

Application Brief

为汽车应用设计稳健的备用电源系统



简介

车辆配备备用电源系统，为驾驶员保障核心功能。这类系统必须可靠运行，因此工程师需确保备用电源时刻可用。依靠超级电容器提供短时应急后备供电的两大车载子系统，分别是 ADAS 域控制器和紧急锁存器（电子锁存器）。ADAS 域控制器处理来自车辆周围众多传感器的信息，并在发生紧急情况时做出响应。ADAS 域控制器已开始采用超级电容器为关键处理器提供备用电源，因此当汽车主电源突然移除时，处理器可正确关断以保存数据。当主电源断开时，电子锁存器利用超级电容器备用电源，自动解锁电气驱动型门锁。要确保 ADAS 域控制器和电子锁存备用电源系统提供关键功能，存在若干设计挑战。首先，超级电容器可从满充电电压完全放电至 0V，工程师设计系统时必须保证超级电容能在全电压区间内完成充放电。如果未能考虑整个超级电容器电压范围，则可能会导致备用电源时间更短，从而危及备用运行。此外，其中一些设计依靠微控制器单元 (MCU) 使用 I²C 命令更新组件，以确保设计功能正常。务必考虑 MCU 意外失联、器件配置失效的工况，此类问题将引发备用电源系统出现非预期动作。最后，ADAS 域控制器中的处理器要不断提供解释传感器和摄像头数据的关键功能，并且不会损坏处理器。如何设计备用电源系统来解决这些设计难题？

最大程度地延长备用时间

电子锁存器和 ADAS 域控制器的设计通用性在于解决如何在整个电压范围内对超级电容器进行充电和放电，从而更大限度地延长备用电源时间。在为超级电容器充电时，输入电压和超级电容器电池组电压会影响所需的充电器拓扑。电子锁存器的超级电容器组电压 (V_{CAP}) 范围为 5.1V 至 12.5V，而 ADAS 域控制器的 V_{CAP} 通常为 60V。假设汽车电池具有 12V 的输入电压，如果 $V_{CAP} < 12V$ ，则需要使用降压拓扑为超级电容器充电；如果 $V_{CAP} > 12V$ ，则需要使用升压拓扑。在放电情况下，假设 12V V_{in} 不再存在，并且系统电压 (V_{SYS}) 对于确定超级电容器电池组放电所需的拓扑至关重要。电子锁存器通常在 12V V_{SYS} 下工作来解锁车门，而 ADAS 域控制器在 7V V_{SYS} 下工作来为处理器供电。两种应用场景下， V_{CAP} 从工作电压放电至 0V 期间，数值会交替高于、低于 V_{SYS} 。为此需配置降压/升压器件，在 $V_{CAP} \geq V_{SYS}$ 时执行 V_{CAP} 降压， $V_{CAP} < V_{SYS}$ 时执行 V_{CAP} 升压。如下图所示，一个双芯片解决方案可简化为一个单芯片解决方案，采用一个可改变功率流动方向的双向降压/升压超级电容器充电器集成电路 (IC)。双向降压/升压转换器通过汽车电池输入对超级电容器充电，然后以相反的方向对超级电容器放电以为系统供电。此类充电器 IC 可帮助工程师减少设计中的元件数量，同时利用超级电容器中的所有能量来更大限度地延长备用供电时间。

无需 MCU 即可正常运行

许多备用电源设计都依靠 MCU 来配置图 2 所示的元件，但是如果 MCU 断电或断开，备用电源系统会怎样？在依赖 MCU 的设计中，若 MCU 断开连接，充电电流、 V_{CAP} 等系统参数会恢复为默认值，参数异常将影响备用电源的正常工作。选用带电阻配置引脚的 IC，有助于降低 MCU 断开后系统参数恢复默认值的风险。电阻配置引脚的值通常通过电阻器值与 IC 数据表中指定的恒定值 K 成比例来计算。如果 I²C 连接在具有电阻配置引脚的 IC 上断开，或者未发送 I²C 命令，IC 将使用 $K * \text{电阻值}$ 的乘积作为引脚的设置。利用该功能，工程师能够设计出一种系统，即使 MCU 断开连接或系统中完全没有 MCU，也仍然能够提供备用电源。

保护系统

ADAS 域控制器等应用中的处理器对于收集和解释来自汽车传感器的数据并适当地向驾驶员发出警报至关重要。无法正常运行的处理器会对驾驶员安全造成风险，因此保护该元件至关重要。可能导致处理器损坏的一种情况是超过处理器的绝对最大输入电压 ($V_{IN_ABS_MAX}$)，通常为 40V。如前所述，ADAS 域控制器使用 60V 电容器来提供足够的备用电源时间，以便处理器在 12V 汽车电池断开连接时正确关断。但是，图 1 中双向降压/升压转换器上的高侧 FET 短路可能会导致 60V V_{IN} 超过 40V $V_{IN_ABS_MAX}$ ，因此工程师必须合理设计系统，在高侧 FET 短路的情况下保护处理器免受备用电容器高电压的影响。

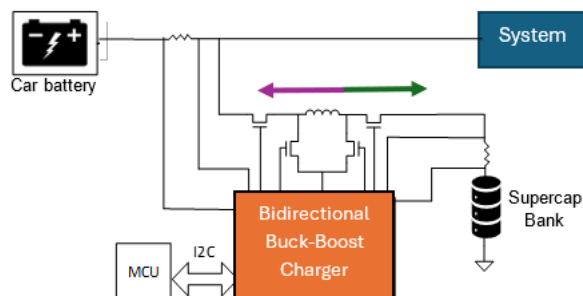


图 1. 双向方框图

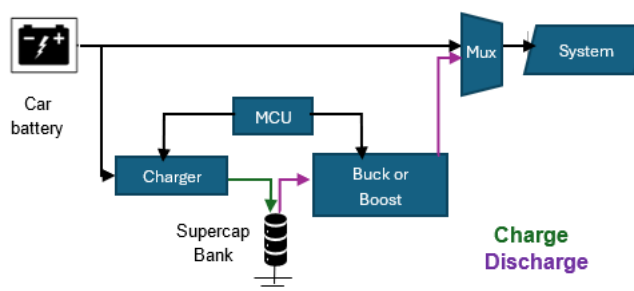


图 2. 分立式方框图

BQ25853-Q1，用于超级电容器备用电源

BQ25853-Q1 是一款电容器充电器 IC，可帮助缓解上述备用电源系统挑战。BQ25853-Q1 采用双向降压/升压控制器拓扑，使器件能够在 $V_{IN} \geq V_{CAP}$ 或 $V_{IN} < V_{CAP}$ 时为电容器充电，在 $V_{SYS} \geq V_{CAP}$ 或 $V_{SYS} < V_{CAP}$ 时对电容器放电。BQ25853-Q1 还可以在有或没有 MCU 的情况下对电容器进行充电和放电。MCU 可以与充电器的 I²C 通信，工程师也可以使用硬件电阻器配置多个参数，例如放电期间的充电电压、充电电流和输出电压。这种灵活性有助于确保无论 MCU 状态如何，都存在备用功能。最后，BQ25853-Q1 在高侧 FET 短路情况下使用 BATDRV 引脚保护系统元件，如图 3 所示。当 IC 检测到过流或过压情况时，BATDRV 引脚会断开 BATFET，防止电容器上的电压到达系统。该功能有助于保护关键元件（如处理器）免受系统其他器件短路造成的损坏。

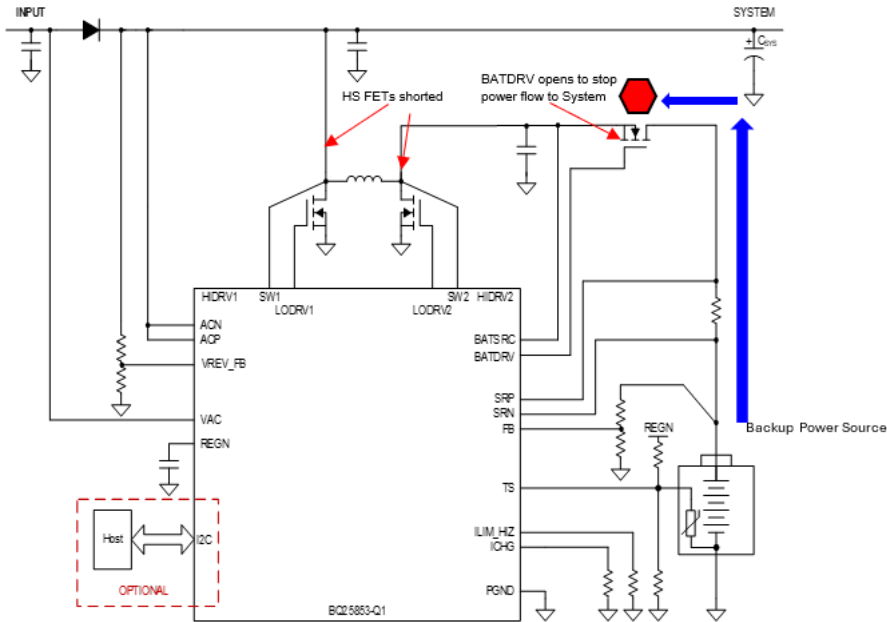


图 3. BQ25853-Q1 上的系统保护

结语

为了实现节能的电气系统（如电子锁存器和 ADAS 域控制器），需要在设计中保证备用电源并应对最坏情况。重要的是要利用所有电容器能量来最大限度地延长备用电源时间，确保 MCU 断开连接时不会重置重要的系统设置，并在短路情况下保护重要的系统元件。独立双向降压/升压充电器可解决这些设计难题，同时减少 PCB 元件数量。降压/升压拓扑可确保即使电压高于或低于汽车电池或系统电压，也能对电容器充电和放电，并且双向性将充电器 IC 和降压/升压转换器 IC 组合到一个芯片中，从而减少了元件数量。然后，独立设置有助于在 MCU 断开连接且无法传达 I²C 更新的情况下使系统设置保持恒定。BQ25853-Q1 包含上述所有特性，同时添加了可在高侧 FET 短路期间触发的备用电源断开功能，因而成为超级电容器备用电源设计的有效选择。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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