

**摘要**

本用户指南介绍了 BQ25790 评估模块 (EVM) 的特性、操作和功能。它还介绍了运行 EVM 所需的设备、测试设置和软件。本文档中还包含了完整的原理图、印刷电路板 (PCB) 布局布线和物料清单 (BOM)。

在本用户指南中，缩写词和术语 *EVM*、*BQ25790EVM*、*BMS027* 和 *评估模块* 与 BQ25790 EVM 具有相同的含义。

**内容**

<b>1 引言</b> .....	<b>3</b>
1.1 EVM 特性.....	3
1.2 I/O 说明.....	3
1.3 建议工作条件.....	5
<b>2 测试设置和结果</b> .....	<b>6</b>
2.1 设备.....	6
2.2 设备设置.....	6
2.3 软件设置.....	7
2.4 测试步骤.....	8
<b>3 PCB 布局指南</b> .....	<b>13</b>
<b>4 电路板布局、原理图和物料清单</b> .....	<b>14</b>
4.1 原理图.....	15
4.2 电路板布局布线.....	17
4.3 物料清单.....	21
<b>5 修订历史记录</b> .....	<b>25</b>

**插图清单**

图 2-1. BMS027A 的设备测试设置.....	7
图 2-2. Single-bit ( 单位 ) 寄存器章节.....	8
图 2-3. 多位寄存器章节.....	9
图 2-4. 16 位寄存器部分.....	9
图 2-5. 图标指南.....	9
图 2-6. 芯片配置.....	10
图 2-7. 充电器配置.....	10
图 2-8. Single-bit ( 单位 ) 寄存器章节.....	11
图 2-9. 多位寄存器部分.....	11
图 2-10. OTG 配置部分.....	12
图 2-11. 芯片配置.....	12
图 4-1. BQ25790EVM 原理图 ( 第 1 页 ) .....	15
图 4-2. BQ25790EVM 原理图 ( 第 2 页 ) .....	16
图 4-3. BMS027A 顶层和覆盖层.....	17
图 4-4. BMS027A 信号层 1.....	18
图 4-5. BMS027A 信号层 2.....	19
图 4-6. BMS027A 底层和覆盖层.....	20

**表格清单**

表 1-1. 器件数据表.....	3
表 1-2. EVM 连接.....	3

表 1-3. EVM 分流器和开关装置.....	3
表 1-4. 建议工作条件.....	5
表 4-1. BMS027A 物料清单.....	21

## 商标

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。



### WARNING

**表面高温！接触可致烫伤。请勿触摸！**

电路板上电后，某些元件可能会达到 55°C 以上的高温。由于存在高温，在运行过程中或运行刚结束时，用户不得触摸电路板。

## 1 引言

BQ25790 是一款采用 WCSP 封装的集成式开关模式降压/升压电池充电管理器件，旨在用于 1-4 节锂离子和锂聚合物电池。充电器采用窄 VDC 架构 (NVDC)，即使电池完全放电，也能将系统调节至最小值。此外，BQ25790 支持通过 D+ 和 D- 进行输入源检测，与 USB2.0、USB3.0 电力输送、非标准适配器和许多高压适配器兼容。BQ25790 具有双输入源选择功能，支持 USB OTG，并且集成了一个 16 位多通道模数转换器 (ADC)，是一个完整的充电解决方案。

### 1.1 EVM 特性

BQ25790EVM 是一款用于评估采用 (WCSP) DSBGA 封装的 BQ25790 的完整模块。此 EVM 的主要特性包括：

- 同步开关模式降压-升压充电器，适用于 1-4 芯串联电池配置，充电电流为 5A，分辨率为 10mA
- 支持 3.6V 至 24V 宽范围输入源，具备 USB 自动检测、USB PD 和无线输入功能
- 双输入源选择器以驱动双向阻断 NFET
- 使用电池为 USB 端口供电 (USB OTG)，OTG 输出电压为 2.8V 至 22V，分辨率为 10mV
- 关断模式下低电池静态电流 < 1 $\mu$ A

表 1-1 中所列的器件数据表提供了详细特性和操作。

表 1-1. 器件数据表

器件	数据表
BQ25790	SLUSDF9

### 1.2 I/O 说明

表 1-2 列出了 BQ25790EVM 电路板的连接和端口。

表 1-2. EVM 连接

连接器/端口	说明	
J1	VIN1	优先级输入适配器或电源的正电源轨
	GND	接地
J2	VIN2	二级输入适配器或电源的正电源轨
	GND	接地
J3	系统	充电器系统输出电压的正电源轨，通常连接到系统负载
	GND	接地
J4	VPMID	反向模式 (OTG) 的充电器输出电压的正电源轨。此输出在正向模式中也与 VBUS 共享电源轨
	GND	接地
J5	电池	充电器电池输入的正电源轨
	SNS_BATP	输入端连接到电池正极端子，用于实现电池电压远程测量
	SNS_BATN	输入端连接到电池负极端子，用于电池电压远程测量
	GND	接地
J6	USB 端口	USB Micro B 端口用于输入源类型检测和握手。连接至 VIN1 或 VIN2
J7	外部热敏电阻	输入端连接到外部电池温度检测热敏电阻
	GND	接地
J8	通信端口	I <sup>2</sup> C 通信端口与 EV2300/2400 接口板搭配使用
J9	通信端口	I <sup>2</sup> C 通信端口与 USB2ANY 接口适配器一起使用

表 1-3 列出了 EVM 上提供的分流器装置及其相应的说明。

表 1-3. EVM 分流器和开关装置

分流器	说明	BQ25790 设置
JP1	连接 ACDRV1 引脚来控制 ACFET1-RBFET1。使用输入保护 MOSFET 时，将此分流器连接至 _acdrv1。未使用或绕过输入保护 MOSFET 时，将此分流器连接至 GND。	ACDRV1 连接至 _acdrv1

表 1-3. EVM 分流器和开关装置 (continued)

分流器	说明	BQ25790 设置
JP2	连接 ACDRV2 引脚来控制 ACFET2-RBFET2。使用输入保护 MOSFET 时，将此分流器连接至 _acdrv2。未使用或绕过输入保护 MOSFET 时，将此分流器连接至 GND。	ACDRV2 连接至 _acdrv2
JP3	VAC1 与 VBUS 旁路连接。当不需要输入保护 MOSFET 特性时，连接此分流器。这会将 VIN1 输入源连接至 VBUS。	未安装
JP4	VAC2 与 VBUS 旁路连接。当不需要输入保护 MOSFET 特性时，连接此分流器。这会将 VIN2 输入源连接至 VBUS。	未安装
JP5	BAT 与电池旁路连接。当不需要运输和关断模式特性时，连接此分流器。	未安装
JP6	USB Micro B 输入 D- 和充电器 D- 引脚连接。当需要输入源检测和握手特性时，连接此分流器。	已安装
JP7	连接 USB 输入正电源轨和充电器输入选项。将此分流器连接到 VAC1 以将 USB 输入连接到优先级输入轨。	USB_VIN 至 VAC1
JP8	短接充电器 D+ 和 D- 引脚。连接此分流器以模拟 DCP 类型适配器，实现输入源检测和握手特性。	未安装
JP9	BATP 引脚与电池连接。当不需要远程电池端子感应并且正在使用运输和关断模式特性时，连接此分流器。如果 JP13 被分流，请勿连接。	已安装
JP10	USB Micro B 输入 D+ 与充电器 D+ 引脚连接。当需要输入源检测和握手特性时，连接此分流器。	已安装
JP11	连接 SDRV 引脚来控制 SFET。当不需要运输和关断模式特性时，断开此分流器。	已安装
JP12	BATN 引脚与 PGND 连接。当不需要远程电池端子感应时，连接此分流器。	已安装
JP13	BATP 引脚与 BAT 连接。当不需要远程电池端子感应并且未使用运输和关断模式特性时，连接此分流器。如果 JP9 已被分流，请勿连接。	未安装
JP14	REGN 与 TS 电阻分压器网络连接。此分流器必须保持连接。	已安装
JP15	设置 ILIM_HIZ 引脚为 500mA。连接此分流器以将外部输入电流限制设置为 500mA。	未安装
JP16	设置 ILIM_HIZ 引脚为 1.5A。连接此分流器以将外部输入电流限制设置为 500mA。	已安装
JP17	设置热敏电阻 COOL 的温度。连接跳线以模拟充电器进入 TCOOL (T1-T2) 温度区域。	未安装
JP18	设置热敏电阻 COLD 的温度。连接跳线以模拟充电器进入 TCOLD (<T1) 温度区域。	未安装
JP19	$\overline{CE}$ 引脚接地，以启用充电。当移除时， $\overline{CE}$ 引脚会上拉，以禁用充电。	已安装
JP20	设置热敏电阻 NORMAL 的温度。连接跳线以模拟充电器进入 TNORMAL (T2-T3) 温度区域。测试其他热敏电阻温度设置 ( JP17 - TCOOL , JP18 - TCOLD , JP21 - TWARM , JP22 - THOT ) 时保持连接。使用外部连接的热敏电阻时移除此跳线。	已安装
JP21	设置热敏电阻 WARM 的温度。连接跳线以模拟充电器进入 TWARM (T3-T5) 温度区域。	未安装
JP22	设置热敏电阻 HOT 的温度。连接跳线以模拟充电器进入 THOT (>T5) 温度区域。	未安装
JP23	ILIM_HIZ 引脚的 HIZ 模式设置。连接以进入充电器高阻抗 (HIZ) 模式，从而禁用转换器。	未安装
JP24	设置 PROG 引脚为 1S、1.5MHz。连接以将充电器默认设置配置为 1 芯充电调节电压、2A 充电电流和 1.5MHz 开关频率。	未安装
JP25	设置 PROG 引脚为 1S、750kHz。连接以将充电器默认设置配置为 1 芯充电调节电压、2A 充电电流和 750kHz 开关频率	未安装
JP26	设置 PROG 引脚为 2S、1.5MHz。连接以将充电器默认设置配置为 2 芯串联充电调节电压、2A 充电电流和 1.5MHz 开关频率	已安装
JP27	设置 PROG 引脚为 2S、750kHz。连接以将充电器默认设置配置为 2 芯串联充电调节电压、2A 充电电流和 750kHz 开关频率	未安装
JP28	设置 PROG 引脚为 3S、1.5MHz。连接以将充电器默认设置配置为 3 芯串联充电调节电压、1A 充电电流和 1.5MHz 开关频率	未安装
JP29	设置 PROG 引脚为 3S、750kHz。连接以将充电器默认设置配置为 3 芯串联充电调节电压、1A 充电电流和 750kHz 开关频率	未安装
JP30	设置 PROG 引脚为 4S、1.5MHz。连接以将充电器默认设置配置为 4 芯串联充电调节电压、1A 充电电流和 1.5MHz 开关频率	未安装
JP31	设置 PROG 引脚为 4S、750kHz。连接可将充电器默认设置配置为 4 芯串联充电调节电压、1A 充电电流和 750kHz 开关频率	未安装
JP32	用于板载 PULLUP 电源轨 LDO 的输入。连接以便为板载 3.3V 上拉电源轨供电。LDO 输入将通过 VBUS 与 BAT 之间的二极管 OR 连接。	已安装

**表 1-3. EVM 分流器和开关装置 (continued)**

分流器	说明	BQ25790 设置
JP33	EV2400 内部上拉连接至 PULLUP。连接以使用 EV2400 内部 3.3V 上拉，从而驱动 EVM PULLUP 电源轨。 <sup>(1)</sup>	未安装
JP34	连接 $\overline{PG}$ 引脚和 LED 指示器，在支持 $\overline{PG}$ 的充电器上，这指示电源正常状态。	已安装
JP35	连接 STAT 引脚和 LED 指示器。指示当前充电器状态。	已安装
JP36	USB2ANY 内部上拉连接至 PULLUP。连接以使用 USB2ANY 内部 3.3V 上拉，从而驱动 EVM PULLUP 电源轨。	未安装
S1	$\overline{QON}$ 控制开关。按下以退出运输模式或重置系统电源。	默认关闭

(1) 默认情况下，EV2400 内部 3.3V 上拉电源轨未处于活动状态。需要修改 EV2400 的内部电路。

### 1.3 建议工作条件

**表 1-4. 建议工作条件**

	说明	最小值	典型值	最大值	单位
J1 或 J2 的 V(VINx)	外部阻断 FET 的电源电压允许为 VBUS 引脚供电	3.6		24	V
流入 J1 或 J2 的 I(INx)	受充电器输入电流限制特性限制的电源电流 (IINDPM)	0.01		3.3	A)
J5 的 V(BATTERY) 电压	支持预充电的电池电压	2.2	3.8(1S)、7.6(2S)、 11.4(3S)、15.2V(4S)	18.8	V
流出/流入 J5 的 I(BATTERY)	电池充电电流	0.01	2 (1S, 2S)、1(3S, 4S)	5	A)
J3 的 V(SYS)	系统电压调节范围	3.2		19	V
从 J3 流出的 I(SYS)	系统负载电流	0		5	A

**备注**

如果热插拔电压高于 15 伏的适配器，TI 建议安装 RSNUB1、CSNUB1、RSNUB2 和 CSBUB2 (如原理图所示)。

**备注**

如果热插拔 4 芯电池并且安装了 shipFET，TI 建议按照原理图所示安装 CSNUB3 元件。

**备注**

如果热插拔 4 芯电池并且未安装 shipFET，TI 建议按照原理图所示安装 DVTS 元件。

## 2 测试设置和结果

### 2.1 设备

本节包含了在 BQ25790EVM 上执行测试所需的物料列表。

1. 用于 **VBUS** 引脚的电源：电源 #1 (PS1)：需要能够在 3A 电流下提供高达 24V 电压的电源。
2. 用于 **BAT** 引脚的电池仿真器：负载 #1 (四象限电源)：一个“Kepco”负载，BOP，20-5M，0V 至  $\pm 20V$  直流电压，0A 至  $\pm 5A$  (或更高) 电流，或 Keithley 2450 3A 数字源表。当同时使用两者时，建议在 EVM 电池和接地端子上连接 1000 $\mu F$  或更高的低 ESR，25V 额定值或更高。  
替代选项：可以使用在恒压模式下与第二电源并联的 0-20V/0-5A、> 60W 直流电子负载。第二个电源的电压设置为略低于电子负载的恒压设置。在启用时，充电器的充电电流取代第二电源提供的电流。
3. 用于 **SYS** 引脚的系统负载仿真器：负载 #2 (电子负载设置为恒定电阻或电阻负载)：10  $\Omega$ 、5W (或更高)
4. 仪表：(6 个) “Fluke 75” 万用表 (等效或更好的)。  
替代选项：(4 个) 等效电压表和 (2 个) 等效电流表。电流表必须能够测量至少达 5A 的电流。如果在 PS#1、负载 #1 或负载 #2 之间串联使用，则电流表应设置为手动而不是自动测距。电流表会显著增大串联电阻，从而影响充电器的性能。
5. 计算机：至少有一个 USB 端口和一条 USB 电缆的计算机。使用 GUI Composer (GUI 编译器) 应用时需要有效的互联网连接。
6. PC 通信接口：USB2ANY 接口适配器 (当使用 GUI 编译器应用时) 或 EV2300/2400 基于 USB 的 PC 接口板 (当使用 Battery Management Studio (电源管理软件套件) 时)。

### 2.2 设备设置

使用以下列表来设置 EVM 测试设备。有关 EVN 的测试设置连接，请参阅图 2-1：

1. 请查看表 1-2 中的 EVM 连接。
2. 将 PS#1 设置为 5.0V、3A 电流限值，然后关闭电源。将 PS#1 连接至 J1 (VIN1 和 PGND)。
3. 在 TP21 (VBUS) 和 TP47 (PGND) 之间连接电压表，以测量充电器的 VBUS 引脚上看到的输入电压。
4. 在 TP1 和 TP2 (I\_VAC1\_SENSE) 之间连接电压表，以测量通过 VIN1 路径进入 VBUS 引脚的输入电流。另外，还可以在 PS1 和 J1 之间连接电流表。
5. 将负载 #1 设置为恒压模式，能够灌入至少 3A 的电流 (例如，合规)，并输出至 5.0V，然后禁用负载。将负载 #1 连接至 J5 (电池和 PGND)。
6. 在 TP27 (BAT) 和 TP46 (PGND) 之间连接电压表，以测量充电器的 BAT 引脚上看到的电池电压。
7. 在 TP17 和 TP18 (I\_BAT\_SENSE) 之间连接电压表，以测量流出 BAT 引脚的电池充电电流和进入 BAT 引脚的放电电流。另外，还可以在负载 #1 和 J5 之间连接电流表。
8. 在 TP26 (SYS) 和 TP48 (PGND) 之间连接电压表，以测量充电器的 SYS 引脚上看到的系统电压。
9. 按表 1-3 中所示安装分流器。

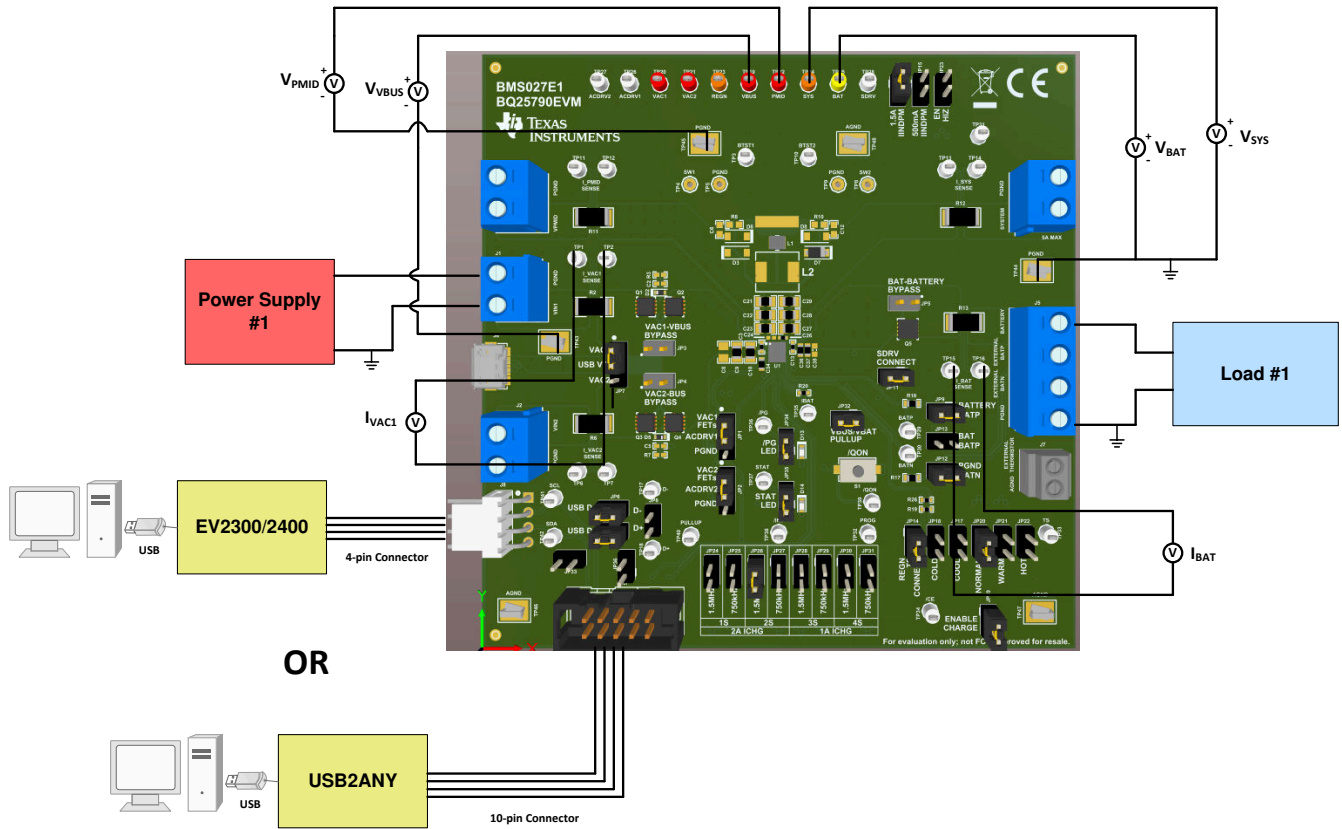


图 2-1. BMS027A 的设备测试设置

## 2.3 软件设置

充电器由使用 I2C 寄存器的状态机控制，状态机基于 I2C 寄存器做出决策。软件仅帮助读取和写入这些寄存器。

### 2.3.1 使用 EV2400 的 BQSTUDIO

下载 [BQSTUDIOTEST](#) 的最新版本。双击 *Battery Management Studio* 安装文件并执行安装步骤。该软件支持 Microsoft® Windows® XP、7 和 10 操作系统。启动 BQSTUDIO 并选择 *Charger*。如果“Charger”中未显示 BQSTUDIO 的 EVM 配置文件，请关闭 BQSTUDIO 并从 [www.ti.com](http://www.ti.com) 的 EVM 产品文件夹下载 .BQZ 文件，或者通过 [e2e.ti.com](http://e2e.ti.com) 申请该文件。该文件必须保存到 C:\XXX\BatteryManagementStudio\config 中，其中 XXX 是用户选择安装 BQSTUDIO 的目录。

### 2.3.2 适用于 USB2ANY 的 TI Charger GUI

导航到 [TI-CHARGER-GUI](#) 工具文件夹。用户进入工具页面后，点击 *Evaluate in the cloud* 按钮。浏览器会自动重定向至 TI Charger GUI 登录页。在登录页中，找到要评估的器件，然后点击 *Select Device*。请注意，EVM 必须已通电，且 USB2ANY 必须已连接至 EVM 和 PC，才能建立连接。还需要通过 [USB2ANY Explorer](#) 软件，将 USB2ANY 更新至最新版本。

## 2.4 测试步骤

### 2.4.1 初始设置

执行以下步骤来启用 EVM 测试设置。

1. 确保已遵循 节 2.2 中的步骤。
2. 移除 JP19 上的分流器以禁用充电。
3. 确保 PROG 引脚跳线 JP22-JP29 设置为预期频率和电芯数。
4. 如果要模拟热敏电阻，请确保将 TS 跳线安装到正确位置。
5. 如果使用 BQStudio，请启动 BQSTUDIO 软件，选择 *Charger*，然后选择 *BQ25790EVM* (如果尚未选择)。
6. 如果使用 TI Charger GUI，请转到 [TI Charger GUI 网站](#)，然后从列表中选择充电器。
7. 开启 PS1 和负载 #1 :
  - 测量  $\rightarrow V_{SYS-PGND}$  (TP26 和 TP48) = 8.55V  $\pm$ 0.2V
8. 验证  $\overline{PG}$  LED (D13) 是否开启。

#### 备注

如果  $\overline{PG}$  LED 未点亮，请确认连接了有效的 PS1 并放置了正确的分流器配置。

#### 备注

如果器件不通信且未进行确认，请核实已经按照 节 2.2 和 节 2.4.1 中的步骤操作。验证 TP42 (PULLUP) 和 TP49 (AGND) 之间的电压是否大约为 3.3V。

### 2.4.2 通信验证

如果使用 Battery Management Studio，请使用以下步骤进行通信验证：

1. 在 Battery Management Studio 中，选择页面顶部的 *READ REGISTER*。此时页面顶部会显示 *Device ACK OK*。
2. 选择屏幕右上角的 **Field View**。请注意，这里有两个选项卡，一个用于 8 位寄存器，一个用于 16 位寄存器。8 位选项卡中包括芯片、充电器、OTG single-bit (单位) 寄存器和多位寄存器部分。16 位选项卡中有充电器和 OTG 多位寄存器部分，用于设置电压和电流。此外，ADC 寄存器在 16 位选项卡上。
3. 如果默认情况下尚未设置充电模式充电器寄存器设置，请按以下方式准备该设置：
  - 在 **8-bit Registers** 选项卡上的 *Chip Config Single-bit Registers* 部分，
    - 将“Watchdog Timer”更改为“Disabled”。
    - 选中“ShipFET Present?”复选框。

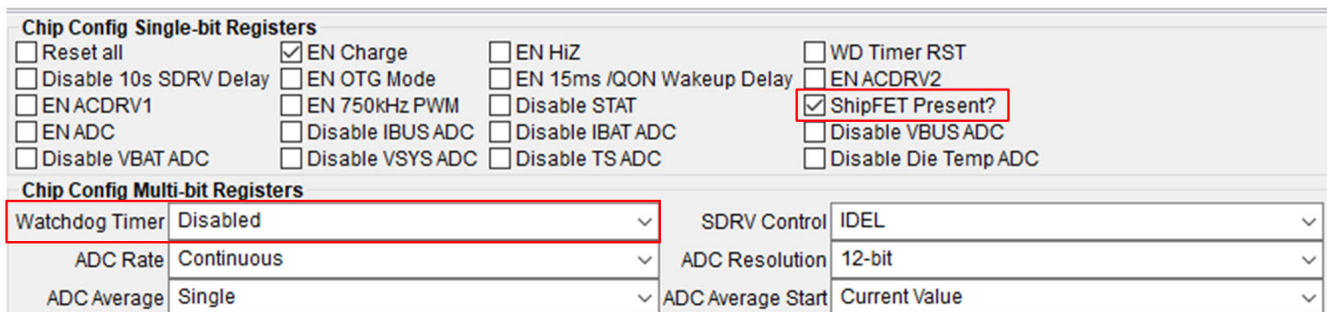


图 2-2. Single-bit (单位) 寄存器章节

- 在 **8-bit Registers** 选项卡上的 *Charger Multi-bit Registers* 部分，
  - 将“Precharge current”设置为“240mA”。
  - 将“ABS VINDPM”设置为“4000mV”。
  - 将“VSYSMIN”设置为“7000mV”。



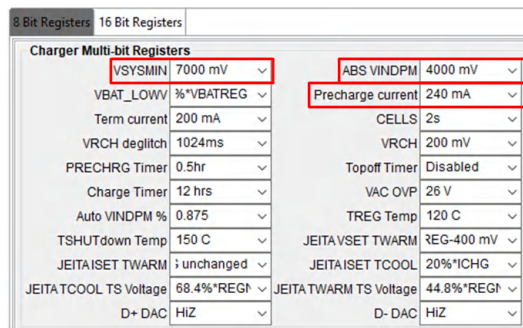


图 2-3. 多位寄存器章节

- 在 **16-bit Registers** 选项卡上的 **Charger Multi-bit Registers** 部分，
  - 将“Charge Voltage”充电调节限制设置为“8400mV”。
  - 将“Charge Current”（充电电流）设置为“500 mA”。
  - 将输入电流调节限制 (IINDPM) 设置为“3000 mA”。

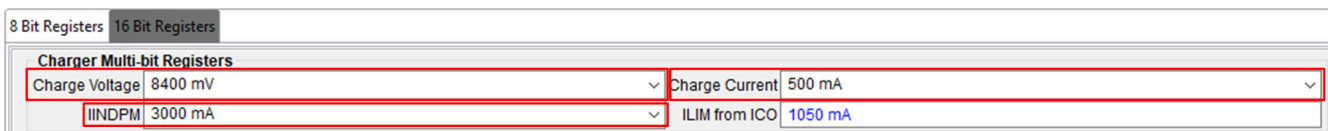


图 2-4. 16 位寄存器部分

如果使用 TI Charger GUI，请按照以下步骤操作。

- 在 TI Charger GUI 主页中，选择您正在使用的充电器。在左下方，用户应看到 **Hardware Connected**。图 2-5 是左侧面板上图标含义的简要说明：

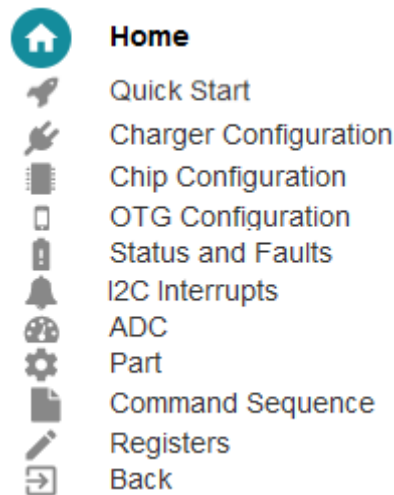


图 2-5. 图标指南

#### 备注

如果 EVM 已通电但未通信（例如，未 ACK），请尝试使用 [SLVC695](#) 处的软件将 USB2ANY 固件更新至新版本。该软件包含的步骤会指示您使用回形针或窄针按下 USB 连接器与 LED 对面的复位按钮。

- 转到 **Chip Configuration**，将 **Watchdog Timer** 设置为“Disabled”并选中 **ShipFET present?** 复选框。

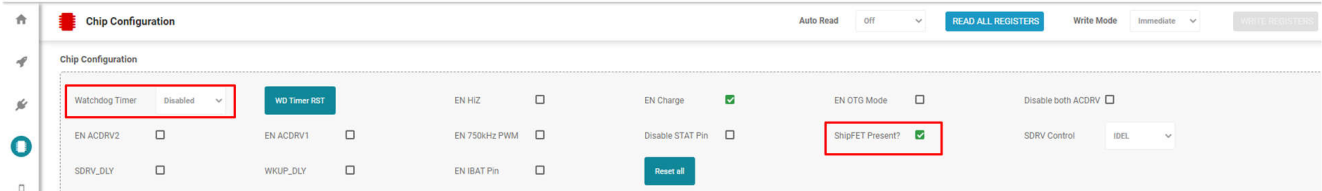


图 2-6. 芯片配置

### 3. 转到“Charger Configuration”（充电器配置）并

- 将 VSYSMIN 设置为 7V
- 将“Charge Voltage”（充电电压）设置为 8.4V
- 将“Charge Current”（充电电流）设置为 0.5A
- 将“Precharge current”（预充电电流）设置为 0.24A
- 将“IINDPM”设置为 3A
- 将“ABS VINDPM”设置为 4.0 V

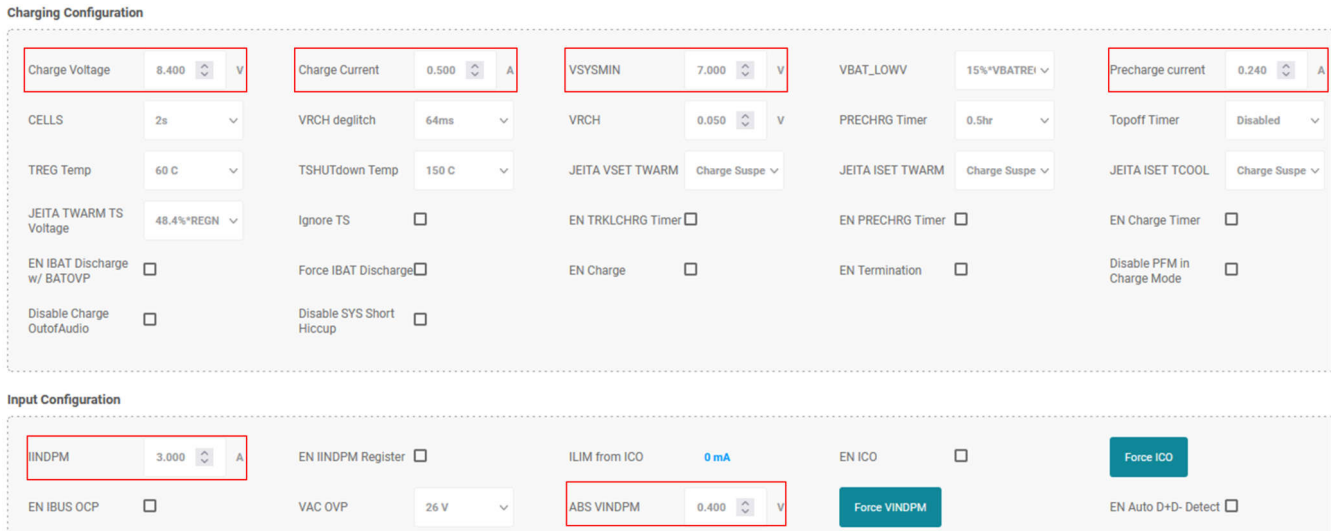


图 2-7. 充电器配置

### 2.4.3 充电模式验证

按照以下步骤进行充电模式验证，包含用于升压运行的预充电、CC 和 CV 阶段：

1. PS1 和负载 # 1 应从节 2.4.1 开启。在 EVM GUI 中，一般建议读取 REG22-REG27（或读取所有寄存器）一次，以便显示自上次读取后发生的所有中断（来自状态变化、例程自动完成、故障）。读取这些寄存器一秒钟就可清除中断。读取寄存器之后，
  - 验证 → REG1B 报告一切正常，表示没有 DPM 循环处于运行状态，没有 WD 计时器故障（位 7-4），存在 VAC1（位 2），存在 VBUS（位 0），且电源正常（位 3）
2. 在跳线 J19 上重新安装分流器以启用充电
  - 验证 → STAT LED (D14) 点亮
3. 按如下方式进行测量：
  - 测量 →  $V_{VBUS-PGND}$  (TP21 和 TP45) = 5.0V ±0.2V
  - 测量 →  $V_{BAT-PGND}$  (TP27 和 TP46) = 5.0V ±0.2V
  - 测量 →  $I_{BAT\_SENSE}$  (TP17 和 TP18 之间 0.01Ω 电阻上的电压) = 240mA ±60mA
  - 点击“READ ALL REGISTERS”（读取所有寄存器）并验证 → REG1Cb[7:5] 报告预充电
4. 将负载 #1 调节电压增大至 8.0V 并按如下方式进行测量：
  - 测量 →  $V_{VBUS-PGND}$  (TP21 和 TP45) = 5.0V ±0.2V
  - 测量 →  $V_{BAT-PGND}$  (TP27 和 TP46) = 8.0V ±0.1V
  - 测量 →  $I_{BAT\_SENSE}$  (TP17 和 TP18 之间 0.01Ω 电阻上的电压) = 500 mA ±50 mA
  - 测量 →  $I_{VAC1\_SENSE}$  (TP1 和 TP2 之间 0.01Ω 电阻两端的电压) = 900mA ±60mA

- 点击“**READ ALL REGISTERS**”（读取所有寄存器）并验证 → REG1Cb[7:5] 报告快速充电
5. 将负载 #1 调节电压增大至 8.4V 并按如下方式进行测量：
- 测量 →  $V_{\text{BAT-PGND}}$  ( TP27 和 TP46 ) = 8.4V ±0.04V
  - 测量 →  $I_{\text{BAT\_SENSE}}$  ( TP17 和 TP18 之间 0.01Ω 电阻上的电压 ) = 0mA ±10mA
  - 点击“**READ ALL REGISTERS**”（读取所有寄存器）并验证 → REG1Cb[7:5] 报告终止
6. 在充电模式下更改电压和寄存器设置时的有用提示：
- 如果增大充电电流或在 SYS J3 端子添加负载，可能需要使用 8 位寄存器选项卡/Charger Single-bit Registers ( 充电器单位寄存器 ) /REG14b[1] 禁用 EN\_ILIM (EN\_EXTLIM) 位，并在“16 位寄存器”选项卡/Charger Single-bit Registers ( 充电器单位寄存器 ) /REG06b[8:0] 中增加 IINDPM 寄存器设置。
  - 如果将输入电压提高到 8V 以上，使充电器进入降压模式，请使用“8 位寄存器”选项卡/Charger Single-bit Registers ( 充电器单位寄存器 ) /REG10b[5:4] 从 7V 默认值增加 VAC\_OVP。
  - 在启动时使用 PROG 引脚 ( 跳线 JP24 至 JP31 ) 设置电池配置。也可以使用“16 位寄存器”选项卡/Charger Single-bit Registers ( 充电器单位寄存器 ) /REG0Ab[7:6] 更改电池配置。请注意，SYSMIN 和充电电流随电芯配置而充电。
  - 状态、故障和中断位报告是有用的调试工具。

#### 2.4.4 OTG 模式验证

执行以下步骤进行升压运行的 OTG 模式验证：

1. 上电，然后关闭负载 #2 输出。设置为  $CR = 12V/0.5A = 24\Omega$ 。从断开 J1 与 PS1 的连接，并将负载 #2 连接至 J1 ( VIN1 和 GND )。
2. 将负载 #1 调节电压增大至 8.0V 并按如下方式进行测量：
  - 测量 →  $V_{\text{BAT-PGND}}$  ( TP27 和 TP46 ) = 8.0V ±0.1V
3. 对于 BQStudio，请按以下方式准备 OTG 模式充电器寄存器设置：
  - 在 **8-bit Registers** 选项卡上的 *Chip Config Single-bit Registers* 部分，
    - 选中“EN OTG 模式”复选框
    - 选中“EN ACDRV1”复选框
  - 在 **8-bit Registers** 选项卡上的 *OTG Multi-bit Registers* 部分，
    - 设置 IOTG 1000mA 以更改 OTG 电流限制。

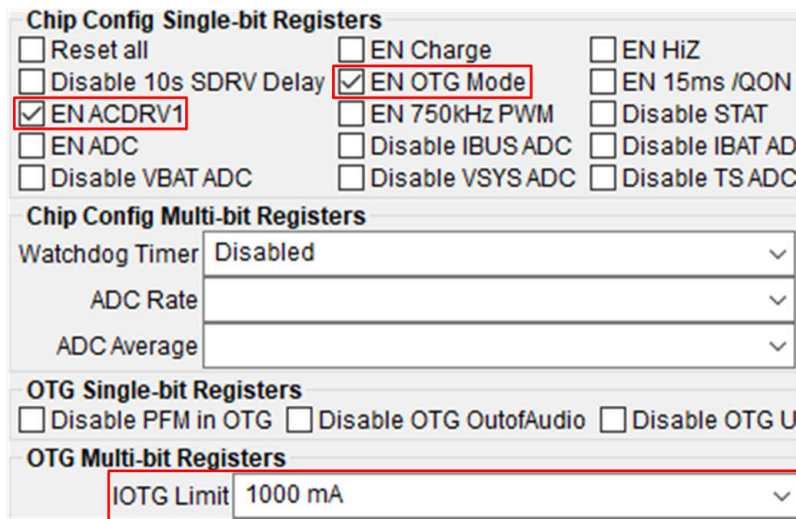


图 2-8. Single-bit ( 单位 ) 寄存器章节

- 在 **16-bit Registers** 选项卡上的 *OTG Multi-bit Registers* 部分，
  - 将 OTG 模式稳压电压设置为 12000mV。

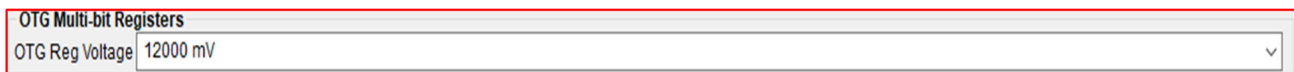


图 2-9. 多位寄存器部分

对于 GUI Composer ( GUI 编译器 ) , 请转到 “OTG Configuration” ( OTG 配置 ) 部分并更改以下寄存器 :

- “OTG Reg Voltage” ( OTG 寄存器电压 ) 设为 12V
- “IOTG 限制” 设为 1A。

### OTG Configuration

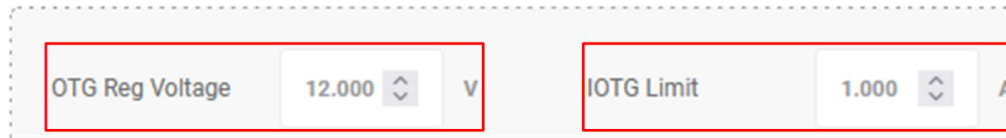


图 2-10. OTG 配置部分

4. 接下来, 转到 “” ( 芯片配置 ) , 选中 “EN OTG 模式” 复选框和 “EN ACDRV1” 复选框。

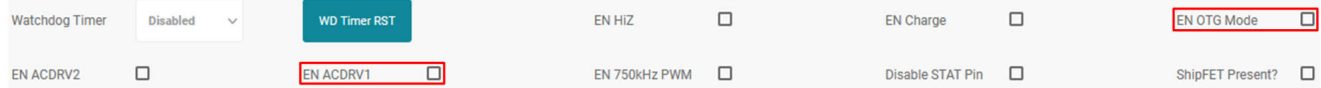


图 2-11. 芯片配置

5. 按如下方式进行测量 :

- 测量  $\Rightarrow V_{VBUS-PGND}$  ( TP21 和 TP45 ) = 12.0V  $\pm$ 0.2V
- 测量  $\Rightarrow V_{AC1-PGND}$  ( TP22 和 TP45 ) = 12.0V  $\pm$ 0.2V
- 点击 “**READ ALL REGISTERS**” ( 读取所有寄存器 )
  - 验证  $\Rightarrow$  REG1Bb[6] 报告 VINDPM 或 OTG
  - 验证  $\Rightarrow$  REG1Cb[4:1] 将 VBUS 状态报告为正常 OTG

6. 打开负载 #2 输出, 设置为 24  $\Omega$  的 CR。

7. 按如下方式进行测量 :

- 测量  $\Rightarrow V_{AC1-PGND}$  ( TP22 和 TP45 ) = 12.0V  $\pm$ 0.2V
- 测量  $\Rightarrow I_{AC1-SENSE}$  ( TP1 和 TP2 ) = 500mA  $\pm$ 0.10A

8. 将负载 #2 的 CR 降低至 10  $\Omega$ 。

9. 按如下方式进行测量, 以便确认 OTG 电流功能 :

- 测量  $\Rightarrow V_{AC1-PGND}$  ( TP22 和 TP45 ) < 12.0V  $\pm$ 0.2V
- 测量  $\Rightarrow I_{AC1-SENSE}$  ( TP1 和 TP2 ) = 1000mA  $\pm$ 0.10A
- 点击 “**READ ALL REGISTERS**” ( 读取所有寄存器 ) 并验证  $\Rightarrow$  REG1Bb[7] 报告 IINDPM

10. 用于进一步 OTG 测试的提示 :

- 启用 OTG 模式的过程分为两个步骤 : 首先启用 OTG, 然后打开适合的交流驱动器 FET。

### 3 PCB 布局指南

为了使充电器满足规格要求，谨慎放置元件至关重要。以下各项按放置优先级顺序列出。

1. PMID 和 SYS 的高频去耦电容器 ( EVM 上的 C24 和 C26 ) 应尽可能靠近与充电器 IC 位于同一层的各自引脚和接地引脚放置 ( 换句话说, 没有通孔 ), 以获得最小的电流环路。
2. PMID 和 SYS 的大容量电容器应尽可能靠近与充电器 IC 位于同一层的各自引脚和充电器的接地引脚放置 ( 换句话说, 没有通孔 )。
3. 将 REGN 电容器 (C34) 靠近接地端放置, 将 SW 的 BTST 电容器 ( C3 和 C13 ) 尽可能靠近各自的引脚放置, 如果需要, 仅在每个元件的一侧使用通孔。
4. 将 VBUS 和 BAT 引脚的高频去耦电容器尽可能靠近各自的引脚放置。如有必要, 每个电容器端子使用至少 2 个通孔。
5. 将 VBUS 和 BAT 引脚的大容量电容器尽可能靠近各自的引脚放置。如有必要, 每个电容器端子使用至少 2 个通孔。
6. 将电感器靠近 SW1 和 SW2 放置。因为通孔只会给电感器增加少量的电感和电阻, 所以使用多个通孔来建立这些连接是可以接受的。
7. 虽然此 EVM 具有连接到充电 GND 引脚的模拟接地 (AGND) 和电源接地 (PGND) 平面, 但并不需要两个接地端。用于设置敏感节点 ( 例如, ILIM、TS ) 的电阻器和电容器可以使用一个公共接地平面, 但其接地端子需远离包含开关噪声的大电流接地回路。

请注意, 此 EVM 具有测试点和跳线, 需要布线到 PCB 边沿。对这些布线进行连接, 需要在 PCB 布局上做出一些妥协, 而不是上述前六项中所列的那些并不重要的元件。

## 4 电路板布局、原理图和物料清单

## 4.1 原理图

图 4-1 至图 4-2 描绘了 BQ25790EVM 的原理图。

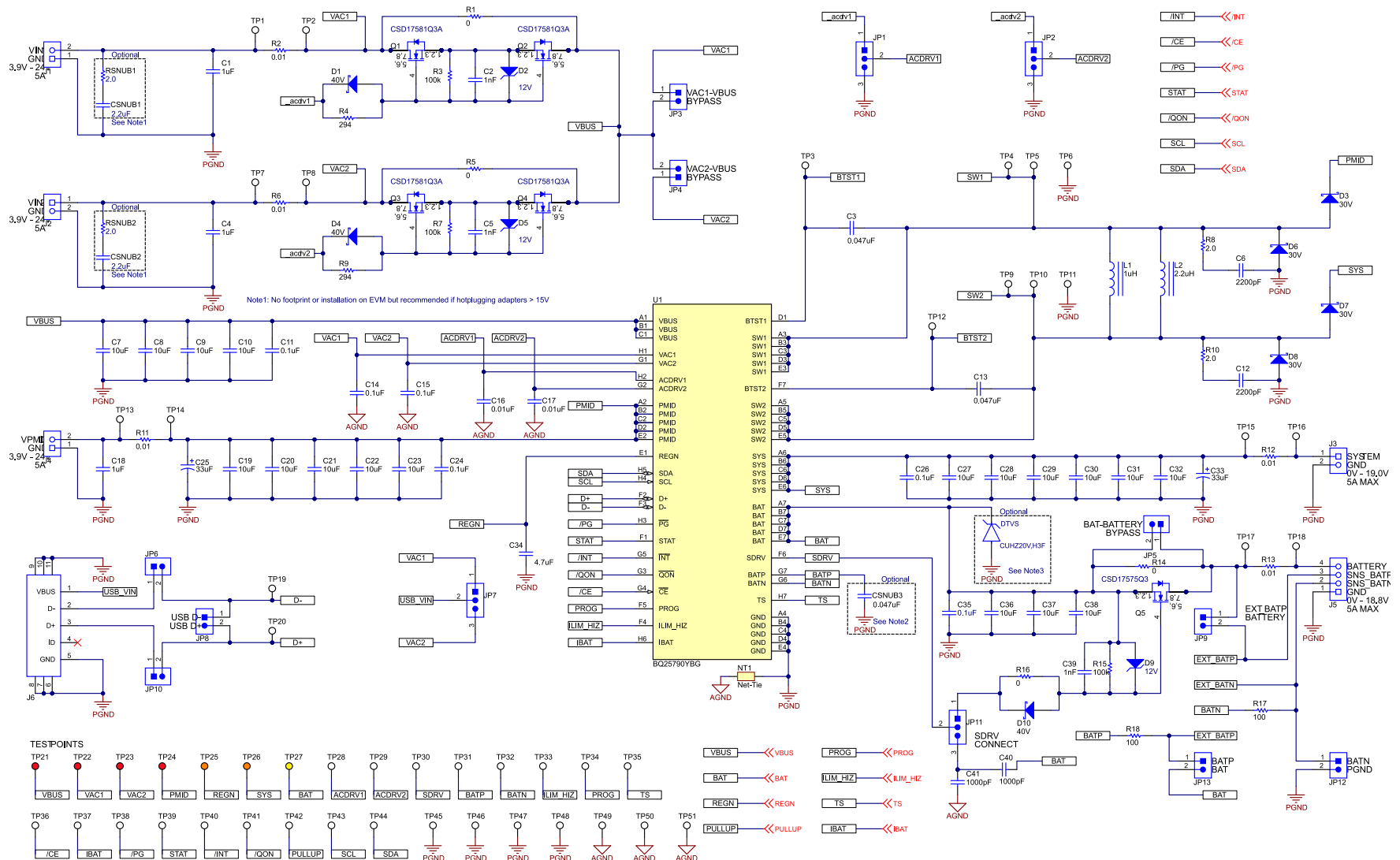


图 4-1. BQ25790EVM 原理图 (第 1 页)

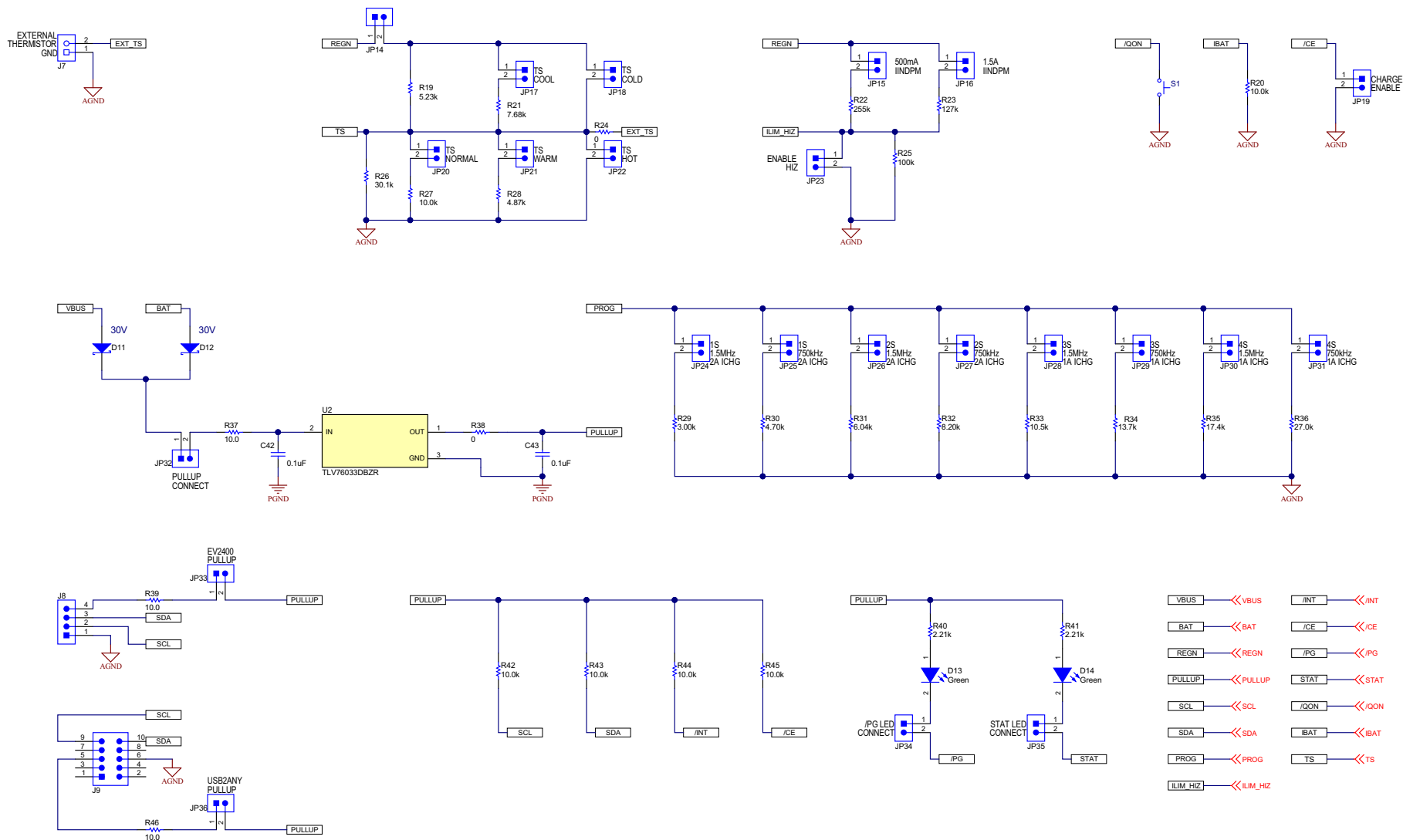


图 4-2. BQ25790EVM 原理图 (第 2 页)



## 4.2 电路板布局布线

图 4-3 至图 4-6 展示了 PCB 电路板布局布线。

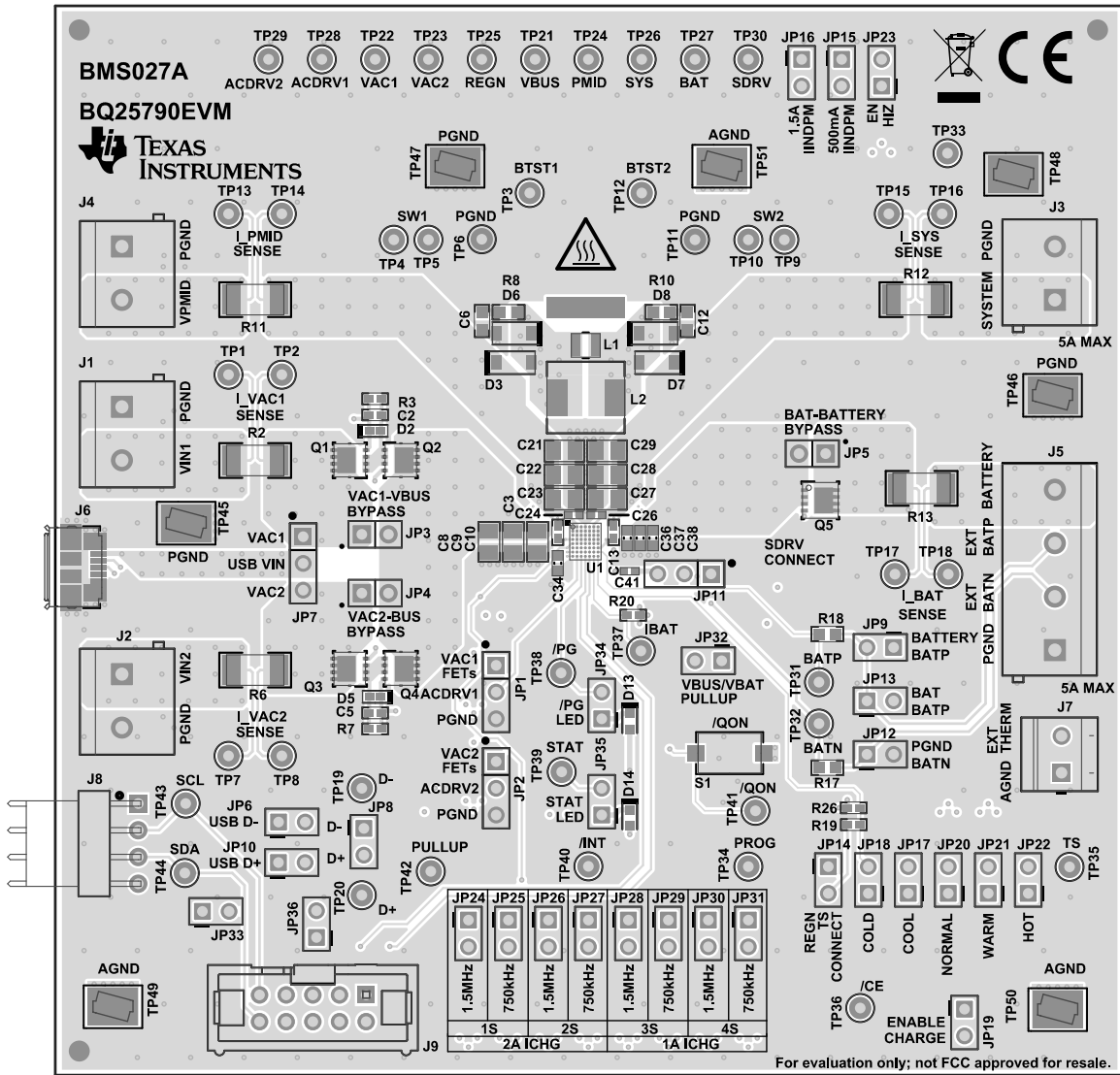


图 4-3. BMS027A 顶层和覆盖层

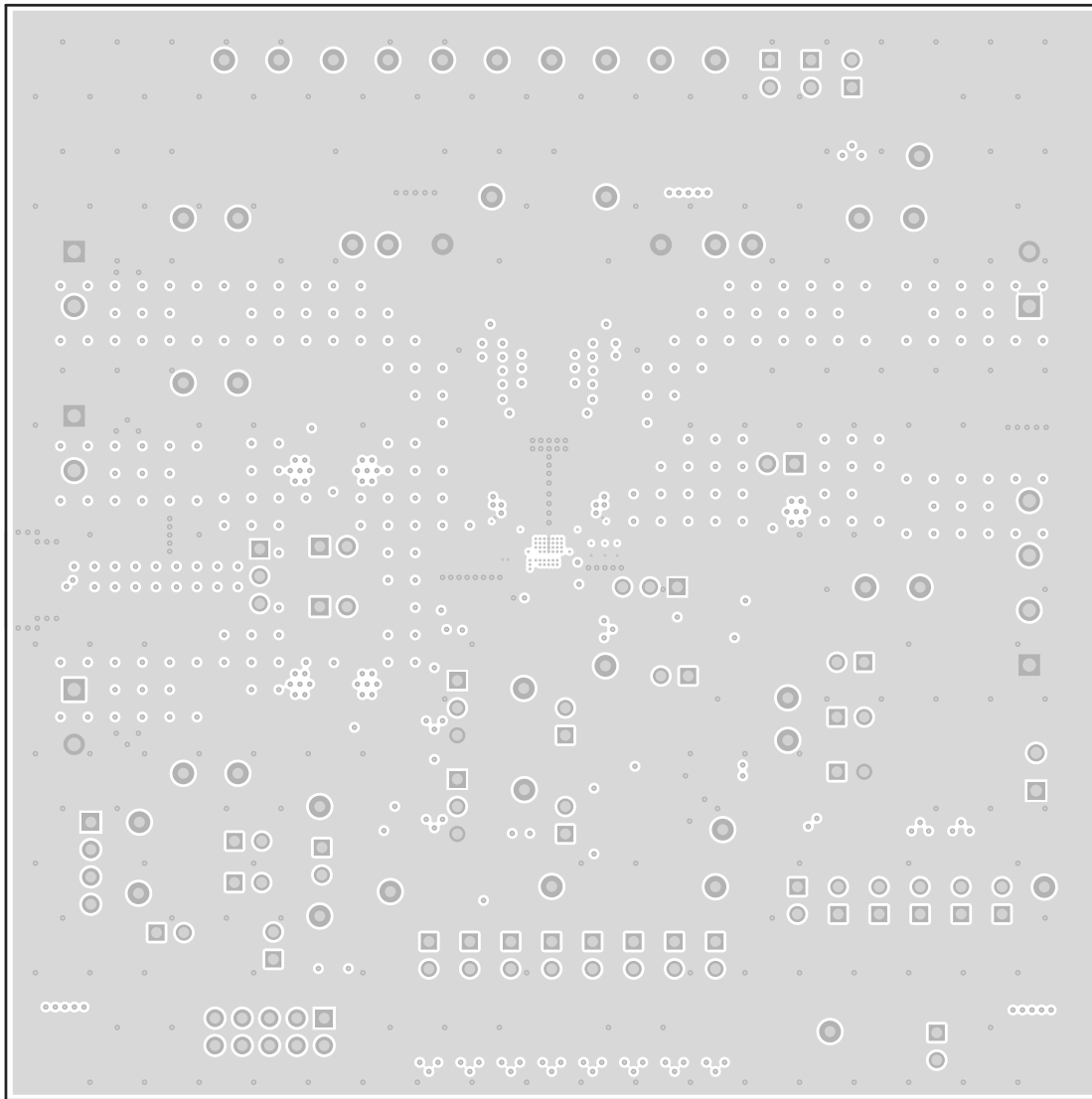


图 4-4. BMS027A 信号层 1

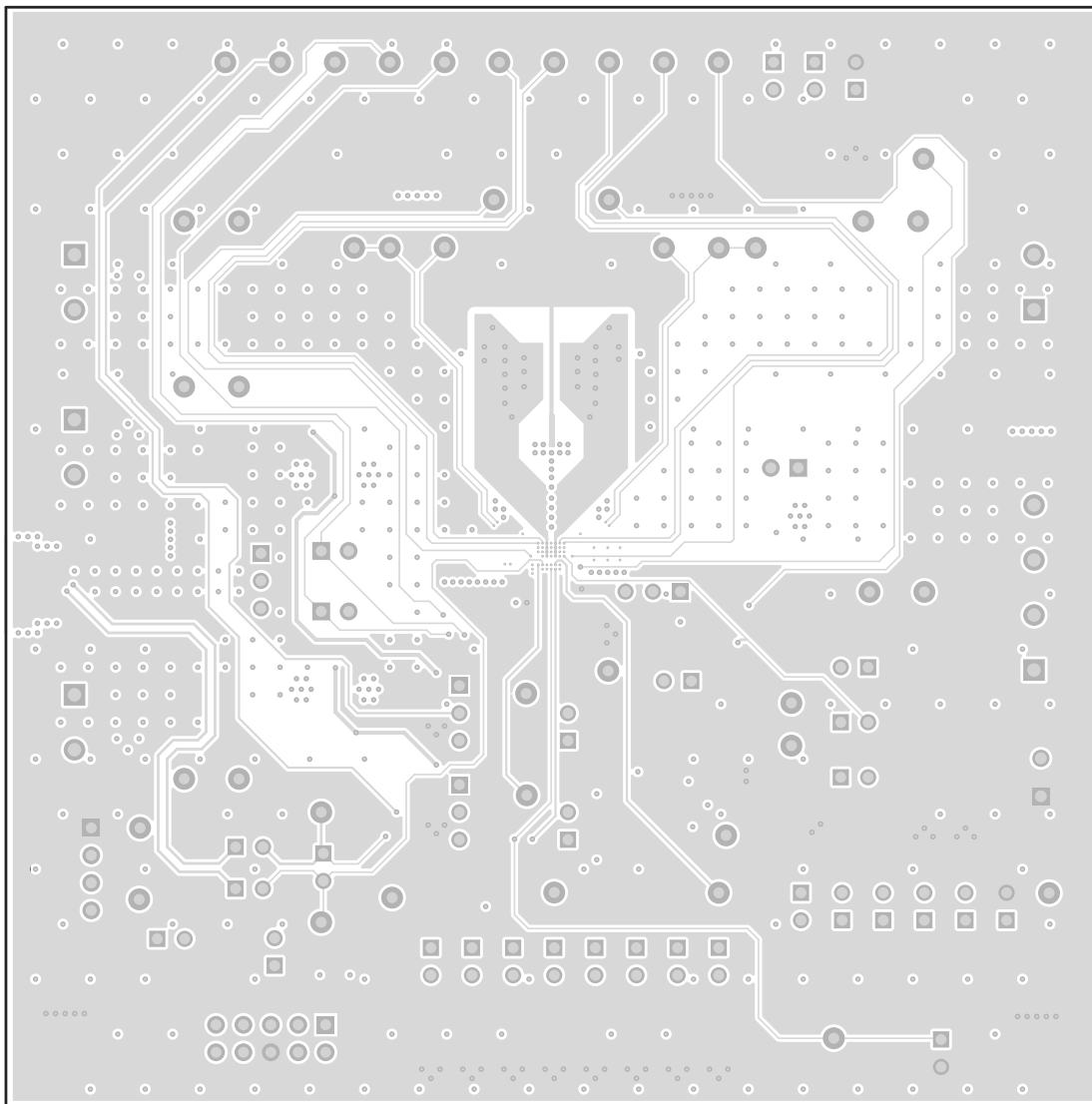


图 4-5. BMS027A 信号层 2

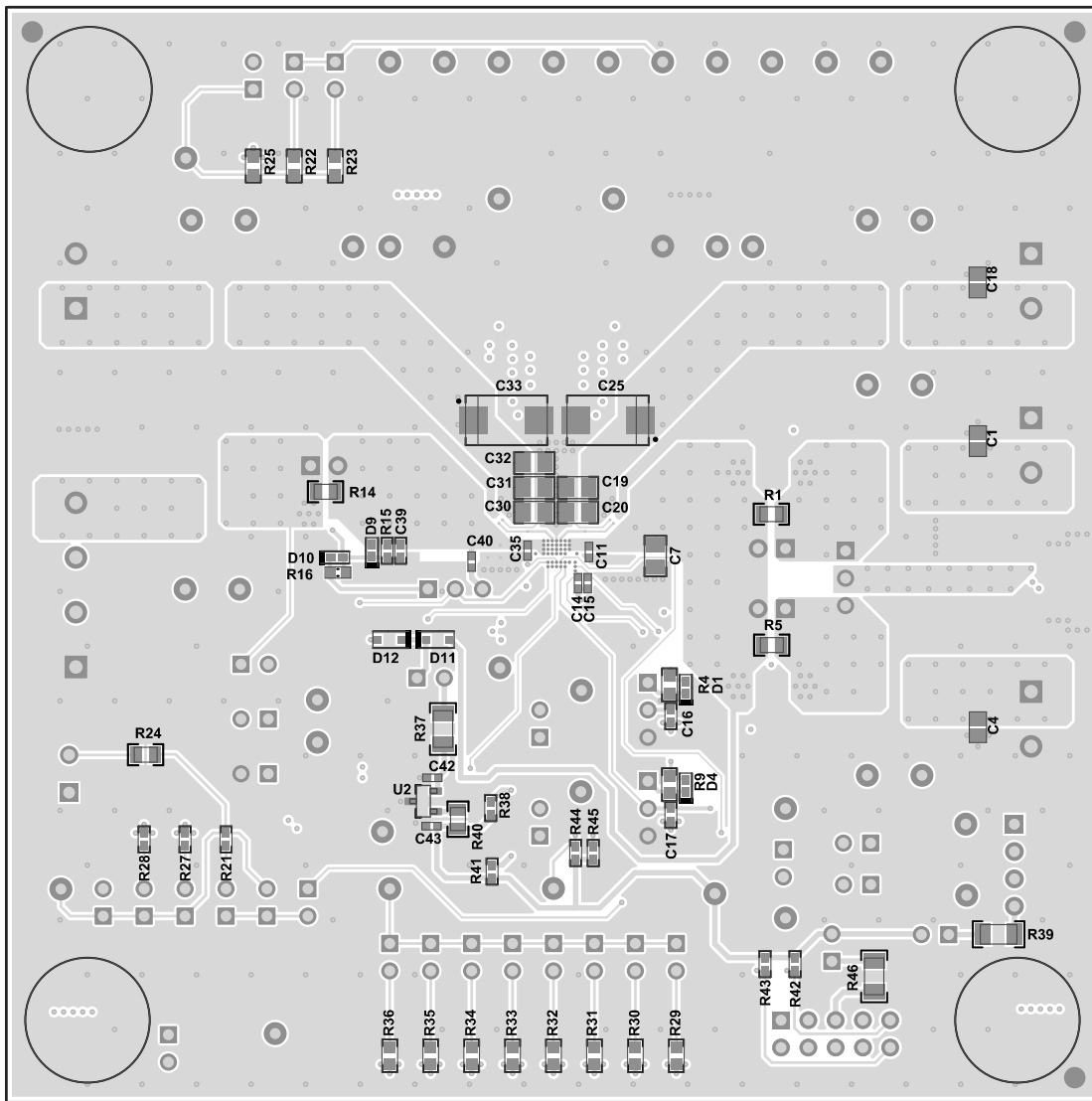


图 4-6. BMS027A 底层和覆盖层

### 4.3 物料清单

表 4-1 中列出了物料清单。

表 4-1. BMS027A 物料清单

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C2、C5	2	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0402	0402	GRM1555C1H102FA01D	Murata
C3、C13	2	0.047μF	电容, 陶瓷, 0.047μF, 25V, +/-10%, X7R, 0402	0402	GRM155R71E473KA88D	Murata
C9、C10、C21、C22、C23、C27、C28、C29、C30、C31	10	10μF	CAP、CERM、10uF、25V、+/-10%、X5R、0805	0805	C2012X5R1E106K125AB	TDK
C14、C15、C24、C26	4	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	C1005X7R1H104K050BE	TDK
C34	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7 μF, 16V, +/-10%, X5R, 0603	0603	GRM188R61C475KAAJD	Murata
C36、C37	2	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRT188R61E106ME13D	Murata
C41、C42	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1 μF, 25V, +/-10%, X5R, 0402	0402	GRM155R61E104KA87D	Murata
D2、D5	2	12V	二极管, 齐纳, 12V, 300mW, SOD-523	SOD-523	BZT52C12T-7	Diodes Inc.
D11、D12	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-323	SOD-323	BAT54HT1G	ON Semiconductor
D13、D14	2	绿色	LED, 绿光, SMD	1.6x0.8x0.8mm	LTST-C190GKT	Lite-On
H1、H2、H3、H4	4		Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 透明	透明 Bumpon	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1、J2、J3、J4	4		端子块, 5.08mm, 2x1, 黄铜, TH	2x1 5.08mm 端子块	ED120/2DS	On-Shore Technology
J5	1		端子块, 5.08mm, 4x1, 黄铜, TH	4x1 5.08mm 端子块	ED120/4DS	On-Shore Technology
J6	1		连接器, 插座, Micro-USB Type B, R/A, 底部安装 SMT	7.5x2.45x5mm	0473460001	Molex
J7	1		端子块, 3.5mm, 2x1, 锡, TH	端子块, 3.5mm, 2x1, TH	0393570002	Molex
J8	1		接头 (摩擦锁), 100mil, 4x1, R/A, TH	4x1 R/A 接头	0022053041	Molex
J9	1		接头 (有罩), 100mil, 5x2, 高温, 镀金, TH	5x2 有罩接头	N2510-6002-RB	3M
JP1、JP2、JP7	3		接头, 100mil 3x1, 锡, TH	接头, 3 引脚, 100mil, 锡	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions
JP3、JP4、JP5	3		接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	接头, 100mil, 2x1, TH	HTSW-102-07-G-S	Samtec

**表 4-1. BMS027A 物料清单 (continued)**

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
JP6、JP8、JP9、JP10、JP11、JP12、JP13、JP14、JP15、JP16、JP17、JP18、JP19、JP20、JP21、JP22、JP23、JP24、JP25、JP26、JP27、JP28、JP29、JP30、JP31、JP32、JP33、JP34、JP35、JP36	30		接头, 100mil, 2x1, 锡, TH	接头, 2 引脚, 100mil, 锡	PEC02SAAN	Sullins Connector Solutions
L2	1	1 $\mu$ H	电感, 屏蔽, 铁氧体, 1 $\mu$ H, 11.1A, 0.0078 $\Omega$ , SMD	SMD 7.1x3.0x6.5mm	SPM6530T-1R0M120	TDK
Q1、Q2、Q3、Q4	4	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 60A, DNH0008A (VSONP-8)	DNH0008A	CSD17581Q3A	德州仪器 (TI)
Q5	1	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 60A, DQG0008A (VSON-CLIP-8)	DQG0008A	CSD17575Q3	德州仪器 (TI)
R2、R6、R11、R12、R13	5	0.01	电阻, 0.01, 1%, 1W, 2010	2010	WSL2010R0100FEA18	Vishay-Dale
R4、R9	2	294	电阻, 294, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603294RFKEA	Vishay-Dale
R16	1	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R17、R18	2	100	电阻, 100, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07100RL	Yageo
R19	1	5.23k	电阻, 5.23k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04025K23FKED	Vishay-Dale
R20、R27、R41、R42、R43、R44	6	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040210K0FKED	Vishay-Dale
R21	1	7.68k	电阻, 7.68k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04027K68FKED	Vishay-Dale
R22	1	255k	电阻, 255k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603255KFKEA	Vishay-Dale
R23	1	127k	电阻, 127k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603127KFKEA	Vishay-Dale
R24	1	0	电阻, 0, 1%, 0.5W, 0805	0805	5106	Keystone
R25	1	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
R26	1	30.1k	电阻, 30.1k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040230K1FKED	Vishay-Dale
R28	1	4.87k	电阻, 4.87k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04024K87FKED	Vishay-Dale
R29	1	3.00k	电阻, 3.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-073KL	Yageo
R30	1	4.70k	电阻, 4.70k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-074K7L	Yageo
R31	1	6.04k	电阻, 6.04k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-076K04L	Yageo
R32	1	8.20k	电阻, 8.20k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-078K2L	Yageo
R33	1	10.5k	电阻, 10.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060310K5FKEA	Vishay-Dale
R34	1	13.7k	电阻, 13.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060313K7FKEA	Vishay-Dale

表 4-1. BMS027A 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R35	1	17.4k	电阻, 17.4kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0717K4L	Yageo
R36	1	27.0k	电阻, 27.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERJ-3EKF2702V	Panasonic
R37、R38、R45	3	10.0	电阻, 10.0, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	ERJ-8ENF10R0V	Panasonic
R39、R40	2	2.21k	电阻, 2.21k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K21FKED	Vishay-Dale
S1	1		开关, 常开, 2.3N 力, 200k 次运行, SMD	KSR	KSR221GLFS	C&K Components
SH-JP1、SH-JP2、 SH-JP6、SH-JP7、 SH-JP9、SH-JP10、 SH-JP11、SH-JP12、 SH-JP14、SH-JP16、 SH-JP19、SH-JP20、 SH-JP26、SH-JP32、 SH-JP34、SH-JP35	16	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP2、TP3、 TP6、TP7、TP10、 TP11、TP12、 TP13、TP14、 TP15、TP16、 TP17、TP18、 TP26、TP27、 TP28、TP29、 TP30、TP31、 TP32、TP33、 TP34、TP35、 TP36、TP37、 TP38、TP39、 TP40、TP41、TP42	31		测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone
TP19、TP20、 TP21、TP22	4		测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone
TP23、TP24	2		测试点, 微型, 橙色, TH	橙色微型测试点	5003	Keystone
TP25	1		测试点, 微型, 黄色, TH	黄色微型测试点	5004	Keystone
TP43、TP44、 TP45、TP46、 TP47、TP48	6		测试点, 紧凑型, SMT	Testpoint_Keystone_Compact	5016	Keystone
U1	1		BQ25790, PREYBG0056 (DSBGA-56)	PREYBG0056	BQ25790YBG	德州仪器 (TI)
U2	1		100mA 准低压降线性稳压器, 3 引脚 SOT-23, 无铅	DBZ0003A	LM3480IM3-3.3/NOPB	德州仪器 (TI)
C1、C4、C18	0	1μF	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	GRM219R71E105KA88D	Murata
C6、C12	0	2200pF	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	GRM1885C1H222JA01D	Murata

**表 4-1. BMS027A 物料清单 (continued)**

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C7、C8、C19、C20、C32	0	10 $\mu$ F	CAP、CERM、10 $\mu$ F、25V、+/-10%、X5R、0805	0805	C2012X5R1E106K125AB	TDK
C11、C39	0	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	0402	GRM1555C1H102JA01D	Murata
C16、C17	0	0.01 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 0402	0402	C0402C103J5RACTU	Kemet
C25、C33	0	33 $\mu$ F	电容, 钽, 33 $\mu$ F, 35V, +/-20%, 0.065 欧姆, SMD	7343-31	T521D336M035ATE065	Kemet
C35	0	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X5R, 0402	0402	GRM155R61E104KA87D	Murata
C38	0	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRT188R61E106ME13D	Murata
C40	0	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0402	0402	GRM1555C1H102FA01D	Murata
D1、D4、D10	0	40V	二极管, 肖特基, 40V, 0.38A, SOD-523	SOD-523	ZLLS350TA	Diodes Inc.
D3、D6、D7、D8	0	30V	二极管, 肖特基, 30V, 1A, SOD-123	SOD-123	B130LAW-7-F	Diodes Inc.
D9	0	12V	二极管, 齐纳, 12V, 300mW, SOD-523	SOD-523	BZT52C12T-7	Diodes Inc.
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
L1	0	1 $\mu$ H	电感器, 1 $\mu$ H, 3.2A, 0.028 $\Omega$ , SMD	2.5x2mm	MPIM252010F1R0M-LF	Microgate
R1、R5、R14	0	0	电阻, 0, 1%, 0.5W, 0805	0805	5106	Keystone
R3、R7、R15	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.0625W, 0402	0402	RC0402FR-07100KL	Yageo America
R8、R10	0	2.0	电阻, 2.0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06032R00JNEA	Vishay-Dale
SH-JP3、SH-JP4、SH-JP5、SH-JP8、SH-JP13、SH-JP15、SH-JP17、SH-JP18、SH-JP21、SH-JP22、SH-JP23、SH-JP24、SH-JP25、SH-JP27、SH-JP28、SH-JP29、SH-JP30、SH-JP31、SH-JP33、SH-JP36	0	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
TP4、TP5、TP8、TP9	0		测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone



## 5 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 C (July 2022) to Revision D (July 2023) Page

- 更改了图 4-1 ..... 15
- 

### Changes from Revision B (March 2022) to Revision C (July 2022) Page

- 更改了“设备”部分 ..... 6
  - 更改了图 2-1 ..... 6
  - 新增了有关使用 USB2ANY 器件的部分 BQStudio 上的更改部分，告诉用户更改输入框，而不是将二进制数放入寄存器窗口 ..... 8
  - 更改了“通信验证”部分 ..... 8
  - 更改了“充电模式验证”部分 ..... 10
  - 更改了“OTG 模式验证”部分 ..... 11
- 

### Changes from Revision A (July 2020) to Revision B (March 2022) Page

- 在节 2.2 的步骤 3 中将 TP45 更改为 TP47 ..... 6
  - 在节 2.4.1 的步骤 2 中将 JP18 更改为 JP19 ..... 8
- 

### Changes from Revision \* (June 2020) to Revision A (July 2020) Page

- 更改了图 2-1 ..... 6
  - 更改了图 4-1 ..... 15
  - 更改了表 4-1 ..... 21
-

## 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