



## 内容

<b>1 BQ28Z620EVM 1 至 2 节串联锂离子电池包管理器评估模块</b> .....	<b>2</b>
1.1 特性.....	2
1.2 BQ28Z620EVM 快速入门指南.....	3
1.3 Battery Management Studio.....	6
1.4 电路模块物理布局和物料清单.....	15
<b>2 修订历史记录</b> .....	<b>19</b>

## 1 BQ28Z620EVM 1 至 2 节串联锂离子电池包管理器评估模块

此评估模块 (EVM) 是一套适用于 BQ28Z620 和 BQ294502 电池管理系统的完整评估系统。此 EVM 包含 BQ28Z620 和 BQ294502 电路模块以及指向基于 Windows® 的 PC 软件的链接。该电路模块包含 BQ28Z620 集成电路 (IC) 和 BQ294502 IC；以及监测和预测容量，执行电芯平衡，监测关键参数，防止 1 或 2 节串联锂离子或锂聚合物电池包电芯出现过充、过放电、短路和过流所需的所有其他板载组件。该电路模块直接与电池中的各电芯相连。借助 EV2400 接口板和软件，用户可以读取 BQ28Z620 数据寄存器、对不同电池包配置的芯片组进行编程、记录循环数据以便进一步评估，并使用 I2C 通信协议对解决方案在不同充电和放电条件下的整体功能进行评估。

### 1.1 特性

- 适用于 BQ28Z620EVM 1 至 2 节串联电池包管理器评估模块和 BQ294502 独立过压保护 IC 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

#### 1.1.1 套件内容

- BQ28Z620 电路模块
- 用于连接 EVM 与 EV2400 通信接口适配器的电缆

#### 1.1.2 订购信息

有关完整的订购信息，请参阅位于 [www.ti.com](http://www.ti.com) 的产品页面。

表 1-1. 订购信息

EVM 器件型号	化学成分	配置	最大容量
BQ28Z620EVM	锂离子	1 节、2 节电芯	32,000mAh

#### 1.1.3 文档

有关 BQ28Z620 和 BQ294502 器件固件和硬件的信息，请参阅以下文档：

- *BQ28Z620 适用于 1-2 节串联锂离子电池包的 Impedance Track™ 电量监测计和保护解决方案 (SLUSET3)*
- *BQ28Z620 技术参考手册 (SLUUCO9)*
- *BQ2945xx 适用于 2 节和 3 节锂离子电池的过压保护器件 (SLUSAJ3)*
- *BQ294502 EVM 用户指南 (SLUU659)*

#### 1.1.4 BQ28Z620 和 BQ294502 电路模块性能规格汇总

本节汇总了 BQ28Z620 EVM 的性能规格。

表 1-2. 性能规格汇总

技术规格	最小值	典型值	最大值	单位
Pack+ 至 Pack- 的输入电压	3	7	25	V
充电和放电电流	0	2	7	A

## 1.2 BQ28Z620EVM 快速入门指南

本节介绍了使用新 EVM 并将其配置为在实验室环境中运行所需的分步过程。

### 1.2.1 设置并评估 EVM 时所需的项目

- BQ28Z620 电路模块
- EV2400 通信接口适配器
- 用于连接 EVM 与 EV2400 通信接口适配器的电缆
- 用于连接通信接口适配器与计算机的 USB 电缆
- 安装了 Windows® XP 或更高版本操作系统的计算机
- 访问互联网以下载 Battery Management Studio 软件安装程序
- 一节或两节电池电芯或 1k $\Omega$  电阻，用于配置电芯模拟器
- 可提供 8.4 V 电压和 2A 电流的直流电源（最好具有恒流恒压能力）

### 1.2.2 软件安装

在 [www.ti.com](http://www.ti.com) 上的 BQ28Z620 工具文件夹中找到最新的软件版本。按照以下步骤安装 BQ28Z620 Battery Management Studio 软件：

1. 从 [www.ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上 BQ28Z620EVM 产品文件夹的“开发工具”部分下载并运行 Battery Management Studio 安装程序。有关使用 Battery Management Studio 中工具的详细信息，请参阅节 1.3。

### 1.2.3 EVM 连接模块连接

本节将介绍 EVM 的硬件连接。请参阅图 1-1。

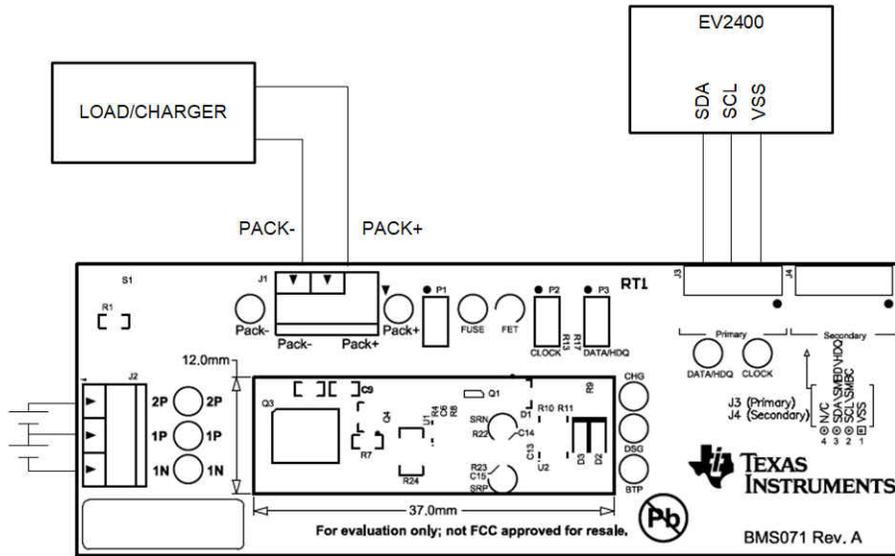


图 1-1. BQ28Z620 电路模块与电芯和系统负载或充电器的连接

- 与电池直接连接：1N (BAT -)、1P、2P (BAT+)

将电芯连接到 J2 引脚块。连接电芯时不需要遵循特定的顺序；不过，最好先连接电池组中最下方的电芯（电芯 1），然后连接电芯 2。按照其他顺序连接电芯时并不会损坏 U1 和 U2 器件，只是 BQ294502 可能会烧断模块中安装的保险丝。首先连接电芯 1 则可以避免这一风险。

Number of Cells	J2 Terminal Block Connections				
	1N		1P		2P
1	⊖	-cell1+	⊖	short	⊖
2	⊖	-cell1+	⊖	-cell2+	⊖

图 1-2. 电芯连接配置

可以使用电阻电芯模拟器替代电池电芯。在 J2 连接器的各触点之间 ( 即从 1N 到 1P 以及从 1P 到 2P ) 连接一个电阻。如果用于 1 节串联配置, 则无需电阻, 只需短接 1P 和 2P 即可。电芯模拟器可通过电源供电。通常将电源设置为“所需电芯电压 x 电芯数”并将地线接至 1N, 正极线接至 2P。例如, 对于电芯电压为 3.6V 的 2 节电芯串联配置, 将电源设置为  $2 \times 3.6 = 7.2V$ 。

- I2C™ ( SDA、SCL )

将通信接口适配器电缆连接到 J3 以及 EV2400 上的 I2C™ 端口。

---

#### 备注

EV2400 具有内部上拉电阻, P2 和 P3 跳线可以保持悬空。

---

- PACK+ 和 PACK- 之间的系统负载和充电器连接

将负载或电源连接到 J1 引脚块。负载的正极端子或电源线应连接到标有 PACK+ 的引脚块。负载或电源的地线应连接到标有 PACK - 的另一个引脚块。

- 将器件从关断模式唤醒 (WAKE)

按下 **Wake** 按钮开关 S1, 将 BAT+ 暂时连接到 PACK+。这会将电压施加到 BQ28Z620 上的 PACK 引脚, 从而使稳压器上电并启动初始化序列。

- 参数设置

默认数据闪存设置是为 2 节串联锂离子电池配置的。用户应更改“Data Memory | Settings | DA Configuration”寄存器, 通过清除 CCO 标志 ( 对于 1 节串联配置 ) 或设置该标志 ( 对于 2 节串联配置 ), 根据物理电池组配置来设置串联电芯数。这样便完成了基本设置。另外, 还应该更新其他数据闪存参数, 以对电池组的电量监测操作进行微调。如需参数设置方面的帮助, 请参阅 [BQ28Z620 技术参考手册](#)。

## 1.3 Battery Management Studio

### 1.3.1 启动程序

通过“Start | Programs | Texas Instruments | Battery Management Studio”序列或 Battery Management Studio 快捷方式运行 Battery Management Studio。只要通过短暂按下按钮 **S1** 或施加充电器电压将器件从关断模式唤醒，就会自动检测到电量计，并且将出现图 1-3 中所示的寄存器屏幕。如果器件包含较早的固件版本，则可能不会自动检测器件。如果发生这种情况，请在图 1-4 所示的弹出窗口中选择任何 BQ28Z620 型号。此操作将使程序启动，用户可以使用从 [www.ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上电量计产品文件夹下载的最新器件 .srec 文件更新固件。

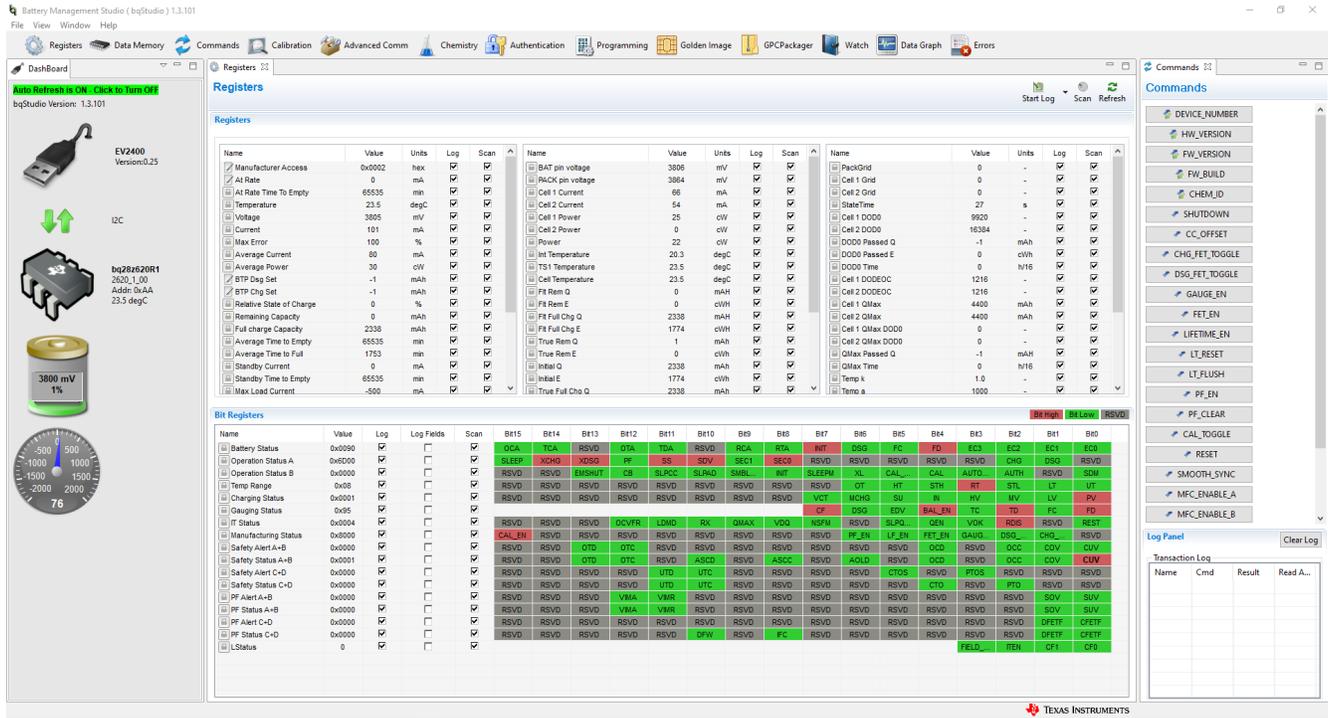


图 1-3. 寄存器屏幕

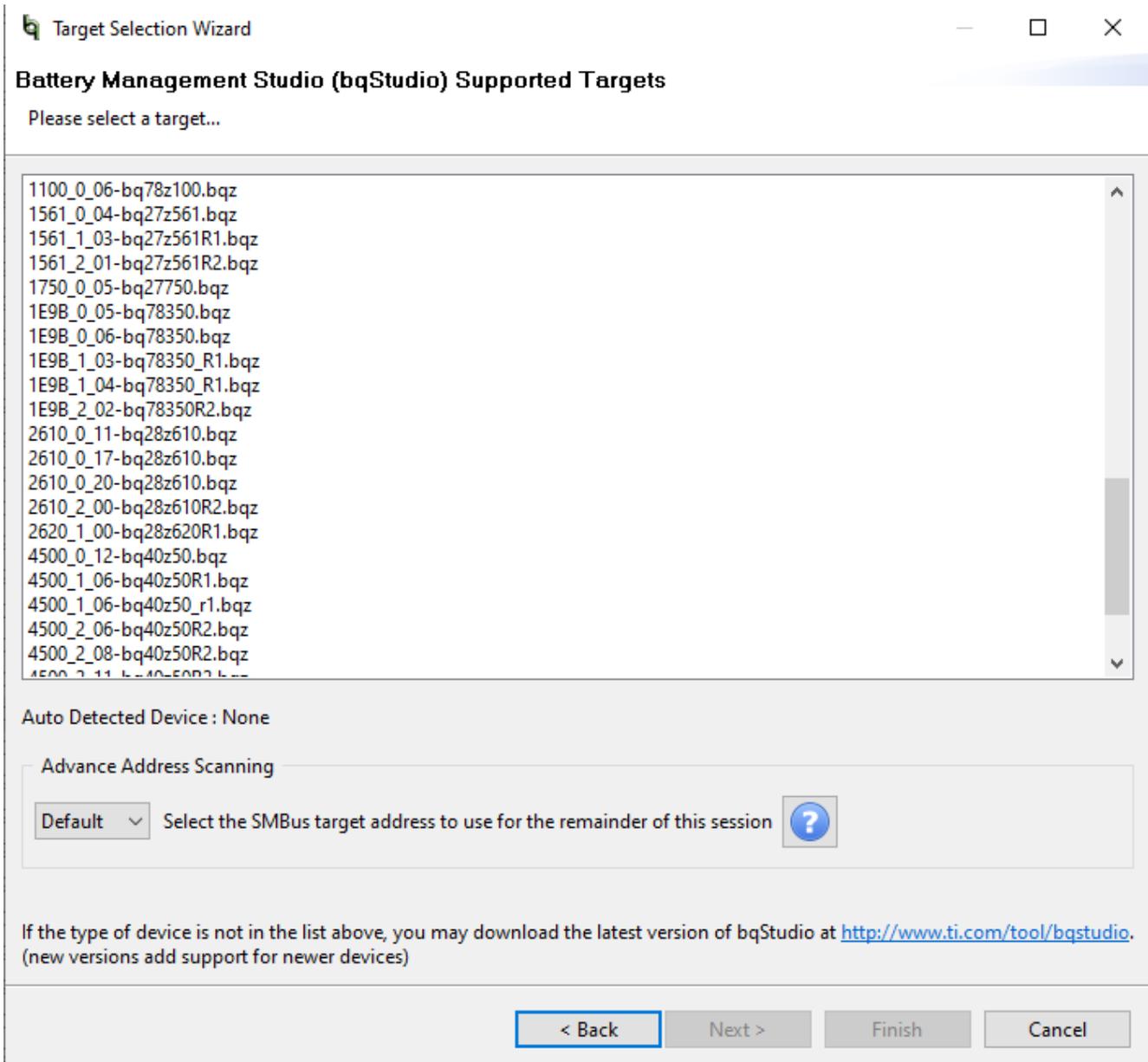


图 1-4. Battery Management Studio 支持的目标

### 1.3.2 寄存器屏幕

“Registers”部分包含用于监测电量的参数。“Bit Registers”部分提供状态和故障寄存器的位级图。绿色标志表示该位为 0（低电平状态），红色标志表示该位为 1（高电平状态）。灰显的位表示该位是保留的。点击 **Refresh**（单次扫描）按钮时便会开始显示数据，而点击 **Scan** 按钮时则会连续进行扫描。可依次选择“Window | Preferences | Register”选项来设置连续扫描周期。有关绿色和红色标志的参考信息，请参阅 [寄存器屏幕](#)。

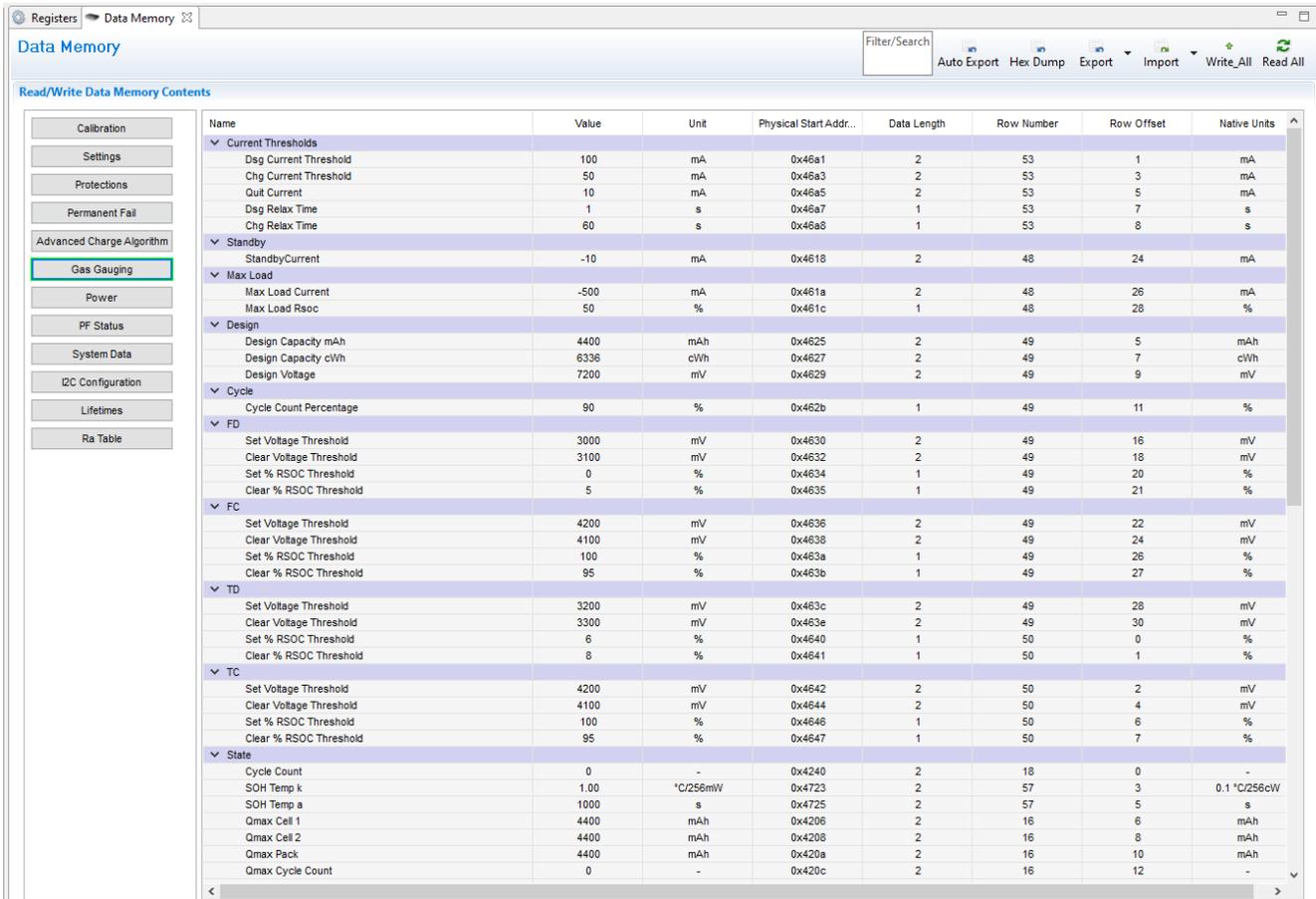
Battery Management Studio 程序提供了一个日志记录功能，如果在“Show basic view mode”下运行该程序，该功能会将所有参数值记录在“Register”部分。为了有选择地选择“Register”部分中扫描和记录的参数，用户需要将 Battery Management Studio 设置为“Show Advanced view mode”。此模式可以通过“Windows | Preferences | All Global Settings | Show Advanced Views”进行设置。取消选中不需要扫描或记录的字段。要启用日志记录功能，请选择 **Log** 按钮；这样会选中 **Scan** 按钮。停止记录后，**Scan** 按钮仍处于选中状态，需要手动取消选择。

### 1.3.3 数据存储寄存器屏幕

BQ28Z620 数据闪存已根据 BQ28Z620 TRM 中详细描述的默认设置进行了配置。请确保根据评估的解决方案的电池组和应用，正确修改相应设置。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“数据存储寄存器屏幕”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。这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“Write All”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。“Read All”命令用于读回写入电量计的所有数据，以便可以验证所做的更改。“Filter/Search”字段让用户能够在数据存储寄存器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。



Name	Value	Unit	Physical Start Addr...	Data Length	Row Number	Row Offset	Native Units
<b>Current Thresholds</b>							
Disg Current Threshold	100	mA	0x46a1	2	53	1	mA
Chg Current Threshold	50	mA	0x46a3	2	53	3	mA
Quit Current	10	mA	0x46a5	2	53	5	mA
Disg Relax Time	1	s	0x46a7	1	53	7	s
Chg Relax Time	60	s	0x46a8	1	53	8	s
<b>Standby</b>							
StandbyCurrent	-10	mA	0x4618	2	48	24	mA
<b>Max Load</b>							
Max Load Current	-500	mA	0x461a	2	48	26	mA
Max Load RsoC	50	%	0x461c	1	48	28	%
<b>Design</b>							
Design Capacity mAh	4400	mAh	0x4625	2	49	5	mAh
Design Capacity cWh	6336	cWh	0x4627	2	49	7	cWh
Design Voltage	7200	mV	0x4629	2	49	9	mV
<b>Cycle</b>							
Cycle Count Percentage	90	%	0x462b	1	49	11	%
<b>FD</b>							
Set Voltage Threshold	3000	mV	0x4630	2	49	16	mV
Clear Voltage Threshold	3100	mV	0x4632	2	49	18	mV
Set % RSOc Threshold	0	%	0x4634	1	49	20	%
Clear % RSOc Threshold	5	%	0x4635	1	49	21	%
<b>FC</b>							
Set Voltage Threshold	4200	mV	0x4636	2	49	22	mV
Clear Voltage Threshold	4100	mV	0x4638	2	49	24	mV
Set % RSOc Threshold	100	%	0x463a	1	49	26	%
Clear % RSOc Threshold	95	%	0x463b	1	49	27	%
<b>TD</b>							
Set Voltage Threshold	3200	mV	0x463c	2	49	28	mV
Clear Voltage Threshold	3300	mV	0x463e	2	49	30	mV
Set % RSOc Threshold	6	%	0x4640	1	50	0	%
Clear % RSOc Threshold	8	%	0x4641	1	50	1	%
<b>TC</b>							
Set Voltage Threshold	4200	mV	0x4642	2	50	2	mV
Clear Voltage Threshold	4100	mV	0x4644	2	50	4	mV
Set % RSOc Threshold	100	%	0x4646	1	50	6	%
Clear % RSOc Threshold	95	%	0x4647	1	50	7	%
<b>State</b>							
Cycle Count	0	-	0x4240	2	18	0	-
SOH Temp k	1.00	*C/256mW	0x4723	2	57	3	0.1 *C/2566W
SOH Temp a	1000	s	0x4725	2	57	5	s
Qmax Cell 1	4400	mAh	0x4206	2	16	6	mAh
Qmax Cell 2	4400	mAh	0x4208	2	16	8	mAh
Qmax Pack	4400	mAh	0x420a	2	16	10	mAh
Qmax Cycle Count	0	-	0x420c	2	16	12	-

图 1-5. 数据存储寄存器屏幕

#### 备注

要查看“Data Memory”屏幕以及“Physical Start Address”、“Data Length”、“Row Number”、“Row Offset”和“Native Units”选项卡，请导航至“Window”->“Preferences”->“All Global Settings”->“Show Advanced Views”->“Apply”->“OK”。

### 1.3.4 校准屏幕

应校准电压、温度和电流以提供良好的监测性能。在“Show Advanced view mode”中按下 **Calibration** 按钮可以选中 **Advanced Calibration** 窗口。请参阅图 1-6 如果处于“Show basic view mode”中，则在点击 **Calibration** 按钮时会显示基本校准屏幕。通过 **Advanced Calibration** 窗口，可以校准内部温度传感器和外部热敏电阻。

#### 备注

为获得最佳效果，请使用精度为 1mV 和 1mA 的电源。

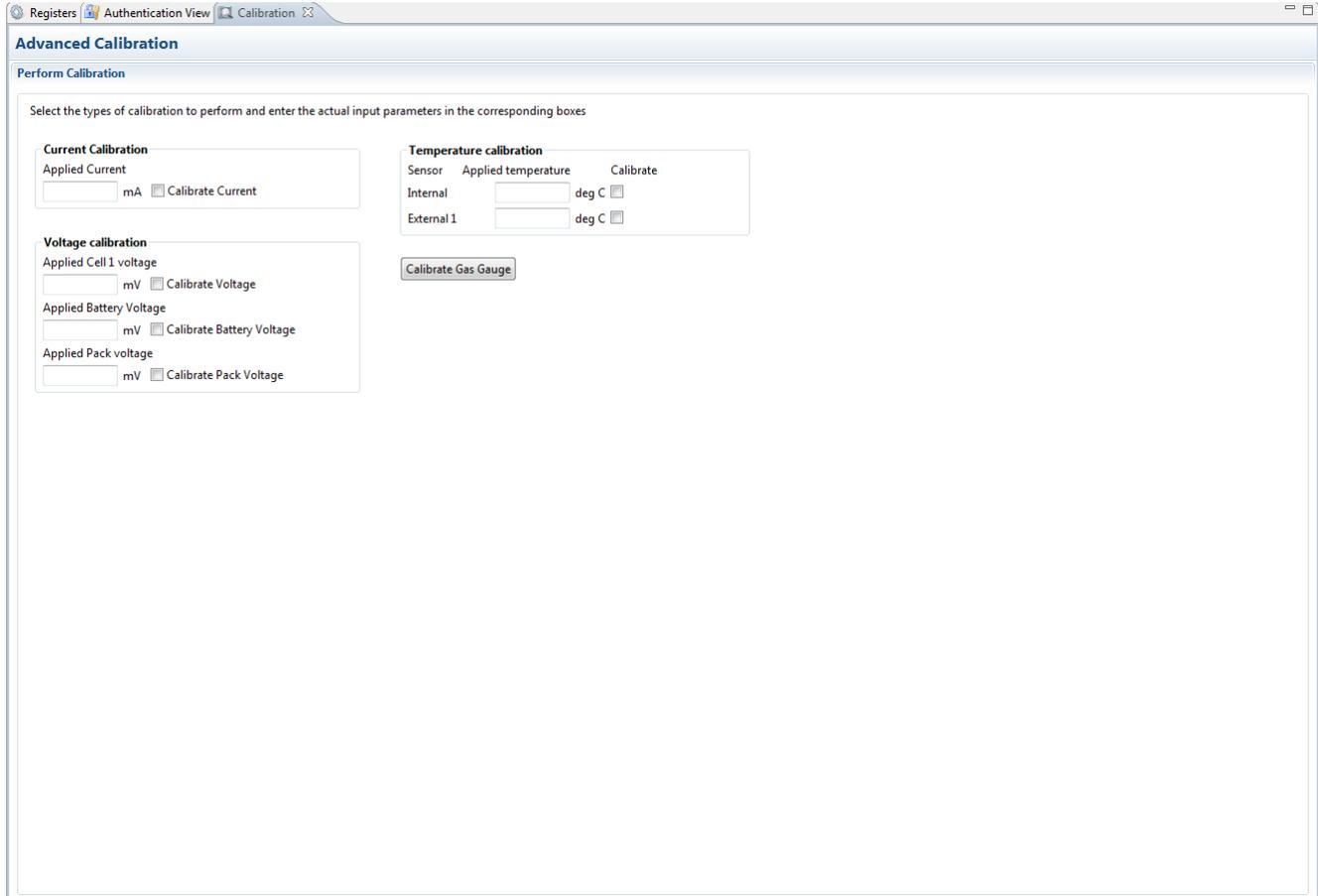


图 1-6. 校准屏幕

#### 1.3.4.1 电压校准

- 测量电芯 1 与 1N 之间的电压并将该值输入 “应用的电芯 1 电压” (*Applied Cell 1 Voltage*) 字段，然后选中**校准电压 (Calibrate Voltage)** 框。
- 测量 Bat+ (2P) 与 Bat - (1N) 之间的电压并将该值输入 *Applied Battery Voltage* 字段，然后选中 **Calibrate Battery Voltage** 框。
- 测量 Pack+ 与 Pack - 之间的电压并将该值输入 *Applied Pack Voltage* 字段，然后选中 **Calibrate Pack Voltage** 框。如果电压不存在，则通过在 **Register** 屏幕上的 “Manufacturer Access” 寄存器中输入 0x22 命令来打开充电和放电 FET。
- 按下 **Calibrate Gas Gauge** 按钮以校准电压测量系统。
- 取消选择 **Calibrate Voltage**

#### 1.3.4.2 温度校准

- 在每个应用的温度 (*Applied Temperature*) 字段中输入室温，然后为每个要校准的热敏电阻选中**校准 (Calibrate)** 框。输入的温度值必须以摄氏度为单位。
- 按下**校准电量监测计 (Calibrate Gas Gauge)** 按钮以校准温度测量系统。
- 完成温度校准后，取消选中**校准 (Calibrate)** 框。

#### 1.3.4.3 电流校准

使用 BQ28Z620EVM 时并不需要 “Board Offset” 校准选项，因此 Battery Management Studio 中不提供该选项。BQProduction 中提供 “Board Offset” 校准选项。

- 连接并测量来自 1N (-) 和 Pack - 的 2A 电流源，在不使用 FET 的情况下进行校准。( TI 不建议使用 FET 进行校准。 )
- 在应用的电流 (*Applied Current*) 字段中输入 -2000，然后选中**校准电流 (Calibrate Current)** 框。
- 按下**校准电量监测计 (Calibrate Gas Gauge)** 按钮以执行校准。
- 完成电流校准后，取消选中**校准电流 (Calibrate Current)** 框。

### 1.3.5 身份验证屏幕

BQ28Z620 支持对主机系统进行 SHA-1 HMAC 身份验证。通过 BQStudio 的身份验证屏幕，可以测试 SHA-1 计算器，执行主机电量计身份验证，以及更改电量计身份验证密钥。

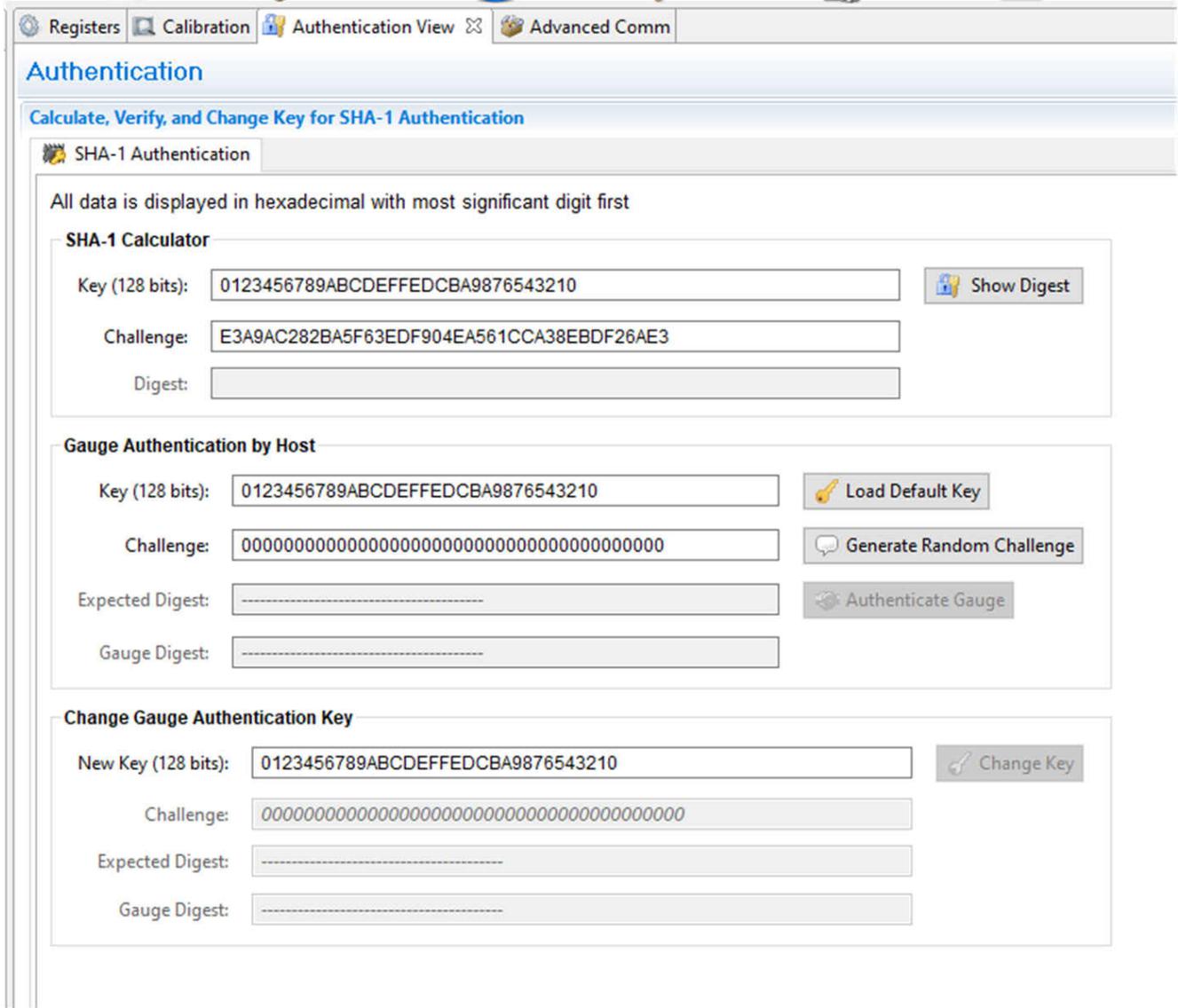


图 1-7. 身份验证屏幕

### 1.3.6 化学成分选择

化学成分文件包含仿真对电池和工作型材建模所用的参数。将与电池匹配的化学成分 ID 编程到器件中至关重要。可以在 Battery Management Studio 中的“Data Flash”部分查看某些参数。

按下 **Chemistry** 按钮可以选中 **Chemistry** 窗口。

- 可点击所需列对表格进行排序。例如：点击 **Chemistry ID** 列标题。
- 选择表格中与电芯匹配的 ChemID (参阅图 1-8)。
- 按下 **Update Chemistry from Database** 可以更新器件中的化学成分。

#### 备注

化学成分屏幕底部包含一个 **Chemistry Updater** 链接。确保使用我们数据库中的最新化学物质。请参阅此[常见问题解答](#)，了解如何更新化学成分表。

请记得使用我们的 [GPCCHEM 工具](#)，以便使电芯化学成分与我们的数据库之一匹配。

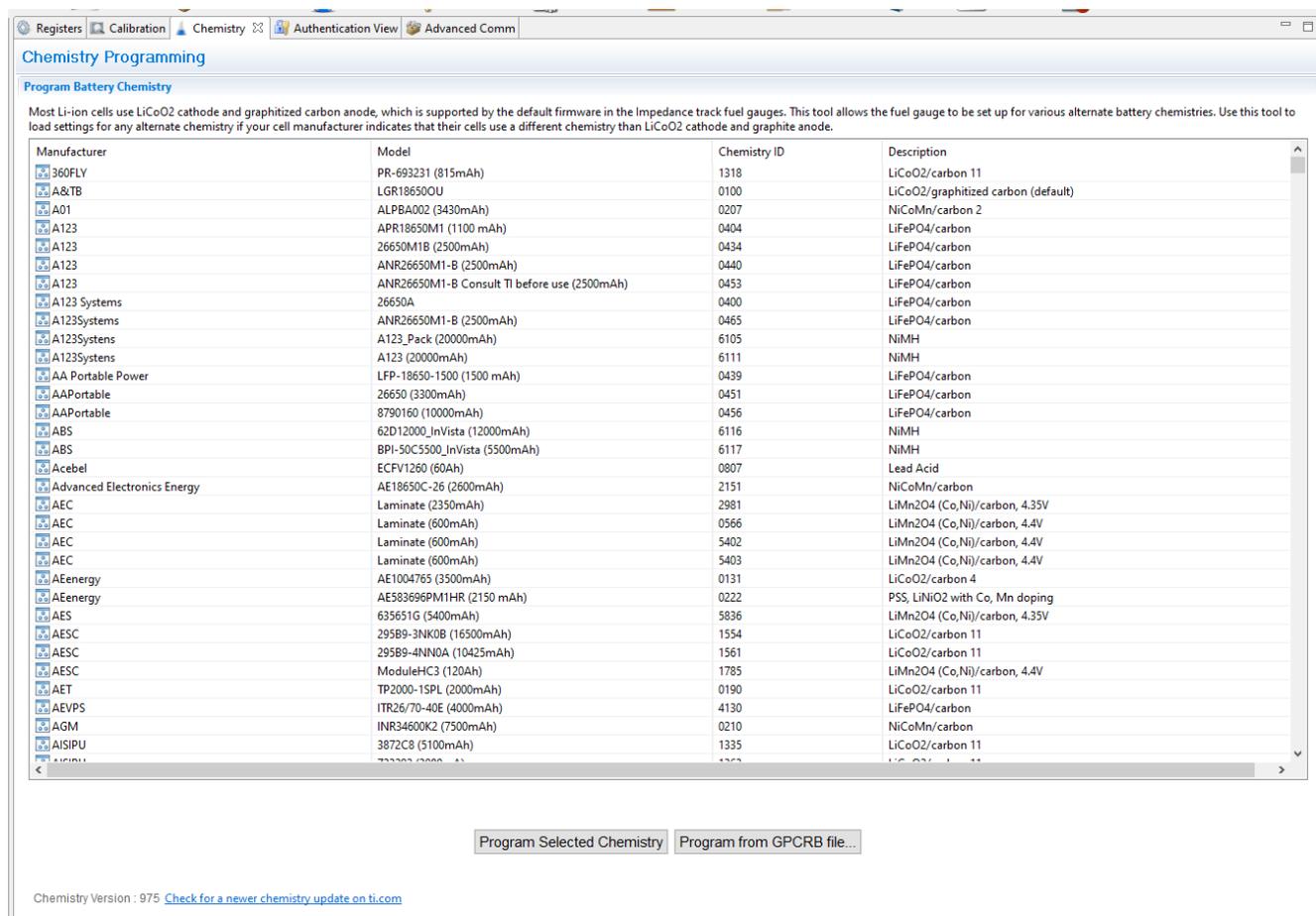


图 1-8. 化学成分屏幕

### 1.3.7 编程屏幕

按下 **Programming** 按钮可以选中 **Programming** 窗口。此窗口允许用户导入设备固件。

#### 1.3.7.1 对闪存编程

“Programming” 屏幕的上部区段用于初始化器件，具体通过将默认的 .srec 文件加载到闪存中来实现（请参阅图 1-9）。

- 使用 **Browse** 按钮搜索 .srec 文件。
- 按下 **Program** 按钮，然后等待下载完成。
  - 编程完成后，更新的版本应该会在 2 分钟内显示在左侧仪表板窗口中。如果没有，请重新启动 BQStudio。
  - 建议在对新固件进行编程后重新启动 BQStudio。

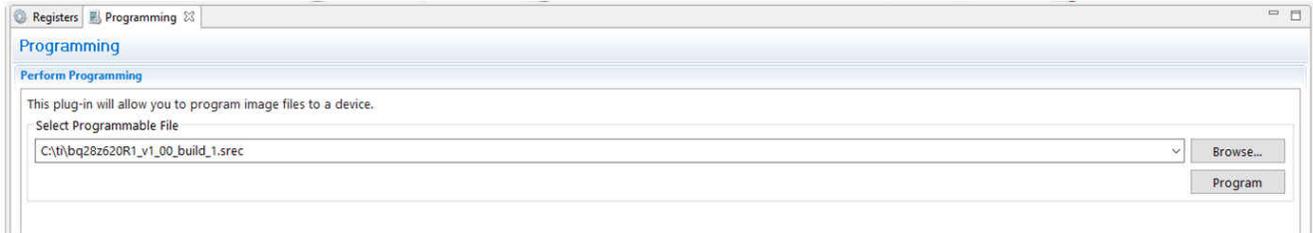


图 1-9. 编程屏幕

#### 1.3.7.2 生成黄金映像

“Golden Image” 屏幕的下方部分用于从器件导出所有闪存内容（请参阅图 1-10）。

- 按下 **Browse** 按钮以导航到闪存文件的保存位置。
- 按下 **Open Directory** 以重命名闪存文件。
- 在 **Output Formats** 子选项卡中，勾选要导出的闪存文件类型。

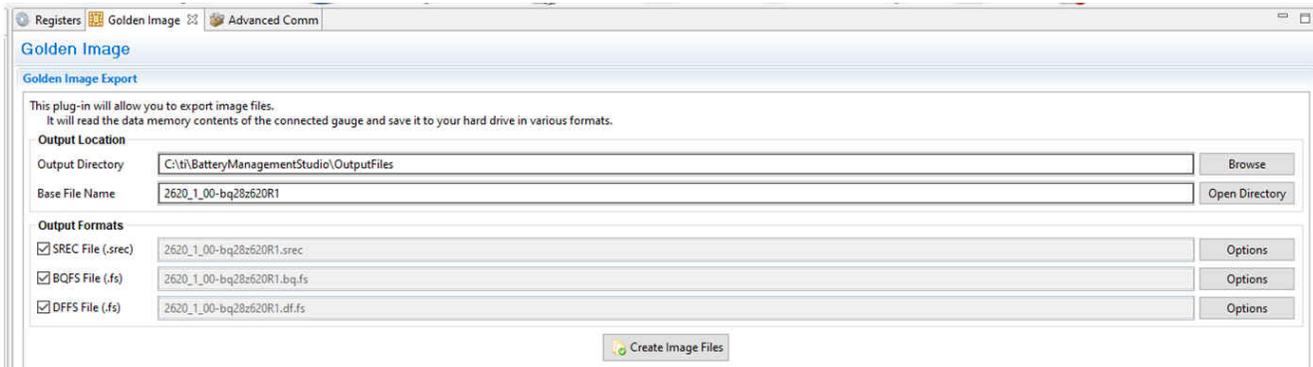


图 1-10. Golden Image 屏幕

### 1.3.8 高级命令 I<sup>2</sup>C 屏幕

按下 **Advanced Comm I<sup>2</sup>C** 按钮可以选中 **Advanced Comm I<sup>2</sup>C** 窗口。凭借该工具，可使用 I<sup>2</sup>C 和 “Manufacturing Access” 命令访问参数。请参阅图 1-11。事务日志屏幕会显示已发送命令的历史记录。

#### 备注

I<sup>2</sup>C 命令以小端字节序格式发送。

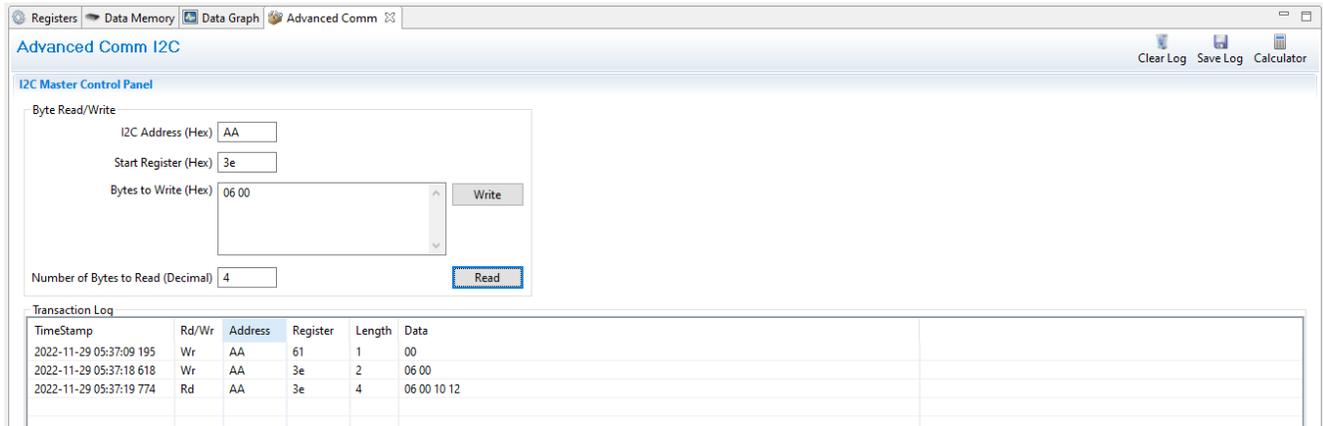


图 1-11. 高级命令 I<sup>2</sup>C 屏幕

示例：

读取 I<sup>2</sup>C 命令。

- 读取化学 ID (0x 0006)。
  - 确保器件未密封
  - 使用 `BlockDataControl()` 命令 (0x61) 写入 0x00 以启用块数据闪存控制。(wr 0x61 0x00)
  - 写入 Mac 地址 0x3e 命令 0x06 0x00 ( 请参阅图 1-11 )。
  - 读取 4 个字节。
  - 返回的结果为 0x10 0x12，这是化学 ID 1210 的小端字节序。

发送 `MAC Gauging()` 以通过 `ManufacturerAccess()` 启用 IT。

- 在禁用 Impedance Track™ 的情况下，将 `Gauging()` (0x0021) 发送至 `ManufacturerAccess()`。
  - 写入 Mac 地址 0x3e 命令 0x21 0x00 ( 请参阅图 1-11 )。

### 1.3.9 观察屏幕

这使得能够以用户指定的时间间隔监视特定的寄存器和数据存储项。通过点击 “Add Register” 或 “Add Data Memory Item”，这些将添加到要跟踪的值表中。

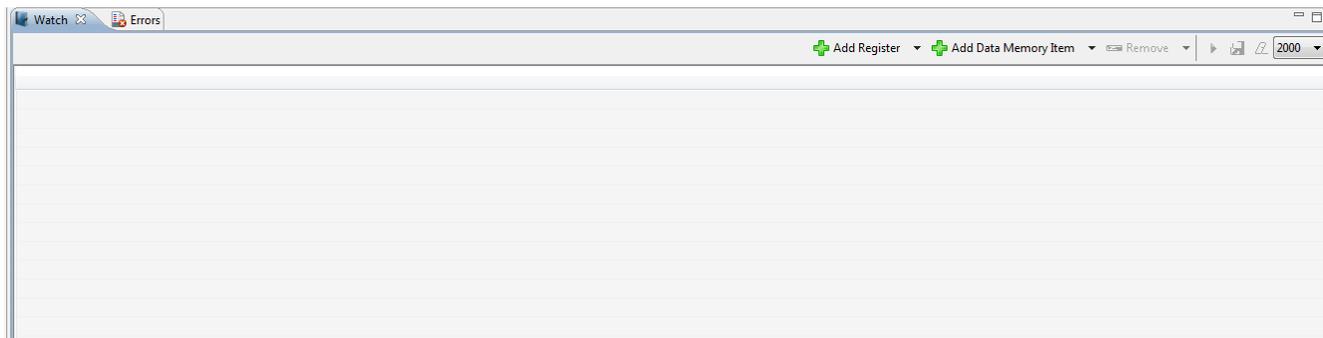


图 1-12. 观察屏幕

## 1.4 电路模块物理布局和物料清单

本节包含 BQ28Z620/BQ294502 电路模块的印刷电路板 (PCB) 布局布线、物料清单以及装配图。

### 1.4.1 电路板布局

本节显示了 BQ28Z620 模块的尺寸、PCB 层 ( 请参阅图 1-13 至图 1-18 ) 和装配图。

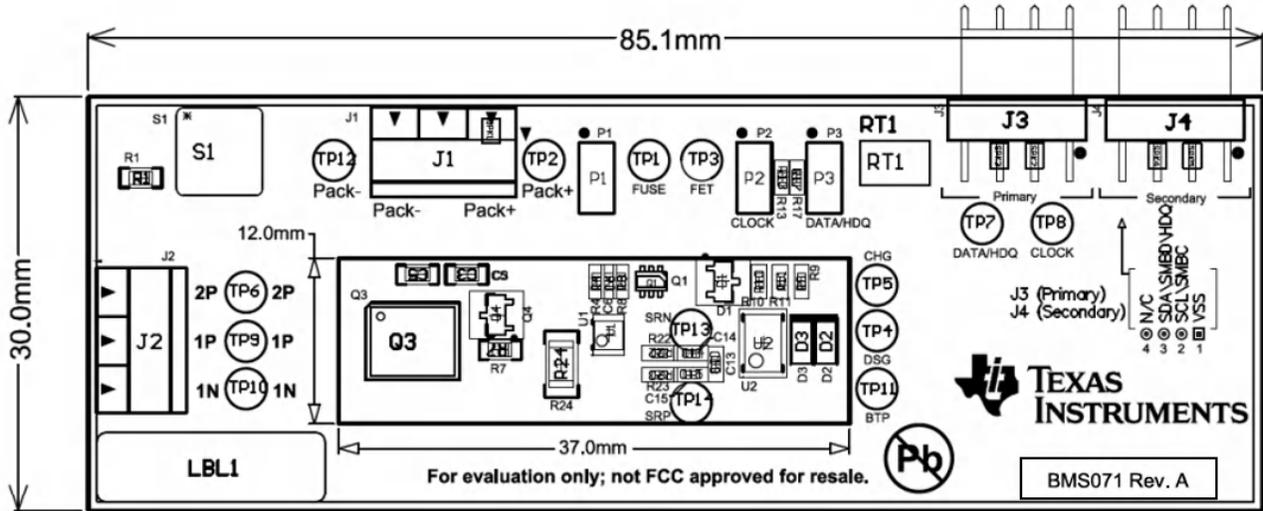


图 1-13. 顶部丝网印刷层

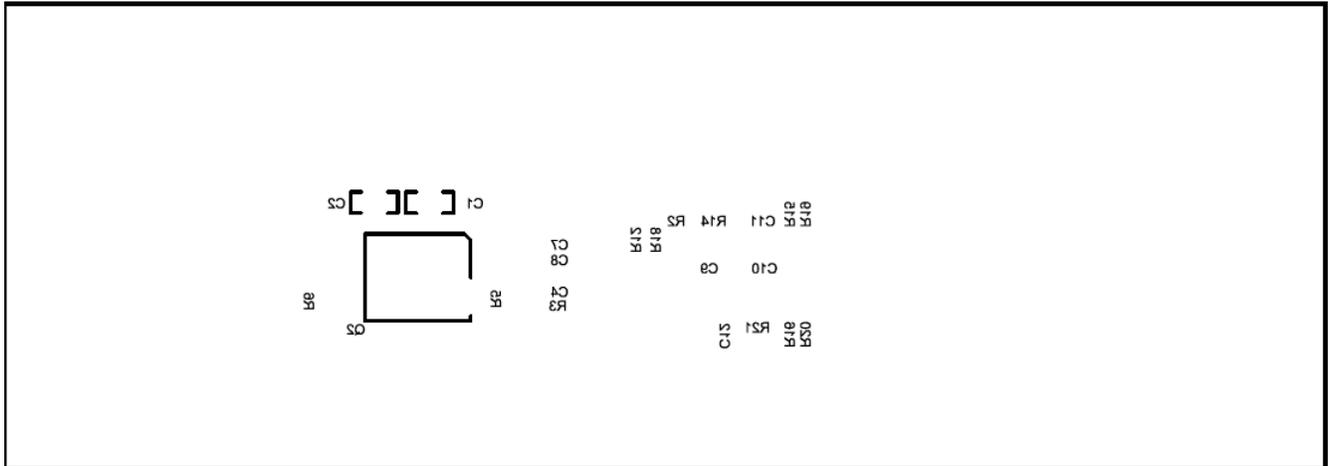


图 1-14. 底部丝网印刷层

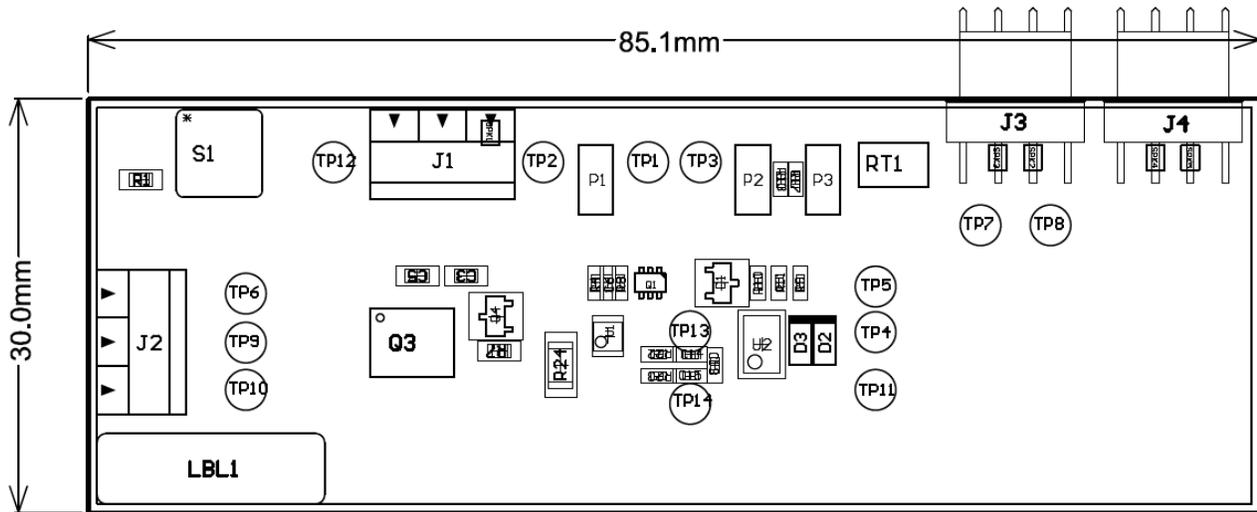


图 1-15. 顶层装配图

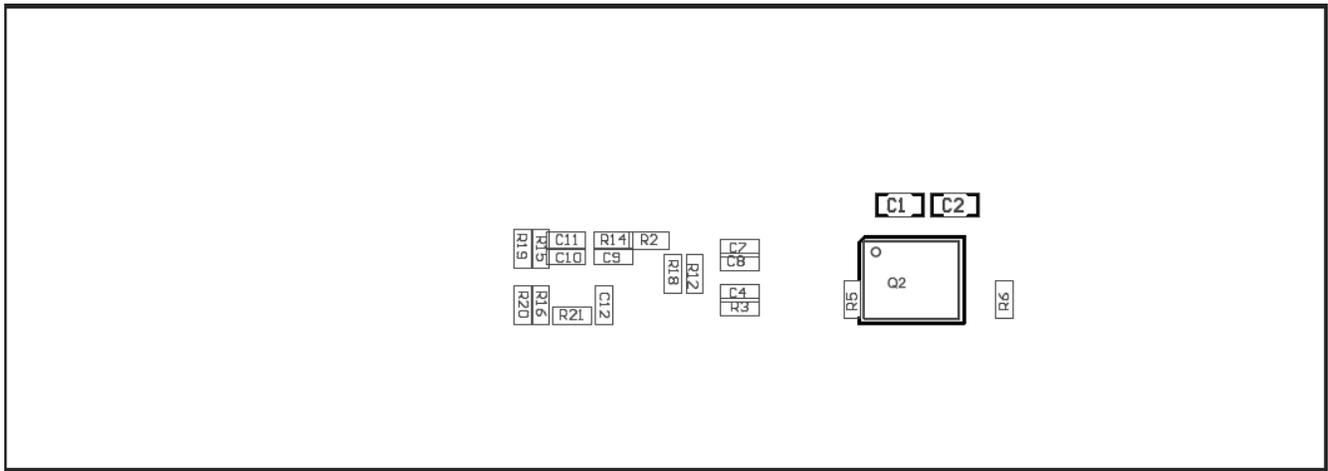


图 1-16. 底层装配图

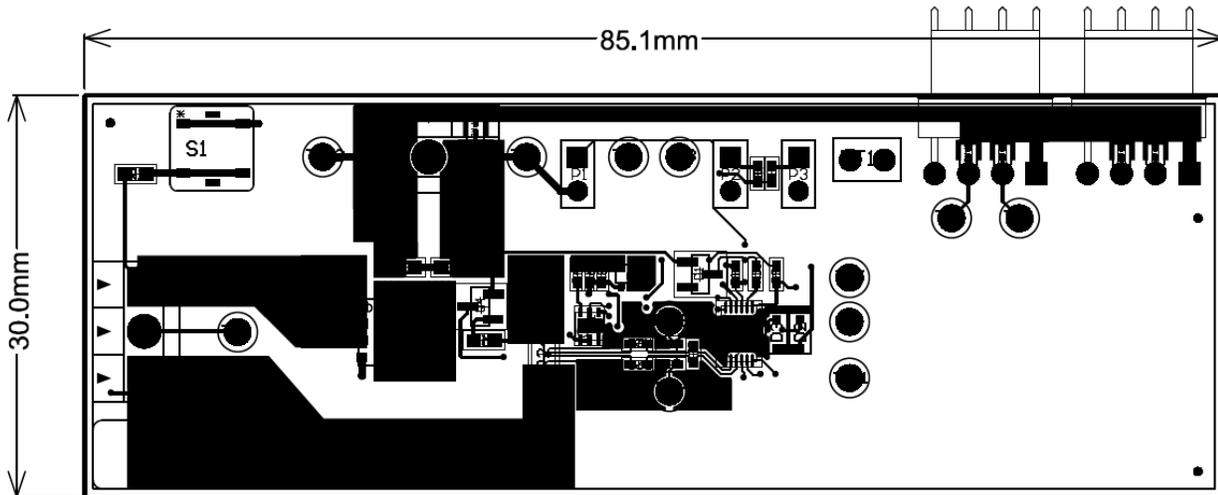


图 1-17. 顶层

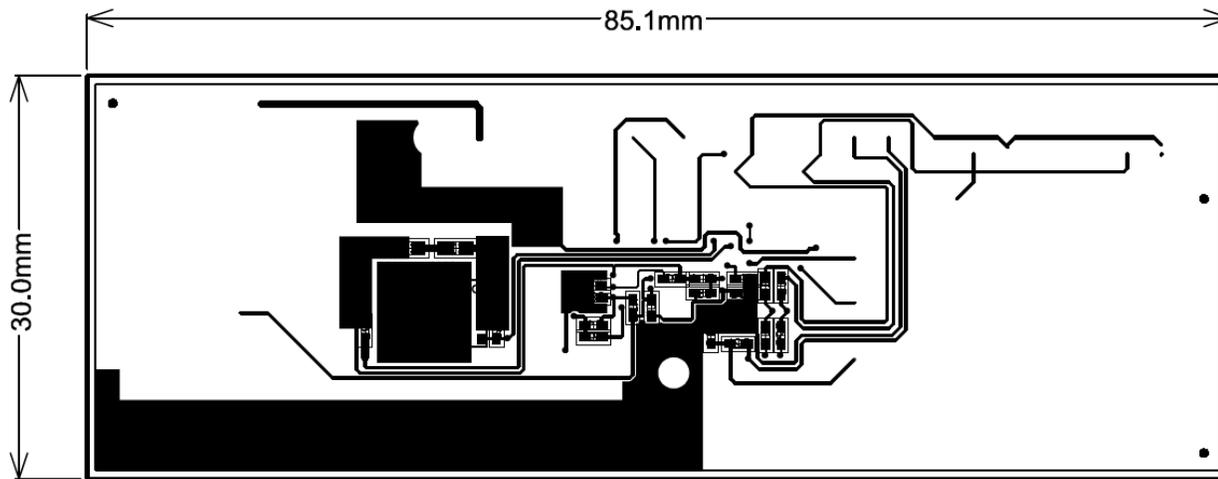


图 1-18. 底层

## 1.4.2 物料清单

### 备注

此评估模块上使用的 BQ294502 次级保护器的最大 OVP 为 4.35V。如果需要更高的 OVP，请查看 BQ2945 系列器件。

数量	值	参考设计	封装	制造商	制造商器件型号
1	BMS071	!PCB1	24146	Krypton Solutions	KS 24146
4	0.1 $\mu$ F	C1、C2、C3、C5	0603	Samsung Electro-Mechanics	CL10B104KB8NNNL
6	0.1 $\mu$ F	C4、C6、C7、C8、C10、C13	0402	Murata Electronics North America	GRM155R71C104KA88D
1	1.0 $\mu$ F	C9	0402	Samsung Electro-Mechanics America, Inc.	CL05A105K05NNND
1	2.2 $\mu$ F	C11	0402	TDK Corporation	C1005X5R1E225K050BC
1	单路 (标准) - 75V	D1	SOT-23-3	Diodes Inc	BAS16-7-F
2	单个 (齐纳二极管) - 5.6V	D2、D3	SOD-323F	ON Semiconductor	MM3Z5V6C
2	黑色 3 引脚母头 R/A	J1、J2	3.5mm 16-28 AWG	On Shore Technology Inc	ED555/3DS
1	1 X 4 R/A 带护罩 - 1 壁装	J3	0.1	Molex Inc	22-05-3041
3	1 x 2	P1、P2、P3	0.1	Samtec Inc	HTSW-102-07-G-S
1	MOSFET N 沟道 30V	Q1	6 引脚 TSSOP 封装	Vishay Siliconix	SI1416EDH-T1-GE3
2	MOSFET N 沟道	Q2, Q3	8 SON	德州仪器 (TI)	CSD16412Q5A
1	MOSFET N 沟道, 6pF	Q4	SOT-23-3	Micro Commercial Co	2N7002K-T1-E3
1	1.00K	R1	0603	Yageo	RC0603FR-071KL
8	100 $\Omega$	R2、R15、R16、R18、R19、R20、R22、R23	0402	Yageo	RC0402FR-07100R
3	1.00k $\Omega$	R3、R4、R12	0402	Vishay Dale	CRCW04021K00FKE D
2	10.0M	R5、R6	0402	Vishay Dale	CRCW040210M0FKE D
1	10.0K	R7	0603	Yageo	RC0603FR-0710KL
1	100k $\Omega$	R8	0402	Yageo	RC0402FR-07100KL
4	5.10K	R9、R10、R13、R17	0402	Yageo	RC0402FR-075K1L
1	10.0 $\Omega$	R11	0402	Yageo	RC0402FR-0710RL
1	4.99 $\Omega$	R14	0402	KOA Speer Electronics, Inc.	RK73H1ETTP4R99F
1	0.001	R24	1206	Stackpole	CSNL1206FT1L00

1	10.0K Ω	RT1	P2.54 3.7mm 宽 x 17mm 长 x 2.4mm 高	石冢 (Semitec)	103AT-2-
1	PB SPST-NO Off-Mom	S1	4.90mm x 4.90mm	Panasonic Electronic Components	EVQ-PLHA15
10	测试环路 - 黑色	TP1、TP3、TP4、TP5、TP7、TP8、TP10、TP12、TP13、TP14	0.040	Keystone Electronics	5001
3	测试环路 - 红色	TP2、TP6、TP9	0.040	Keystone Electronics	5000
1	BQ294502DRV	U1	6 SON	德州仪器 (TI)	BQ294502DRV
1	BQ28Z620DRZ	U2	DRZ0012A	德州仪器 (TI)	BQ28Z620DRZ
1	4 线电缆 (黑色/白色/棕色/红色)	W1	L18	Krypton Solutions	I2C_SMB_CABLE CBL002

### 1.4.3 原理图

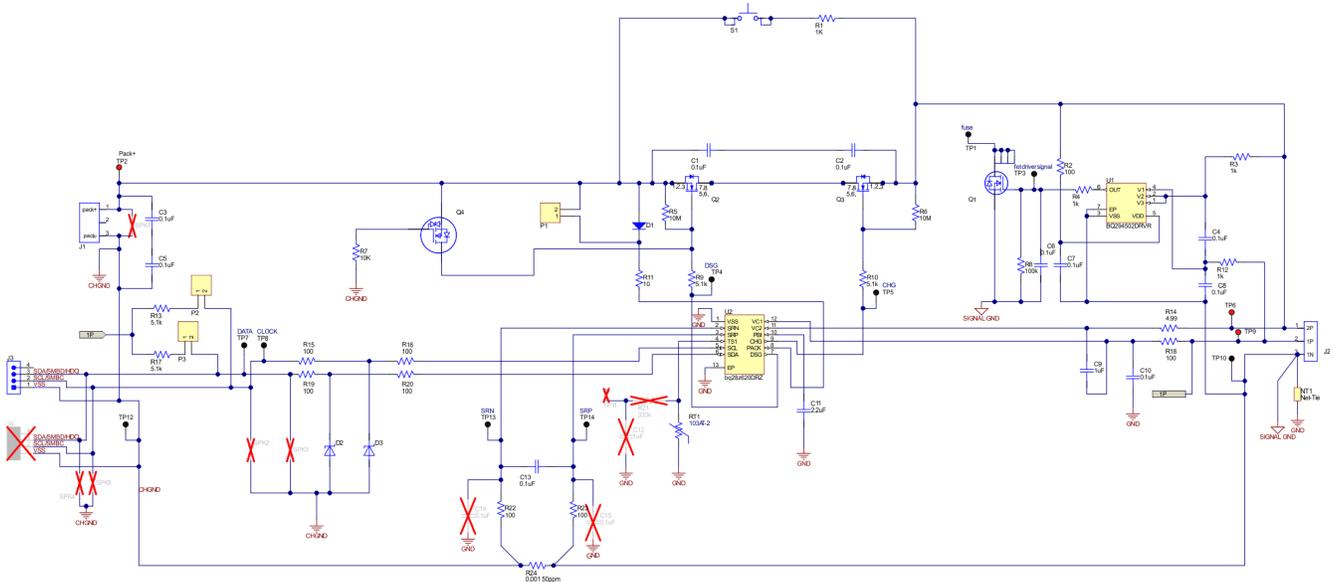


图 1-19. 原理图

### 1.4.4 测试保险丝熔断电路

为防止保险丝熔断测试期间电路板功能受损，该电路中未提供实际的化学保险丝。如果发生保险丝熔断情况，FET Q1 会将 TP1 驱动为低电平；因此，可使用监控 TP1 来测试此情况。

## 2 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
2023 年 3 月	*	初始发行版

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司