

Application Note

使用 BQ76952 实现快速短路恢复



Nanxiao Zhong, Kian Lin

摘要

BQ76952 系列模拟前端因为其具有采样精度高，集成高边驱动，功耗小，保护功能丰富，支持乱序上电，支持 3-16S 电池，均衡能力强等诸多优点而被广泛应用在 BBU, 电动两轮车，电动工具，户用储能等多种应用的 BMS 方案中。本文介绍了 BQ76952 基于内部配置短路保护的恢复机制，并提出了一种能够实现快速短路恢复的方法，以适用于对短路恢复和打嗝时序有要求的应用场景。

内容

1 引言.....	2
2 BQ76952 的短路恢复机制.....	3
2.1 BQ76952 的短路恢复机制.....	3
2.2 BQ76952 短路恢复时间.....	3
3 CONFIG UPDATE + FET TEST 的恢复方式介绍.....	5
3.1 CONFIG UPDATE，FET TEST 的功能介绍.....	5
3.2 快速短路恢复基本思路和详细步骤.....	5
4 实验环境搭建和结果.....	7
5 总结.....	9
6 参考文献.....	9

插图清单

图 2-1. BQ76952 短路恢复时间.....	4
图 3-1. 快速短路恢复程序流程图.....	6
图 4-1. BQ76952 接线图&实验环境.....	7

表格清单

表 4-1. BQ76952 短路恢复结果对比.....	7
------------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

短路保护是 AFE 最重要的功能之一，用于在短路情况下保护电池和整个 BMS 系统的安全可靠性。通常情况下，短路触发延迟是评估短路保护的重要性能指标，旨在能够进行快速的短路保护以保护整个系统。同时还要避免由于容性负载导致的误触发。但在某些应用例如大功率的低侧放电场景，短路恢复延迟同样是需要被重视的。本文会对 BQ76952 自带的短路保护机制进行分析，并针对需要进行快速短路恢复的场景，提出一个基于 **system config** 模式的恢复方式。

2 BQ76952 的短路恢复机制

2.1 BQ76952 的短路恢复机制

BQ76952 器件使用专用比较器集成了放电短路保护 (SCD) 功能，该比较器可监控 SRN - SRP 引脚之间的差分电压，并在电压超过可编程阈值 VSCD 时触发 SCD 警报或故障。VSCD 阈值可编程为 10mV、20mV、40mV、60mV、80mV、100mV、125mV、150mV、175mV、200mV、250mV、300mV、350mV、400mV、450mV 和 500mV，并由 **Protections:SCD:Threshold** 配置寄存器设置。可以使用 **Settings:Protection:Enabled** **Protections A:[SCD]** 配置位来启用 SCD 保护。

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCD	Threshold	U1	0	15	0	—

首次检测到短路事件时，SCD 电路会触发警报信号，然后在可编程检测延迟 **SCD_DLY** 后触发故障，该延迟可设置为最快，或设置为 15 μ s 至 450 μ s，步长为 15 μ s。最快的设置只需要使用比较器延迟就能检测短路，根据阈值的过驱，该延迟可能小于 1 μ s。通过 **Protections:SCD:Delay** 配置寄存器来设置该延迟。当触发 SCD 故障时，如果在 **Settings:Protection:DSG FET Protections A** 中配置了自主 FET 控制，器件将关闭 DSG FET。还可能根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections A** 中的设置自主禁用 CHG FET。在通过 **Protections:SCD:Recovery Time** 给定的可编程延迟后，该器件会恢复（如果配置为自主恢复）。

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCD	Recovery Time	U1	0	255	5	s

2.2 BQ76952 短路恢复时间

但在实际情况中，即使我们配置 **Protections: SCD:Recovery Time** 为最小值 0，仍然存在较大的短路延时（约为 1 秒）。这个延时是由程序和 FET EN 延迟共同导致的。在通常情况下，这个延迟时间是安全的，避免了过快的恢复时间导致可能的电路损坏和电池损耗。但在特定场景下，该延迟可能会导致一些特定的系统功能无法实现。

在无预放电路的 BMS 系统中，需要以打嗝启动的方式检测负载侧的容性负载，正常情况下通过打嗝的短时间多次放电识别 Pack 端电压是否能够上升到安全阈值来区分容性负载和短路事件。但当系统容性负载较大或者存在静态电流/自放电的情况下，过长的放电会导致 Pack 端电压无法正常建立，导致误判了短路事件。

图 2-1 为 BQ76952 模拟大容性负载和自放电情况的开机波形。系统设置电池电压为 12V，容性负载为 470 μ F，自放电电流为 5mA。BQ769562 配置短路保护阈值为 2.5A，短路恢复时间配置为 0，DDSG 脚配置为 0xA2 同步驱动信号。如图所示，BMS Pack 端电压波形 pack 也因自放电无法建立，导致放电管驱动波形 DDSG 反复触发关断，导致开机失败。

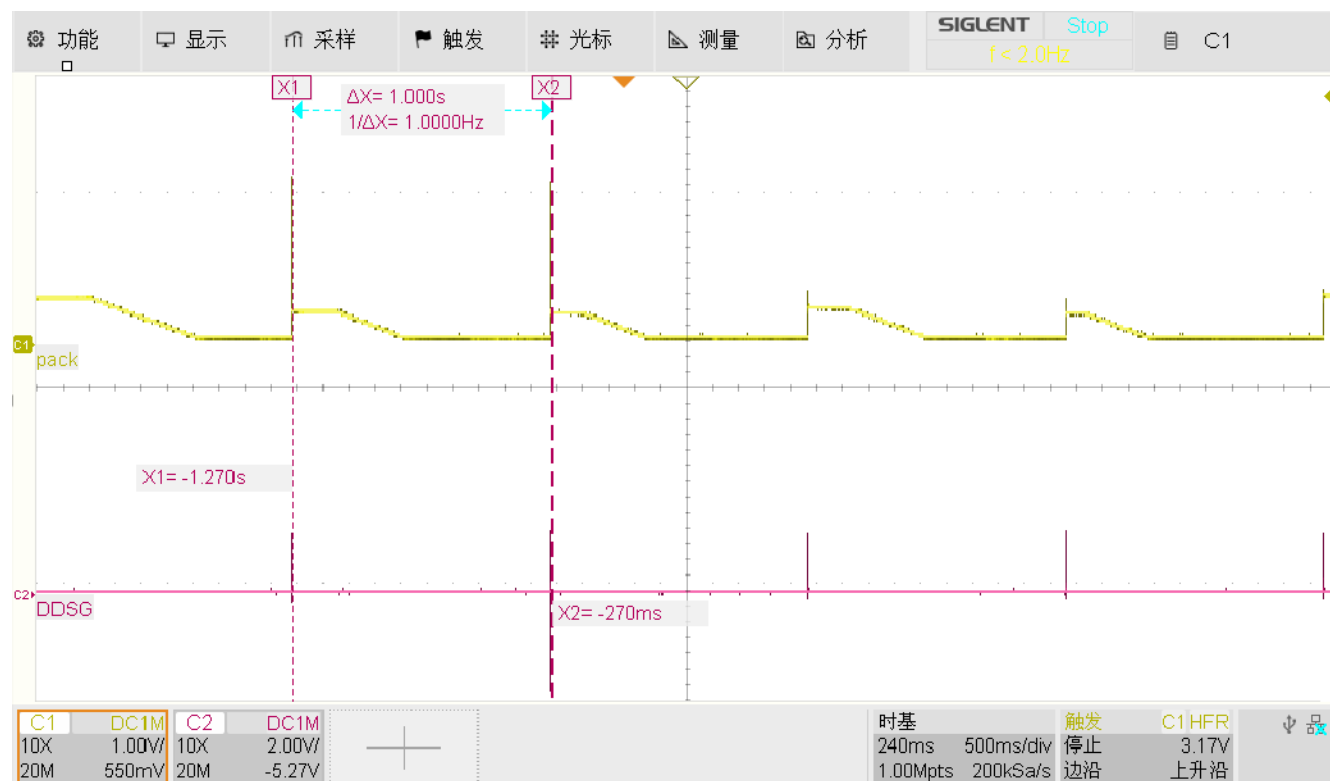


图 2-1. BQ76952 短路恢复时间

3 CONFIG UPDATE + FET TEST 的恢复方式介绍

本章节提出了一个使用 Config Update 和 FET TEST 功能实现快速短路恢复的方式。该方法能够通过 Config 模式复位短路保护告警，并且通过 FET TEST 功能快速打开放电管 DSG FET。在以下章节会先对这两个功能做具体介绍。

3.1 CONFIG UPDATE , FET TEST 的功能介绍

CONFIG_UPDATE 是一种特殊的模式来更改数据存储器设置。在这个模式下，该器件会自动关闭保护 FET，并且停止正常的固件操作和所有的测量和保护监控。然后主机可以更改数据存储器设置（将数据直接写入 RAM，或指示该器件将 RAM 数据编程到 OTP 中）。基本步骤如下：

1. 通过发送 0x0090 ENTER_CFG_UPDATE()子命令将该器件置于 CONFIG_UPDATE 模式。如果 FET 是 ON 状态，该器件将自动禁用它们。
2. 等待设置 0x12 Battery Status()[CFGUPDATE]标志。
3. 根据需要通过写入更新的数据存储器设置来修改设置（有关更多信息，请参阅数据存储器访问）。
4. 发送 0x0092 EXIT_CFG_UPDATE()命令以恢复固件运行。

FET 控制分为两种模式，自动控制模式（Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN]=1）和测试模式（Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN]=0）。两种模式下都可以通过主机来控制 FET 动作。

FET TEST 是在测试 FET 状态翻转的命令。在该命令下，除非发送 FET 测试子命令，否则器件不会启动 FET。在此模式下，该器件仍可以基于体二极管保护启用 FET。可以使用 0x0022 FET_ENABLE()子命令来切换 [FET_EN]位设置。FET 测试子命令如下所示：

子命令	说明
0x001C PDSGTEST()	仅在 FET 测试模式下起作用，切换 PDSG FET 状态
0x001E PCHGTEST()	仅在 FET 测试模式下起作用，切换 PCHG FET 状态
0x001F CHGTEST()	仅在 FET 测试模式下起作用，切换 CHG FET 状态
0x0020 DSGTEST()	仅在 FET 测试模式下起作用，切换 DSG FET 状态

使用 FET TEST 需要注意以下几点：

1. FET 测试模式下，只能使用 DSGTEST(), CHGTEST(), PDSGTEST(), PCHGTEST()来控制 FET 导通或关断，AFE 对 FET 测试子命令的响应时间会更快
2. DSG_PDSG_OFF(), CHG_PCHG_OFF(), ALL_FETS_ON(), ALL_FETS_OFF(), FET_CONTROL() 不能在 FET 测试模式使用
3. 使能的保护同样会自动关闭或者恢复 FET，使能的保护拥有最高优先级决定 FET 的开关状态
4. 体二极管保护同样会自动开关 FET
5. AFE 不会在 sleep 模式下自动关闭 CHG FET（Settings:FET:FET Options [SLEEPCHG]=0）
6. 不会自动从 Precharge/Predischarge 模式自动切换到 Charge/Discharge 模式

在下面章节，本文会详细介绍通过使用 CONFIG UPDATE，FET TEST 功能实现快速短路恢复。

3.2 快速短路恢复基本思路 and 详细步骤

实现 BQ76952 的快速短路恢复有两个要点。第一需要快速重置故障状态机，第二需要在保护可靠的情况下快速打开 DSG FET。以下为详细的步骤说明和解释：

- **Step1:** MCU 监控 Safety Status A，等待短路事件 SCD 触发
- **Step2:** Disable FET_EN 功能，确保后续 FET_TEST 功能能够正确触发
- **Step3:** 进入 Config Update 模式，关闭短路保护，重置故障机状态，退出 Config Update
- **Step6-9:** 在 Config Update 模式重新使能短路保护，确保下次短路事件可以正确触发保护
- **Step10:** 使用 FET TEST 命令打开 DSG FET, 此时 FET 受控于保护功能
- **Step11:** Re-enable FET_EN，BQ76952 恢复自主控制

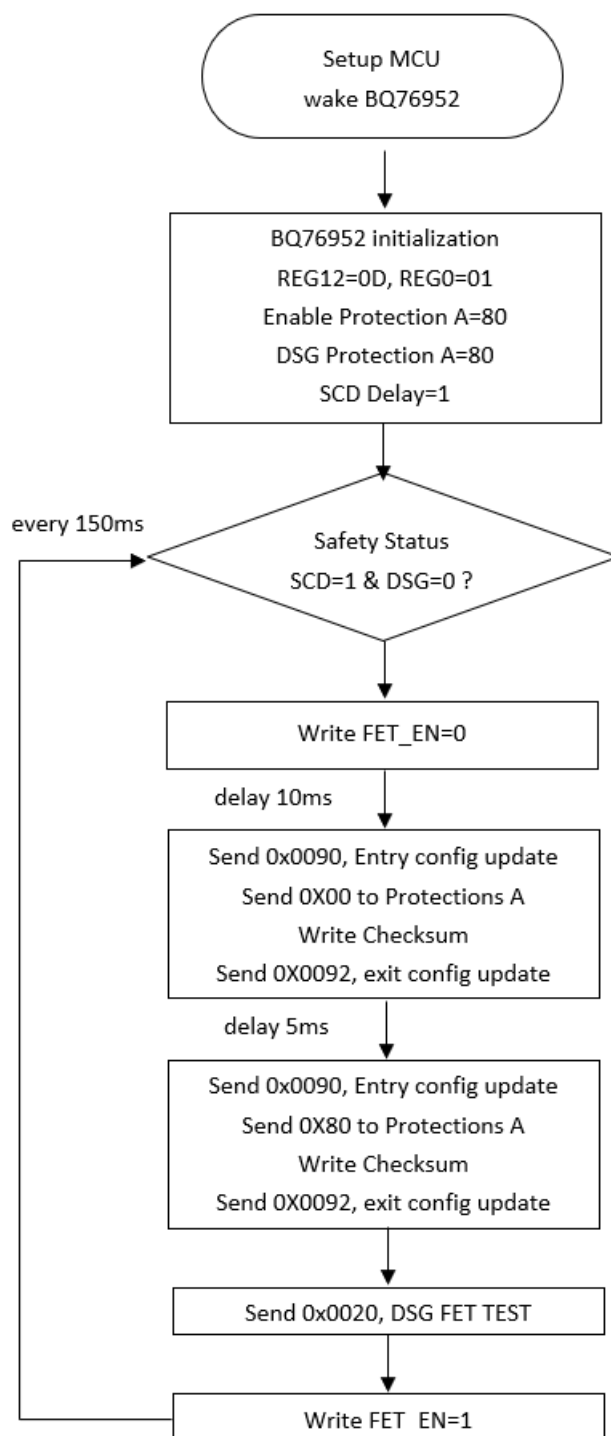


图 3-1. 快速短路恢复程序流程图

4 实验环境搭建和结果

本次测试使用的 BQ76952EVM，直流负载和直流电源，具体的接线如下图所示：

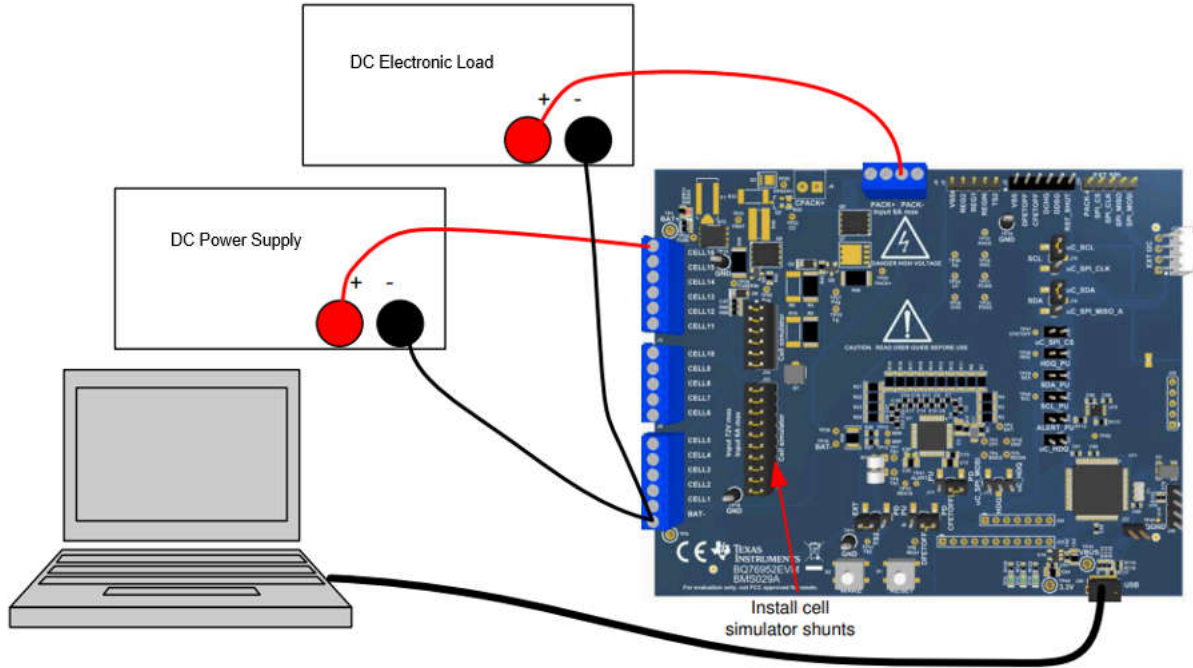


图 4-1. BQ76952 接线图&实验环境

如 图 4-1 所示，DC Power Supply 作为电池端供电，DC Electronic Load 用于电流模拟 Pack 端静态电流，同时在电子负载端配置一个 470uF 电容模拟容性负载。配置为 $V_{in}=12V$ ，SCD Threshold=2.5A，SCD delay=50us，电子负载配置为 5mA，本实验会做对芯片自恢复和使用 config update 两种方式的恢复延迟进行对比。

表 4-1. BQ76952 短路恢复结果对比

	自恢复	快速恢复
延迟时间	1000ms	150ms
测试波形		

如 表 4-1 所示，DDSG 为放电管驱动信号，Pack 为 Pack 端电压波形。在使用 BQ76952 短路自主恢复的情况下，其短路恢复时间固定为 1 秒，Pack 端电压会因容性负载以及静态电流的关系无法建立，导致短路事件的误判；在使用本文所介绍的方法的情况下，其延迟时间不取决于 BQ76952 的自恢复时间，而取决于程序所设置的检测 SCD 事件的循环时间 150ms，可以根据设计需求调整周期满足系统要求。

其参考伪代码如下：

```
146     if(gTaskSCD)// every 150ms enter
147     {
148         SafeyStatusA = BQ769x2_ReadStatusA();
149
150         DDSG_Status = DL_GPIO_readPins(GPIOA, DDSG_PIN_0_PIN);
151
152         if((SafeyStatusA & 0x80) && (DDSG_Status == 0x00))
153         {
154             CommandSubcommands(SET_CFGUPDATE);
155
156             BQ769x2_SetRegister(EnabledProtectionsA, 0x00, 1);
157
158             CommandSubcommands(EXIT_CFGUPDATE);
159
160             CommandSubcommands(FET_ENABLE);
161
162             CommandSubcommands(SET_CFGUPDATE);
163
164             BQ769x2_SetRegister(EnabledProtectionsA, 0x80, 1);
165
166             CommandSubcommands(EXIT_CFGUPDATE);
167
168             CommandSubcommands(DSGTEST);
169
170             CommandSubcommands(FET_ENABLE);
171
172             CommandSubcommands(SLEEP_DISABLE);
173         }
```

5 总结

BQ76952 系列器件提供丰富的保护功能。本文提供了另外一种基于 FET TEST 模式下的快速短路保护恢复方式，以适应于 BQ76952 在 BMS 应用中的不同的需求。有关器件和配置信息，请参阅数据表和技术参考手册。

6 参考文献

1. [适用于锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池组的 BQ76952 3 节至 16 节串联高精度电池监控器和保护器 数据表 \(Rev. B\)](#)
2. [BQ76952 技术参考手册 \(Rev. B\)](#)
3. [使用 BQ769x2 电池监视器系列低侧 FET \(Rev. A\)](#)
4. [Microcontroller Code Examples for BQ769x2 Battery Monitors](#)

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