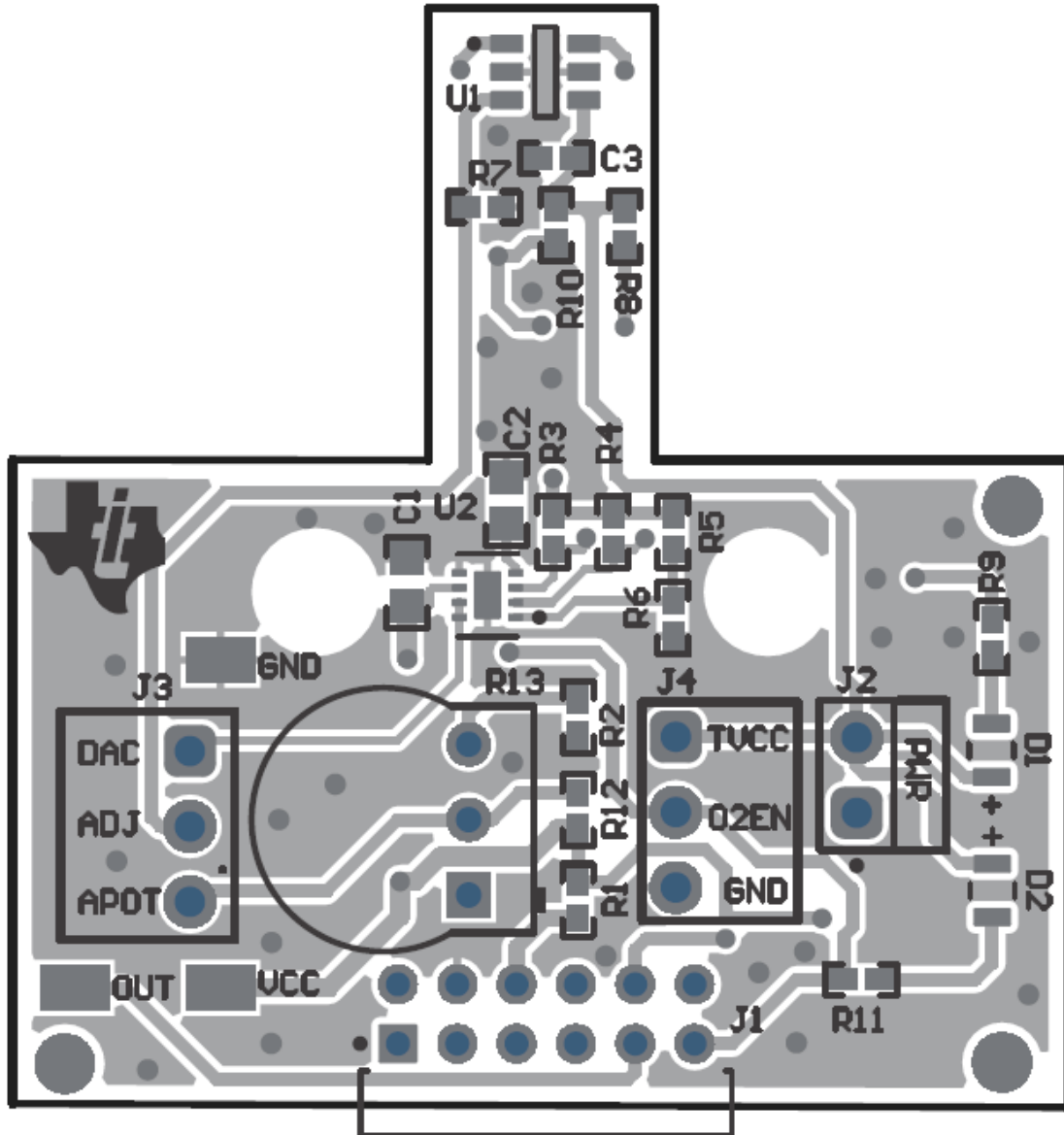


图 6-2. 顶视图

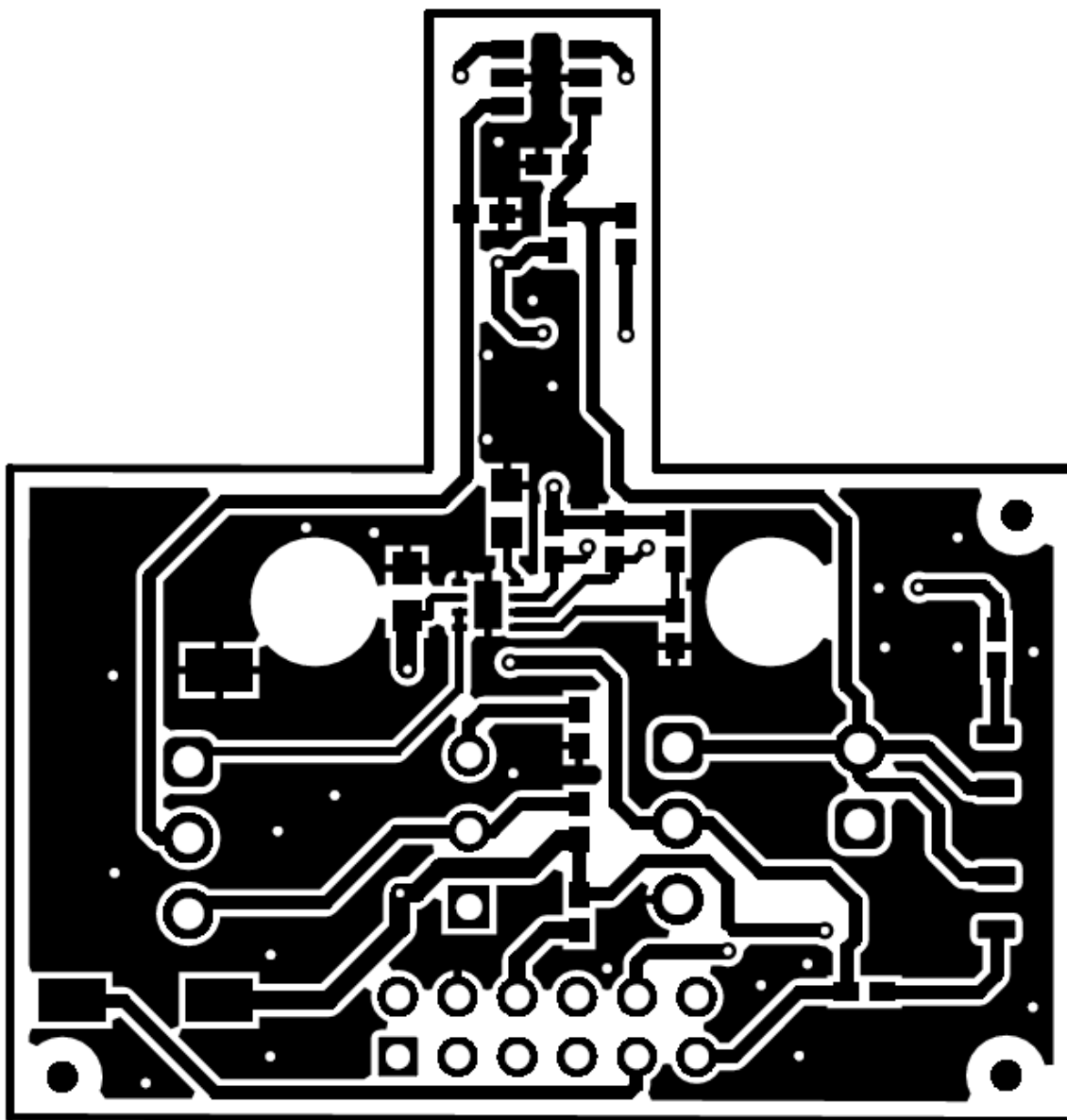


图 6-3. 顶层

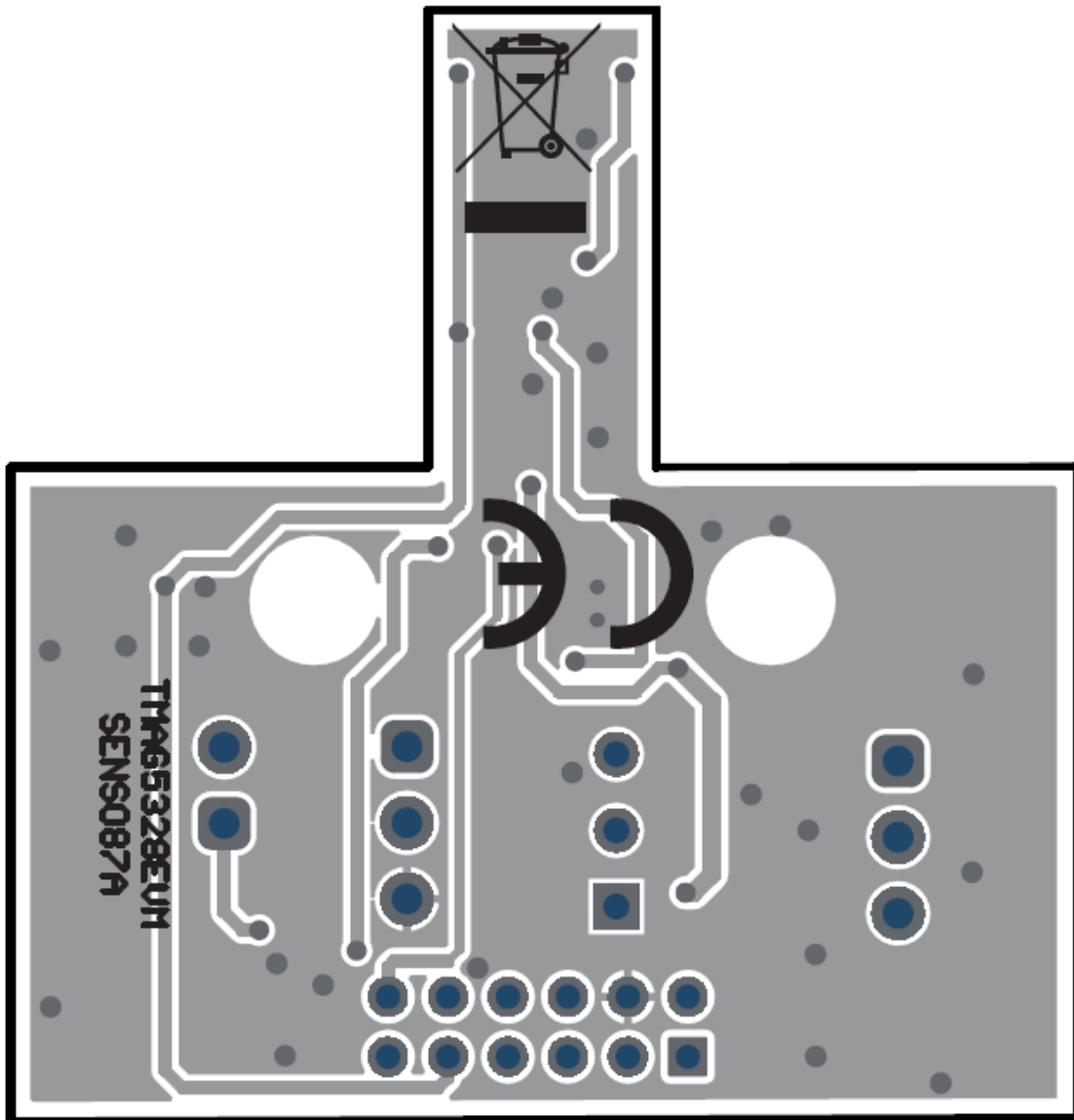


图 6-4. 底视图

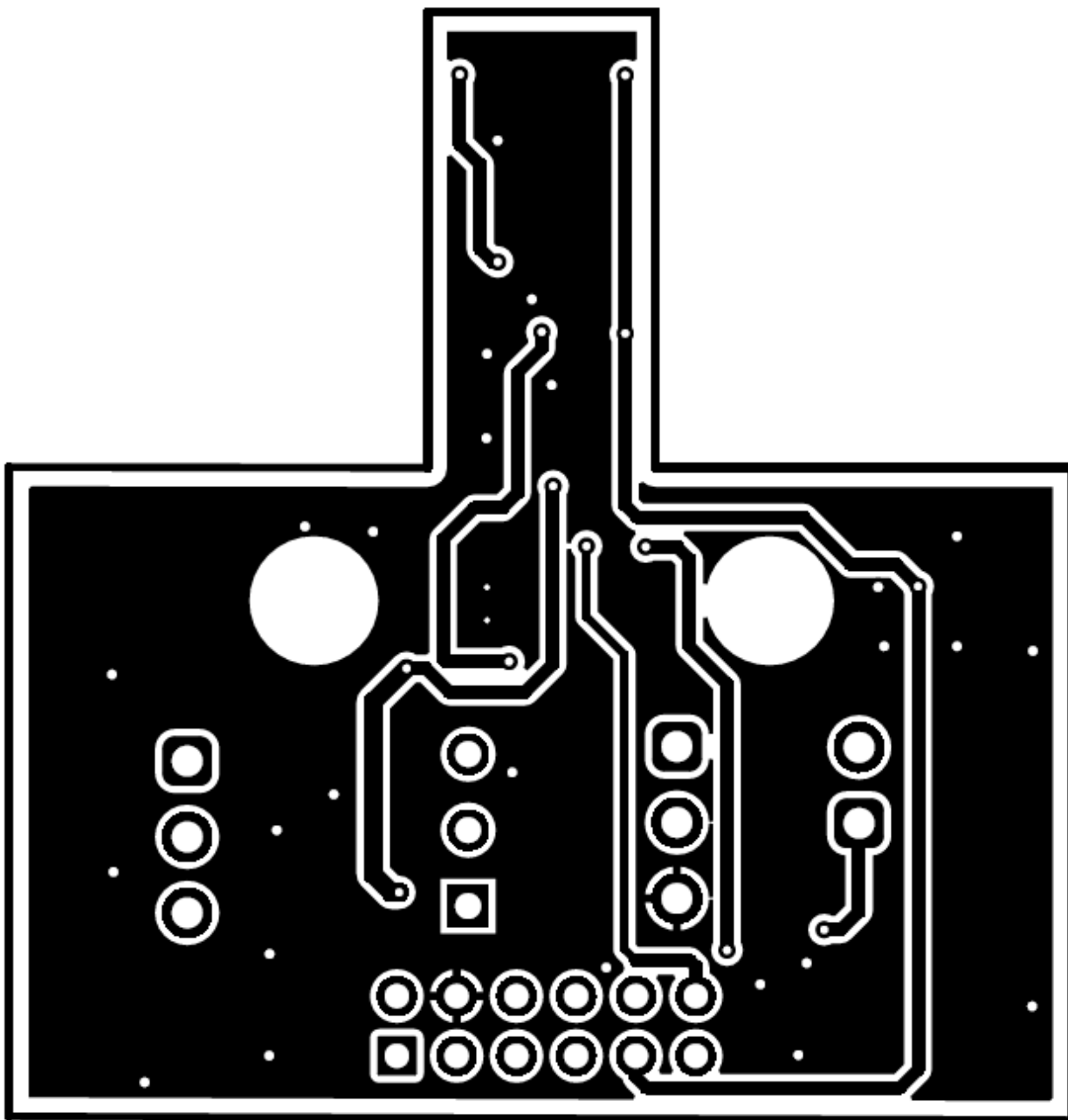


图 6-5. 底层

6.3 物料清单

表 6-1 提供了 EVM 的器件清单。

表 6-1. 物料清单

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		SENS087	不限
C1	1	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1E104K080AA	TDK
C2	1	2.2uF	电容, 陶瓷, 2.2 uF, 10V, +/-10%, X7R, 0603	0603	GRM188R71A225KE15D	MuRata (村田)
C3	1	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-20%, X7R, 0402	0402	GRM155R71H104ME14D	MuRata (村田)
D1	1		红色 LED 指示 - 离散 1.7V 0805 (公制 2012)	0805	SML-LX0805SRC-TR	Lumex (鲁美科思)
FID1, FID2, FID3	3		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
H1	1		包装项: TI SCB 控制器		SENS077	德州仪器 (TI)
H2	1		包装项: 3025010-03; 电缆, USB A 公口转 Micro B 公口 3'; CDDS 6612041		6612041	Qualtek
H3	1		包装项: D2X0, 直径 1/8 英寸 x 厚度 1 英寸, N42 磁体		D2X0	K&J Magnetics
H4	1		包装项: D28-N52, 直径 1/8 英寸 x 厚度 1/2 英寸, N52 磁体		D28-N52	K&J Magnetics
H5	1		包装项: 具有磁体的塑料模块。此模块是根据两个 STL 文件进行 3D 打印并组装到一起的。		Head-OnModule	Stratasys (斯特塔西)
J1	1		连接器接头 R/A 12 位置 2MM	HDR12	NRPN062PARN-RC	Sullins Connector Solutions (赛凌思科技有限公司)
J2	1		接头, 100mil, 2x1, 金, TH	2x1 接头	TSW-102-07-G-S	Samtec (申泰)
J3、J4	2		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec (申泰)
R1	1	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	RC0402JR-070RL	Yageo America (国巨)

表 6-1. 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R2	1	4.3k	电阻, 4.3k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04024K30JNED	Vishay-Dale (威世达勒)
R3, R4	2	4.70k	电阻, 4.70k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	CRG0402F4K7	TE Connectivity (泰科电子)
R6, R9	2	10.0k	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	RMCF0402FT10K0	Stackpole Electronics Inc (斯塔克波尔电子公司)
R13	1	10k Ω	10k Ω , 0.5W, 1/2W 穿孔, 拨轮电位器, 顶部调节	PTM_PTH_8MM9_9MM53	3352T-1-103LF	Bourns (伯恩斯)
SH-J1、SH-J2	2	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	顶部闭合 100mil 分流器	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions (赛凌思科技有限公司)
TP1、TP2、TP3	3		测试点, SMT	测试点, SMT	S2751-46R	Harwin (豪英)
U1	1		PTMAG5328QDBVR	SOT23-6	PTMAG5328QDBVR	德州仪器 (TI)
U2	1		具有 GPIO 触发器的 8 位、单通道、电压输出、智能 DAC, 8-WSON 封装, -40°C 至 125°C 工作温度	WSON8	DAC43701DSGR	德州仪器 (TI)
D2	0		红色 LED 指示 - 离散 1.7V 0805 (公制 2012)	0805	SML-LX0805SRC-TR	Lumex (鲁美科思)
R5, R7, R8, R10, R11	0	10.0k	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	RMCF0402FT10K0	Stackpole Electronics Inc (斯塔克波尔电子公司)
R12	0	91k	电阻, 91k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040291K0JNED	Vishay-Dale (威世达勒)

7 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

Changes from Revision * (December 2021) to Revision A (March 2022)	Page
• 更改了概述部分.....	2
• 从 EVM 套件中移除传感器控制器板 (SCB) 和 USB 电缆.....	4
• 更改了图 4-1	5
• 更改了图 4-2	5
• 更改了固件部分.....	11
• 更改了 GUI DAC 配置页面部分.....	15
• 更改了图 5-13	16
• 更改了图 6-1	23
• 更改了表 6-1	28

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司