

EVM User's Guide: ADS131M08MET

ADS131M08 计量评估模块



说明

ADS131M08MET 评估模块 (EVM) 采用 ADS131M08 和 MSPM0G1506SRHB 实现基于 IEC-62053、EN 50470 和 ANSI C12 测试方法的 0.1 级三相电能测量。ADS131M08 以 8kHz 频率采样来测量电流互感器 (CT) 或罗氏线圈 (RC) 的输出, 并配合高压电阻分压器来测量最多三相的电流和电压。该 EVM 可在宽输入电流范围 (0.1A – 100A) 和高达 270V 的交流电压下实现高精度。计量软件使用 [MSPM0-SDK](#) 实现, 并可使用 [Code Composer Studio™](#) 进行编译来进行进一步定制。

入门和后续步骤

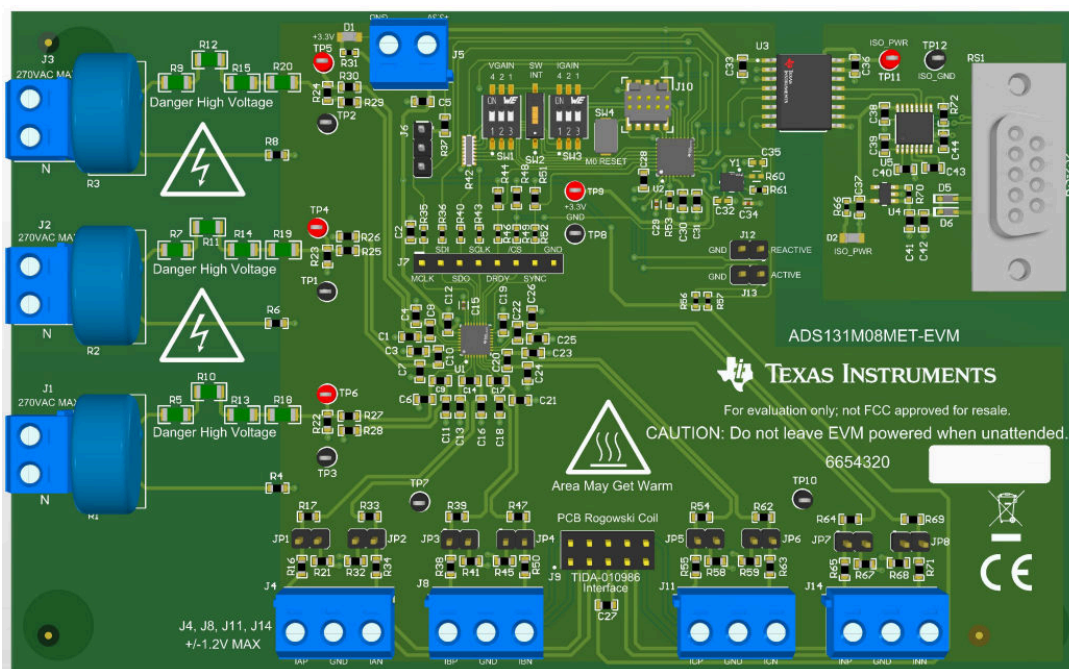
1. 订购 ADS131M08MET-EVM
2. 下载并安装 MSPM0 SDK
3. 下载并安装 USB 转串行电缆的驱动程序

特性

- 支持 0.1 级精度的三相计量 EVM
- 有功和无功电能和功率、均方根 (RMS) 电流和电压、功率因数以及线路频率计算
- 具有 5kV_{RMS} 隔离的隔离式 RS-232
- 在 100mA 至 100A 和 90V 至 270V 输入范围内进行了测试
- 电能计量软件, 在 Microsoft® Windows® PC GUI 上显示结果

应用

- 电表
- 工业断路器 (MCCB、ACB、VCB)
- 交流充电 (桩) 站
- UPS - 三相
- 太阳能充电控制器



ADS131M08MET-EVM 硬件 PCB

1 评估模块概述

1.1 简介

本用户指南描述了 ADS131M08MET 评估模块 (EVM) 的特性、操作和使用。ADS131M08MET-EVM 是 ADS131M08 评估平台，包括 MSPM0G1506 微控制器和 MSPM0 计量软件。借助硬件、软件以及通过通用串行总线 (USB) 接口连接计算机，该 EVM 可以简化 ADS131M08 和 MSPM0G1506 的评估。本用户指南包括完整的电路说明、原理图和物料清单 (BOM)。本文档中的评估模块 和 EVM 等术语均指 ADS131M08MET-EVM。

1.2 套件内容

ADS131M08MET-EVM 包括一条 USB 转 UART 电缆，用于连接到 PC 以进行 RS-232 通信。该器件提供了三个 2 端子连接器，可将电压输入连接到 ADS131M08。还提供了四个 3 端子连接器，以便使用用户提供的电流互感器或罗氏线圈。EVM 包含两个 3 位 SPST 开关，可在 1 至 128 的范围内调节电压和电流增益。还提供有一个开关，用于通过 MSPM0G1506 上运行的计量软件实现罗氏线圈的软件集成。

1.3 方框图

图 1-1 显示了 ADS131M08MET-EVM 的整体方框图以及各种用于电压、电流传感器以及与 PC 之间的通信连接。

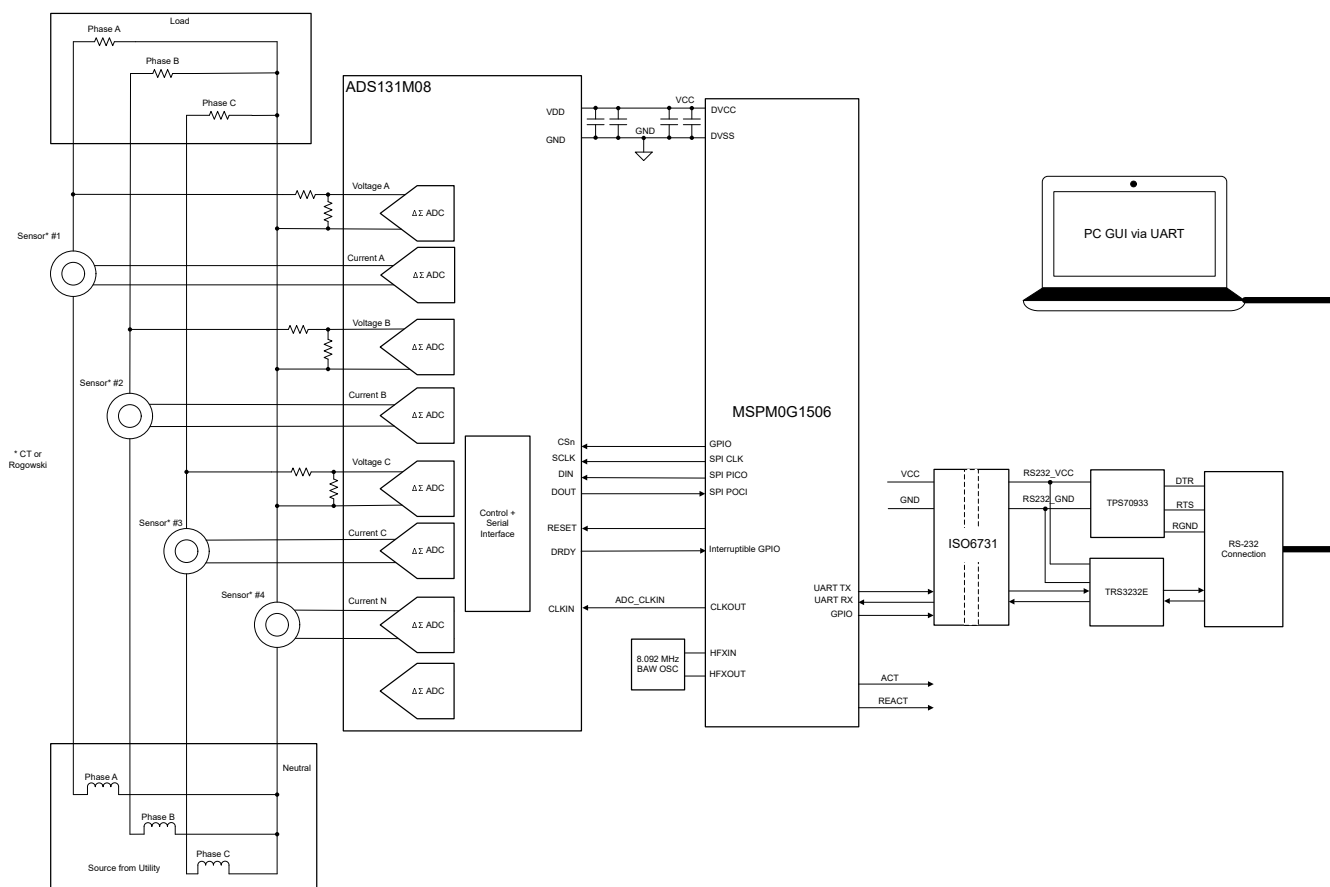


图 1-1. 方框图

1.4 器件信息

ADS131M08 是一款八通道、同步采样、24 位、 Δ - Σ 模数转换器 (ADC)，具有宽动态范围、低功耗和电能测量特定功能，因此非常适合电能计量、功率计量和断路器应用。ADC 输入可以直接连接到电阻分压器网络或电源变压器以测量电压，或连接到电流互感器或罗氏线圈以测量电流。

MSPM0G1506 微控制器 (MCU) 属于 MSP 高度集成的超低功耗 32 位 MCU 系列，该 MCU 系列基于增强型 Arm® Cortex®-M0+ 32 位内核平台，工作频率最高可达 80MHz。这些低成本 MCU 提供高性能模拟外设集成，支持 -40°C 至 125°C 的工作温度范围，并在 1.62V 至 3.6V 的电源电压下运行。

TRS3232E 器件由两个线路驱动器、两个线路接收器和一个双电荷泵电路组成，具有引脚对引脚 (串行端口连接引脚，包括 GND) $\pm 15\text{kV}$ IEC ESD 保护。该器件符合 TIA/EIA-232-F 的要求并在异步通信控制器与串行端口连接器之间提供电气接口。

ISO6731 器件是三通道数字隔离器，可提供符合 UL 1577 的 $5000\text{V}_{\text{RMS}}$ 隔离额定值，非常适合具有此类需求的成本敏感型应用。在隔离 CMOS 或 LVCMOS 数字 I/O 的同时，ISO6731 器件还可提供高电磁抗扰度和低辐射，并具备低功耗特性。

TPS709 系列线性稳压器是针对功耗敏感型应用而设计的超低静态电流器件。高精度带隙与误差放大器可提供 2% 的过热精度。

CDC6CE008192 是一款的高精度体声波 (BAW) 振荡器，其微谐振器技术直接集成于封装中，可实现低抖动时钟电路。

2 硬件

2.1 电源要求

ADS131M08MET-EVM 需要使用 外部 3.3V 电源为 ADS131M08 和 MSPM0G1506 供电。提供的双端子连接器 J5 可以方便地将隔离式 +3.3V 电源连接到 PCB。通过 ISO6731，将 PC 的 RS-232 连接与 EVM 上的主电路隔离。如本文档的 [原理图](#) 部分所示，TRS3232E 和 ISO6731 低侧由 TPS70933 +3.3V 稳压器以及 RS-232 DTR 和 RTS 线路供电。

2.2 接头信息

提供了一个八引脚接头 (J7)，作为一种监测 ADS121M08 的各种连接的方法。此接头支持访问调制器时钟、SDI、SDO、SCLK、DRDY、 $\overline{CS}$ 和 SYNC/RESET 输入。

J9 是一个 5 引脚双排接头，使用户能够将 [TIDA-010986](#) 参考设计与 ADS131M08MET-EVM 配合使用。此参考设计实现了一种硬件集成方案，以便与基于 PCB 的罗氏线圈配合使用。更多详细信息，请参阅 [TIDA-010986](#) 设计指南。

J10 是一个 5 引脚双排 JTAG 接头，可以进一步定制加载到 MSPM0G1506 中的固件。有关用于 ADS131M08MET-EVM 的 CCS 项目的更多详细信息和访问权限，请参阅 [MSPM0-SDK](#) 文档。

2.3 跳线信息

提供了八个 2 引脚接头，用于管理连接到螺纹端子 J4、J8、J11 和 J14 的 CT 的负载电阻。移除位于这些接头上的分流器，以连接罗氏线圈。

2.4 滑动开关和按钮

提供的按钮开关 SW4 用于复位 MSPM0G1506。如果对增益开关 SW1 和 SW3 进行了任何更改，或者启用了软件集成开关 SW2，则需要复位 MSPM0G1506 以使更改生效。

2.5 测试点

ADS131M08 上提供了各种测试点，以监测电压和电源输入。有关详细信息，请参阅 [原理图](#) 页面。

2.6 注意事项和警告

如果 ADS131M08MET-EVM 连接到交流电源，则存在暴露于高电压的风险。执行通电测试时，建议使用个人防护装备 (PPE)，如橡胶绝缘手套、电气危害防护鞋和护目镜。TI 建议使用带有保护安全外壳的 EVM，以在外壳打开时禁用高压电位。

警告



表面高温！接触会导致烫伤。请勿触摸。操作时请采取适当的预防措施。

小心



高压！将电路板连接到带电的导线时可能会发生电击。电路板应由专业人员小心处理。为安全起见，强烈建议使用具有过压或过流保护功能的隔离式测试设备。

2.7 模拟输入

ADS131M08MET-EVM 的模拟输入分为两类：电压输入和电流传感器输入。以下部分提供了更多详细信息。

2.7.1 电压输入

ADS131M08 的电压输入位于两端子螺钉连接器 J1、J2 和 J3 上。输入通过四个 330k Ω 电阻器和一个接地 1k Ω 电阻器组成的电阻分压器馈送到 ADC。图 2-1 展示了所有三个电压输入通用的输入结构。

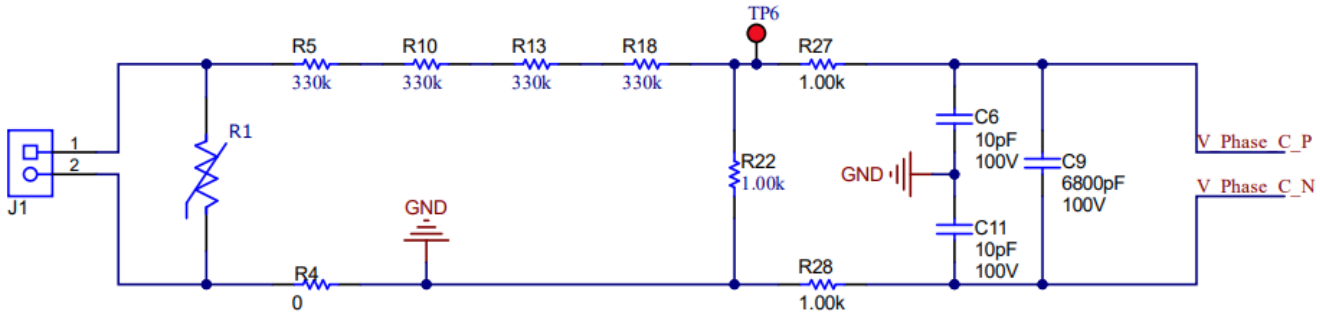


图 2-1. 电压输入

2.7.1.1 电压测量模拟前端

市电的标称电压为 100V 至 240V，因此需要按比例缩小电压，才能被 ADC 检测。图 2-1 显示了用于这一电压调节的模拟前端。J1 是 C 相的电压施加位置，A 相和 C 相各自使用类似的电路。

电压输入的模拟前端有一个尖峰保护压敏电阻 (R1)、分压器网络 (R5、R10、R13、R18 和 R22) 和一个 RC 低通滤波器 (R27、R28、C6、C11 和 C9)。

在较低电流下，如果不执行功率偏移校准，则电压-电流串扰对有功电能精度的影响要远大于对电压精度的影响。为了尽可能提高这些较低电流下的精度，在本设计中，仅对电压通道使用了 ADC 满量程的一小部分。

ADS131M08 器件是高精度 ADC，因此即使此设计中的电压通道使用更小的 ADC 范围，仍可为测量电压提供足够的精度。方程式 1 显示了在给定的市电电压和选定的分压器电阻值下，如何计算馈入 ADC 电压通道的差分电压范围。

$$V_{\text{ADC_Swing, Voltage}} = \pm V_{\text{RMS}} \times \sqrt{2} \left(\frac{R_{22}}{R_{22} + R_5 + R_{10} + R_{13} + R_{18}} \right) \quad (1)$$

根据此公式和图 2-1 中选定的电阻值，对于 120V 市电电压（在线及中性线间测得），ADC 电压通道输入信号的电压摆幅为 $\pm 128\text{mV}$ (91mV_{RMS})。对于 230V 市电电压（在线及中性线间测得），前端电路的 230V 输入会产生 $\pm 245.33\text{mV}$ ($173.48\text{mV}_{\text{RMS}}$) 的电压摆幅。 $\pm 128\text{mV}$ 和 $\pm 245.33\text{mV}$ 电压范围完全在 $\pm 1.2\text{V}$ 输入电压范围内，对于用于电压通道的默认 PGA 增益值 1，ADS131M08 器件可以检测到它们。

2.7.2 电流传感器输入

ADS131M08 的电流传感器输入位于三端子螺钉连接器 J4、J8、J11 和 J14 上。图 2-2 展示了所有四个电流传感器输入通用的输入结构。

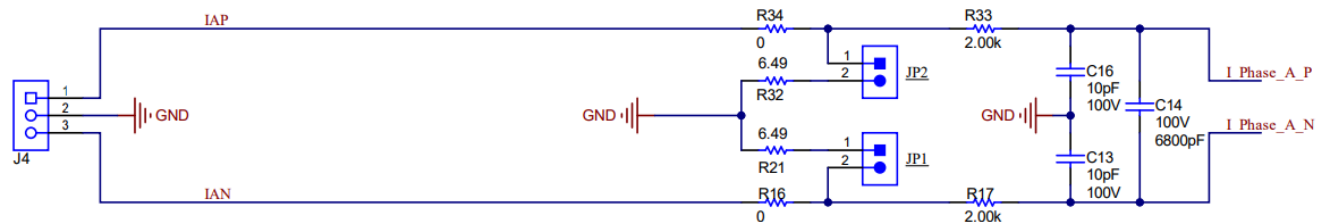


图 2-2. 电流传感器输入

在使用电流互感器时，必须在 JP1 至 JP8 上安装分流跳线，以提供负载电阻。罗氏线圈也可以连接到这些输入端，在这种情况下，需要移除分流跳线，因为使用此类电流传感器时不需要负载电阻。图 2-3 提供了更多详细信息。

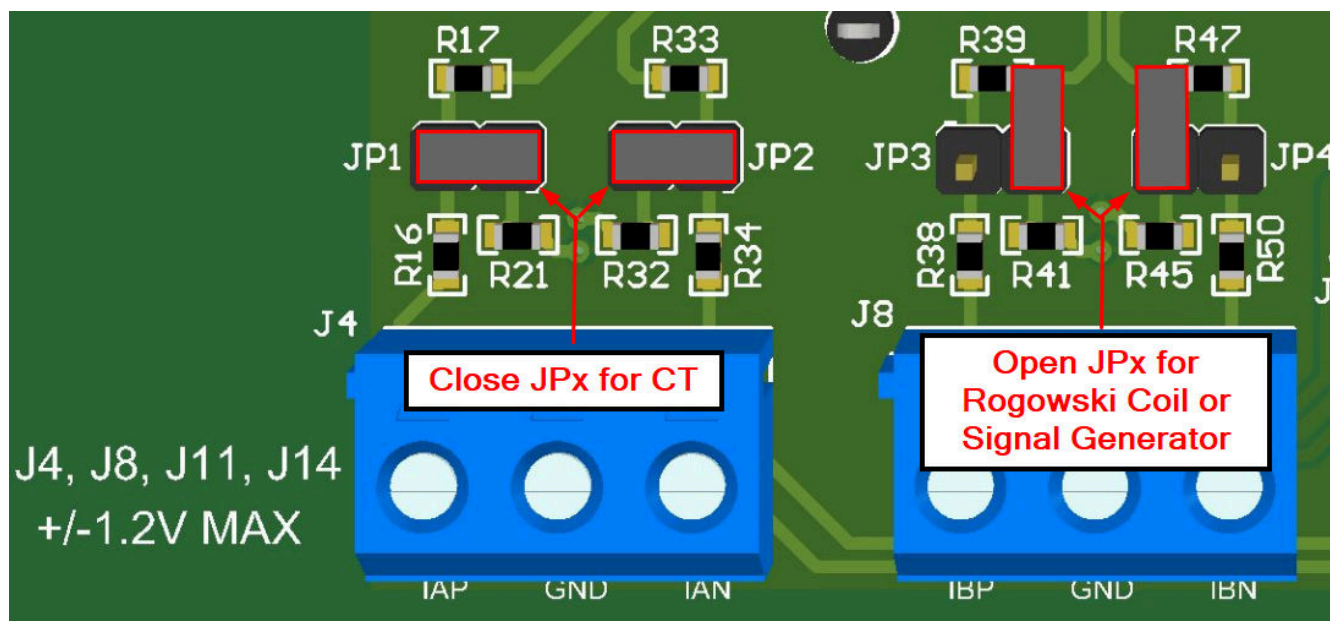


图 2-3. 用于电流传感器选件的分流跳线

2.7.2.1 电流测量模拟前端

用于电流输入的模拟前端不同于用于电压输入的模拟前端。图 2-2 显示了用于电流通道的模拟前端，其中 A 相 CT 的正极和负极引线连接到接头 J4 的引脚 1 和 3。同样，B 相、C 相和中性上的 CT 也使用了类似电路。

电流模拟前端包括电磁干扰滤波器磁珠占用区 (R34 和 R16)、电流互感器的负载电阻 (R32 和 R21)，以及用作抗混叠滤波器的 RC 低通滤波器 (R33、R17、C13、C16 和 C14)。

如图 2-2 所示，电阻 R32 和 R21 是负载电阻且彼此串联。为获得出色的总谐波失真 (THD) 性能，在将公共点连接到 GND 的情况下，使用两个相同的串联负载电阻，而不是使用一个负载电阻。此分载电阻配置可确保馈入 ADC 正负端子的波形彼此为 180 度异相，从而为此 ADC 提供出色的 THD 结果。总负载电阻是根据使用的电流范围和 CT 的匝数比规格来选择的 (此 EVM 使用匝数比为 2500:1 的 100A CT)。此设计的负载电阻总值为 $12.98\ \Omega$ 。

方程式 2 显示了如何针对给定最大电流、CT 匝数比和负载电阻值计算馈入电流 ADC 通道的差分电压范围。

$$V_{\text{ADC_Swing, Current}} = \pm \frac{\sqrt{2}(R_{32} + R_{21})I_{\text{RMS, max}}}{\text{CT_TURNS_RATIO}} \quad (2)$$

根据 100A 最大 CT 电流、2500:1 的匝数比和 12.98 Ω 负载电阻，当应用最大电流额定值 100A 时，电流 ADC 输入信号的最大电压摆幅为 ±918mV (649mV_{RMS})。对于用于电流通道的默认 PGA 增益 1，此 ±918mV 最大输入电压完全在 ADS131M08 的 ±1.2V 输入范围内。

2.7.2.1.1 罗氏线圈输入

使用罗氏线圈作为电流传感器输入时，必须移除 JP1 至 JP8 上的分流跳线。取决于线圈的灵敏度，可以在电流输入通道上增加额外的增益，如节 2.7.3 中所述。

EVM 上的 MSPM0G1506 能够执行软件集成。要启用软件集成，必须先将开关 SW2 (请参阅图 2-4) 切换至“开”位置，然后再按下按钮开关 SW4。TI 参考设计 TIDA-010986 是一种可选 PCB 设计，它整合了硬件集成并提供多达三个电流输入。TIDA-010986 参考 PCB 可通过 J9 直接插入 ADS131M08MET-EVM。

2.7.3 模拟增益设置

三个电压输入和四个电流传感器输入使用 ADS131M08 内部的 PGA，并且默认情况下增益设置为 1。SW1 设置电压输入的增益，SW3 设置电流传感器输入的增益。所有三个电压通道使用 SW1 设置的相同增益。所有四个电流传感器使用 SW3 设置的相同增益。要更改增益，请将图 2-4 中所示的滑动开关移至“开”位置。例如，要设置 PGA 以使增益为 2，请将滑动开关 3 移至“开”位置。这三个开关位置提供增益 1、2、4、8、16、32、64 和 128。要使新的增益设置生效，请按下按钮开关 SW4 以复位 MSPM0G1506。

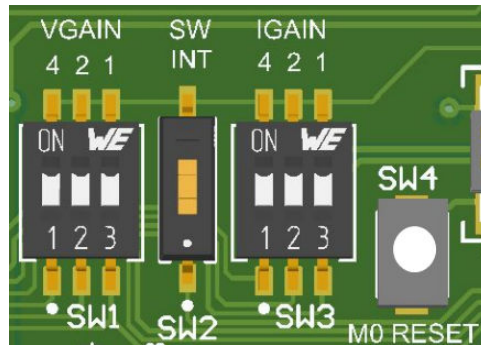


图 2-4. 模拟输入增益选项

表 2-1. 增益的开关设置

设置	增益
000 (默认值, 所有开关都处于“关”位置)	1
001	2
010	4
011	8
100	16
101	32
110	64
111	128

3 软件安装

要使用 ADS131M08MET-EVM，必须在用于评估 EVM 的 PC 上安装两个软件。如果使用 EVM 随附的 USB 转 RS-232 电缆，则必须安装电缆的驱动程序。通过 [EATON 串行适配器电缆链接](#) 下载 [U209-000-R](#) 电缆的驱动程序。

所需的第二个软件是 [MSPM0-SDK](#)。SDK 软件包中包含 CCS 项目文件，该文件用于创建加载到 MSPM0G1506 中的固件以及电能计量 GUI。

3.1 GUI 操作

运行 ADS131M08MET-EVM GUI 之前，将 USB 转 COM-232 电缆插入 PC 并验证使用的 RS 端口。在 Microsoft Windows PC 上，打开设备管理器并向下滚动至“Ports (COM and LPT)”。找到 Prolific PL2303GS USB Serial COM Port 并记下使用的端口。所用 COM 端口在括号中显示，如 [图 3-1](#) 所示。

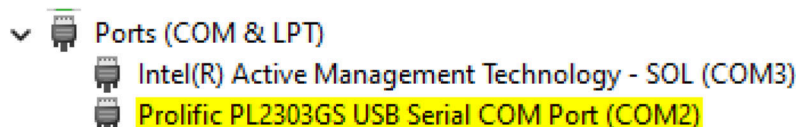


图 3-1. PC COM 端口

在 PC 上打开包含计量 GUI 的文件夹。默认情况下，GUI 位于 C:\ti\mspm0_sdk_(version)\tools\metrology_gui。在运行 `calibrator.exe` 文件之前，打开并编辑 `calibration-config.xml` 文件。使用文本编辑器打开 `calibration-config.XML` 文件并搜索 `<meter position="1">`。仪表位置后面的行中必须使用与 PL2303GS COM 端口关联的相同 COM 端口，如 [图 3-2](#) 所示。确保在运行 `calibrator.exe` 文件之前保存所有更改。

```
<meter position="1">
  <port name="com2" speed="9600"/>
</meter>
```

图 3-2. XML COM 端口

3.2 启动计量软件

使用提供的 USB 转串行电缆，将 USB 端插入 PC，并将 9 引脚 D 连接器连接到 EVM 上的 RS-232 端口。向 J5 施加 3.3V 电压并运行校准器可执行文件。LED D1 和 D2 亮起，PC 上显示以下屏幕。

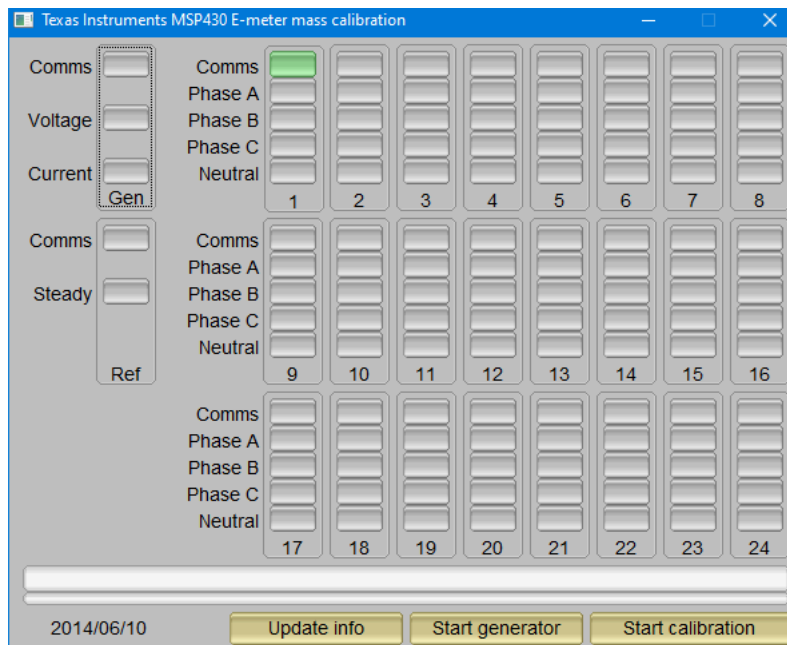


图 3-3. GUI 启动

如果 COMMS 按钮没有变为绿色，请验证是否向 J5 施加了 +3.3V 电压，并仔细检查设备管理器和 `calibrator-config.XML` 文件中的 COM 端口设置。按下 COMMS 按钮以启动计量 GUI。图 3-4 中显示仪表状态的屏幕在计算机上变为活动状态。



图 3-4. 仪表初始状态

4 电能计量软件概述

4.1 使用 ADS131M08MET-EVM

ADS131M08REF-EVM 上的 MSPM0G1506 刷入了必要的固件，以实现电能测量库中的各种计量功能。电能测量软件分为三层。MSPM0 DriverLib 层包含定义的所有外设，并使用 SysConfig 进行配置。模块层包含四个模块：硬件抽象层 (HAL) 模块、模拟前端转换器 (ADS131M0x) 模块、计量模块和通信模块。HAL 模块提供应用程序编程接口 (API) 来操作和配置 MCU 引脚和外设。模拟前端模块提供与 ADS131M0x 和 SPI 通信的配置相关的应用程序编程接口 (API)。计量模块提供的 API 用来处理采样数据并进行数学计算。通信模块用于接收来自 GUI 的命令并将计算结果发送到 GUI。介绍所用函数和公式的文档随 MSPM0-SDK 软件包一起安装。

除了在控制器复位时生效的增益和软件集成外，GUI 不支持对 ADS131M08 进行直接编程。MSPM0G1506 在启动的初始化过程中确定 V_{GAIN} 、 I_{GAIN} 和 SW_{INT} 开关的状态。MSPM0G1506 通过 4 线 SPI 通信配置 ADS131M08，以便在 4.096MHz SCLK 下以 512 过采样率 (OSR) 和 8kSPS 数据速率运行。

4.1.1 测量电压和电流

无需向 EVM 施加交流电源电压，即可评估硬件和软件的基本性能。可以安全地使用双通道信号发生器来验证运行情况并使 EVM 的基本计量部分正常工作。例如，电压输入可直接施加到测试点 4、5 和 6。从 JP1 至 JP8 移除分流跳线后，CT 负载电阻上生成的电压可直接施加到螺纹端子 J4、J8、J11 和 J14。

在三个电压输入端子上分别使用分压器，并将 120V 市电电压（在线路和中性线之间测量）施加到 J3 上时，TP5 处的电压为 $\pm 128\text{mV}$ (91mV_{RMS})。对于 230V 市电电压（在线及中性线间测得），前端电路的 230V 输入会产生 $\pm 245.33\text{mV}$ ($173.48\text{mV}_{\text{RMS}}$) 的电压摆幅。 $\pm 128\text{mV}$ 和 $\pm 245.33\text{mV}$ 电压范围完全在 $\pm 1.2\text{V}$ 输入电压范围内，对于用于电压通道的默认 PGA 增益值 1，ADS131M08 器件可以检测到它们。

为了在不使用电流互感器或罗氏线圈的情况下验证电流通道输入，可以在 J4 的 IAP 和 IAN 端子上直接施加第二个信号发生器通道。从 JP1 和 JP2 上移除分流器并注入高达 $\pm 1\text{V}$ 的 60Hz 正弦波。电流通道输入端的典型电压取决于所使用 CT 的匝数比或罗氏线圈的灵敏度。例如，电流输入为 100A 且 CT 匝数比为 2500:1，在此 EVM 上使用 12.98Ω 的负载电阻时，电流通道输入信号的电压摆幅最大值为 $\pm 918\text{mV}$ ($649\text{mV}_{\text{RMS}}$)。验证仪表状态面板中的电流。图 4-1 提供了使用低电压信号源模拟 A 相上 120V_{RMS} 和 10A 输入的示例。



图 4-1. 电压和电流输入

4.1.1.1 校准过程

全面校准需要使用精确的发生器仪表或参考表，例如 MTE 的 PTS3.3C。单击仪表状态窗口左下角的 *Manual Cal* 按钮可以启动校准，如图 4-1 中所示。

4.1.1.1.1 增益校准

可以对所有相位同时进行电压和电流增益校准。但是，要对有功功率进行增益校正，需要参考表中每个相位的电能精度 (%)。此外，在对任何给定相位执行有功功率校准时，必须通过关闭电流并保留启用其他电压来关闭其他相位。

4.1.1.1.2 电压和电流增益校准

要校准电压和电流读数，请执行以下步骤：

1. 连接 GUI 以查看电压、电流、有功功率和其他计量参数的结果。
2. 配置测试源，为所有相位提供所需的电压和电流。确保这些是每个相电压和电流间相移为零度的电压和电流校准点。例如，120V、10A、0° (PF = 1)。通常，每个相位的这些值都相同。
3. 点击 *Manual cal.* 按钮 (图 4-1 中)。此时会弹出图 4-2 中的屏幕：

	Phase A	Phase B	Phase C	Neutral
Voltage	0 %	0 %	0 %	
Voltage (limp)	0 %	0 %	0 %	
Voltage AC offset	0	0	0	
Fund. RMS Voltage offset (mV)	0	0	0	
Current	0 %	0 %	0 %	0 %
Current (limp)	0 %	0 %	0 %	0 %
Current AC offset	0	0	0	0
Fund. RMS Current offset (uA)	0	0	0	
Active power	0 %	0 %	0 %	0 %
Active power offset (mW)	0	0	0	0
Fund. active power offset (mW)	0	0	0	
Reactive power offset (mvar)	0	0	0	0
Fund. reactive power offset (mvar)	0	0	0	
Phase correction	0 us	0 us	0 us	0 us

Update meter

图 4-2. 手动校准窗口

4. 计算每个电压和电流的校正值。关于必须在电压和电流字段中输入的校正值，将使用方程式 3 进行计算：

$$\text{Correction (\%)} = \left(\frac{\text{value}_{\text{observed}}}{\text{value}_{\text{desired}}} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

其中

- $\text{value}_{\text{observed}}$ 是 TI 仪表测量的值。
 - $\text{value}_{\text{desired}}$ 是在交流测试源中配置的校准点
5. 计算所有电压和电流后，将这些值作为 ($\pm$) 校正因数输入到相应相位的电压和电流字段中。
6. 点击 **Update meter** 按钮，然后 GUI 上观察到的电压和电流值将立即稳定至所需的电压和电流。

4.1.1.1.3 有源功率增益校准

备注

本部分是其中一个相位的示例。对于其他两个相位，可以重复这些步骤。

对电压和电流执行增益校正后，完成有功功率的增益校正。与电压和电流相比，有功功率的增益校正方式有所不同。尽管从概念上讲，可以像电压和功率一样计算有功电能的百分比误差，但应避免使用此方法，因为它不够准确。

获得校正(%)的理想选择是直接借鉴来自有功功率参考表的测量误差。此误差通过向参考表馈送电能脉冲来获得。如需执行有功功率校准，请完成以下步骤：

1. 关闭系统并将系统的电能脉冲输出连接到参考表。配置参考表，根据这些脉冲输入测量有功功率误差。
2. 打开交流测试源。
3. 使用与电压和电流增益校准部分相同的电压、电流和 0° 相移，重复执行该部分中的步骤 1 至步骤 3。
4. 从参考表获取测量误差百分比。可能为负值。
5. 在 GUI 窗口中相应相位下的 **Active Power** 字段中输入步骤 4 中获得的误差。此误差已是数值，无需计算。
6. 点击 **Update meter** 按钮，参考表上的误差值会立即稳定至接近零的值。

4.1.1.1.4 偏移校准

执行增益校准后，如果低电流下的精度不可接受，请执行偏移校准。偏移校准会消除所有串扰，如线电压对相位电流通道的串扰。

要对相位执行有功功率偏移校准，只需将要从有功功率读数中减去的偏移量（以 mW 为单位）添加到有功功率偏移的当前值（在图 4-3 中标为 **Voltage AC off**），然后将这一新值输入手动校准窗口中的 **Voltage AC offset** 字段。例如，如果 **Voltage AC off** 在图 4-3 中的值为 200 (0.2W)，并且需要再减去 0.300mW，则应在手动校准窗口的 **Voltage AC offset** 字段中输入值 500。在手动校准窗口的 **Voltage AC offset** 字段中输入值后，按下 **Update meter** 按钮以使更改生效。

要对相位执行无功功率偏移校准，所遵循的流程与用于执行有功功率偏移校准的流程相似。将要从无功功率读数中减去的偏移量（以 mvar 为单位）添加到无功功率偏移的当前值（在图 4-3 中标为 **Current AC offset**），然后将该值输入手动校准窗口中的 **Current AC offset** 字段。在手动校准窗口的 **Current AC offset** 字段中输入值后，按下 **Update meter** 按钮。

4.1.1.1.5 相位校准

执行功率增益校正后，应进行相位校准。与有功功率增益校准相似，要在一个相位上执行相位校正，必须禁用其他两个相位。要执行相位校正校准，请完成以下步骤：

1. 如果已关闭或重新配置交流测试源，使用与电压和电流增益校准部分相同的电压和电流，重复执行该部分中的步骤 1 至步骤 3。
2. 将当前不进行校准的所有其他相位的电流设置为 0A，从而禁用这些相位。
3. 仅将相移修改为非零值；通常选择 $+60^\circ$ 。参考表此时会显示不同的有功功率测量百分比误差。该值可以为负值。
4. 如果步骤 3 中的误差不接近零或不可接受，请遵循以下步骤来执行相位校正：
 - a. 对于要校准的相位，输入一个值以更新 **Phase Correction** 字段。通常，必须输入一个小的 $\pm$ 整数，使误差更接近零。此外，若相移大于 0 （例如： $+60^\circ$ ），则正（负）误差需要一个正（负）数字作为校正。
 - b. 点击 **Update meter** 按钮，监测参考表上的误差值。
 - c. 如果此测量误差(%)不够准确，请在第 4a 步和第 4b 步的基础上递增或递减 1 以进行微调。在某个点之后，微调只会导致误差在零两侧振荡。必须选择使绝对误差最小的值。
 - d. 现在将相位更改为 -60° ，然后检查此误差是否仍可接受。在理想情况下，在滞后和超前条件下，相同相移的误差必须对称。

执行相位校准后，即完成了一个相位的校准。必须对其他相位执行增益校准、偏移校准和相位校准。

至此已完成两个相位的电压、电流和功率校准。要查看新的校准因数（参阅图 4-3），请点击图 4-1 中 GUI 计量结果窗口的 **Meter calibration factors** 按钮。对于这些已显示的校准因数，**Voltage AC off** 参数实际表示从每次测量值中减去的有功功率偏移量（以 mW 为单位），**Current AC offset** 参数实际表示从无功功率读数中减去的无功功率偏移量（以 mvar 为单位）。此外，这里还显示了使用双电压配置的仪表的校准因数示例。如果该仪表采用单电压配置，则电压和有功功率比例因数约为图 4-1 中所示值的一半，原因是通过线电压测量会得到两个相位的电压读数，而不是测量两个相电压。在分相系统的理想条件下，线电压测量值 RMS 是两个相电压测量值 RMS 中任一个的两倍，这意味着在测量线电压时，馈送到 ADC 的电压也是相电压测量值的两倍。因此，对于单电压配置，必须将电压和功率读数除以额外因数 2，这是通过遵循有功功率和电压增益校准步骤自动完成的。

The screenshot shows a window titled "Meter calibration factors" with a sub-header "Meter 1 calibration factors". It contains a table of calibration parameters for four phases: Phase A, Phase B, Phase C, and Neutral. The parameters include Voltage, Current, Active power, and Phase correction, each with a numerical value and a unit.

	Phase A	Phase B	Phase C	Neutral
Voltage	1.638771e+03	1.638735e+03	1.635810e+03	
Voltage (limp)				
Voltage AC off	0	0	0	
Fund. RMS Voltage offset (mV)	0	0	0	
Current	1.858582e+02	1.991142e+02	1.990061e+02	1.250000e+02
Current (limp)				
Current AC offset	0	0	0	0
Fund. RMS Current offset (uA)	0	0	0	
Active power	3.046429e+05	3.262001e+05	3.255526e+05	6.400000e+04
Active power offset (mW)	0	0	0	0
Fund. active power offset (mW)	0	0	0	
Reactive power offset (mvar)	0	0	0	0
Fund. reactive power offset (mvar)	0	0	0	
Phase correction	0.0us	0.0us	0.0us	0.0us

图 4-3. 校准因数窗口

4.2 测试精度结果

4.2.1 电流互感器结果

对于以下测试结果，使用 CR Magnetics Inc. 提供的 CR8350-2500-N 电流互感器对 EVM 进行了增益和相位校准。在以下结果中，有功电能结果在 0°相移下处于 0.1%以内。此外，有功电能与电压结果以及 RMS 电压结果表明，尽管仅对电压通道使用了 ADC 范围中的一小部分，但仍能获得良好的精度结果。

以下表格和图中的百分比误差列是根据 ADS131M08MET-EVM 的多个参考输入值与 PC GUI 上显示的测量值之间的差值计算得出的。ADS131M08MET-EVM 的参考输入值由来自 MTE 公司的 PTS3.3C 电源发生器仪表或参考表生成，而电能库计算的测量值在 PC GUI 中报告。

表 4-1. 基于 CT 的 RMS 电压百分比误差与电压间的关系，三相模式

电压 (V)	A 相百分比误差	B 相百分比误差	C 相百分比误差
270	0.00555	0.01444	0.02444
260	0.00384	0.01307	0.02461
240	0.00375	0.00500	0.0112
230	0.01086	0.00304	0.01652
220	0.00863	0.01090	0.00090
200	0.00700	0.00500	0.00650
180	0.01055	0.00111	0.00388
160	0.00250	0.00687	0.01874
140	0.00214	0.00428	0.00071
120	0.00666	0.01916	0.00999
100	0.00300	0.00900	0.00200
90	0.01300	0.00922	0.00988

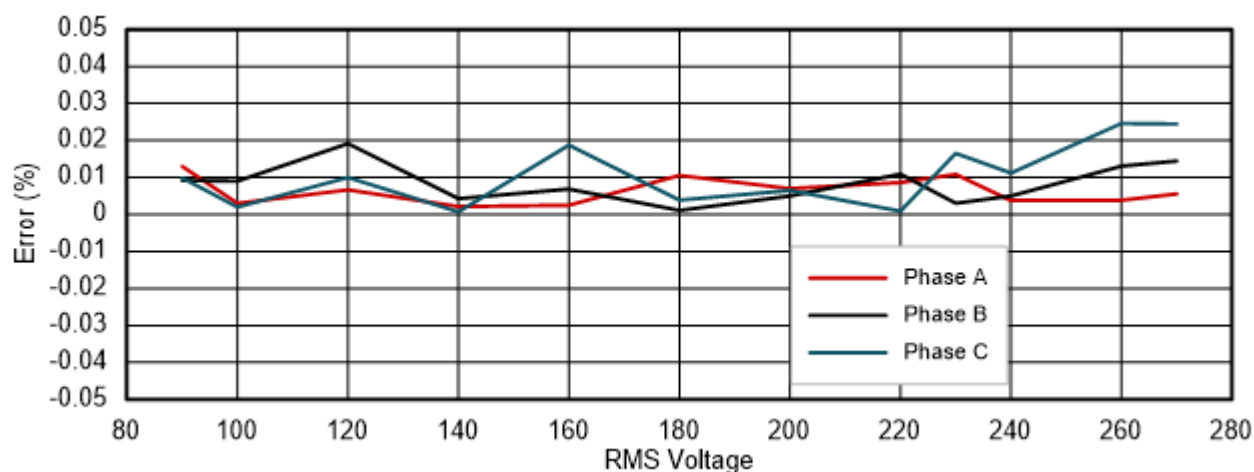


图 4-4. 基于 CT 的 RMS 电压百分比误差与电压间的关系，三相模式

表 4-2. RMS 电流百分比误差与电流间的关系，三相模式

电流 (A)	A 相百分比误差	B 相百分比误差	C 相百分比误差
0.1	0.00399	0.04498	0.00499
0.25	0.02239	0.01159	0.00200
0.50	0.00179	0.01220	0.01940
1.00	0.01999	0.01499	0.00500
2.00	0.01649	0.00449	0.00699
5.00	0.00539	0.01339	0.01139
10.00	0.00999	0.01000	0.00950

表 4-2. RMS 电流百分比误差与电流间的关系，三相模式（续）

电流 (A)	A 相百分比误差	B 相百分比误差	C 相百分比误差
20.00	0.01449	0.01449	0.02570
30.00	0.03366	0.02666	0.02899
40.00	0.01124	0.02825	0.03625
50.00	0.01398	0.01019	0.01720
60.00	0.01566	0.01683	0.01166
70.00	0.00642	0.00414	0.01842
80.00	0.00749	0.00475	0.01062
90.00	0.02321	0.01988	0.00100
100.00	0.02099	0.03199	0.00120

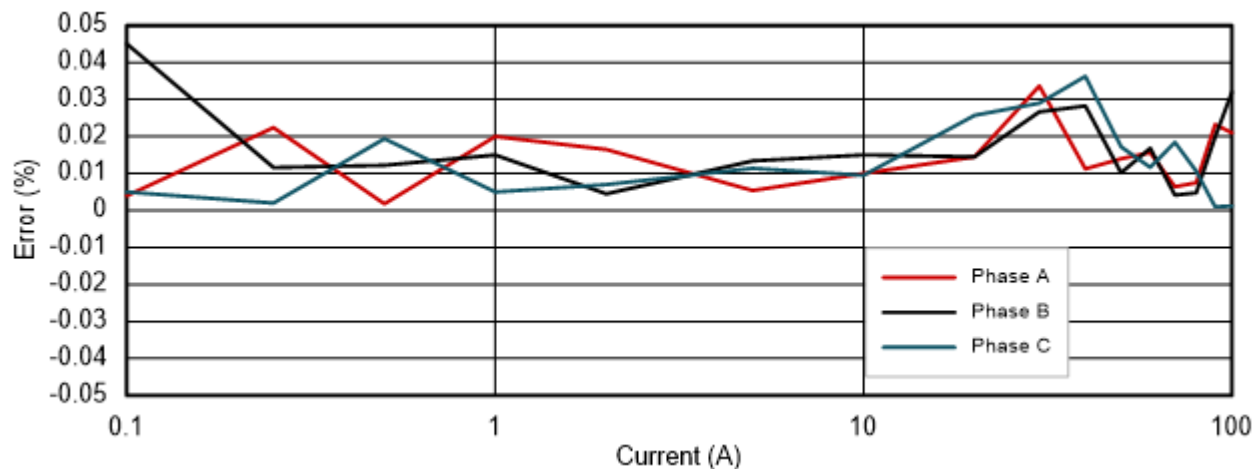


图 4-5. RMS 电流百分比误差与电流间的关系，三相模式

表 4-3. 有功电能百分比误差与电流间的关系，三个 CT，每个 CT 的匝数比为 2500:1

电流 (A)	平均误差 (%) PF = 1, $\cos \phi = 0^\circ$	限值 (%) [0.1 级] IEC 62053-22 (PF 1)	限值 (%) [0.2 级] IEC 62053-22 (PF 1)	平均误差 (%) PF = 0.5i, $\cos \phi = 60^\circ$	限值 (%) [0.1 级] IEC 62053-22 (PF 0.5i 0.8c)	限值 (%) [0.2 级] IEC 62053-22 (PF 0.5i 0.8c)	平均误差 (%) PF = 0.8c $\cos \phi = -36.87^\circ$
1.0	0.024	± 0.2	± 0.4				
1.5	0.013	± 0.1	± 0.2				
3	0.001	± 0.1	± 0.2	0.093	0.25	0.5	-0.084
10	0.009	± 0.1	± 0.2				
15	0.005	± 0.05	± 0.1	0.040	0.15	0.3	-0.055
30	0.009	± 0.1	± 0.2				
50	0.008	± 0.1	± 0.2	-0.087	0.15	0.3	-0.015
75	0.027	± 0.1	± 0.2				
90	0.047	± 0.1	± 0.2				
100	0.014	± 0.1	± 0.2	-0.122	0.15	0.3	0.061

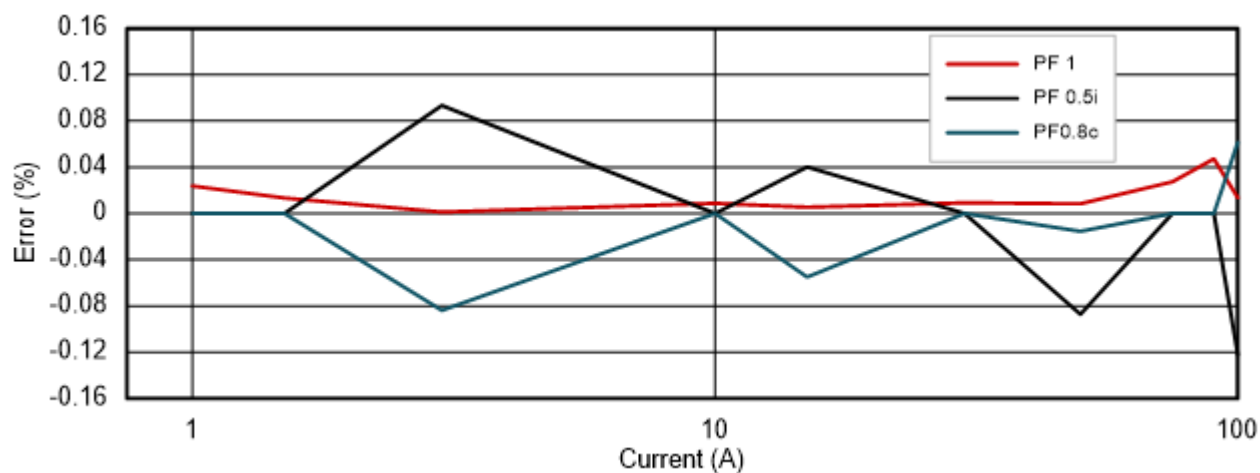


图 4-6. 有功电能 % 误差

表 4-4. 起始负载测试, $\cos \phi = 1i (0^\circ)$ 0.5A

电压 (V)	平均误差 (%)	测试 电流 (A)
90	-2.062	0.05

表 4-5. 电压变化, $\cos \phi = 1i (0^\circ)$

电压 (V)	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
120	1.5	0.075	REF	REF
108	1.5	0.072	± 0.1	± 0.2
235	1.5	0.074	± 0.1	± 0.2
270	1.5	0.071	± 0.1	± 0.2
297	1.5	0.069	± 0.1	± 0.2
120	15	0.053	REF	REF
108	15	0.053	± 0.1	± 0.2
235	15	0.055	± 0.1	± 0.2
270	15	0.052	± 0.1	± 0.2
297	15	0.052	± 0.1	± 0.2

表 4-6. 相序反转

电路	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
ABC	1.5	0.048	REF	REF
CBA	1.5	0.041	± 0.1	± 0.3
ABC	15	0.026	REF	REF
CBA	15	0.018	± 0.1	± 0.3

表 4-7. 电流电路的均衡性

电路	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
全部	1.5	0.056	REF	REF
电路 A	1.5	0.034	± 0.15	± 0.3
电路 B	1.5	0.066	± 0.15	± 0.3
电路 C	1.5	0.042	± 0.15	± 0.3
全部	15	0.032	REF	REF
电路 A	15	0.011	± 0.15	± 0.3
电路 B	15	0.046	± 0.15	± 0.3

表 4-7. 电流电路的均衡性 (续)

电路	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
电路 C	15	0.030	±0.15	±0.3

4.2.2 罗氏线圈结果

对于表 4-8 中的测试结果，使用 Pulse Electronics 提供的 PA3209NL 罗氏线圈以及 MSPM0G1506 中的软件集成对 EVM 应用增益和相位校准。在以下结果中，有功电能结果在 0.1% 级范围内。

表 4-8. 有功电能百分比误差与电流间的关系，3 个罗氏线圈

电流 (A)	平均误差 (%) PF = 1, $\cos \phi = 0^\circ$	限值 (%) [0.1 级] IEC 62053-22 (PF 1)	限值 (%) [0.2 级] IEC 62053-22 (PF 1)	平均误差 (%) PF = 0.5i, $\cos \phi = 60^\circ$	限值 (%) [0.1 级] IEC 62053-22 (PF 0.5i 0.8c)	限值 (%) [0.2 级] IEC 62053-22 (PF 0.5i 0.8c)	平均误差 (%) PF = 0.8c, $\cos \phi = -36.87^\circ$
1.0	-0.062	± 0.2	± 0.4				
1.5	-0.032	± 0.1	± 0.2				
3	-0.001	± 0.1	± 0.2	-0.011	0.25	0.5	0.033
10	0.029	± 0.1	± 0.2				
15	-0.010	± 0.05	± 0.1	-0.012	0.15	0.3	0.049
30	0.008	± 0.1	± 0.2				
50	0.002	± 0.1	± 0.2	-0.076	0.15	0.3	0.030
75	0.005	± 0.1	± 0.2				
90	-0.014	± 0.1	± 0.2				
100	-0.029	± 0.1	± 0.2	-0.088	0.15	0.3	0.018

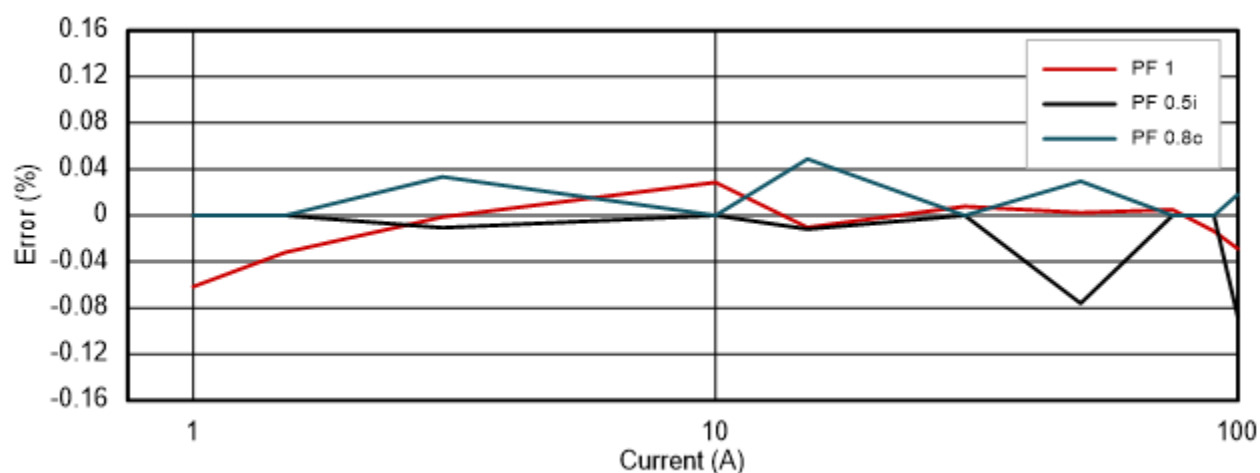


图 4-7. 有功电能 % 误差

表 4-9. 起始负载测试， $\cos \phi = 1$ (0°) 1.5A

电压 (V)	平均 误差 (%)	测试电流 (A)
90	1.049	0.05

表 4-10. 电压变化, $\cos \phi = 1$ (0°)

电压 (V)	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
120	1.5	-0.047	REF	REF
108	1.5	-0.055	± 0.1	± 0.2
235	1.5	-0.049	± 0.1	± 0.2
270	1.5	-0.065	± 0.1	± 0.2
297	1.5	-0.070	± 0.1	± 0.2
120	15	-0.015	REF	REF
108	15	-0.015	± 0.1	± 0.2
235	15	-0.008	± 0.1	± 0.2
270	15	-0.011	± 0.1	± 0.2
297	15	-0.016	± 0.1	± 0.2

表 4-11. 电流电路的均衡性

电路	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
全部	1.5	-0.045	REF	REF
电路 A	1.5	-0.112	± 0.15	± 0.3
电路 B	1.5	0.090	± 0.15	± 0.3
电路 C	1.5	0.037	± 0.15	± 0.3
全部	15	-0.007	REF	REF
电路 A	15	-0.088	± 0.15	± 0.3
电路 B	15	0.014	± 0.15	± 0.3
电路 C	15	0.047	± 0.15	± 0.3

表 4-12. 相序反转

电路	测试 电流 (A)	平均 误差 (%)	限值 (%) [0.1 级]	限值 (%) [0.2 级]
ABC	1.5	-0.047	REF	REF
CBA	1.5	-0.052	± 0.1	± 1.0
ABC	15	-0.008	REF	REF
CBA	15	-0.015	± 0.1	± 0.3

[TIDA-010986](#) 为适用于罗氏线圈的三相信号调节电路的参考设计, 旨在提高电表、断路器、保护继电器和电动汽车 (EV) 充电器中电流测量的精度。这种基于运算放大器的有源积分器设计具有宽动态电流范围, 以及带宽、稳定性和可调节增益。该设计针对三相系统进行了优化, 并可通过 J5 与 ADS131M08MET-EVM 连接。该设计旨在以类似于基于分流器设计的成本实现电流互感器 (CT) 的精度。

4.3 开发应用程序

开发加载到 MSPM0G1506 中的自定义固件版本所需的信息通过 [MSPM0-SDK](#) 软件包安装到 PC 上。默认安装目录为 C:>ti>mspm0_sdk_(current version)>docs>english (或中文) >middleware>energy_metrology，如图 4-8 中所述。

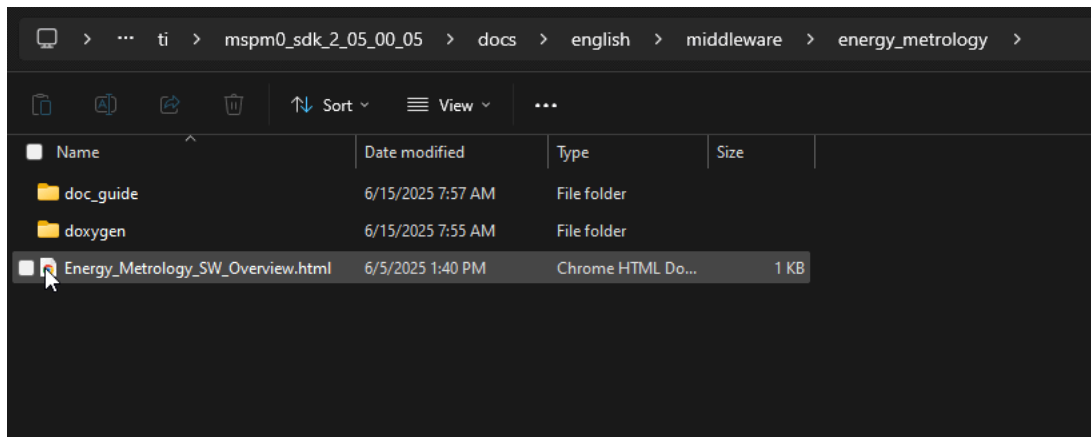


图 4-8. 电能计量文档

单击 *Energy_Metrology_SW_Overview.html* 文件，可详细了解如何使用 *CCS 用户指南*、*电能库用户指南*、以及用于创建加载到 ADS131M08MET-EVM 中的固件的 CCS 项目各计量部分的各种后台和前台进程。

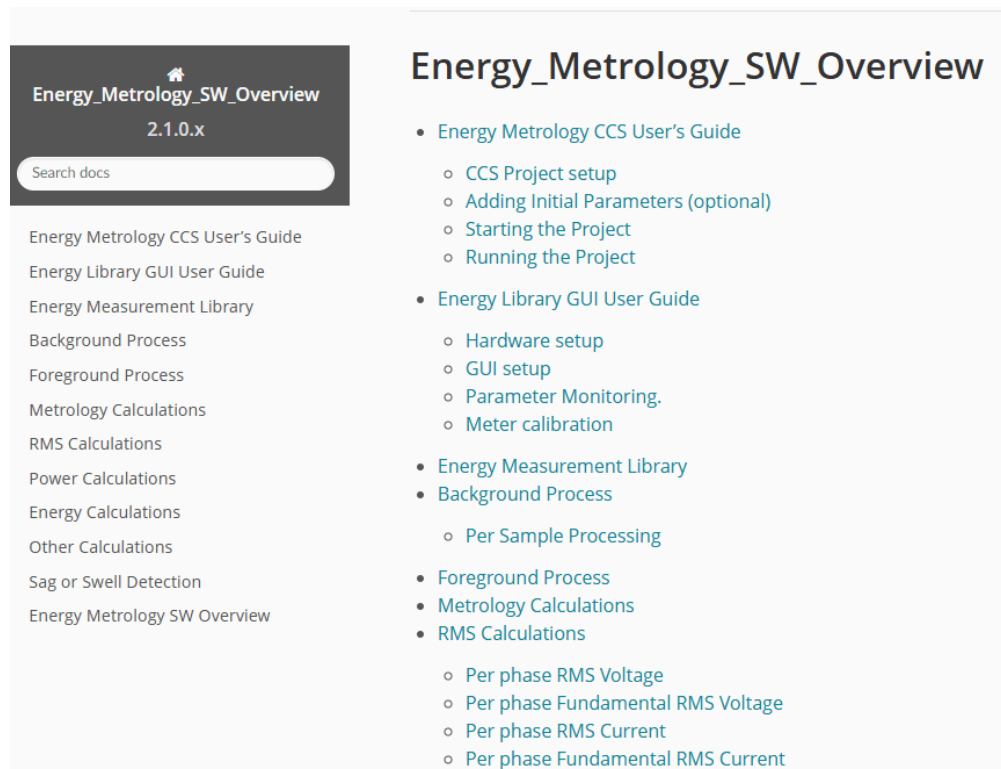


图 4-9. 软件概述

5 硬件设计文件

5.1 原理图

本部分包含 ADS131M08MET-EVM 的完整原理图。图 5-1 显示了 ADS131M08MET-EVM 电路板的模拟电压和电流输入电路。电压输入通过电阻分压器提供以衰减高压交流线路，而电流传感器输入为电流互感器提供低通滤波和负载电阻。为了与罗氏线圈配合使用，可通过分流跳线绕过负载电阻。

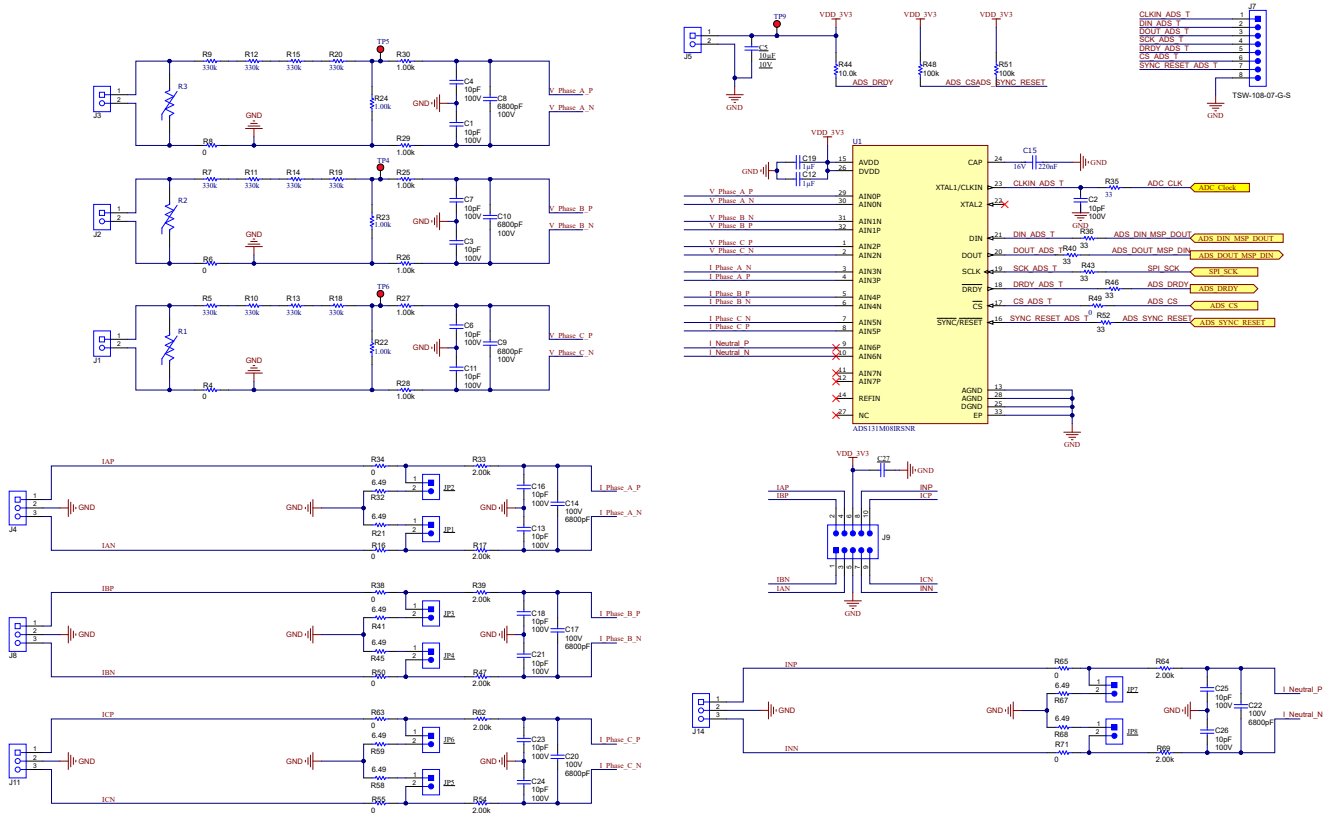


图 5-1. AFE 和 ADS131M08

图 5-2 展示了 ADS131M03MET-EVM 电路板的 RS-232、电源、通信隔离、增益开关和 MSPM0G1506 详细信息。

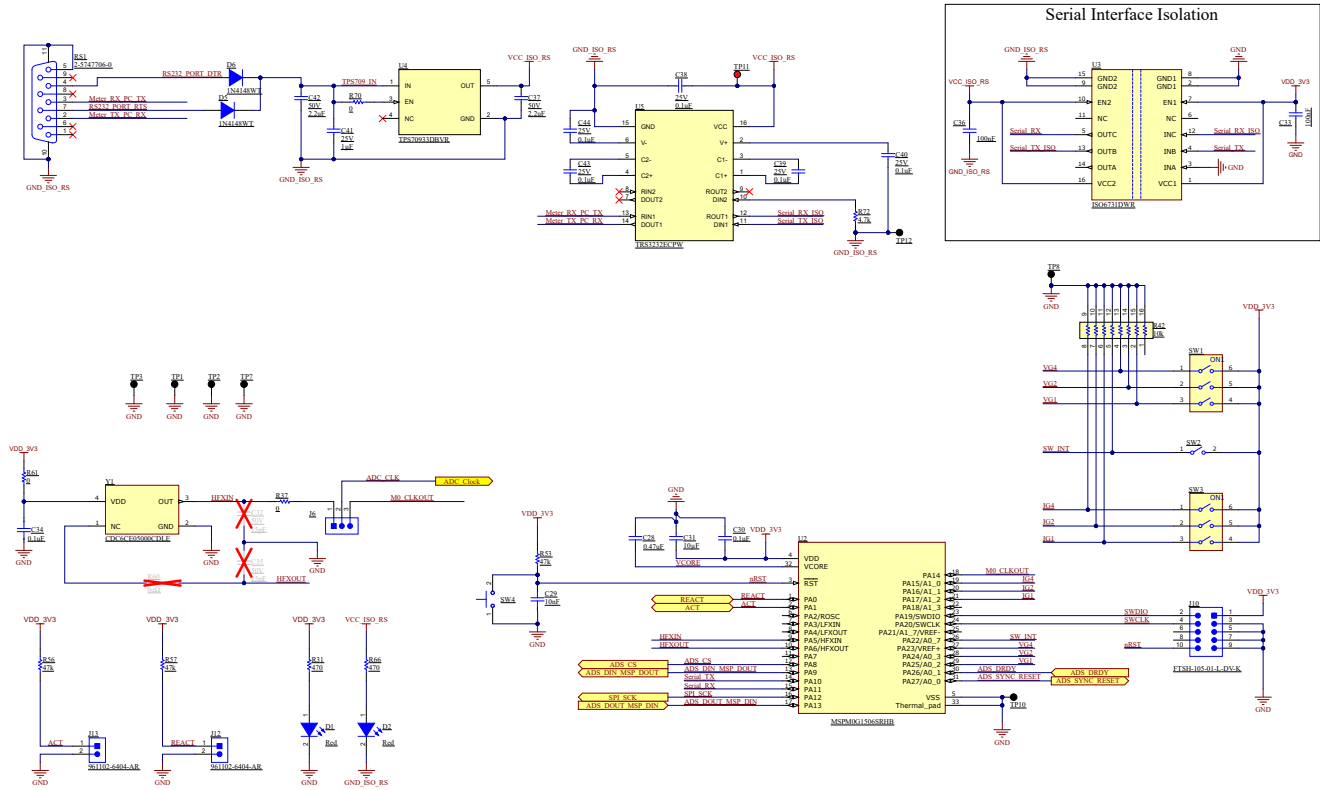


图 5-2. RS-232 和 MSPM0G1506 详细信息

5.2 物料清单 (BOM)

参考位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C2、C3、C4、C6、C7、C11、C13、C16、C18、C21、C23、C24、C25、C26	15	10pF	电容, 陶瓷, 10pF, 100V, ±5%, C0G/NPO, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	GCM1885C2A100JA16D	MuRata
C5、C27、C31	3	10 μF	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, ±10%, X5R, 0603	0603	GRM188R61A106KAALD	MuRata
C8、C9、C10	3	6800pF	电容, 陶瓷, 6800pF, 100V, ±5%, C0G/NPO, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CGA3EANP02A682J080AC	TDK
C12、C19	2	1 μF	电容, 陶瓷, 1μF, 16V, ±10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CGA3E1X7R1C105K080AC	TDK
C14、C17、C20、C22	4	6800pF	电容, 陶瓷, 6800pF, 100V, ±10%, X7R, 0603	0603	GRM188R72A682KA01D	MuRata
C15	1	220nF	电容, 陶瓷, 220nF, 16V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0402, +125°C, 汽车, T/R	0402	CGA2B2X7R1C224K050BE	TDK Corporation
C28	1	0.47 μF	电容, 陶瓷, 0.47 μF, 10V, ±10%, X5R, 0603	0603	GRM188R61A474KA61D	MuRata
C29	1	10nF	10000pF ±10% 25V 陶瓷电容器 X7R 0402 (公制 1005)	0402	885012205050	Würth Electronics
C30、C38、C39、C40、C43、C44	6	0.1 μF	电容, 陶瓷, 0.1 μF, 25V, ±10%, X8R, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CGA3E2X8R1E104K080AA	TDK
C33、C36	2	0.1 μF	电容, 陶瓷, 0.1 μF, 25V, ±10%, X7R, 0603	0603	C0603X104K3RACTU	Kemet
C34	1	100nF	0.1μF ±10% 10V 陶瓷电容器 X7R 0402 (公制 1005)	0402	885012205018	Würth Electronics
C37、C42	2	2.2 μF	电容, 陶瓷, 2.2 μF, 50V, ±10%, X5R, AEC-Q200 3 级, 0603	0603	GRT188R61H225KE13D	MuRata
C41	1	1 μF	电容, 陶瓷, 1μF, 25V, ±20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CGA3E1X7R1E105M080AC	TDK

参考位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
D1、D2	2	红色	LED, 红色, SMD	2 × 1.25mm	CMD17-21SRC/TR8	Visual Communications Company, LLC
D5、D6	2	75V	二极管, 开关, 75V, 0.3A, SOD-523F	SOD-523F	1N4148WT	Fairchild Semiconductor
H1、H2、H3、H4	4		Bumpon, 半球形, 0.375 X 0.235, 黑色	黑色缓冲垫	SJ61A2	3M
H5	1		USB 转 RS232 电缆		U209-000-R	Eaton Tripp Lite
J1、J2、J3、J5	4		端子块, 5.08mm, 2 × 1, 黄铜, TH	2 × 1, 5.08mm 端子块	ED120/2DS	On-Shore Technology
J4、J8、J11、J14	4		端子块, 5.08mm, 3 × 1, 黄铜, TH	3 × 1, 5.08mm 端子块	ED120/3DS	On-Shore Technology
J6	1		接头, 2.54mm, 3 × 1, 锡, TH	接头, 2.54mm, 3 × 1, 锡, TH	22284030	Molex
J7	1		接头, 100mil, 8x1, 金, TH	8 × 1 接头	TSW-108-07-G-S	Samtec
J9	1		接头, 100mil, 5x2, 金, TH	5 × 2 接头	TSW-105-07-G-D	Samtec
J10	1		接头 (有罩), 1.27mm, 5x2, 金, SMT	接头 (有罩), 1.27mm, 5x2, SMT	FTSH-105-01-L-DV-K	Samtec
J12、J13、JP1、JP2、JP3、JP4、JP5、JP6、JP7、JP8	10		接头, 2.54mm, 2 × 1, TH	接头, 2.54mm, 2 × 1, TH	961102-6404-AR	3M
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) × 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 × 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
R1、R2、R3	3		Var MOV 460VAC/615VDC 5000A 750V 通孔径向大容量	径向	B72214S2461K101	TDK
R4、R6、R8、R16、R34、R38、R50、R55、R63、R65、R71	11	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic
R5、R7、R9、R10、R11、R12、R13、R14、R15、R18、R19、R20	12	330k	电阻, 330k, 0.1%, 1W, 1206	1206	TNPV1206330KBEEN	Vishay Draloric
R17、R33、R39、R47、R54、R62、R64、R69	8	2.00k	电阻, 2.00k, 0.5%, 0.1W, 0603	0603	RT0603DRD072KL	Yageo America
R21、R32、R41、R45、R58、R59、R67、R68	8	6.49	电阻, 6.49, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06036R49FKEA	Vishay-Dale
R22、R23、R24	3	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-071KL	Yageo
R25、R26、R27、R28、R29、R30	6	1.00k	电阻, 1.00k, 0.5%, 0.1W, 0603	0603	RT0603DRD071KL	Yageo
R31、R66	2	470	电阻, 470, 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-07470RL	Yageo America
R35、R36、R37、R40、R43、R46、R52	7	33	电阻, 33, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040233R0JNED	Vishay-Dale
R42	1	10k	电阻, 10k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 1 级, 电阻器阵列 - 8x1	电阻器阵列 - 8x1	EXB2HV103JV	Panasonic
R44	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R48、R51	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale
R49	1	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R53、R56、R57	3	47k	电阻, 47k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040247K0JNED	Vishay-Dale
R61、R70	2	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	RC0402JR-070RL	Yageo America
R72	1	4.7k	电阻, 4.7k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06034K70JNEA	Vishay-Dale
RS1	1		插座, D-SUB-9, 2.74mm, 金, TH	插座, D-SUB-9, 2.74mm, TH	2-5747706-0	TE Connectivity
SH-J1、SH-JP1、SH-JP2、SH-JP3、SH-JP4、SH-JP5、SH-JP6、SH-JP7、SH-JP8	9	1 × 2	分流器, 2mm, 镀金, 黑色	2mm 分流器, 顶部闭合	2SN-BK-G	Samtec
SW1、SW3	2		DIP 开关 SPST 3 档表面贴装滑动 (标准) 执行器 25mA 24VDC	SMT_SW_5MM8_4MM98	416131160803	Würth Electronics
SW2	1		DIP 开关 SPST 1 档表面贴装滑动 (标准) 执行器 25mA 24VDC	SMT_SW_2MM40_6MM20	TDA01H0SB1R	C&K Components
SW4	1		开关, 触控式, 单刀单掷-常开, 0.05A, 12V, SMT	开关, 4.4 × 2 × 2.9mm	TL1015AF160QG	E-Switch
TP1、TP2、TP3、TP7、TP8、TP10、TP12	7		测试点, 微型, 黑色, TH	黑色微型测试点	5001	Keystone
TP4、TP5、TP6、TP9、TP11	5		测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone

参考位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
U1	1		8 通道、同步采样、24 位 Δ - Σ ADC	WQFN32	ADS131M08IRSNR	德州仪器 (TI)
U2	1		混合信号微控制器	VQFN32	MSPM0G1506SRHB	德州仪器 (TI)
U3	1			SOIC16	ISO6731DWR	德州仪器 (TI)
U4	1		具有反向电流保护功能的 150mA、30V、超低 I_Q 、宽输入范围低压降稳压器，DBV0005A (SOT-23-5)	DBV0005A	TPS70933DBVR	德州仪器 (TI)
U5	1		具有 $\pm 15kV$ IEC ESD 保护功能的 3V 至 5.5V 多通道 RS-232 线路驱动器/接收器、0 至 70°C、16 引脚 TSSOP (PW)、绿色环保 (符合 RoHS 标准、无锡/溴)	PW00016A	TRS3232ECPWR	德州仪器 (TI)
Y1	1		晶体替代产品：超低功耗 LVC MOS 振荡器、4 引脚、VSON、 $3.2 \times 2.5 \times 0.9mm$	VSON4	CDC6CE008192ADLE	德州仪器 (TI)

5.3 PCB 布局

图 5-3 和图 5-4 分别显示了 PCB 的顶部和底部布局详细信息。

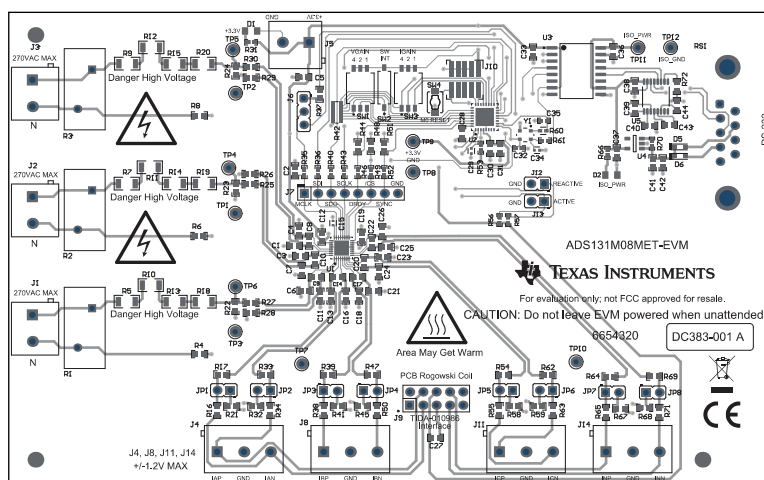


图 5-3. 顶层

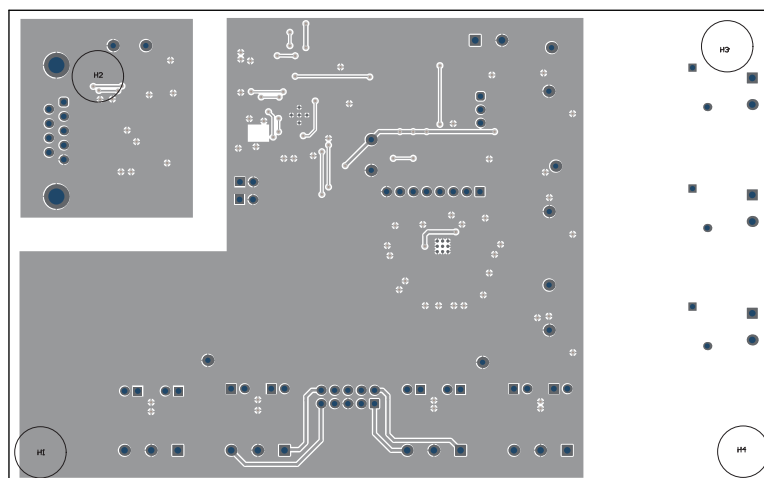


图 5-4. 底层

6 设计和文档支持

6.1 设计文件

6.1.1 PCB 布局建议

对于此评估模块，请遵循以下通用指南：

- 将去耦电容器布置在靠近 **ADS131M08** 相关引脚的位置。
- 使用接地平面而不是接地布线，尽量减少接地平面中的切口，尤其是 **ADS131M08** 附近的切口。
- 保持每个 ADC 通道的模拟输入对称，并且彼此尽可能靠近。
- 对于 **ADS131M08** 器件，应将 $0.1\ \mu\text{F}$ 电容器（而不是 $1\ \mu\text{F}$ 电容器）放置在最靠近 **AVDD** 引脚的位置。对于连接到 **DVDD** 的 $0.1\ \mu\text{F}$ 电容器和 $1\ \mu\text{F}$ 电容器，同样如此。
- 尽量缩短用于将晶体连接到微控制器的布线的长度。
- 在电源连接中使用宽布线。

6.2 工具与软件

工具

CCSTUDIO Code Composer Studio™ 集成式开发环境 (IDE)

MSPM0-SDK MSPM0 软件开发套件 (SDK)

SYSCONFIG 包含直观图形用户界面的系统配置工具，用于配置引脚、外设、无线电、软件栈、RTOS、时钟树和其他元件。

软件

MSPM0-SDK 包含 **ADS131M08MET-EVM** 电能计量的源代码示例

6.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[ADS131M08 8 通道、同步采样、24 位 \$\Delta\$ - \$\Sigma\$ ADC 数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[MSPM0G150x 混合信号微控制器数据表](#)
3. 德州仪器 (TI)，[ISO6731 EMC 性能优异的通用三通道数字隔离器数据表](#)
4. 德州仪器 (TI)，[TPS709 具有使能功能的 150mA、30V、 \$1\ \mu\text{A}\$ \$I_Q\$ 稳压器，数据表](#)
5. 德州仪器 (TI)，[TRS3232E 具有 \$\pm 15\text{kV}\$ ESD 保护功能的 3V 至 5.5V 多通道 RS-232 线路驱动器/接收器，数据表](#)

6.4 支持资源

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

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

6.5 商标

Code Composer Studio™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.
Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.
所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司