

## 适用于大容量应用且具有低侧 MOSFET 控制功能的 16 节电池包参考设计



### 说明

此参考设计是一款电流消耗低、电芯电压精度高的 16 芯锂离子 (Li-ion)、磷酸铁锂电池包。该设计可监控每个电池的电压、电池组电流、电池和 MOSFET 温度，并保护电池包以确保安全使用。此设计使用五对低侧 N 沟道 MOSFET，并允许更大的放电电流。得益于这些特性，此参考设计非常适用于大容量电池包应用。

### 资源

<a href="#">TIDA-010216</a>	设计文件夹
<a href="#">BQ76952、LM5163</a>	产品文件夹
<a href="#">TPS54308、TPS7A24</a>	产品文件夹
<a href="#">ISO1042、ISO7731</a>	产品文件夹
<a href="#">THVD1400、MSP430FR2155</a>	产品文件夹
<a href="#">UCC27524、UCC27517</a>	产品文件夹
<a href="#">TMP61</a>	产品文件夹

### 特性

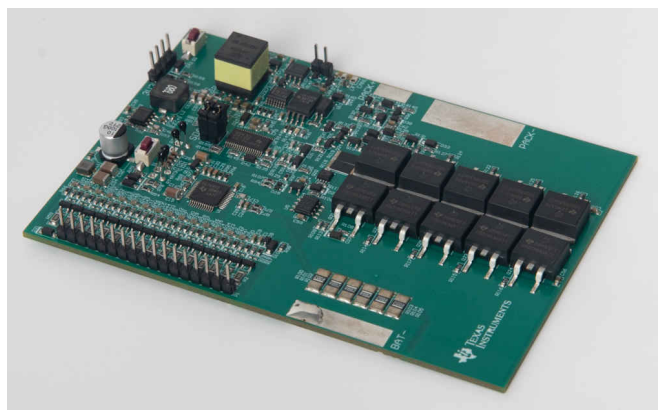
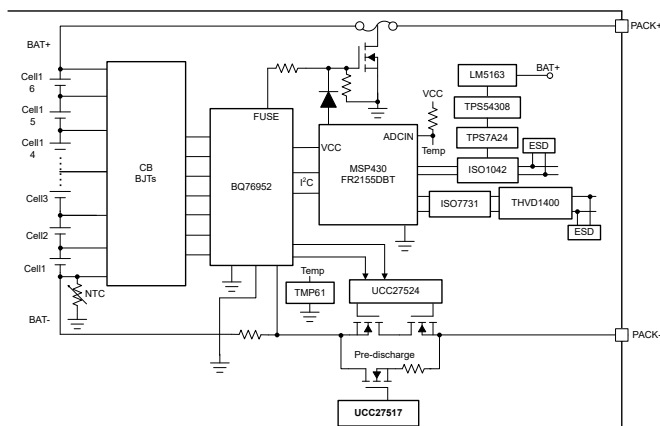
- 在 MOSFET 关闭的待机模式下消耗 100  $\mu$  A
- 运输模式下的流耗为 10  $\mu$  A
- 25°C 时的电池电压误差为  $\pm 5$  mV，无需校准
- 25°C 时的电流精度为  $\pm 0.5\%$ ，电流 > 5A
- 强大的电池保护和多系统保护
- 低侧 N 沟道 MOSFET 和强大的驱动能力

### 应用

- 电池包：电动自行车、电动踏板车、轻型电动车辆 (LEV)
- 其他工业电池包 (10 节及以上)
- 移动式发电站
- 电池储能系统



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



## 1 系统说明

锂离子和磷酸铁锂电池在电池包中的使用越来越多，可为以下设备实现更高的容量和能量、相同或更小的体积及相等或更轻的重量：

- 电信和服务器电池备份单元 (BBU)
- 能量存储系统 (ESS)
- 锂离子电池组
- 移动式发电站

这些器件中的每一个都受益于更高的功率和能量密度以及安全且环保的锂离子和磷酸铁锂电池。虽然这种化学物质可提供高能量密度，并因而具备体积更小、重量更轻的优势，但这些属性也会涉及到安全问题，需要更准确和复杂的监测和保护。这些问题包括：

- 欠压保护 (CUV)
- 电芯过压 (COV)
- 过热 (OT)
- 充电过流 (OCC) 和放电过流 (OCD)
- 短路放电 (SCD)

所有这些问题都会加速电池退化，并可能导致热失控和爆炸。

因此，在出现异常情况时，需要监控电池包电流、电芯温度和每个电芯的电压。必须防止电池包出现所有这些情况。各个参数始终需要良好的测量精度，尤其是电芯电压、电池包电流和电芯温度。为了实现准确的保护以及电池包充电状态 (SoC) 和电池运行状况 (SoH) 计算，必须保持良好的精度。因为  $\text{LiFePO}_4$  电池包应用具有稳定的电压，所以对它来说尤其必须保持良好的精度。电池供电应用的另一个重要特性是电流消耗，特别是在运输模式或待机模式下。更低的电流消耗可节省更多能源，并提供更长的存储时间，而不会使电池过度放电。

此设计侧重于超大容量电池包应用，例如用于电信和服务器的 BBU、48-V ESS、电动摩托车、便携式发电站等。该设计包含一个 BQ76952 电池监控器和保护器，用于监控每个电芯的电压、温度和电池包电流，并保护电池包免受所有异常情况的影响。这些情况包括电芯过压、电芯欠压、过热、充电和放电过流以及短路放电。五对 N 沟道 MOSFET 位于电池负极中，作为控制充电和放电过程的开关。此设计具有 5A 灌电流和拉电流驱动器，能够驱动更多 MOSFET 以支持更大的电池容量。此参考设计支持隔离式 RS-485 通信，以传输电池包数据和接收命令，并保留隔离式 CAN 收发器来测试辅助电源性能。此设计不支持 CAN 通信，因为本设计中使用的 MCU 没有集成的 CAN 控制器。此设计精心设计了辅助电源架构，该架构可在有限数量的元件和简单的控制策略下实现非常低的运输模式 (10  $\mu\text{A}$ ) 和待机模式 (100  $\mu\text{A}$ ) 电流消耗。



## 2.2 设计注意事项

一个重要的设计注意事项是使用辅助电源。由于待机模式和运输模式下的电流消耗较低，以及正常模式下的良好热性能，本设计使用图 2-2 中所示的辅助电源策略。

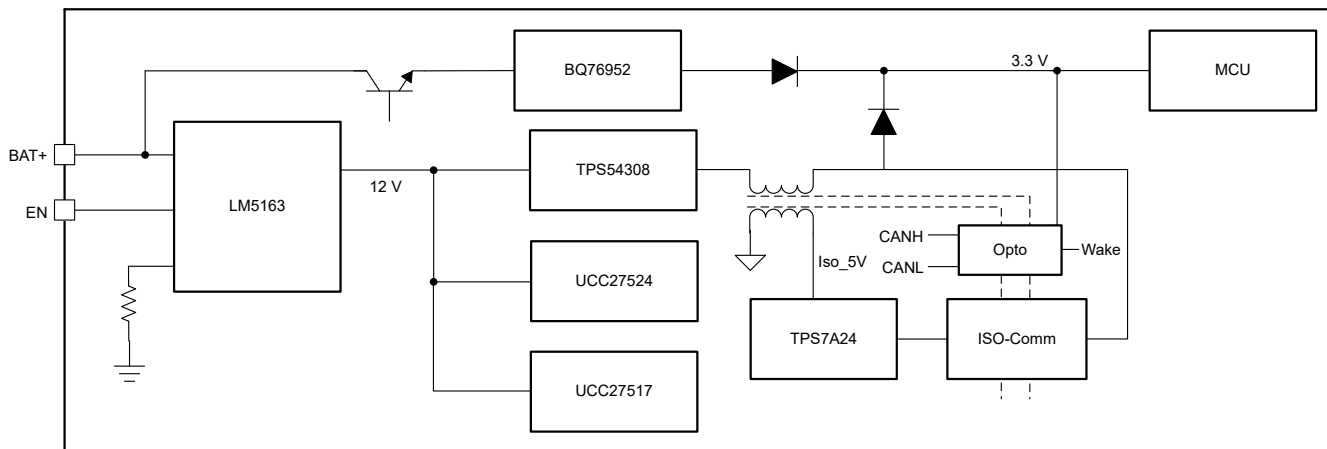


图 2-2. 辅助电源架构

当系统在正常模式下工作时，LM5163 降压直流/直流转换器将总电池电压降至 12V，以为低侧 MOSFET 驱动器 UCC27524 和 UCC27517 供电。Fly-Buck 转换器生成非隔离式 3.3V 电压为 MCU 供电，隔离式 5V 电压可用于与 TPS54308 进行 12V 电压范围内的隔离式通信。低  $I_Q$  LDO TPS7A24 将 Fly-Buck 的隔离式轨输出稳压至稳定的 5V，以便为隔离式收发器供电。在待机模式下，MOSFET 处于关闭状态，隔离通信不可用。

LM5163 通过 EN 引脚禁用，TPS54308、UCC27524、UCC27517 器件断电以节能。bq76952 器件通过一个稳压器输出 3.3V 电压，为处于低功耗模式的 MCU 供电。如果需要 MOSFET 在待机模式下导通以实现快速放电响应，LM5163 器件仍可为驱动器 IC 的 12V 供电。此时，TPS54308 通过 EN 引脚被禁用以关闭隔离通信，从而实现省电。如果需要进一步降低待机电流，可使用电流消耗更低的驱动电路。有关详细信息，请参阅[使用 BQ769x2 电池监测器系列和低侧 FET 应用手册](#)。

BQ76952 稳压器输出端的串联二极管可确保所有电源均来自正常模式下的直流/直流转换器，从而防止 BQ76952 稳压器电路过热。因此，设计的直流/直流输出略高于 3.3V BQ76952 稳压器输出。[LM5163 和 LM5164 转换器快速入门设计工具](#) 提供了详细的元件设计指导。当系统遇到严重的电芯欠压情况且必须进入运输模式时，MCU 将配置 BQ76952 器件，以便通过 I2C 命令或 RST\_SHUT 引脚进入关断模式，并通过 EN 引脚禁用 LM5163 输出。这会将系统配置为超低电流消耗模式。此设计支持充电器连接唤醒功能。连接充电器后，BQ76952 会唤醒并启用正常的 5V 稳压器输出。然后，MCU 上电并通过 EN 引脚启用 LM5163。然后整个系统回到正常模式。

## 2.3 重点产品

### 2.3.1 BQ76952

BQ76952 器件是一款集成的高精度电池监控器和保护器，适用于 3 至 16 芯串联锂离子、锂聚合物和 LiFePO<sub>4</sub> 电池包。该器件包括一个高精度监控系统和一个高度可配置的保护子系统，并支持自主式或主机控制型电芯均衡。它集成了高侧电荷泵 NFET 驱动器、供外部系统使用的双路可编程 LDO 以及一个支持 400kHz I<sup>2</sup>C、SPI 和 HDQ 单线标准的主机通信外设。BQ76952 器件采用 48 引脚 TQFP 封装。

### 2.3.2 LM5163

LM5163 同步降压转换器用于在宽输入电压范围内进行调节，从而最大限度地减少对外部浪涌抑制元件的需求。50ns 的最短可控导通时间有助于实现较大的降压比，支持从 48V 标称输入到低电压轨的直接降压转换，从而降低系统的复杂性并减少成本。LM5163 在输入电压突降至 6V 时能够根据需求以接近 100% 的占空比继续工作，因而是宽输入电源电压范围工业应用和高电芯数电池包应用的理想之选。LM5163 具有集成式高侧和低侧功率 MOSFET，可提供高达 0.5A 的输出电流。恒定导通时间 (COT) 控制架构可提供几乎恒定的开关频率，具有出色的负载和线路瞬态响应。LM5163 的其他特性包括超低 IQ 和二极仿真模式运行（可实现高负载效率）、出色的峰值和谷值过流保护、集成式 VCC 偏置电源和自举二极管、精密使能和输入 UVLO 以及具有自动恢复功能的热关断保护。LM5163 采用热增强型 8 引脚 SO PowerPAD™ 集成电路封装。

### 2.3.3 MSP430FR2155

MSP430FR215x 微控制器 (MCU) 是 MSP430™ MCU 超值系列超低功耗低成本器件产品系列的一部分，该产品系列用于检测和测量应用。该器件还包含一个 12 通道 12 位 ADC 和两个比较器。MSP430FR215x 支持 -40° 至 105°C 的工作温度范围，因此该器件的 FRAM 数据记录功能对更高温度的工业应用来说意义重大。这个工作温度范围让开发人员可以满足烟雾探测器、传感器变送器和断路器等应用的要求。MSP430FR215x 具有功能强大的 16 位 RISC CPU、16 位寄存器和常数发生器，有助于实现更高编码效率。数控振荡器 (DCO) 通常可以使器件在不到 10 μs 的时间内从低功耗模式唤醒至激活模式。MSP430 超低功耗 (ULP) FRAM 微控制器平台将独特的嵌入式 FRAM 和整体超低功耗系统架构相结合，从而使系统设计人员能够在降低能耗的情况下提升性能。FRAM 技术将 RAM 的低功耗快速写入、灵活性和耐用性与闪存的非易失性相结合。MSP430FR215x 由一个由各种软、硬件资源组成的生态系统提供支持，其中包含参考设计和代码示例，可帮助您快速开展设计。

### 2.3.4 ISO1042

ISO1042 器件是一款符合 ISO11898-2 (2016) 标准规格的电隔离控制器局域网 (CAN) 收发器。ISO1042 器件提供 ±70V 直流总线故障保护功能和 ±30V 共模电压范围。该器件在 CAN FD 模式下最高支持 5Mbps 数据速率，与经典 CAN 相比可实现更为快速的负载传输。该器件采用二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>) 绝缘隔栅，可承受 5000 V<sub>RMS</sub> 的电压和 1060 V<sub>RMS</sub> 的工作电压。电磁兼容性得到了显著增强，可实现系统级 ESD、EFT 和浪涌并符合辐射标准。与隔离式电源一起使用，此器件可抵御高电压冲击，并防止总线的噪声电流进入本地接地。ISO1042 器件提供基础型和增强型隔离（请参阅增强型和基础型隔离选项）。ISO1042 器件支持 -40°C 至 +125°C 的宽环境温度范围，该器件采用 SOIC-16 (DW) 封装和较小的 SOIC-8 (DWV) 封装。



### 2.3.5 TPS54308

TPS54308 是一款输入电压范围为 4.5V 至 28V 的 3A 同步降压转换器。该器件包含两个集成式开关场效应晶体管 (FET) 并且具备内部回路补偿和 5ms 内部软启动功能，可降低组件数。通过集成 MOSFET 并采用 SOT-23 封装，TPS54308 获得了高功率密度，并且在印刷电路板 (PCB) 上的占用空间非常小。在轻负载条件下，TPS54308 以强制连续导通模式 (FCCM) 运行，开关频率在整个负载范围内维持在一个近乎恒定的水平。高侧 MOSFET 上的逐周期电流限制功能可在过载条件下保护转换器并通过防止电流失控的低侧 MOSFET 续流电流限制功能实现功能增强。当过流持续时间超出预设时间时，将触发断续模式保护功能。

### 2.3.6 ISO7731

ISO773x 器件是高性能三通道数字隔离器，可提供符合 UL 1577 的 5000VRMS ( DW 封装 ) 和 3000V<sub>RMS</sub> ( DBQ 封装 ) 隔离额定值。该系列包含的器件具有符合 VDE、CSA、TUV 和 CQC 标准的增强绝缘等级。ISO7731B 器件专为仅需要基本绝缘额定值的应用而设计。在隔离 CMOS 或 LVC MOS 数字 I/O 时，ISO773x 系列器件可提供高电磁抗扰度和低辐射，并具备低功耗特性。每条隔离通道的逻辑输入和输出缓冲器均由双电容二氧化硅 ( SiO<sub>2</sub> ) 绝缘栅相隔离。该器件配有使能引脚，可用于将各自输出置于高阻态以适用于多控制器驱动应用中，并降低功耗。

### 2.3.7 THVD1400

THVD1400 和 THVD1420 器件是适用于工业应用的强大的半双工 RS-485 收发器。这些总线引脚可耐受高级别的 IEC 接触放电 ESD 事件，因此无需使用其他系统级保护元件。这些器件由 3V 至 5.5V 单电源供电。总线引脚具备宽共模电压范围和低输入泄漏，从而使这些器件非常适用于长线缆上的多点应用。THVD1400 和 THVD1420 可采用便于插接的业界通用 8 引脚 SOIC 封装，以及业界先进的小型 SOT 封装。这些器件的额定温度范围为 -40°C 至 125°C。

### 2.3.8 UCC27524

UCC2752x 系列器件是双通道、高速、低侧栅极驱动器，能够高效地驱动 MOSFET 和 IGBT 电源开关。UCC2752x 采用的设计方案可更大程度减少击穿电流，从而为容性负载提供高达 5A 的峰值拉/灌电流脉冲，同时提供轨到轨驱动能力以及超短的传播延迟 ( 典型值为 13ns )。除此之外，此驱动器使得两个通道之间的内部传播延迟相匹配。这些延迟适合同步整流器等对于双栅极驱动的时间严格要求的应用。这也使得两个通道并联，以有效地提高电流驱动能力或者使用一个输入信号驱动两个并联开关。输入引脚阈值基于 TTL 和 CMOS 兼容的低压逻辑，此逻辑是固定的且与 VDD 电源电压无关。高低阈值间的宽滞后提供了记好的抗噪声性能。

### 2.3.9 TMP61

TMP61 线性热敏电阻可在整个温度范围内提供线性度和始终如一的灵敏度，支持使用简单而准确的方法进行温度转换。器件的低功耗和较小的热质量可最大限度地减小自发热的影响。这些器件具有内置的高温失效防护性能以及对环境变化的强大抵抗力，设计用于长寿命的高性能应用。TMP6 系列器件外型小巧，可靠近热源放置，并具有快速响应时间。与 NTC 热敏电阻相比，它具有以下优点：无需额外的线性化电路、更大程度减少校准工作量、电阻容差变化更小、高温下灵敏度更高以及可节省处理器时间和内存的简化转换方法。TMP61 目前采用 0402 封装尺寸、0603 封装尺寸以及 2 引脚穿孔式 TO-92S 封装。

### 3 硬件、软件、测试要求和测试结果

TIDA-010216 的关键性能在 TI 实验室进行了测试，本节说明了使用的终端设备以及测试过程和结果。

表 3-1 描述了 TIDA-010216 电路板的连接。

表 3-1. 电路板连接

连接器和引脚分配	功能或原理图网	说明
BAT -	BAT -	电池组负极；这为电子元件和电芯高电流路径提供了基准
PACK+	PACK+	充电器正极或负载正极
PACK -	PACK -	充电器负极或负载负极
P1	Cn	( n = 0 至 16 ) 电芯监测、平衡和电子设备电源连接。
P2-1	RS485-A	RS485 总线 I/O 端口，A
P2-2	RS485-B	RS485 总线 I/O 端口，B
P3-1	CAN-L	低电平 CAN 总线
P3-2	CAN-H	高电平 CAN 总线
P4-1	3V3	SBW 编程连接器 3.3V
P4-2	SBIO	SBW 编程连接器 SBIO
P4-3	SBCLK	SBW 编程连接器 SBCLK
P4-4	GND	SBW 编程连接器接地
P5-1	SDA	来自 bq76952、bq76942 和 bq769142 的 I2C 通信 SDA，连接 SDA_MCU 或 EV2400 SDA
P5-2	SDA_MCU	来自 MCU 的 I2C 通信 SDA
P5-3	SCL	来自 bq76952、bq76942 和 bq769142 的 I2C 通信 SCL，连接 SCL_MCU 或 EV2400 SCL
P5-4	SCL_MCU	来自 MCU 的 I2C 通信 SCL

#### 3.1 硬件要求

表 3-2 汇总了用于测试的设备。

表 3-2. 测试设备汇总

设备	型号或说明
示波器	Tektronix DPO 2024B
直流电源	Chroma 62050P-100-100
电子负载	Chroma 63106
万用表	Agilent 34401A
直流电源	DAHUA DH1718G-4
通信适配器	德州仪器 (TI) EV2300 或 EV2400
MSP430 编程器	MSP430 LaunchPad™ 开发套件
ESD 仿真器	NoiseKen ESS-S3011

首次调试电路板时，建议使用 [Battery Management Studio \(bqStudio\)](#) 软件。

### 3.2 测试设置

运行此设计板之前，请执行以下程序。该设计采用 16 芯串联电池包配置。该电路板使用并联的直流电源和 4900  $\mu$ F 电解电容进行测试，从而仿真整个电池组。使用 16 个串联的 1k $\Omega$  电阻器对电池组电压进行分压，并仿真 16 个串联的电池电芯。

图 3-1 显示充电过程设置示例。

- 直流电源 1 配置：58 V - 3 A
- 直流电源 2 配置：48 V - 0.5 A
- 电子负载配置：48V CV 模式

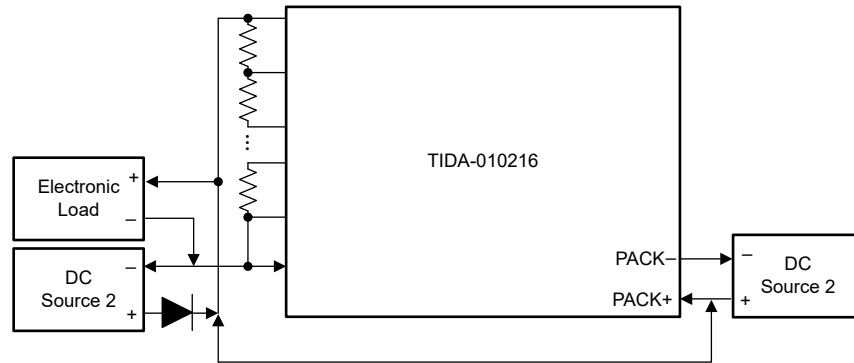


图 3-1. 充电设置

图 3-2 显示放电过程设置示例。

- 直流电源 1 配置：48 V, 20 A
- 电子负载配置：CC 模式

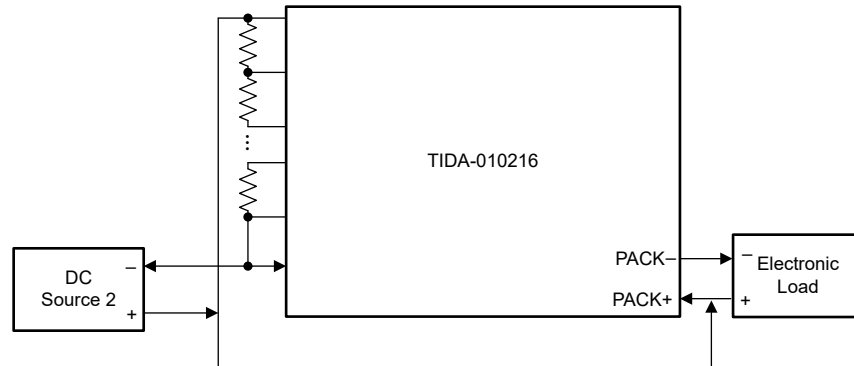


图 3-2. 放电设置



### 3.3 测试结果

#### 3.3.1 电芯电压精度

由于 BQ76952 在 25°C 下已实现  $\pm 5\text{mV}$  的精度，在 0°C 至 60°C 下已实现  $\pm 10\text{mV}$  的精度，因此该设计不会执行任何校准来进一步提高电池电压精度。因此，电池电压精度与 BQ76952 完全相同。如需更多数据，请参见 [BQ76952 适用于锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池包的 3 节至 16 节串联高精度电池监控器和保护器](#) 数据表。

#### 3.3.2 电池组电流精度

本设计使用 4 个并联  $2\text{m}\Omega$ 、 $2\text{W}$ 、 $50\text{PPM}$  分流电阻来测量电池包电流。按照 [BQ76952 评估模块](#) 用户指南中校准部分的指南，校准电路板失调电压。使用  $5\text{A}$  放电电流并遵照 [BQ76952 评估模块](#) 中校准部分的指南，校准电流增益。使用 OTP 将电路板失调电压和电流增益值写入 BQ76952，否则 MCU 必须在每次从关断模式唤醒 MCU 时存储此类数据并写入 BQ76952。图 3-3 显示了室温下的电池组电流精度数据。当放电电流低于  $5\text{A}$ ，最大电流误差低于  $\pm 30\text{mA}$ ；当放电电流高于  $5\text{A}$  时，最大电流误差为  $\pm 0.5\%$ 。

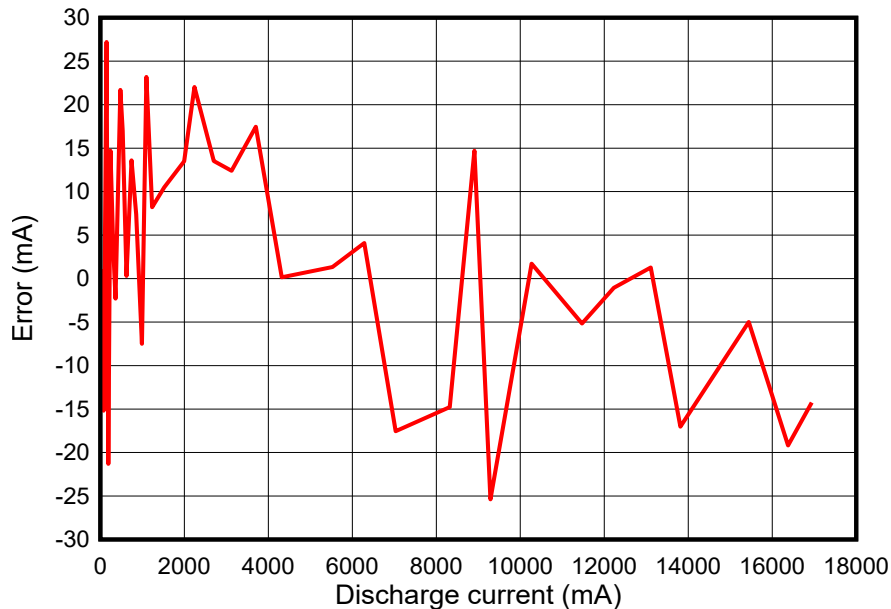


图 3-3. 电池组电流精度

### 3.3.3 辅助电源和系统电流消耗

借助辅助电源策略，此设计具有极低的电流消耗，尤其是在待机模式和运输模式下。系统级电流消耗包含 3 个部分：(1) 直流/直流电流，(2) BQ76952 电流（进入 BQ76952 BAT 引脚的电流），(3) LDO 电流（进入 BQ76952 REGIN 引脚的电流）。此电流可以通过 (1) R78、(2) R54 和 (3) R78 之间的电压测量出来。表 3-3 显示了电流消耗的测试结果。

表 3-3. 电流消耗

模式	说明	R79 (100 Ω)	R54 (100 Ω)	R78 (309 Ω)	总电流 (μA)
待机 (MOSFET 关闭)	电压 (mV)	0.64	32	9.9	70.6
	电流 (μA)	6.6	32	32	
待机 (MOSFET 打开)	电压 (mV)	31	32	9.9	374
	电流 (μA)	310	32	32	
出货	电压 (mV)	0.66	0	0	6.6
	电流 (μA)	6.6	0	0	

在充电和放电 MOSFET 均关闭的待机模式下，总电流消耗小于 100 μA。如果在待机模式下需要同时开启充电和放电 MOSFET 以确保零放电延迟，则总电流消耗会更大，因为驱动电路需要数 mA 电流。此设计在两个 MOSFET 开启时的总输入电流约为 400 μA。降低直流/直流输入电流的一种方法是降低直流/直流开关频率，此设计中保留了电路。更多有关驱动电路信息，请参阅 [使用 BQ769x2 电池监测器系列和低侧 FET 应用手册](#)。

图 3-4、图 3-5 和图 3-6 显示了 12V 和 3.3V 时的辅助电路启动和输出纹波。

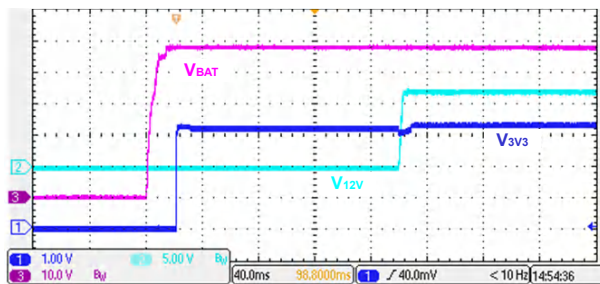


图 3-4. 辅助启动

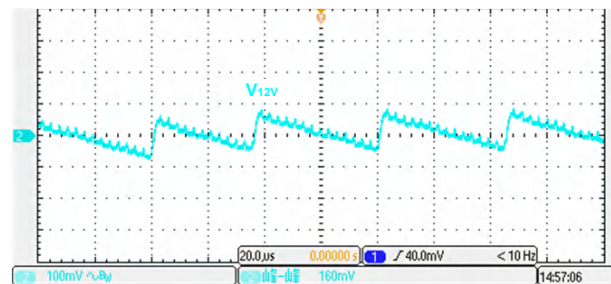


图 3-5. 12V 纹波

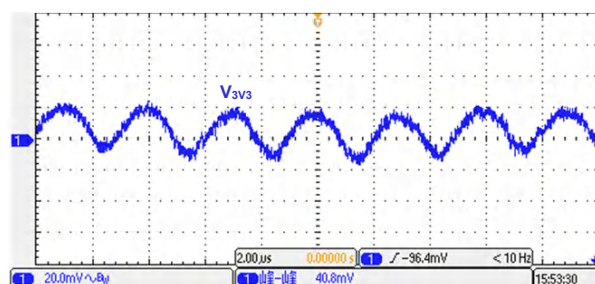


图 3-6. 3.3V 纹波

### 3.3.4 Cell Balancing

该设计板支持采用 16 个 NPN 晶体管实现外部电芯均衡。在 3.5V 电池电压下，峰值平衡电流约为 100mA。此设计仅使在用的非相邻电芯实现均衡。触发电芯均衡的条件包括：最小电芯电压大于 3300mV，最大电芯电压差大于 40mV，电芯温度在 -20°C 至 60°C 之间。正常模式下的电芯均衡如图 3-7 所示。此设计还支持在不发生充电或放电时进行电池平衡。图 3-8 展示了待机模式下的电芯均衡。

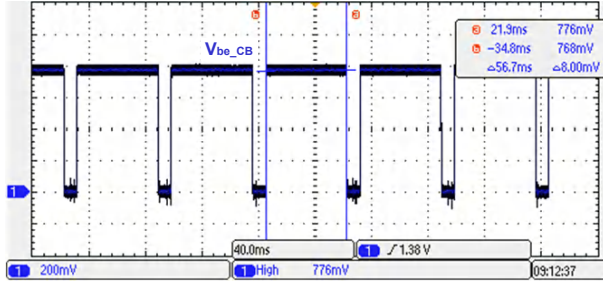


图 3-7. 正常模式下的电芯均衡

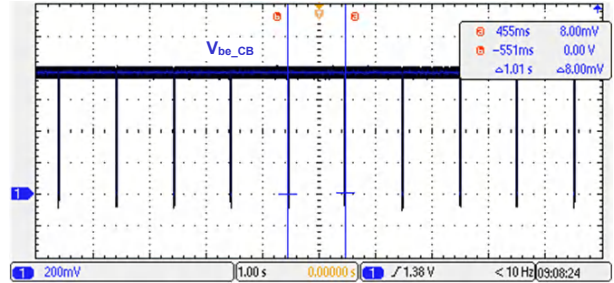


图 3-8. 待机模式下的电芯均衡

有关更多电芯均衡分析，请参阅 [使用 BQ769x2 电池监控器实现电池平衡](#) 应用手册。

### 3.3.5 保护

该设计集成了完整的电池电芯保护，包括：电芯过压、电芯欠压、两级过流放电、过流充电、放电短路、过热和欠温保护。此外，此设计还监测系统级故障的损耗，包括：电芯开路、主机看门狗、充电和放电 MOSFET 故障、MOSFET 过热等。图 3-9 至图 3-14 列出了一些保护措施。

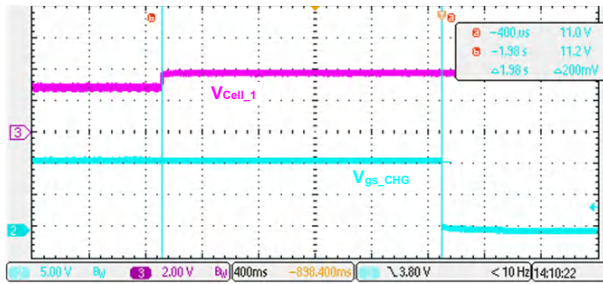


图 3-9. 电芯过压保护

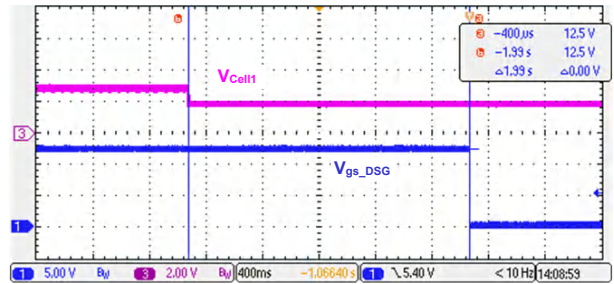


图 3-10. 电芯欠压保护

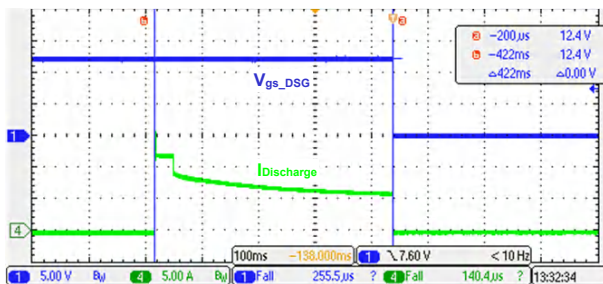


图 3-11. 放电过流保护

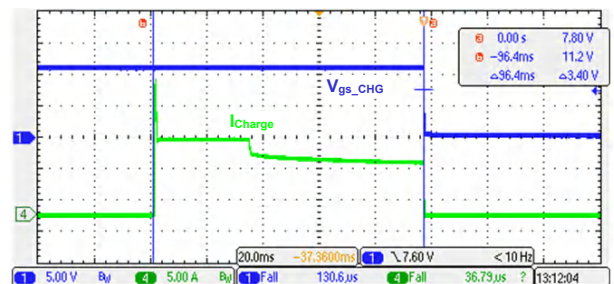


图 3-12. 过流充电器保护

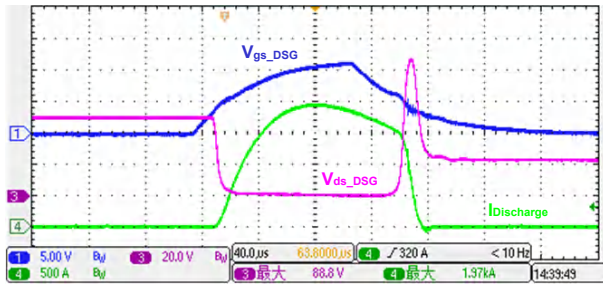


图 3-13. 短路放电保护

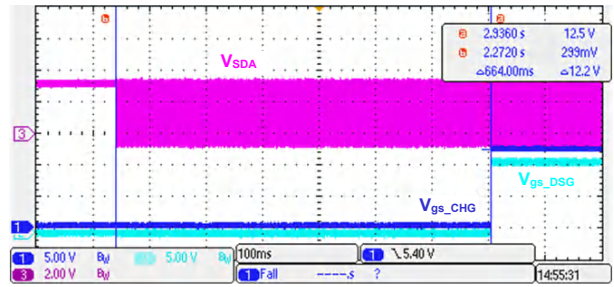


图 3-14. 硬件看门狗保护

### 3.3.6 工作模式转换

此设计具有 3 种工作模式：正常模式、待机模式和运输模式。充电或放电时，电池包处于正常模式。电池包处于睡眠模式（即不充电或放电时），电池包正在等待系统连接。关断模式是一种电流消耗极低的模式，可以节省电能并有助于在电池组或电芯电压很低时，避免电池过放电。图 3-15 和图 3-16 显示了不同的工作模式转换。

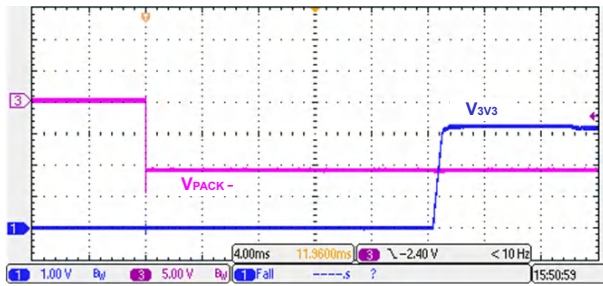


图 3-15. 运输模式至正常模式

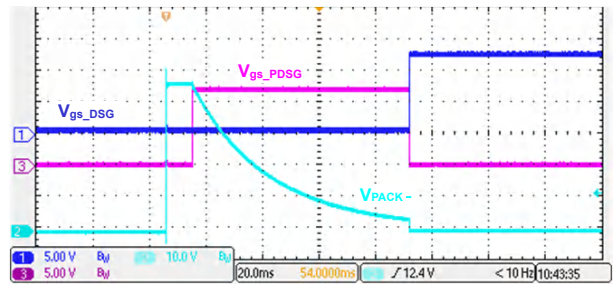


图 3-16. 容性负载连接检测



## 4 设计和文档支持

### 4.1 设计文件

#### 4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-010216](#) 的设计文件。

#### 4.1.2 材料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010216](#) 的设计文件。

### 4.2 工具与软件

#### 工具

[EV2400](#)

基于 USB 的电池电量监测计 PC 接口板评估模块

[LM5163-LM5164DESIGN-CALC](#)

LM5163 和 LM5164 转换器快速入门设计工具

[BQ769X2-THERMISTOR-COEFF-CALCULATOR](#)

BQ76952、BQ76942 热敏电阻温度优化器 - 计算 T 范围的热敏电阻系数

#### 软件

[BQSTUDIO](#)

Battery Management Studio (bqStudio) 软件

[CCSTUDIO](#)

Code Composer Studio™ 集成开发环境 (IDE)

### 4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[BQ76952 适用于锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池包的 3 节至 16 节串联高精度电池监控器和保护器](#) 数据表
2. 德州仪器 (TI)，[使用 BQ769x2 电池监测器系列和低侧 FET 应用手册](#)
3. 德州仪器 (TI)，[使用 BQ769x2 电池监控器实现电池平衡应用手册](#)
4. 德州仪器 (TI)，[将具有超低静态电流的直流/直流降压转换器用于工业电池包应用](#) 应用手册

### 4.4 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、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可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](#)》。

### 4.5 商标

TI E2E™, MSP430™, PowerPAD™, LaunchPad™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 5 作者简介

Ryan Tan 是 [电力输送](#) 部门工业 SEM 团队的系统经理。Ryan 拥有超过五年的电池包系统设计经验，并发布了多种适用于电动自行车和电动踏板车、园艺工具以及服务器和电信 BBU 应用的电池包参考设计。

## 重要声明和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

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

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司