

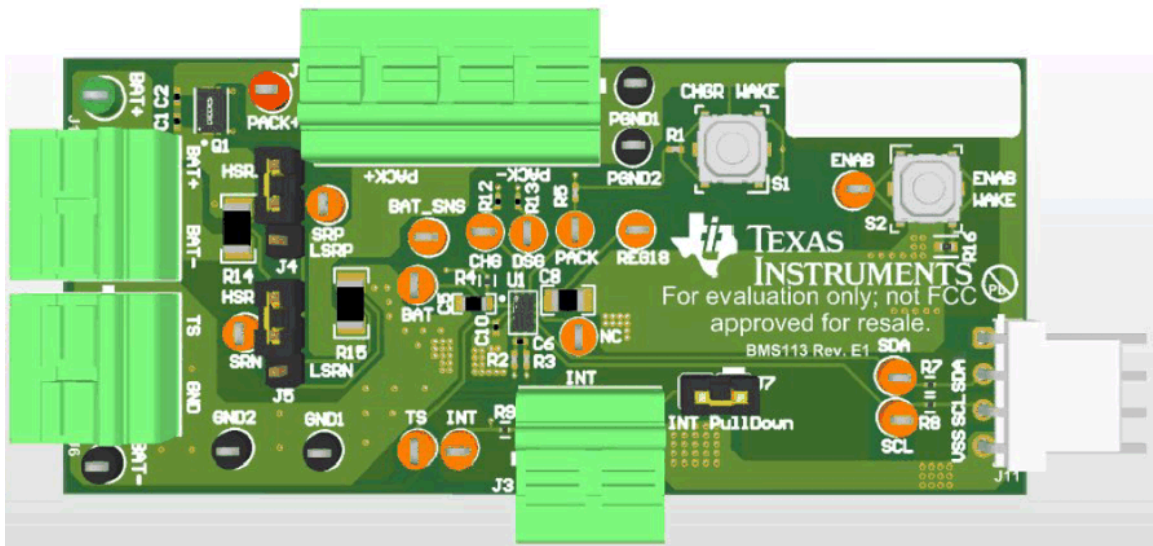
EVM User's Guide: BQ27Z846

BQ27Z846 单节电池电量监测计评估模块**说明**

BQ27Z846 评估模块 (EVM) 是一款系统级板, 旨在帮助用户在系统内评估 BQ27Z846 电量监测计的功能。BQ27Z846 EVM 适用于电池组为 1 节串联电池 (即单节串联电池) 的应用。该 EVM 包含 BQ27Z846 电池电量监测计、高侧和低侧电流检测电阻、集成式高侧保护电路、ENAB 唤醒按钮、充电器唤醒按钮, 以及其他接头选项, 以便根据目标应用进行一定的改装。

特性

- 适用于 BQ27Z846 锂离子电池组管理器评估模块的完整评估系统。
- 已组装的电路模块, 便于快速设置
- 通过软件记录数据, 便于进行系统分析
- 与高侧和低侧电流感应电阻器集成
- 集成式高侧保护
- Dynamic Z-Track™ 算法

**备注**

此 EVM 用于基本产品功能评估, 并不反映器件的全部性能, 也不是为了在生产周期中使用而设计。

1 评估模块概述

1.1 简介

BQ27Z846EVM 带有 BQ27Z846 集成式电量计和保护 IC，以及外部高压侧保护 N 沟道 FET。本用户指南提供了执行以下任务的说明：

- 将必要元件连接在一起，为 EVM 加电
- 安装必要的德州仪器 (TI) 软件工具
- 为 EVM 设置其他硬件和软件
- 校准 BQ27Z846 电压和电流读数
- 执行 Chemical ID 选择过程
- 利用学习周期优化电量计报告
- 创建和上传 Golden Image
- 与电量计进行高级通信

这些任务将指导 BQ27Z846EVM 用户完成创建 Golden Pack 以准备好使用 BQ27Z846 进行生产所需的过程。Golden Pack 是由电量计和电池组成的一个包，在开发阶段已对其执行了优化和配置过程。生成的值将从 Golden Pack 电量计提取到“Golden File”或“Golden Image”中。Golden File 是编程到大规模生产中使用的每个电量计中的闪存映像，因为在控制良好的生产过程中，各电池包之间的差异尽可能小。Dynamic Z-Track™ 算法使电量计能够在部署电池包后继续学习，以考虑制造差异、现场条件以及电池在整个使用寿命期间的衰减情况。

1.2 套件内容

- BQ27Z846 评估模块
- 用于连接 EVM 与 EV2400 通信接口适配器的电缆

1.3 规格

表 1-1. 性能规格汇总

BQ27Z846 规格	最小值	典型值	最大值	单元
Pack+ 至 Pack- 的输入电压	-0.3		24	V
Bat+ 至 Bat- 的输入电压	-0.3		6.0	V
硬件保护规格				
过压保护	3500	4300	5000	mV
欠压保护	2000	2300	4000	mV
充电过流保护	4	14	100	mV ⁽¹⁾
放电过流保护	-4	-16	-100	mV ⁽¹⁾

(1) 基于 1mΩ 检测电阻。

1.4 器件信息

EVM 器件型号	化学成分	配置	容量
BQ27Z846EVM	锂离子电池	单节电池	不限

有关器件固件和硬件的信息，请参阅 [BQ27Z846 具有集成保护和认证功能的 Dynamic Z-Track™ 测量仪表 \(适用于 1 节电池组\)](#) 数据表以及 [BQ27Z846 技术参考手册](#)。

2 硬件设置

带集成保护模块的 BQ27Z846 需要硬件连接才能使用评估模块和创建 Golden File。

2.1 硬件要求

完成本指南中概述的 Golden File 创建步骤需要以下硬件：

- 装有 Windows® 10 或更高版本的 PC
- EV2400 和 USB 数据线
- BQ27Z846 评估板 (EVM)
- 恒压恒流电源 (电源精度最好是 1mV、1mA)
- 单节电池 (Golden Pack 电池与生产中使用的电池相同)

2.2 将 BQ27Z846 电路模块连接到电池包

图 2-1 展示了如何将 BQ27Z846 电路模块连接到电池、个人计算机 (PC) 和系统负载/充电器。

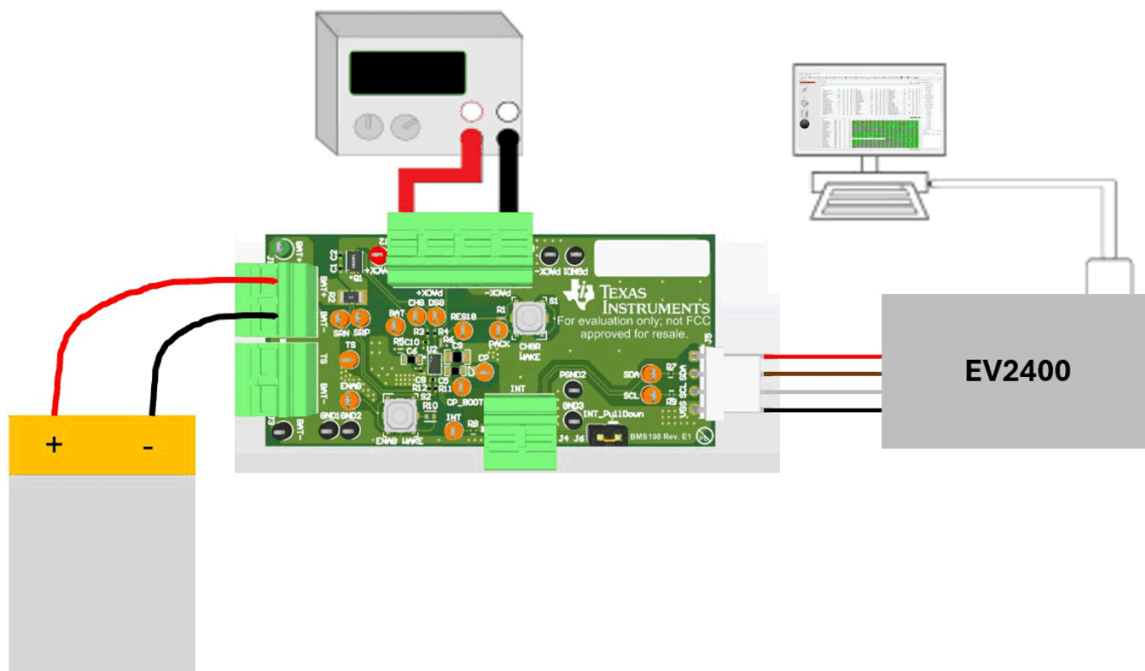


图 2-1. 将 BQ27Z846 电路模块连接到 1Sx1P

2.3 EVM 跳线和端子块说明

下一节介绍了该电路板上的可配置跳线和端子块及其用途：

1. J1 - 电池输入：此端子块是 1SXP 电池组正极和负极引线的输入。
2. J2 - 充电器/负载连接：此端子块是充电器/负载的输入/输出。其中两个连接用于 PACK-，两个连接用于 PACK+。
3. J3 - 中断引脚输出 (INT)：该端子连接到 BQ27Z846 的 INT 引脚。该端子块上的两个连接都连接到 INT 引脚。
4. J4 - 电流感应电阻器正输入 (SRP)：此跳线为 BQ27Z846 的 SRP 引脚选择高侧或低侧电流检测。分流器安装在“LO”位置，用于低压侧电流检测；安装在“HI”位置，用于高压侧电流检测。此分流器必须位于 J4 和 J5 跳线的相同位置。
5. J5 - 电流检测电阻负输入 (SRN)：此跳线为 BQ27Z846 的 SRN 引脚选择高侧或低侧电流检测。分流器安装在“LO”位置，用于低压侧电流检测；安装在“HI”位置，用于高压侧电流检测。此分流器必须位于 J4 和 J5 跳线的相同位置。
6. J6 - 外部温度传感器连接：该端子块将外部温度传感器的一根引线连接到 BQ27Z846 的 TS 引脚，另一根引线连接到 BAT- (GND)。如果电量监测计配置为进行外部温度测量，则必须存在一个外部温度传感器，以便电量监测计报告准确的温度。有关如何为外部温度传感器配置 BQ27Z846 的说明，请参阅 BQ27Z846 技术参考手册。
7. J11 - I2C 接头连接：此连接器用于与 BQ27Z846 进行 I2C 通信，并用于连接 EV2400。

3 软件设置

本节介绍 BQ27Z846EVM PC 软件的安装，以及如何连接 EVM 的不同元件。

3.1 系统要求

bqStudio 软件需要 Windows 7 或更高版本。使用早期版本的 Windows 操作系统可能无法支持 USB 驱动程序。

3.2 软件安装

要获取 bqStudio-test 的最新软件版本和 EV2400 驱动程序，请访问 ti.com。搜索 BQ27Z846 器件型号，进入器件的工具文件夹。按照以下步骤安装 BQ27Z846 bqStudio 软件。

1. 运行固件更新程序工具安装程序。记下固件更新程序工具在计算机上的安装位置。
2. 将要更新的 EV2400 连接到计算机。
3. 核实没有其他 EV2400 连接到用于固件更新的计算机。
4. 转到固件更新程序工具的安装位置。运行固件更新程序工具。
5. 更新程序工具将检测已连接的 EV2400，显示当前固件版本并提示用户继续更新 EV2400 固件。
6. 键入 Y，然后按 Enter。
7. 固件更新程序工具将 EV2400 置于固件更新模式，对旧版 EV2400 的固件进行批量擦除，对 EV2400 进行编程，然后复位器件。完成后，该工具会提示用户继续。
8. 按 Enter 关闭固件更新程序工具。
9. 从个人计算机 (PC) 上拔下 EV2400 的插头。
10. 打开包含 bqStudio 安装包的存档文件并将其内容复制到临时目录中。
11. 重新命名之前的 Battery Management Studio 文件夹，在末尾添加版本。
12. 打开从 TI 网站下载的 bqStudio 安装程序文件。
13. 按照屏幕上的说明进行操作，直至软件安装成功。
14. 启动评估软件之前，将 EV2400 USB 数据线连接到计算机，并将 I2C 端口连接到 EVM 电路板 (J11)。

备注

在整个固件更新过程中，请始终将 EV2400 插在计算机上。

3.3 更新固件

在 www.ti.com 上的相应 BQ27Z846 文件夹中找到最新的固件版本。按照以下步骤安装 BQ27Z846 Battery Management Studio 软件：

1. 通过“Start | Programs | Texas Instruments | Battery Management Studio”菜单序列或 Battery Management Studio 快捷方式运行 Battery Management Studio。
2. 按照“Programming”屏幕中的说明，选择从 www.ti.com 下载的固件 .bq.fs 文件，然后点击 Program 按钮。
3. 编程完成后，重启 Battery Management Studio，EVM 便可与最新固件配合使用。

3.4 排查意外对话框故障

下载文件的用户必须以管理员身份登录。驱动程序未签名，因此管理员必须允许在操作系统中安装未签名的驱动程序。如果使用 Windows 7，请使用管理员权限安装软件。

3.5 使用 bqStudio

本节详细介绍 BQ27Z846 与 bqStudio 软件的操作。

3.5.1 启动程序

从桌面运行 bqStudio。该窗口由顶部的工具面板和其他子窗口组成，这些子窗口可以隐藏、停靠在不同位置或允许作为单独的窗口浮动。当 bqStudio 首次启动时，主窗口会显示 Gauge Dashboard 窗口、Registers 窗口和 Data Memory 窗口。点击主窗口顶部工具面板中的相应图标可以将 Registers、Data Memory、Commands 及其他窗口添加到主窗口中。

数据最初会出现在 Gauge Dashboard、Registers 和 Data Memory 部分。点击 Refresh (单次扫描) 或 Scan (连续扫描) 按钮可更新 Registers 和 Data Memory 窗口中的数据。当 Scan 复选框突出显示为绿色时, 连续扫描处于启用状态; 当 Scan 复选框未突出显示时, 连续扫描处于禁用状态。可以使用 Scan 按钮旁边的秒表图标设置连续扫描间隔。点击秒表图标时, 系统会显示一个下拉菜单, 可以在其中选择所需的扫描间隔。扫描间隔值显示在秒表图标旁边。

另一种收集日志文件的方法是通过 Registers 页面。若要启动日志文件, 可以按下“Start Log”按钮, 然后选择所需的文件名和文件位置。日志文件将定期记录 Registers 页面中的所有内容。

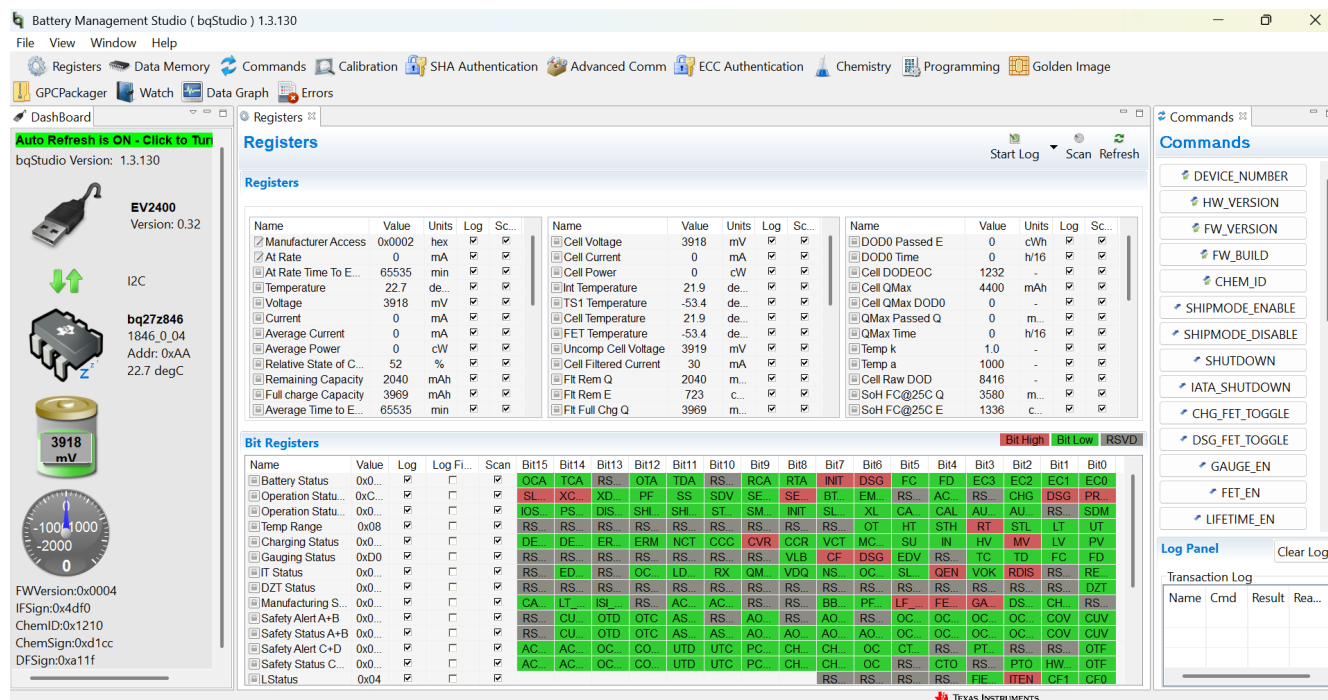


图 3-1. 寄存器屏幕

图 3-1 展示了 bqStudio 主窗口。可以在寄存器窗口底部查看其他标志和控制状态数据。

3.5.2 设置可编程 BQ27Z846 选项

BQ27Z846 按照 BQ27Z846 技术参考手册中详述的默认设置进行配置。确保根据评估的 BQ27Z846 设计的电池包和应用, 正确修改相应设置。

备注

正确设置这些选项对于实现卓越性能至关重要。使用 bqStudio 主窗口中的 Data Memory 窗口来配置这些设置 (图 3-2)。

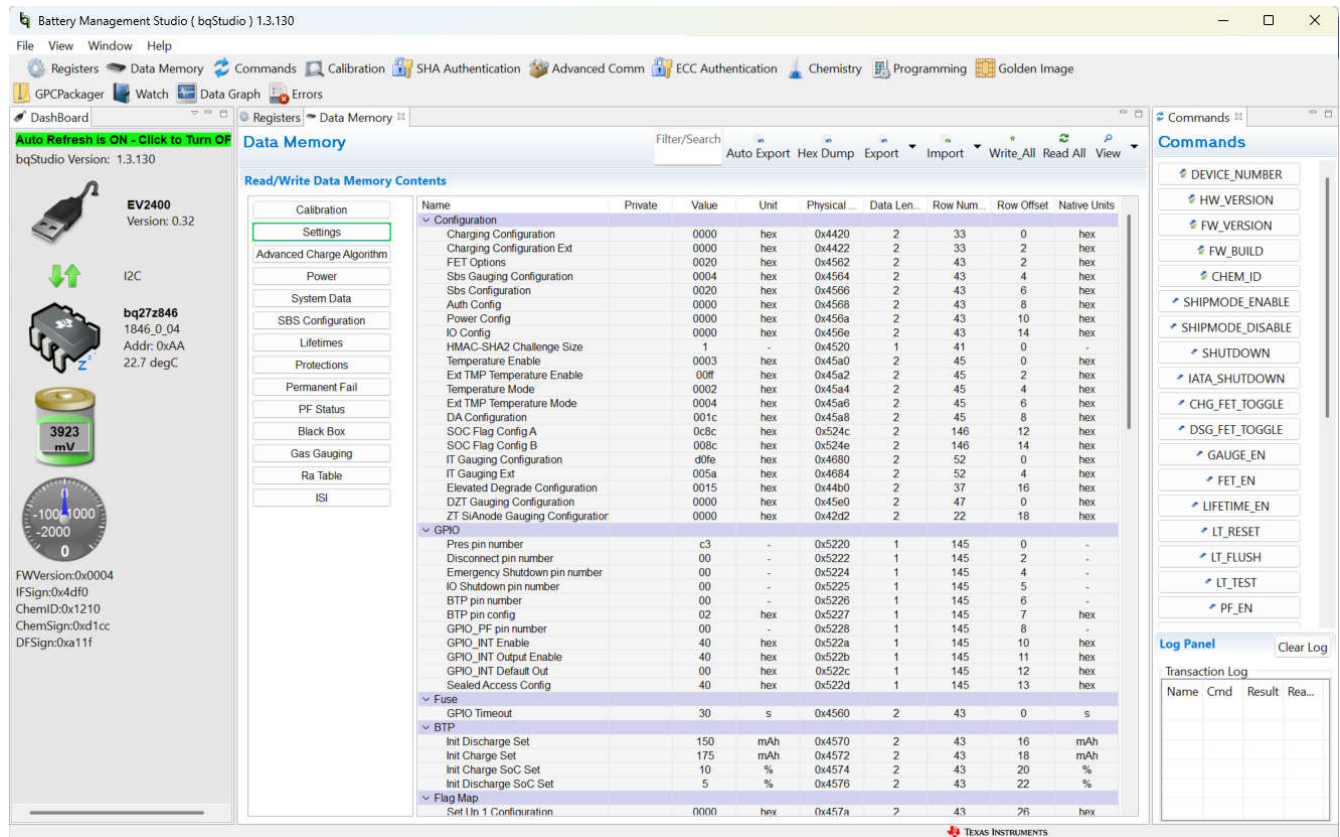


图 3-2. 数据存储存储器屏幕

要从 BQ27Z846 读取所有数据，请点击 Data Memory 窗口中的 Read All 按钮。为了便于配置，可以提取并修改扩展名为 .gg.csv 的文本文件，然后再导入器件上。使用图 3-2 中所示的导出和导入按钮导出和导入 .gg.csv 文件。使用自动导出按钮可以按照一定间隔定期导出 gg 文件。此功能在调试电量计问题时很有用。如果导入 .gg.csv 文件，则需要使用写入命令，以确保对 .gg.csv 文件所做的所有更改都对电量计产生影响。使用读取命令读回写入电量计的所有数据，以验证是否进行了更改。“Filter/Search” 字段让用户能够在数据存储内容中搜索特定参数。

备注

请勿使用 Microsoft Excel 对 .gg.csv 文件进行修改，因为它会对文件进行更改，而这是 bqStudio 不允许的。确保使用记事本或类似的文本编辑器来编辑 .gg.csv 文件。

4 校准电量计测量值

本节介绍 bqStudio 的使用过程，以及校准电量计的电压和电流读数所需的硬件设置。拥有经过校准的电量计对于本指南中的其他过程而言非常重要。

4.1 电压校准

如图 2-1 所示设置 EVM 和其他硬件。BAT 引脚可连接到电池或电源，但该电源的电压必须精确到毫伏，才能进行精确校准。在 bqStudio 中，导航到 Calibration 窗口。然后，如图 4-1 所示，输入所用电压源的精确值，选中 Calibrate Voltage，然后按 Calibrate Gas Gauge 按钮。

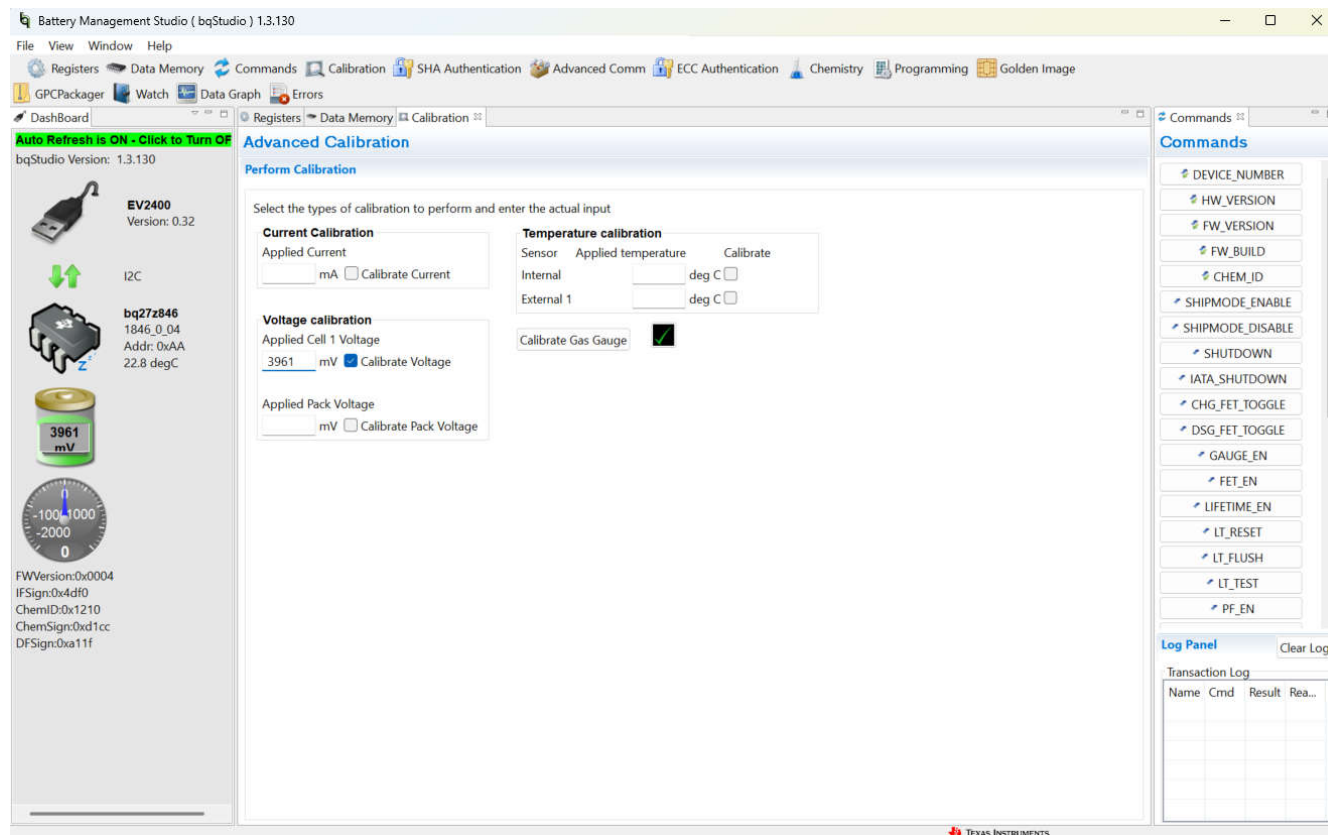


图 4-1. bqStudio 中的电压校准

4.2 电流校准

设置 EVM、电压电源（使用电池或台式电源）以及能够提供毫安精度恒定电流的电源。恒流电源连接到 BAT- 和 PACK- 接头。具体电路布局布线如图 4-2 所示。恒流电源显示为连接到 BAT- 的测试点，但也可以连接到 BAT- 接头。

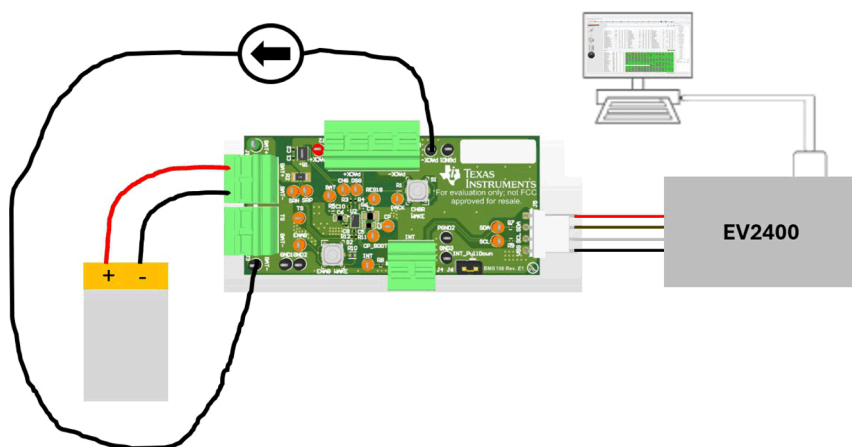


图 4-2. 电流校准硬件设置

如 图 4-3 所示，在 bqStudio 的 Calibration 窗口中，输入所提供电流的精确值，点击选中 Calibrate Current 框，然后按 Calibrate Gas Gauge 按钮。

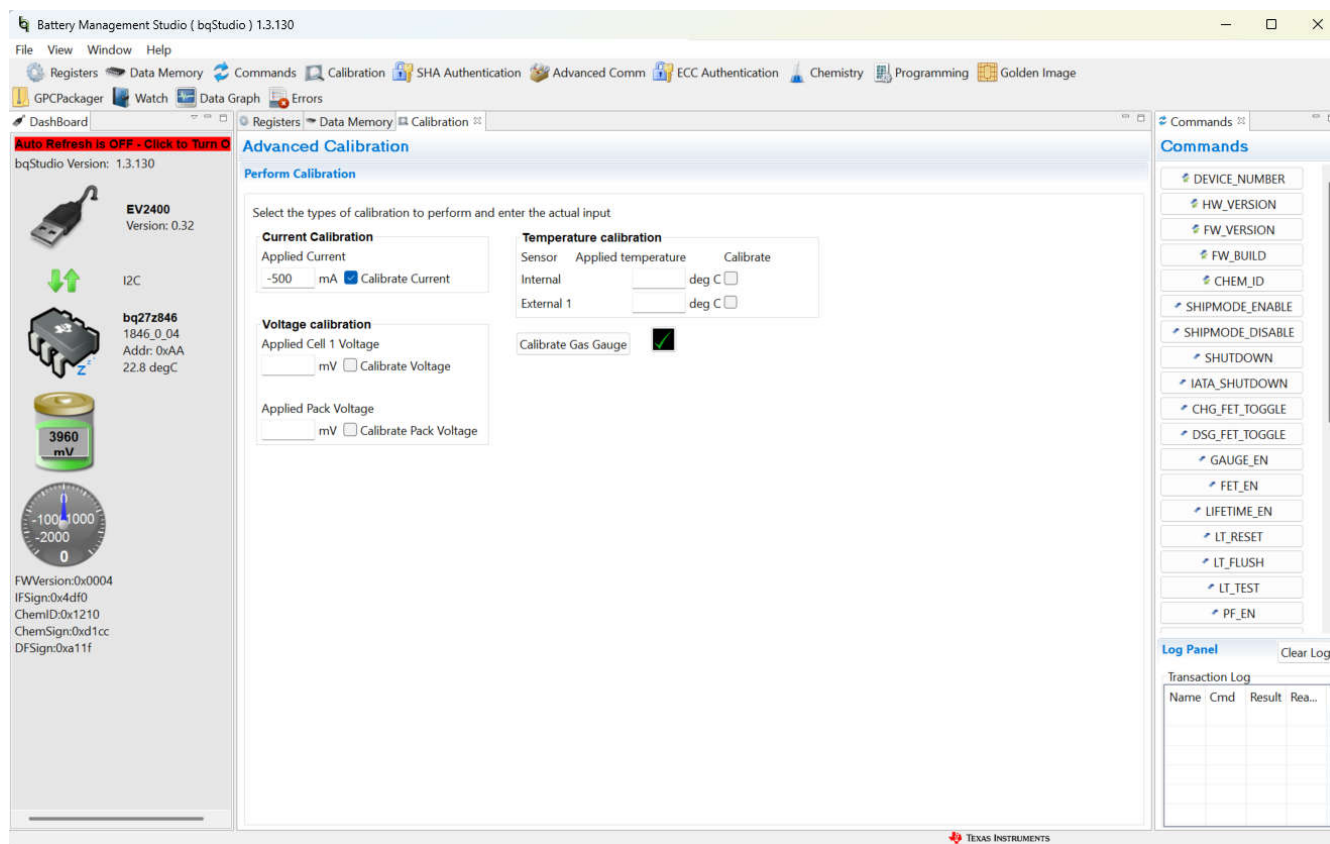


图 4-3. bqStudio 中的电流校准

5 Chemical ID

本节介绍查找将使用的电池的化学物质标识符（有时称为 Chemical ID 或 ChemID）的过程。ChemID 是 Dynamic Z-Track 算法的必要元素，在执行学习周期之前需要识别该元素。在 Golden File 创建过程，此电池必须与生产中将使用的电池的类型相同。此外，接下来的各节也使用该电池。

德州仪器 (TI) 拥有包含数千个电池曲线的数据库，ChemID 选择过程将识别准确的电池曲线或最相似的电池曲线。该 ChemID 将编程到电量计中，以使用电池曲线更新 DataFlash。IT 算法将该配置文件用于容量学习、电阻学习、容量预测和其他功能。

Chemical ID 选择过程包括记录电池在充放电过程中的电流、电压和温度 (IVT)。这些数据将提交至在线 Gauging Parameter Calculator (GPC) 工具，该工具会为客户提供一份报告，其中包含最适合的 Chemistry ID，以便将其编程到仪器中。该硬件执行的过程是充电-静置-放电-静置测试。建议在此过程中使用可编程电源。

5.1 Chemical ID 选择过程

该测试包含以下步骤：

1. 该测试在室温下进行。如果电池处于其他温度，则在测试之前让电池在室温下静置两小时。
2. 使用 CC 或 CV 充电通过收尾电流（例如 C/100）充电至满电。使用标称 CC 充电率和 CV 电压。如果电池制造商指定了另一种充电方法，请使用该方法。
3. 让电池静置两小时，以达到完全平衡开路电压 (OCV)。
4. 以 C/10 的放电率对电池进行放电，直到达到最小电压（由电池制造商规定）。
5. 让电池静置五小时以达到完全平衡 OCV。

图 5-1 以图形方式展示了此过程的示例。

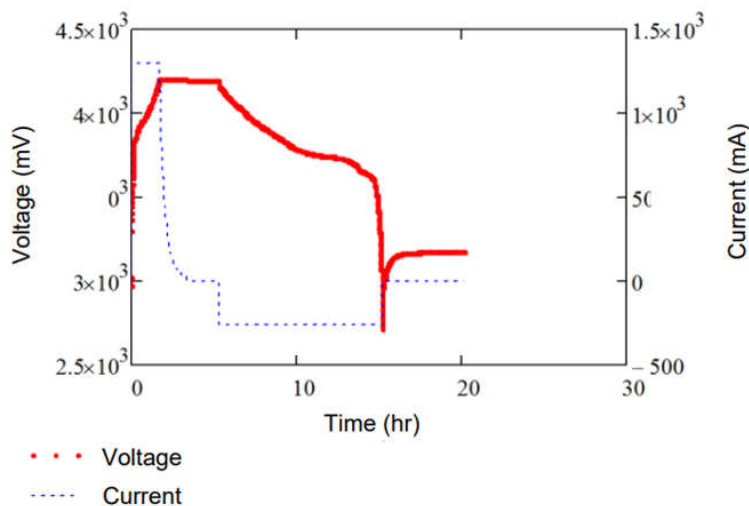


图 5-1. 充电-静置-放电-静置过程中的 IV 数据图

5.2 硬件要求和设置

可以使用电池、恒压恒流电源、bqStudio 和 BQ27Z846EVM 来执行充放电循环并记录电池的 IVT 特性。

首先，如图 5-2 所示设置该硬件。此设置与图 2-1 相同。

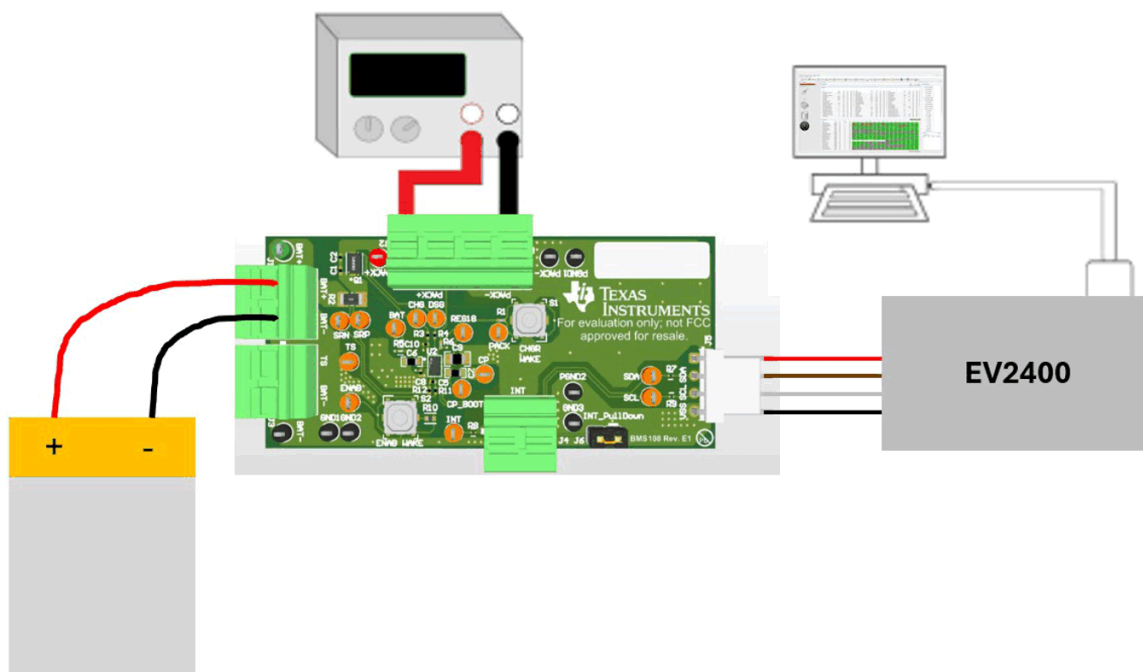


图 5-2. ChemID 硬件设置

5.3 在 bqStudio 中记录数据

可以使用 bqStudio 记录电压、电流和温度。bqStudio 中的记录功能可对所连接的电量计的寄存器进行持续捕获和记录。默认时间间隔是 4000 毫秒。

要更改此间隔，请采取以下操作：

1. 转至 “Window”
2. 选择 “Preferences”
3. 选择 “Registers”
4. 将扫描/记录间隔从 4000 毫秒更改为至少 1000 毫秒

由于电量计每秒更新一次寄存器，因此记录速度无需超过 1 秒。

要在充电和放电期间开始记录电池的 IVT 属性，请使用 bqStudio 的 “Registers” 窗口中的 “Start Log” 按钮，如 图 5-3 所示。

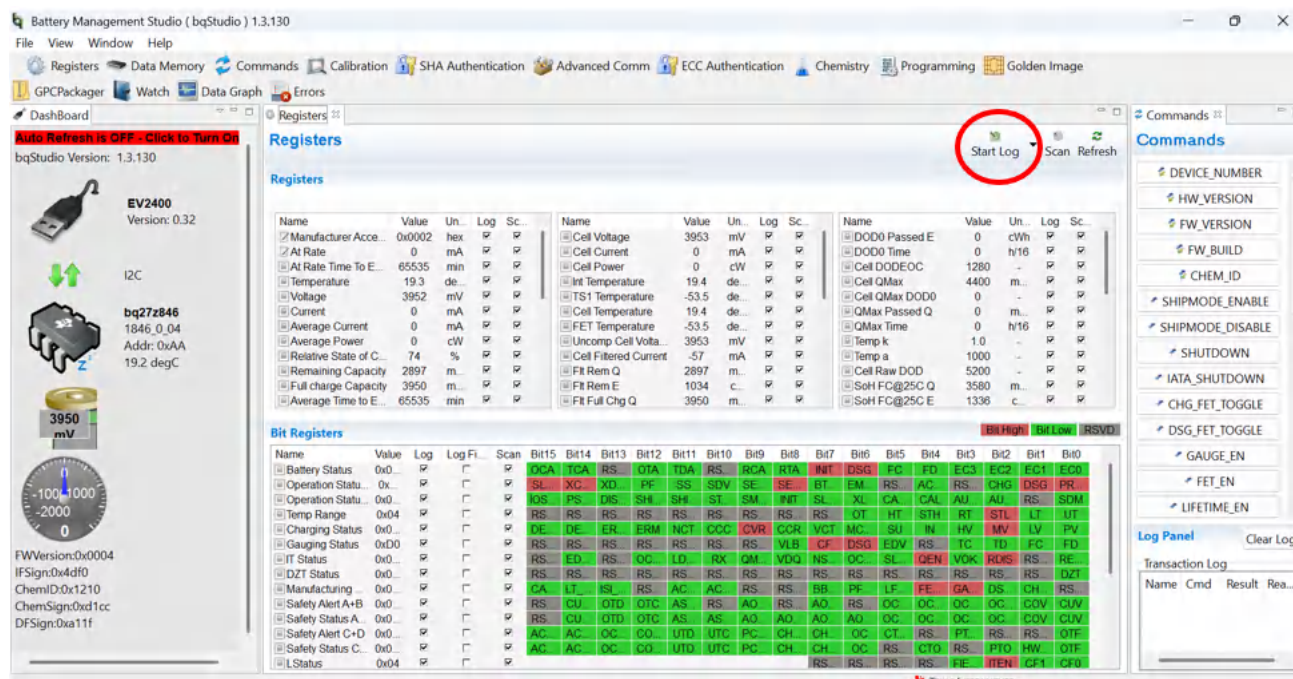


图 5-3. bqStudio 中的 Start Log 按钮

按下 Start Log 按钮后，将显示提示，要求选择 .log 文件的保存位置。选择保存此文件的位置。 .log 文件类型可以更改为 .csv 格式并在 Microsoft Excel™ 或类似应用程序中查看，以方便在日志记录期间调试寄存器状态。在电量计放电之后的静置期结束时，使用 bqStudio 中的 Stop Log 按钮来结束记录。

5.4 GPCHEM 工具

通过重命名文件格式，将 .log 文件转换为 .csv 文件。创建一个空白的 .csv 文件并将时间、电压、电流和温度分别复制到第一列、第二列、第三列和第四列中。核实各列的单位分别为秒、毫伏、毫安和摄氏度。第一行可以是每列的名称，假设在数据开始之前只有一行名称，该工具将跳过这些名称。图 5-4 是所需的 .csv 文件格式以及数据前几行的示例。

	A	B	C	D
1	ElapsedTime (sec)	Voltage (mV)	Current (mA)	Temperature (°C)
2	1.01	3950	0	19.6
3	2.401	3950	0	19.6
4	3.766	3950	0	19.6
5	5.156	3950	0	19.7
6	6.485	3950	0	19.7
7	7.949	3950	0	19.7
8	9.21	3950	0	19.7
9	10.405	3950	0	19.7
10	11.838	3950	0	19.7
11	13.138	3950	0	19.7
12	14.374	3950	0	19.7
13	15.738	3950	0	19.7
14	16.994	3950	0	19.7
15	18.263	3950	0	19.7
16	19.573	3950	0	19.7
17	20.704	3950	0	19.7
18	22.06	3950	0	19.7
19	23.326	3950	0	19.7
20	24.649	3950	0	19.7
21	25.878	3950	0	19.7
22	27.091	3950	0	19.7
23	28.389	3950	0	19.7

图 5-4. .csv 的单元格格式

1. 将创建的文件保存为“roomtemp_rel_dis_rel.csv”。
2. 创建第二个文件“config.txt”，并写入以下内容：
 - a. ProcessingType = 2
 - b. NumCellSeries = 1
 - c. ElapsedTimeColumn = 0
 - d. VoltageColumn = 1
 - e. CurrentColumn = 2
 - f. TemperatureColumn = 3
3. 创建具有任意名称的文件夹。将 roomtemp_rel_dis_rel.csv 和 config.txt 文件放入此文件夹中，并将该文件夹转换为 .zip 文件。通过 ti.com 上的 Web 界面将此 .zip 文件提交到 GPC 工具。

处理后，系统会将一封电子邮件发送至您在登录 ti.com 以使用 GPC 工具时提供的电子邮件地址，其中包含指示该工具处理结果的报告。该报告包含选定的 ChemID 和满足“小于 3%”误差标准的其他 ChemID 列表。例如，此报告对于验证之前使用的 ChemID 是否仍然合适很有用。报告会显示任何格式错误或其他错误。

5.5 对 Chemical ID 编程

ChemID 通过 bqStudio 编程到电量计中。在 bqStudio 中导航到“Chemistry”窗口。图 5-5 展示了此窗口的视图。

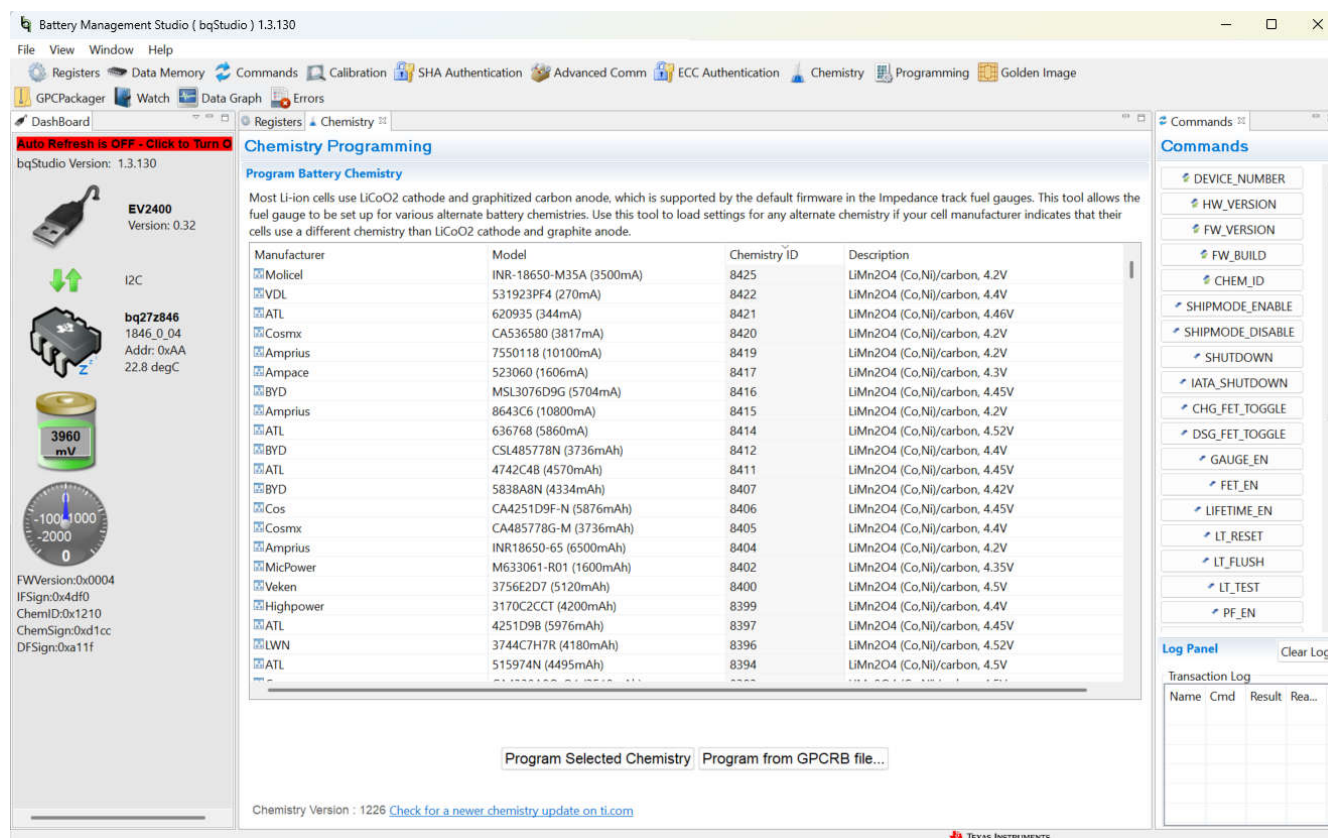


图 5-5. bqStudio 中的 Chemistry 窗口视图

点击该列顶部一次即可按给定参数排序。考虑按 Chemistry ID 对表进行排序，以便按数字顺序对 ChemID 进行排序。向下滚动到 GPC 工具报告中报告为最合适的 Chemistry ID，选择此 Chemistry ID，然后按 Program Selected Chemistry 按钮。

如果在此列表中看不到 Chemistry ID，请在 bqStudio 中更新 Chemistry 版本。要执行此操作，请参阅 ti.com 上的电量监测计化学物质资源。

使用该化学物质对电量监测计进行编程后，可通过按 Commands 窗口中的 CHEM_ID 按钮来确认 ChemID，如图 5-5 的右侧所示。查看“Log Panel”窗口，

5.6 有关 Chemical ID 过程的更多资源

有关使用 GPC 工具查找 Chemical ID 的详细信息和更多说明，请参阅 ti.com 上的“Chemical ID 选择工具 (GPC) 简易指南 (修订版 A)”。

6 学习周期和 Golden Image

学习周期是 Dynamic Z-Track™ 计量器执行的初始优化步骤，旨在确保电量计报告充电状态的准确性。通过学习周期，电量计可以了解特定电池的电阻和最大化学容量，从而有助于在电芯老化过程中保持准确性。在进行学习周期之前，必须确定误差小于 3% 的正确 ChemID 并将其编程到电量计中

6.1 学习周期过程说明

学习周期过程包括充电 - 静置 - 放电 - 静置 - 充电，同时在电量计中设置某些数据存储器参数，使电量计能够开始周期并准确识别充电/放电过程中的状态变化。在整个学习周期中，[LStatus] 寄存器会随着不同状态的出现而更新，这标志着学习周期进展中的三个点。

当电量计启用 Impedance Track™ 位时，[LStatus] 先从 0x00 更新为 0x04，学习周期开始。当充电后使电池充分静置以确保电压变化非常小 ($dV/dt < 1\mu V/s$) 时，[LStatus] 从 0x04 变为 0x05。将设置 [REST] 标志，指示电池已充分静置。[LStatus] 最后更新为 0x06，发生在电压变化非常小的第二次放电之后。

有关学习周期各个点的寄存器更新和标志设置的更多详细信息，请参阅[实现成功学习周期](#)应用手册中的学习周期过程一节。

有关学习周期寄存器的更多详细信息，请参阅 [BQ27Z846 技术参考手册](#) 中的电量计一章。

6.2 数据存储器配置

电量监测计的数据存储器在 bqStudio 的 Data Memory 窗口中配置。图 6-1 展示了 Data Memory 窗口。

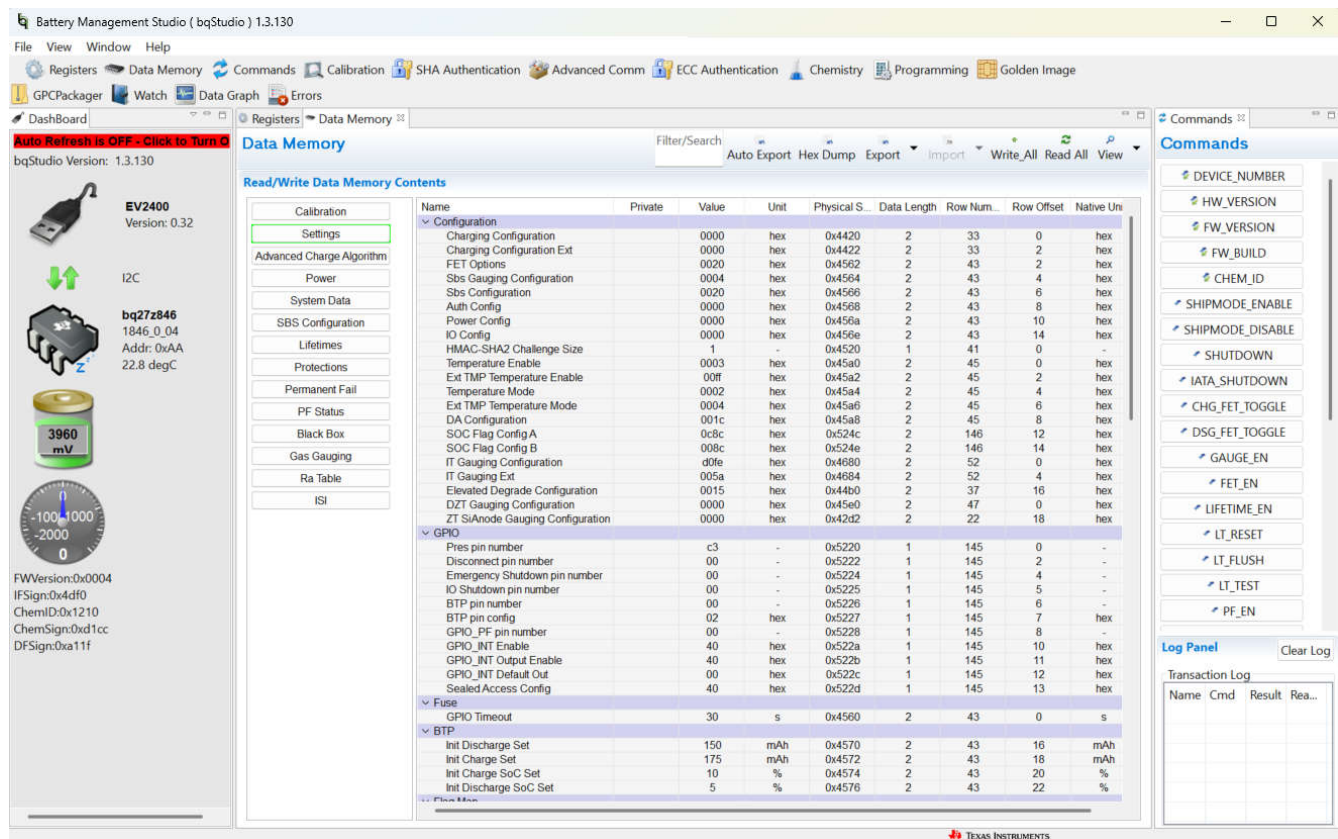


图 6-1. bqStudio 中的 Data Memory 视图

在 Data Memory 窗口的 [Advanced Charging Algorithm] 和 [Gas Gauging] 部分进行必要的数据存储器配置。使用 Filter/Search 框查找特定参数。使用 Write All 按钮将此屏幕上已更改的数据存储器参数写入电量计。使用 Read All 按钮从电量计中读取当前数据存储器配置，并验证写入是否成功。核实每个值都以正确的单位进行编程，如每个数据存储器参数的第三列所示。

对以下数据存储寄存器值进行编程：

- [Advanced Charging Algorithm][Termination Config][Charge Term Taper Current]：将此值设为略高于 $C/10$ 和 $C/100$ 之间的实际收尾电流。此外，将此设为高于 [Chg Current Threshold] 值。
- [Gas Gauging][Design][Design Voltage]：该值可以在电池数据表中找到，称为标称或平均电压。
- [Gas Gauging][Design][Design Capacity mAh]：该值可以在电池数据表中找到，称为电池容量，通常表示为 C 。
- [Gas Gauging][Design][Design Capacity cWh]：该值是电池容量，单位为厘瓦时。在电池数据手册中查找该数值，或者将容量（单位：mAh）与端电压（单位：V）相乘，再除以 10。
- [Gas Gauging][IT Cfg][Term Voltage]：在电池数据表中找到此值作为端子电压。该值是为电量监测计充电的最低电压。
- [Gas Gauging][Current Thresholds][Dsg Current Threshold]：电量计在该电流值下确认电池正在放电。应将该值设置为低于 $C/10$ 的正数。电量计会将该数值解读为负值。
- [Gas Gauging][Current Thresholds][Chg Current Threshold]：电量计在该电流值下确认电池正在充电。应将该值设置为低于 $C/10$ 以及低于 Charge Term Taper Current。
- [Gas Gauging][Current Thresholds][Quit Current Threshold]：电量计在该值下进入静置模式。将该值设为小于 $C/20$ ，且低于 [Dsg Current Threshold] 和 [Chg Current Threshold]。

图 6-2 展示了学习周期中相对于数据存储寄存器电流参数集的电流直观表示。

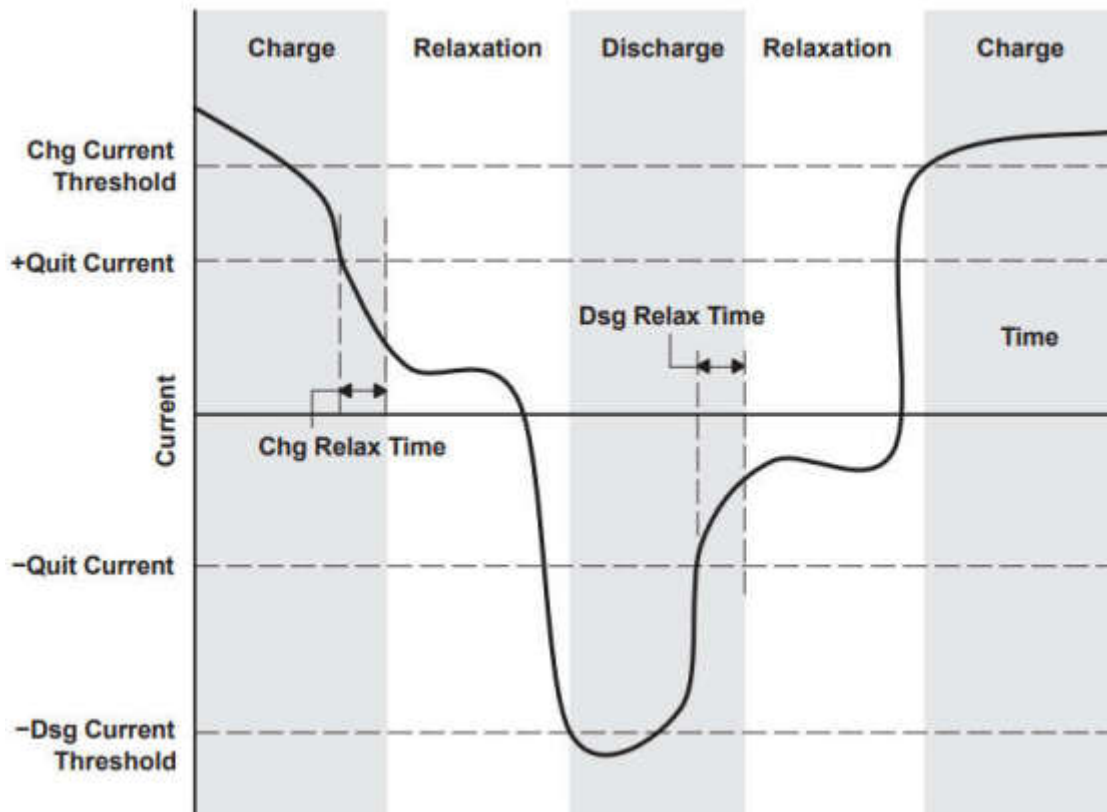


图 6-2. 学习周期电流图

6.3 学习周期步骤

执行学习周期的硬件设置与 Chemical ID 过程中使用的设置相同。此设置如 节 5.2 中所述，如 图 5-2 所示。充放电过程与 ChemID 非常相似，只是第一步是将电池初始放电至其端子电压。

在开始学习周期过程之前，在 bqStudio 中启动日志，以便调试学习周期过程中可能发生的任何问题。

执行学习周期包括以下步骤：

1. 该测试在室温下进行。如果电池处于其他温度，则在测试之前让电池在室温下静置两小时。
2. 在 **Command** 窗口中使用 **GAUGE_EN** 命令。在 **Command** 窗口中使用 **RESET** 命令。确认 **[LStatus]** 寄存器已更新为 **0x04**。
3. 以 **C/5** 的放电率对电池放电，直到电池达到 **Term Voltage**。
4. 让电池静置 5 小时。
5. 使用 **CC** 进行充电，直到电池达到 **Full Charge Voltage**。
6. 在 **Full Charge Voltage** 下使用 **CV** 进行充电。在 **[CHG Current Threshold]** 和 **[Quit Current Threshold]** 之间的某个点切断 **CV** 充电。
7. 让电池静置两小时，以达到完全平衡开路电压 (**OCV**)。 **[LStatus]** 寄存器已更新为 **0x05**。
8. 以 **C/10** 放电率对电池放电，直到达到 **[Term Voltage]**。
9. 让电池静置五小时以达到完全平衡 **OCV**。 **[LStatus]** 寄存器已更新为 **0x06**。

6.4 低温优化

由于电池阻抗较高，电量计充电状态 (**SOC**) 报告在低温下通常会失去准确性。通过使用 **GPCRB** 工具，**Impedance Track** 电量计可以显著改善将经历低温的电量计的 **SOC** 报告。这种简单的测试所需的过程与 **Chemical ID** 过程类似，但在低温监测方面的准确性要高得多。

使用 **GPCRB** 工具所需的测试设置与 图 5-2 所示的设置非常相似。唯一的区别是 **EVM** 热敏电阻必须连接到电池表面，并且需要一个温控室（例如 **Arbin** 或 **Maccor**）来创建一个低温环境，使电量计可以监测电池的 **IVT** 特性。

有关此过程的详细信息，请参阅 [GPCRB 工具页面](#)。

6.5 创建 Golden Image 文件

此时，当前 **EVM** 已完成所有优化步骤。**Golden Gauge** 可以使用 **Golden Image** 对生产中的所有其他电量计进行编程，这意味着所有电量计都能拥有一个准确的初始基准，从而开始报告数据并进一步学习电池化学特性。

若要获取对电量计进行编程所需的文件，请按照以下步骤操作：

1. 在 **bqStudio** 中导航到“**Programming**”窗口。
2. 在“**Path for combined .bq.fs:**”行下方，选择 **Golden Image** 的输出目录和文件名；这将生成包含加密固件及 **Data Flash** 中自定义配置的 **.bq.fs** 文件。
3. 在“**Path for encrypted .bq.fs:**”行下方，选择从 **ti.com** 下载的加密固件所在的输入目录及 **.bq.fs** 文件。
4. 选择“**Read FS from DM**”以生成合并后的 **.bq.fs Golden Image** 文件，该文件可用于对生产线上的其他电池组进行编程

6.6 对 Golden Image 文件进行编程

可以将导出的 **Golden Image** 文件上传到 **bqStudio** 中的其他电量计或通过定制生产过程上传。要将 **Golden Image** 文件上传到 **bqStudio** 中的新电量计，请将新电量计连接到 **bqStudio** 并打开 **Programming** 窗口。点击 **Browse**，浏览到 **Golden Image** 文件并选择该文件，或输入 **Golden Image** 的文件地址。点击 **Program** 将 **Golden Image** 文件上传到电量计。

要在生产中使用 **Golden Image** 文件，建议使用 **.bq.fs** 文件格式。有关使用 **.bq.fs** 文件格式的进一步指导，请参阅 **ti.com** 上“电量计通信”文档的 [节 7 第 5 节](#)。

7 监测计通信

本节介绍主机处理器与 BQ27Z846 的通信。BQ27Z846 电量计采用 I2C 通信接口，通信速度高达 1MHz。有关该电量计 I2C 接口的更多硬件和软件规格，请参阅器件特定数据表和 BQ27Z846 技术参考手册。

7.1 bqStudio 中的高级通信

要与 bqStudio 中的电量计通信，请导航到“Advanced Communication”窗口。在该窗口中，用户可以向电量计发送读取和写入命令，以便通过 I2C 与电量计轻松通信。在 bqStudio 的 Dashboard 窗口中可以看到电量计的 I2C 地址；每条读取和写入命令都需要起始寄存器，可以在文本字段中写入。读取命令需要指定要读取的字节数，写入命令需要指定要写入的字节数。

7.2 标准数据命令

标准命令是智能电池规范 (SBS) 行业标准中的常用命令，该标准定义了智能电池接口。标准命令使用命令代码对来关联与每条命令相关的寄存器。将读取和写入命令寻址到命令代码的 LSB。

示例：读取 RelativeStateOfCharge。

1. 执行读取操作：
 - a. I2C 地址 (十六进制) = AA
 - b. 起始寄存器 (十六进制) = 2C
 - c. 要读取的字节数 (十进制) = 2
2. 在 Transaction Log 中查看结果：
 - a. “Data” 窗口以小端格式显示电池 SOC 的十六进制值。

图 7-1 显示了 Transaction Log 子窗口“Data”列中的 0x17 00。该值在十进制下为 23，对应于 RSOC%。

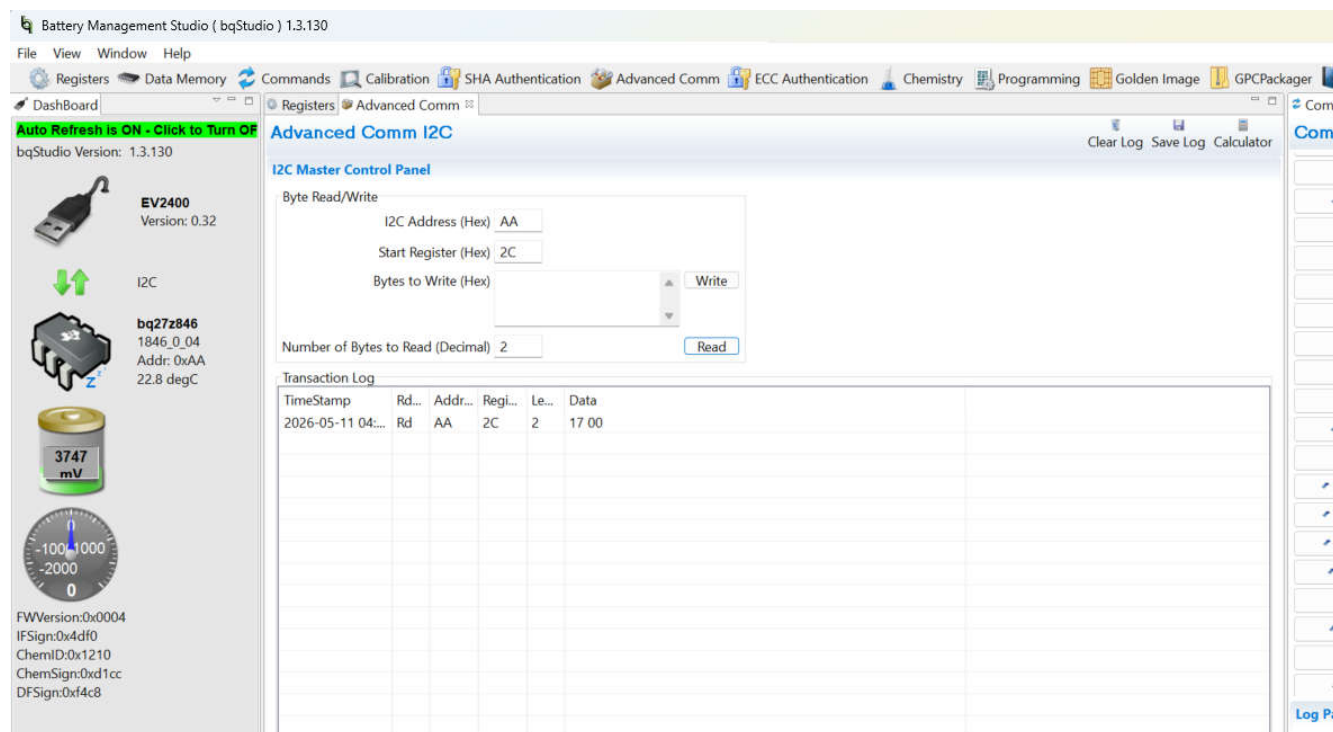


图 7-1. 标准数据命令示例

7.4 有关电量计通信的更多资源

有关与电量计通信的更多信息（包括主机控制器驱动程序开发），请参阅 [电量计通信](#) 应用手册。

8 基于 BQ27Z846 的电路模块

基于 BQ27Z846 的电路模块是用于电池管理的 BQ27Z846 电路的示例设计。该电路模块包含 BQ27Z846 电池电量计和保护集成电路 (IC)，其中带有外部检测电阻，可准确预测 1 节锂离子电池的容量。此外，该电路还包括用于高侧电池保护的外部 N 沟道 FET。

8.1 电路模块连接

电路模块上的触点提供以下连接：

- 与电池包的直接电池连接 (J1)：BAT+、BAT -
- 用于充电和放电的直接系统连接 (J2)：PACK+、PACK -
- 通过外部 EV2400 与基于 Windows 的 PC USB 端口进行 I2C 通信 (J11)：SDA、SCL、VSS
- 中断引脚连接 (J3)：INT
- 外部温度传感器连接 (J6)：TS

8.2 引脚说明

表 8-1. 引脚说明

引脚名称	说明
PACK+	电池组正极端子
PACK-	电池组负极端子
BAT+	电池正极端子
BAT-	电池负极端子
SDA	外部 I2C 通信数据线路
SCL	外部 I2C 通信时钟线路
VSS	器件接地
INT	向主机提供可编程输出中断
TS	外部温度传感器连接

9 硬件设计文件

本节包含 BQ27Z846 电路模块的电路板布局布线、物料清单和原理图。

9.1 电路板布局

本节介绍了 BQ27Z846 评估模块的印刷电路板 (PCB) 布局和装配图 (图 9-1 到图 9-3)。

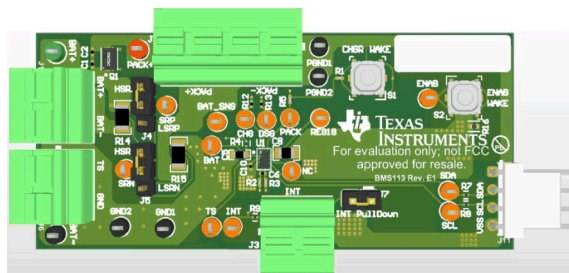


图 9-1. EVM 图

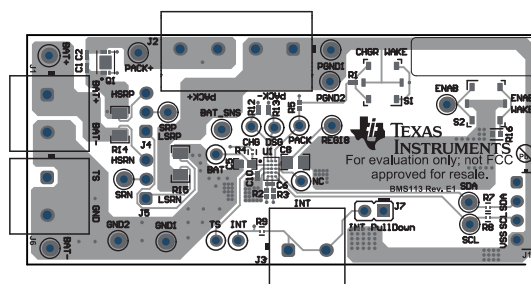


图 9-2. 合成顶层

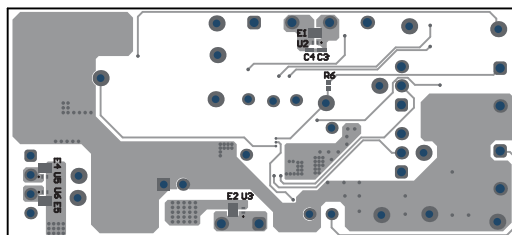


图 9-3. 底层

9.2 原理图

本节包含不同 (PCB) 元件的原理图。

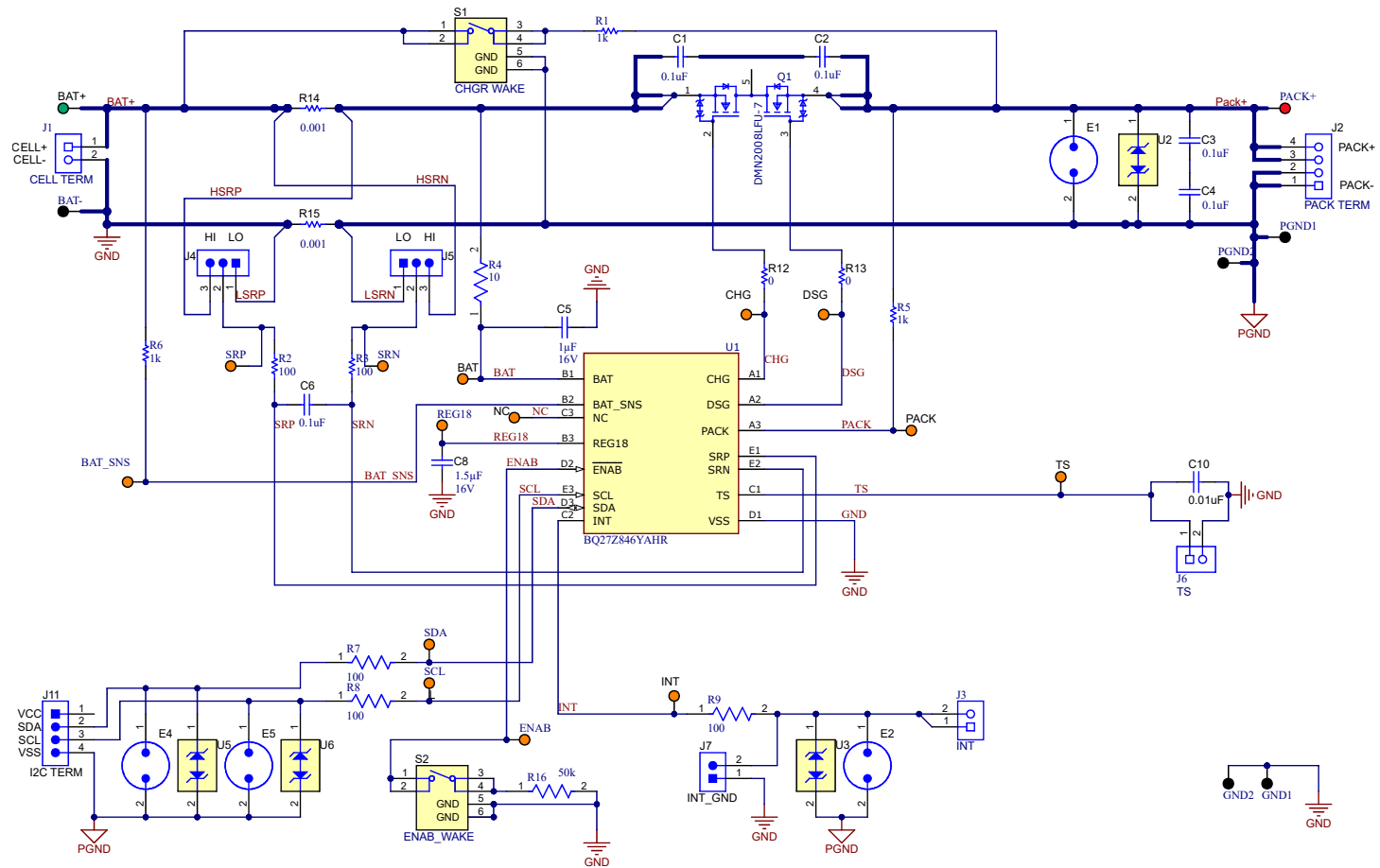


图 9-4. BQ27Z846 参考原理图

9.3 物料清单

已安装	说明	位号	器件型号	数量	制造商	封装	值
已安装	印刷电路板	!PCB1	BMS113	1	不限		
已安装	测试点、橙色、1 引脚 THD、RoHS	BAT、CHG、DSG、INT、NC、PACK、TS	5003	7		5003	
已安装	测试点，微型，黑色，TH	BAT-、GND1、GND2、PGND1、PGND2	5001	5	Keystone	黑色微型测试点	
已安装	测试点，微型，橙色，TH	BAT_SNS、ENAB、REG18、SCL、SDA、SRN、SRP	5003	7	Keystone	橙色微型测试点	
已安装	测试点，微型，白色，TH	BAT+	5116	1	Keystone	绿色微型测试点	
已安装	电容，陶瓷，0.1uF，25V，±10%，X5R，0201	C1、C2、C3、C4	GRM033R61E104K E14J	4	muRata™	0201	0.1uF
已安装	电容，陶瓷，1uF，16V，±10%，X7R，0603	C5	EMK107B7105KA-T	1	Taiyo Yuden™	0603	1uF
已安装	电容，陶瓷，0.1uF，16V，±10%，X7R，0201	C6	GRM033Z71C104K E14D	1	muRata	0201	0.1uF
已安装	电容，陶瓷，1.5uF，16V，±10%，X7R，0805	C8	C0805C155K4RAC TU	1	Kemet™	0805	1.5uF
已安装	电容，陶瓷，0.01uF，10V，±10%，X5R，0201	C10	GRM033R61A103K A01D	1	muRata	0201	0.01uF
已安装	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	FID1、FID2、FID3	不适用	3	不适用	不适用	
已安装	端子块，5mm，2x1，R/A，TH	J1、J3、J6	1792863	3	Phoenix Contact™	端子块，5mm，2x1，R/A，TH	
已安装	端子块，5mm，4x1，R/A，TH	J2	1792889	1	Phoenix Contact	端子块，5mm，4x1，R/A，TH	
已安装	接头，2.54mm，3x1，金，TH	J4、J5	61300311121	2	Würth Elektronik™	接头，2.54mm，3x1，TH	
已安装	接头，2.54mm，2x1，金，TH	J7	GBC02SAAN	1	Sullins Connector Solutions™	接头，2.54mm，2x1，TH	
已安装	接头，2.54mm，4x1，R/A，锡，TH	J11	640455-4	1	TE Connectivity™	接头，2.54mm，4x1，R/A，TH	
已安装	热转印打印标签 宽度：0.650in 高度：0.200in 10,000/卷	LBL1	THT-14-423-10	1	Brady™	PCB 标签，0.650 x 0.200 英寸	
已安装	测试点，微型，红色，TH	PACK+	5000	1	Keystone Electronics™	红色微型测试点	
已安装	晶体管，MOSFET 阵列，双 N 沟道，20V，14.5A，6 引脚 uDFN2030，T/R	Q1	DMN2008LFU-7	1	二极管®	U-DFN2030-6	

已安装	说明	位号	器件型号	数量	制造商	封装	值
已安装	1kΩ 电阻器	R1、R5、R6	CRCW02011K00FN ED	3	Vishay® Dale , [NoParam]	0201	
已安装	10Ω 电阻器	R4	ERJ1GNF10R0C	1	Panasonic® Electronic 元件		
已安装	CRCW0201100RFB ED	R2、R3	CRCW0201100RFB ED	2	Vishay		
已安装	电阻 SMD 100Ω 1% 1/20W 0201 , ERJ-1GNF1000C	R7、R8、R9	ERJ-1GNF1000C	3	Panasonic Electronic Components		100 Ω
已安装	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	R12、R13	CRCW02010000Z0 ED	2	Vishay-Dale	0201	0
已安装	电阻, 0.001, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 1206	R14、R15	CSNL1206FT1L00	2	Stackpole Electronics Inc	1206	0.001
已安装	电阻厚膜, 50kΩ , 1%, 0.063W , 100ppm/°C, 0402	R16	CRCW040250K0FB ED	1	Vishay	0402	
已安装	开关, SPST-NO , Off-Mom , 0.02A , 15VDC , SMD	S1、S2	EVQ-PLHA15	2	Panasonic	4.9mm × 4.9mm	
已安装	分流器, 100mil, 镀 金, 黑色	SH-J1、SH- J2、SH-J3	SNT-100-BK-G	3	Samtec®	分流器	1x2
已安装	BQ27Z846YAGR	U1	BQ27Z846YAGR	1	德州仪器 (TI)	DSBGA15	
已安装	具有 10pF 电容、击 穿电压为 6V、采用 0402 封装的单通道 ESD, DPY0002A (X1SON-2)	U2、U3、 U5、U6	TPD1E10B06DPYR	4	德州仪器 (TI)	DPY0002A	
已安装	热敏电阻 NTC , 10.0kΩ , 1% , 圆盘 式, 5mm × 8.4mm , 安装在 T6 接头上	RT1	103AT-2	1	SEMITEC®	圆盘式, 5mm × 8.4mm	10k

10 其他信息

商标

Dynamic Z-Track™ and Impedance Track™ are trademarks of Texas Instruments.

Excel™ is a trademark of Microsoft.

muRata™ is a trademark of Murata Manufacturing Co., Ltd..

Taiyo Yuden™ is a trademark of Taiyo Yuden Co., Ltd..

Kemet™ is a trademark of Kemet Electronics Corporation.

Phoenix Contact™ is a trademark of Phoenix Contact GmbH ;amp; Co..

Würth Elektronik™ is a trademark of Würth Elektronik GmbH & Co. KG.

Sullins Connector Solutions™ is a trademark of Sullins Electronics Corporation.

TE Connectivity™ is a trademark of Tyco International Services GmbH.

Brady™ is a trademark of Brady Corporation.

Keystone Electronics™ is a trademark of Keystone Electronics Corp..

Windows® is a registered trademark of Microsoft.

二极管® is a registered trademark of Diodes Incorporated.

Vishay® is a registered trademark of Vishay Intertechnology, Inc..

Panasonic® is a registered trademark of Panasonic Holdings Corporation.

Samtec® is a registered trademark of Samtec Inc..

SEMITEC® is a registered trademark of SEMITEC Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

11 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
May 2026	*	初始发行版

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないもののご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号
西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

4 EVM Use Restrictions and Warnings:

4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.

4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.

4.3 Safety-Related Warnings and Restrictions:

4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.

4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.

4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.

5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.

6. Disclaimers:

6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.

7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.
10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

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、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