

BQ76952

Technical Reference Manual



Literature Number: ZHCU948B
SEPTEMBER 2020 - REVISED MAY 2022

使用前必读	9
电池表示法约定.....	9
商标.....	9
术语表.....	9
1 引言	11
2 器件描述	13
2.1 概述.....	13
2.2 功能方框图.....	14
3 器件配置	15
3.1 直接命令和子命令.....	15
3.2 使用 OTP 或寄存器进行配置.....	16
3.3 数据格式.....	17
3.3.1 无符号整数.....	17
3.3.2 整数.....	17
3.3.3 浮点.....	17
3.3.4 十六进制.....	18
4 测量子系统	19
4.1 电压测量.....	19
4.1.1 电压测量时间表.....	19
4.1.2 电芯与互连的 VC 引脚的使用情况.....	20
4.1.3 电芯互连电阻.....	21
4.2 通用的 ADCIN 功能.....	21
4.3 库仑计数器和数字滤波器.....	21
4.4 同步电压和电流测量.....	22
4.5 子命令 0x0071 - 0x0074 DASTATUS1-4()、电芯电压和同步电流计数.....	22
4.6 子命令 0x0075 - 0x0077 DASTATUS5 - 7()、其他测量值.....	23
4.7 内部温度测量.....	25
4.8 热敏电阻温度测量.....	25
4.9 电压 ADC 的出厂修整.....	27
4.10 电压校准 (ADC 测量).....	27
4.11 电压校准 (COV 保护和 CUV 保护).....	28
4.12 电流校准.....	28
4.13 温度校准.....	29
5 初级和次级保护子系统	31
5.1 保护概述.....	31
5.2 初级保护.....	31
5.2.1 初级保护概述.....	31
5.2.2 高侧 NFET 驱动器.....	33
5.2.3 保护 FET 配置和控制.....	34
5.2.4 电芯过压保护.....	37
5.2.5 电芯欠压保护.....	38
5.2.6 放电短路保护.....	39
5.2.7 充电过流保护.....	41
5.2.8 放电过流 1、2 和 3 保护.....	42
5.2.9 充电过热保护.....	44
5.2.10 放电过热保护.....	44

5.2.11 过热 FET 保护.....	44
5.2.12 内部过温保护.....	44
5.2.13 充电低温保护.....	45
5.2.14 放电低温保护.....	45
5.2.15 内部欠温保护.....	45
5.2.16 主机看门狗保护.....	45
5.2.17 预充电超时保护.....	46
5.2.18 负载检测功能.....	46
5.3 次级保护.....	47
5.3.1 次级保护概述.....	47
5.3.2 铜沉积 (CUDEP) 永久失效.....	47
5.3.3 欠压安全 (SUV) 永久失效.....	48
5.3.4 过压安全 (SOV) 永久失效.....	48
5.3.5 充电过流安全 (SOCC) 永久失效.....	48
5.3.6 放电过流安全 (SOCD) 永久失效.....	48
5.3.7 电芯过热安全 (SOT) 永久失效.....	48
5.3.8 FET 过热安全 (SOTF) 永久失效.....	48
5.3.9 充电 FET (CFETF) 永久失效.....	48
5.3.10 放电 FET (DFETF) 永久失效.....	48
5.3.11 二级保护器 (2LVL) 永久失效.....	49
5.3.12 静止模式电压不平衡 (VIMR) 永久失效.....	49
5.3.13 运行时电压不平衡 (VIMA) 永久失效.....	49
5.3.14 放电短路锁存永久失效.....	49
5.3.15 OTP 存储器签名永久失效.....	49
5.3.16 数据 ROM 存储器签名永久失效.....	49
5.3.17 指令 ROM 存储器签名永久失效.....	50
5.3.18 LFO 振荡器永久失效.....	50
5.3.19 电压基准永久失效.....	50
5.3.20 VSS 永久失效.....	50
5.3.21 保护比较器多路复用器永久失效.....	50
5.3.22 命令的永久失效.....	50
5.3.23 电池组顶部电压测量检查.....	50
5.3.24 电芯开路.....	51
6 器件状态和控制.....	53
6.1 0x00 Control Status() 和 0x12 Battery Status() 命令.....	53
6.2 0x0070 MANU_DATA() 命令.....	54
6.3 LDO.....	54
6.3.1 前置稳压器控制.....	55
6.3.2 REG1 和 REG2 LDO 控制.....	55
6.4 多功能引脚控制.....	55
6.5 CFETOFF、DFETOFF 和 BOTHOFF 引脚功能.....	58
6.6 ALERT 引脚运行.....	59
6.7 DDSG 和 DCHG 引脚运行.....	60
6.8 保险丝驱动.....	60
6.9 器件事件时序.....	61
7 工作模式.....	63
7.1 概述.....	63
7.2 NORMAL 模式.....	64
7.3 SLEEP 模式.....	64
7.4 DEEPSLEEP 模式.....	65
7.5 SHUTDOWN 模式.....	66
7.6 CONFIG_UPDATE 模式.....	67
8 器件安全性.....	69
8.1 概述.....	69
9 串行通信接口.....	71
9.1 串行通信概述.....	71

9.2 I ² C 通信子系统.....	71
9.3 SPI 通信接口.....	73
9.3.1 SPI 协议.....	74
9.4 HDQ 通信接口.....	81
10 电池平衡.....	83
10.1 电芯平衡操作.....	83
10.2 电芯平衡时序.....	85
11 诊断.....	87
11.1 诊断概述.....	87
11.2 VREF2 与 VREF1 检查.....	87
11.3 VSS 测量.....	87
11.4 电池组顶部电压测量检查.....	87
11.5 LFO 振荡器监控器.....	87
11.6 保护比较器多路复用器检查.....	87
11.7 内部看门狗复位.....	87
11.8 内部存储器检查.....	88
12 命令和子命令.....	89
12.1 直接命令.....	89
12.2 直接命令的位字段定义.....	91
12.2.1 控制状态寄存器.....	91
12.2.2 Safety Alert A 寄存器.....	92
12.2.3 Safety Status A 寄存器.....	92
12.2.4 Safety Alert B 寄存器.....	93
12.2.5 Safety Status B 寄存器.....	94
12.2.6 Safety Alert C 寄存器.....	94
12.2.7 Safety Status C 寄存器.....	95
12.2.8 PF Alert A 寄存器.....	95
12.2.9 PF Status A 寄存器.....	96
12.2.10 PF Alert B 寄存器.....	97
12.2.11 PF Status B 寄存器.....	97
12.2.12 PF Alert C 寄存器.....	98
12.2.13 PF Status C 寄存器.....	98
12.2.14 PF Alert D 寄存器.....	99
12.2.15 PF Status D 寄存器.....	99
12.2.16 电池状态寄存器.....	100
12.2.17 警报状态寄存器.....	101
12.2.18 警报原始状态寄存器.....	102
12.2.19 警报使能寄存器.....	103
12.2.20 FET 状态寄存器.....	103
12.3 仅限命令的子命令.....	104
12.4 带数据的子命令.....	106
12.5 子命令的位字段定义.....	113
12.5.1 PF Status A 寄存器.....	113
12.5.2 PF Status B 寄存器.....	114
12.5.3 PF Status C 寄存器.....	114
12.5.4 PF Status D 寄存器.....	115
12.5.5 制造状态寄存器.....	115
12.5.6 FET 控制寄存器.....	116
12.5.7 REG12 控制寄存器.....	117
12.5.8 OTP 写入检查结果寄存器.....	117
12.5.9 OTP 写入结果寄存器.....	118
13 数据存储器设置.....	119
13.1 数据存储器访问.....	119
13.2 校准.....	119
13.2.1 Calibration:Voltage.....	119
13.2.2 Calibration:Current.....	123

13.2.3 Calibration:Vcell Offset.....	124
13.2.4 Calibration:V Divider Offset.....	124
13.2.5 Calibration:Current Offset.....	124
13.2.6 Calibration:Temperature.....	124
13.2.7 Calibration:Internal Temp Model.....	126
13.2.8 Calibration:18K Temperature Model.....	126
13.2.9 Calibration:180K Temperature Model.....	127
13.2.10 Calibration:Custom Temperature Model.....	129
13.2.11 Calibration:Current Deadband.....	130
13.2.12 Calibration:CUV.....	130
13.2.13 Calibration:COV.....	130
13.3 设置.....	131
13.3.1 Settings:Fuse.....	131
13.3.2 Settings:Configuration.....	131
13.3.3 Settings:Protection.....	147
13.3.4 Settings:Alarm.....	153
13.3.5 Settings:Permanent Failure.....	156
13.3.6 Settings:FET.....	158
13.3.7 Settings:Current Thresholds.....	160
13.3.8 Settings:Cell Open-Wire.....	160
13.3.9 Settings:Interconnect Resistances.....	160
13.3.10 Settings:Manufacturing.....	163
13.3.11 Settings:Cell Balancing Config.....	163
13.4 功率.....	165
13.4.1 Power:Shutdown.....	165
13.4.2 Power:Sleep.....	167
13.5 系统数据.....	168
13.5.1 System Data:Integrity.....	168
13.6 保护功能.....	168
13.6.1 Protections:CUV.....	168
13.6.2 Protections:COV.....	169
13.6.3 Protections:COVL.....	169
13.6.4 Protections:OCC.....	170
13.6.5 Protections:OCD1.....	170
13.6.6 Protections:OCD2.....	170
13.6.7 Protections:SCD.....	171
13.6.8 Protections:OCD3.....	172
13.6.9 Protections:OCD.....	172
13.6.10 Protections:OCDL.....	172
13.6.11 Protections:SCDL.....	173
13.6.12 Protections:OTC.....	173
13.6.13 Protections:OTD.....	174
13.6.14 Protections:OTF.....	174
13.6.15 Protections:OTINT.....	175
13.6.16 Protections:UTC.....	175
13.6.17 Protections:UTD.....	176
13.6.18 Protections:UTINT.....	176
13.6.19 Protections:Recovery.....	177
13.6.20 Protections:HWD.....	177
13.6.21 Protections:Load Detect.....	177
13.6.22 Protections:PTO.....	178
13.7 Permanent Fail.....	178
13.7.1 Permanent Fail:CUDEP.....	178
13.7.2 Permanent Fail:SUV.....	179
13.7.3 Permanent Fail:SOV.....	179
13.7.4 Permanent Fail:TOS.....	179
13.7.5 Permanent Fail:SOCC.....	180
13.7.6 Permanent Fail:SOCD.....	180
13.7.7 Permanent Fail:SOT.....	180
13.7.8 Permanent Fail:SOTF.....	181
13.7.9 Permanent Fail:VIMR.....	181

13.7.10 Permanent Fail:VIMA.....	182
13.7.11 Permanent Fail:CFETF.....	182
13.7.12 Permanent Fail:DFETF.....	183
13.7.13 Permanent Fail:VSSF.....	183
13.7.14 Permanent Fail:2LVL.....	183
13.7.15 Permanent Fail:LFOF.....	184
13.7.16 Permanent Fail:HWMX.....	184
13.8 安全性.....	184
13.8.1 Security:Settings.....	184
13.8.2 Security:Keys.....	185
13.9 数据存储器汇总.....	185
15 修订历史记录.....	193

This page intentionally left blank.

关于本手册

本技术参考手册 (TRM) 讨论了 BQ76952 器件的模块和外设，以及如何使用它们构建完整的电池包监控器和保护解决方案。有关硬件器件功能和电气规格的详细信息，请参阅 **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 (SLUSE13)**。

电池表示法约定

如果文本块中涉及命令、子命令和数据存储器值，则使用以下表示法：

- 命令和子命令：*斜体*，带圆括号，无间断空格；例如 *Battery Status()*
- 数据存储器：*斜体*、**粗体**，带可间断空格；例如 *Power Config*
- 寄存器位和标志：*斜体*，带方括号；例如 *[TDA]*
- 数据存储器位：*斜体* 和 **粗体**；例如 *[LED1]*
- 模式和状态：全部大写；例如 DEEPSLEEP

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

术语表

TI 术语表 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

This page intentionally left blank.

德州仪器 (TI) 的 BQ76952 是一款高度集成的高精度电池监控器和保护器，适用于 3 节至 16 节串联锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池组。该器件包含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池平衡。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 I²C、SPI 和 HDQ 单线标准的主机通信外设。器件特性包含：

- 适用于 3 节至 16 节串联电池的电池监控功能
- 用于高侧 NFET 保护的集成电荷泵，可选择自主恢复
- 广泛的保护套件，包括电压、温度、电流和内部诊断
- 两个独立的 ADC
 - 支持电流和电压同步采样
 - 高精度库伦计数器，输入失调电压误差 < 1 μ V (典型值)
 - 高精度电池电压测量 < 10mV (典型值)
- 宽量程的电流应用 (感应电阻器上的测量范围为 \pm 200mV)
- 集成式化学保险丝驱动二级保护
- 自主式或主机控制型电池平衡
- 多种电源模式 (典型电池组运行范围条件)
 - NORMAL 模式：286 μ A
 - 多个睡眠模式选项：24 μ A 至 41 μ A
 - 多个深度睡眠模式选项：9.2 μ A 至 10.7 μ A
 - SHUTDOWN 模式：1 μ A
- 电池连接和部分其他引脚上的高电压容差为 85V
- 支持使用内部传感器和多达 9 个外部热敏电阻进行温度检测
- 集成的一次性可编程 (OTP) 存储器可由客户在生产线上进行编程
- 通信选项包含 400kHz I²C、SPI 和 HDQ 单线接口
- 供外部系统使用的双路可编程 LDO

This page intentionally left blank.

2.1 概述

BQ76952 产品是一款高度集成的精密电池监控器和保护器，适用于 3 节至 16 节串联锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池包。高精度电压、电流和温度测量为基于主机的算法和控制提供数据。功能丰富且高度可配置的保护子系统提供了广泛的保护措施，这些保护可以由该器件完全自主地触发和恢复，也可以在主机处理器的完全控制下进行。具有高侧保护 NFET 驱动器的集成电荷泵允许主机与该器件进行通信，即使在 FET 关断时也可以通过保留与电池包的接地连接来实现该通信。包含两个可编程 LDO 供外部系统使用，每个都可独立编程为 1.8V、2.5V、3.0V、3.3V 和 5.0V 的电压，并且每个都能提供高达 45mA 的电流。

BQ76952 器件包含一次性可编程 (OTP) 存储器，供客户在其自己的生产线上设置器件操作。支持多种通信接口，包括 400kHz I²C、SPI 和 HDQ 单线标准。可通过器件上的多个多功能引脚获得多个数字控制和状态数据，包括对主机处理器的中断以及对每个高侧保护 NFET 的主机覆盖的独立控制。提供三个专用引脚用于使用外部热敏电阻进行温度测量，可以对多功能引脚进行编程以用于额外的热敏电阻，除内部裸片温度测量之外，最多支持 9 个热敏电阻。图 2-1 显示了 BQ76952 方框图。

2.2 功能方框图

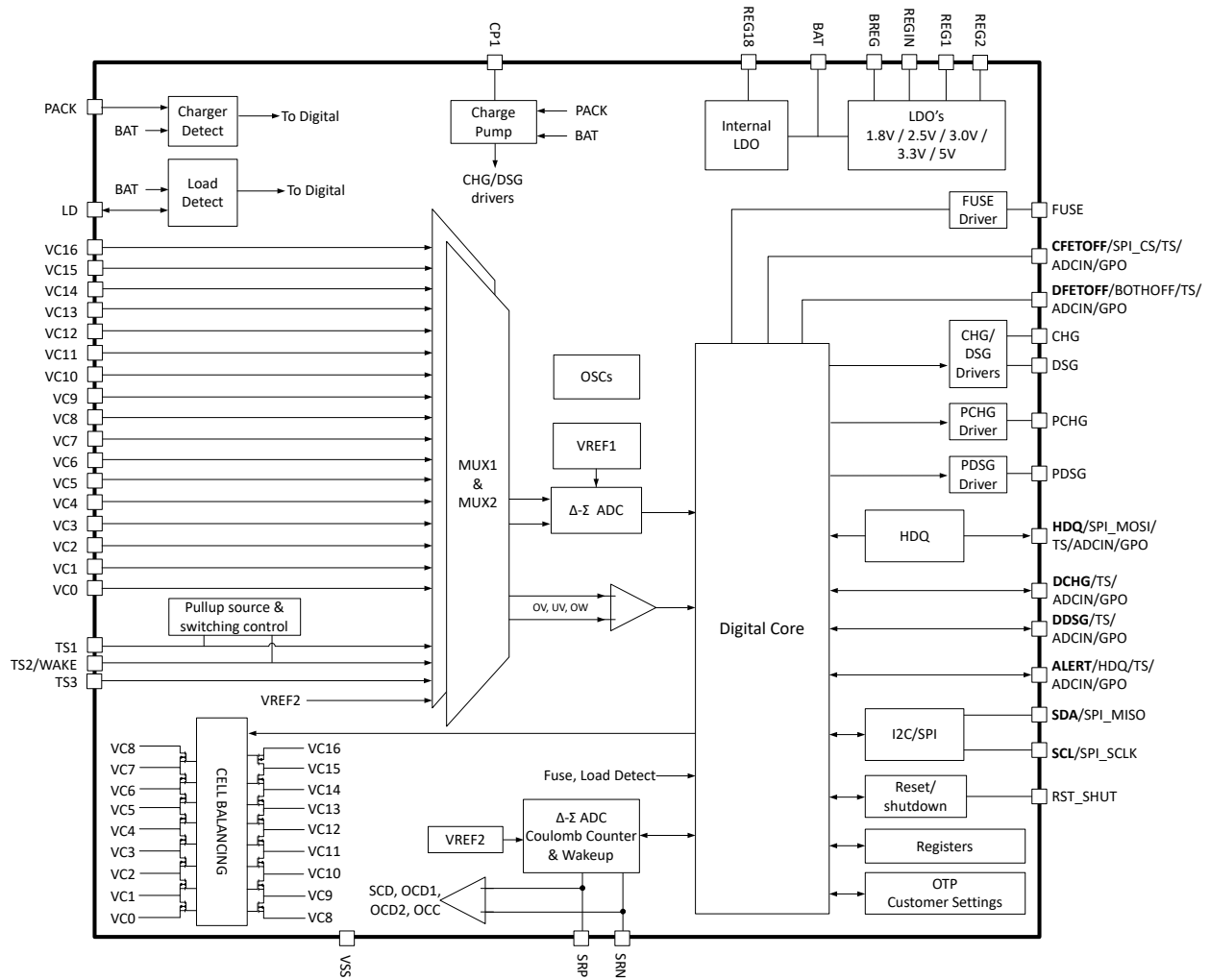


图 2-1. BQ76952 方框图

3.1 直接命令和子命令

BQ76952 器件支持直接命令和子命令。使用 7 位命令地址访问直接命令，该地址从主机通过器件串行通信接口发送，并触发操作，或提供待写入器件的数据值，或指示器件向主机报告数据。子命令是使用 7 位命令地址空间间接访问的附加命令，并提供了块数据传输功能。启动一条子命令时，首先将 16 位子命令地址写入 7 位命令地址 0x3E (低位字节) 和 0x3F (高位字节)。该器件最初假设可能需要读回数据，并将现有数据自动填充到 32 字节的传输缓冲区 (使用 7 位命令地址 0x40 - 0x5F) 中，并将该数据的校验和写入地址 0x60。如果主机打算向器件写入数据，主机会将新数据覆盖到传输缓冲区，将数据的校验和写入地址 0x60，并将数据长度写入地址 0x61。一旦写入地址 0x61，该器件会检查写入 0x60 的校验和与写入 0x40-0x5F 的数据，如果正确，则继续将数据从传输缓冲区传输到器件的存储器中。校验和是子命令字节 (0x3E 和 0x3F) 8 位和加上传输缓冲区中使用的字节数，然后将结果按位反转。只有在写入数据长度之后才能进行验证，以便该器件知道传输缓冲区中包含多少字节。校验和和数据长度必须作为一个字一起写入才能有效。数据长度包含 0x3E 和 0x3F 中的两个字节，0x60 和 0x61 中的两个字节，以及传输缓冲区的长度。因此，如果使用整个 32 字节的传输缓冲区，则数据长度将为 0x24。

一些子命令仅用于启动操作，而不涉及发送或接收数据。在这些情况下，主机可以简单地将子命令写入 0x3E 和 0x3F，不需要写入长度和校验和或任何其他数据。

[命令和子命令](#) 中描述了该器件支持的命令。单字节命令是直接命令，而两字节命令是子命令。[数据格式](#) 中描述了数据格式。

从子命令中读取数据的最有效方法 (最大程度地减小总线流量) 如下所示：

1. 将子命令的低位字节写入 0x3E。
2. 将子命令的高位字节写入 0x3F。
3. 读取 0x3E 和 0x3F。如果返回 0xFF，则表示子命令尚未完成操作。当子命令完成后，读回将返回最初写入的内容。继续读取 0x3E 和 0x3F，直到返回最初写入的内容。注意：该响应仅适用于返回待读回的数据的子命令。
4. 从 0x61 读取响应的长度。
5. 从 0x40 开始读取预期长度的缓冲区。
6. 读取 0x60 处的校验和并验证它是否与读取的数据相匹配。

一种更简单、但总线流量效率较低的方法是：

1. 将子命令的低位字节写入 0x3E。
2. 将子命令的高位字节写入 0x3F。
3. 读取 0x3E 和 0x3F。如果返回 0xFF，则表示子命令尚未完成操作。当子命令完成后，读回将返回最初写入的内容。继续读取 0x3E 和 0x3F，直到它返回最初写入的内容。注意：该响应仅适用于返回待读回的数据的子命令。
4. 在一个块中读取 0x40 至 0x61。确保 0x60 处的校验和在 0x61 指定的长度上是正确的。这意味着有时读取的字节数超过了必要的字节数，但它也可以使用可以为所有子命令调用的标准函数。

注意：0x61 提供缓冲区数据的长度加 4 (即缓冲区数据的长度加 0x3E 和 0x3F 的长度加 0x60 和 0x61 的长度)。

校验和是通过 0x3E、0x3F 以及缓冲区数据计算得出的，它不包括 0x60 和 0x61 中的校验和或长度。

如果同时读取校验和和长度，那么在某些情况下会触发自动递增，在这种情况下，缓冲区将填充另一个块的数据。因此，一般来说，除非已读取缓冲区或希望实现自动递增，否则不应同时读取校验和和长度。

表示为 RSVD_0 的命令或子命令位只能写为“0”，而表示为 RSVD_1 的位只能写为“1”。

3.2 使用 OTP 或寄存器进行配置

BQ76952 器件包含寄存器，这些寄存器存储在 RAM 中，并被集成在一次性可编程 (OTP) 存储器中。初始上电时，该器件将 OTP 设置加载到寄存器中，供器件固件在运行期间使用。如果发送了 `0x0012 RESET()` 子命令，该器件还可以按需执行复位。推荐的程序是客户在生产线上将设置写入 OTP，在这种情况下，只要该器件上电，就会使用这些设置。或者，主机处理器可以在上电后初始化寄存器，而不使用 OTP 存储器，但在该器件每次上电后都需要重新初始化寄存器。当该器件处于 NORMAL、SLEEP 或 DEEPSLEEP 模式时，寄存器值会被保留。如果该器件进入 SHUTDOWN 模式，则所有寄存器存储器被清除，再次上电后该器件将恢复默认参数。

BQ76952 器件中的 OTP 存储器最初为零。每个位都可以保留为“0”或写入“1”，但无法从“1”写回“0”。OTP 存储器包括数据存储器配置设置的两个完整映像。上电时，该器件会将第一个 OTP 映像中的每个设置与第二个 OTP 映像中的相应设置以及相应设置的默认值进行异或运算，并将结果值存储到 RAM 寄存器中以供运行期间使用。这允许使用第一个映像将任何设置更改为默认值以外的值，然后使用第二个映像更改回至默认值。OTP 存储器还包含一个 16 位签名，该签名通过大多数设置计算得出并存储在 OTP 中。当该器件上电时，它将读取 OTP 设置并检查签名是否与存储的签名匹配，以防止读取中的位错误或存储器损坏。如果检测到签名错误，该器件将引导至默认配置（就像清除 OTP 一样）。

该器件支持多达 8 个不同的签名值，因此可以对 OTP 进行多达 8 个部分的更改，并相应地更新签名。OTP 签名不包括制造数据（可使用 `0x0070 MANU_DATA()` 子命令获取），也不包括任何被写入 OTP 的 PF 状态数据（可使用 `0x0053 SAVED_PF_STATUS()` 子命令进行读取）。

通常在该器件组装到 PCB 之后，但在电芯连接到电路板之前写入 OTP 内存设置。根据规范，对 OTP 存储器设置进行编程要求在 BAT 引脚上施加电压并且温度处于允许的范围之内。首先使用串行通信接口将所有的配置设置加载到寄存器中（请参阅章节 9）。可以发送 `0x00A0 OTP_WR_CHECK()` 子命令来启动自检，以确定是否可以完成 OTP 写入。发送此子命令时，该器件必须处于 FULLACCESS 和 CONFIG_UPDATE 模式。表 3-1 显示了该器件返回的 `0x00A0 OTP_WR_CHECK()` 信息。

表 3-1. `0x00A0 OTP_WR_CHECK()` 位定义

字节 0		
位	名称	说明
7	Programming OK	如果设置了该位，则满足编程条件，并且不会设置该字节中其余的任何位。
6	保留	
5	已锁定	该器件未处于 FULLACCESS 和 CONFIG_UPDATE 模式，或已设置 OTP 锁定位以防止进一步修改。
4	No_SIG	无法写入签名（表明已过多次地写入该签名）。
3	No_DATA	无法对数据进行编程（表明已过多次地对数据进行编程；没有剩余位或位）。
2	HighTemp	测得的内部温度高于允许的 OTP 编程温度范围。
1	LowVoltage	测得的电池组电压低于允许的 OTP 编程电压。
0	HighVoltage	测得的电池组电压高于允许的 OTP 编程电压。
字节 1、2		
如果设置了字节 0 位 3，那么字节 1 和字节 2 将包含第一个无法编程的数据值地址的 LSB 和 MSB。		

如果自检成功，则可以通过发送 `0x00A1 OTP_WRITE()` 子命令来启动实际的 OTP 写入。该子命令提供与上述 `0x00A0 OTP_WR_CHECK()` 子命令相同的反馈，如果编程成功完成，则设置字节 0 位 7。OTP 编程时间取决于必须编程的字节数，器件每编程一个字节大约需要 200 μ s。

如果设置了 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_EN]**，则提供了特殊的例外情况，允许在正常运行期间将制造数据和 PF 状态数据编程到 OTP 中。

备注

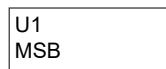
如上所述，可以在 CONFIG_UPDATE 模式下使用器件设置写入制造数据，但也可以在 FULLACCESS 模式下使用 MANU_DATA() 子命令写入这些数据。当使用该子命令写入制造数据或写入 PF 状态数据（需要 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_OTP] = 1** 并且 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_EN] = 1**）时，仍会检查 BAT 上所需的最小电压并进行编程，但最大电压不限于指定的电平，因为这在正常系统运行期间可能是不切实际的。在系统正常运行期间，该 OTP 编程以每字节大约 125ms 的缓慢速率执行。

3.3 数据格式

3.3.1 无符号整数

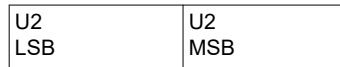
无符号整数以小端字节序的顺序存储为 1 字节、2 字节或 4 字节值，无需更改。

0



0

1

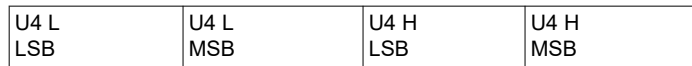


0

1

2

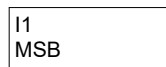
3



3.3.2 整数

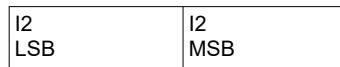
整数值采用二进制补码格式以小端字节序的顺序存储为 1 字节、2 字节或 4 字节值。

0



0

1

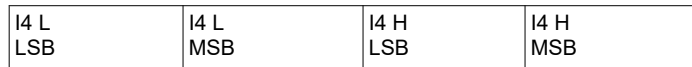


0

1

2

3



3.3.3 浮点

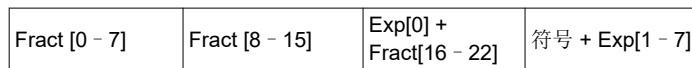
使用 IEEE754 单精度 4 字节格式以小端字节序的顺序存储浮点值。

0

1

2

3



其中：

Exp : 以 127 的偏移偏置存储的 8 位指数。00 和 FF 这两个值具有独特的含义。

Fract : 23 位小数。如果指数大于 0，则尾数为 1.fract。如果指数为 0，则尾数为 0.fract。

浮点值取决于指数的独特情况：

- 如果指数为 FF 且小数为零，则表示 \pm 无穷大。
- 如果指数为 FF 且小数为非零值，则表示“非数字”(NaN)。
- 如果指数为 00，则该值是表示为 $(-1)^{\text{符号}} \times 2^{-126} \times 0.$ 小数的非规格化数。
- 否则，该值是表示为 $(-1)^{\text{符号}} \times 2^{(\text{指数} - 127)} \times 1.$ 小数的规格化数。

3.3.4 十六进制

位寄存器定义以无符号整数格式存储。

4.1 电压测量

BQ76952 器件集成了一个电压 ADC (在电芯电压测量之间进行多路复用)、一个内部温度传感器和多达九个外部热敏电阻，还可以测量 VC16 引脚、PACK 引脚、LD 引脚、库仑计数器使用的内部 Vref 以及用于诊断的 VSS 电压轨的电压。BQ76952 器件支持测量串联配置 (从 3 节串联到 16 节串联) 中单个电芯的差分电压。每个电芯电压测量值是两个相邻电芯输入引脚之间 (如 VC1-VC0、VC2-VC1 等) 电压的差分测量值。根据进行调整和校准校正处理电池电压测量值后，使用 1mV 的单位以 16 位分辨率报告。ADC 的原始 24 位数字输出也可使用 32 位子命令读出 (24 位数据包含在 32 位数据的低位 3 字节中，并经过符号扩展以创建高位字节)。电芯电压测量值可支持从 -0.2V 到 5.5V 的推荐电压范围。如果施加的电芯电压超过 $5 \times VREF1$ (约 6.06V) 的水平，器件可能报告 -6.06V 的值 (电芯电压原始计数同样也会报告 -8388608 的值)。为了获得最佳性能，推荐最大输入保持在 5.5V。使用下述命令可以测量 16 位电芯和 VC16 (电池组)、PACK 和 LD 引脚电压。

表 4-1. 读取 16 位电压测量值的命令

命令	名称	单位
0x14 和 0x15	Cell 1 电压	mV
0x16 和 0x17	Cell 2 电压	mV
0x18 和 0x19	Cell 3 电压	mV
0x1A 和 0x1B	Cell 4 电压	mV
0x1C 和 0x1D	Cell 5 电压	mV
0x1E 和 0x1F	Cell 6 电压	mV
0x20 和 0x21	Cell 7 电压	mV
0x22 和 0x23	Cell 8 电压	mV
0x24 和 0x25	Cell 9 电压	mV
0x26 和 0x27	Cell 10 电压	mV
0x28 和 0x29	Cell 11 电压	mV
0x2A 和 0x2B	Cell 12 电压	mV
0x2C 和 0x2D	Cell 13 电压	mV
0x2E 和 0x2F	Cell 14 电压	mV
0x30 和 0x31	Cell 15 电压	mV
0x32 和 0x33	Cell 16 电压	mV
0x34 和 0x35	电池组 (VC16 引脚) 电压	userV
0x36 和 0x37	PACK 引脚电压	userV
0x38 和 0x39	LD 引脚电压	userV

4.1.1 电压测量时间表

BQ76952 电压测量在由多个测量槽组成的测量环路中进行。在每个环路上测量所有的 16 个电芯电压，一个插槽用于测量 VC16 或 PACK 或 LD 引脚电压之一，一个插槽用于测量内部温度或 Vref 或 VSS，然后最多三个插槽用于测量热敏电阻或多功能引脚电压 (ADCIN 功能)。通过三个环路可完成一整套测量。一个测量环路由 18 个

(如果没有启用热敏电阻或 ADCIN)、19 个 (如果启用了 一个热敏电阻或 ADCIN)、20 个 (如果启用了 两个热敏电阻或 ADCIN) 或 21 个 (如果启用了 三个或更多热敏电阻或 ADCIN) 测量槽组成。

测量环路的速度可通过设置进行控制。每个电压测量 (插槽) 需要 3ms (如果设置 **Settings:Configuration:Power Config:FASTADC** 则需要 1.5ms)，因此每个环路有 21 个插槽的典型测量环路需要 63ms (如果设置 **Settings:Configuration:Power Config:FASTADC**，则需要 31.5ms)。如果不需要那么快的测量数据，可以将测量环路的计时编程为较慢的速度，这将在测量槽之后的每个环路中注入空插槽。在 NORMAL 模式下，使用较慢的环路速度将降低器件的功耗。这是使用 **Settings:Configuration:Power Config:LOOP_SLOW_0** 和 **LOOP_SLOW_1** 配置位设置的，如下所示。例如，假设一个典型的测量环路，每个环路具有 21 个插槽 (63ms)，并且这些设置配置为半速 (126ms)，器件将在每个测量环路的 21 个插槽后注入 21 个纯电流插槽。

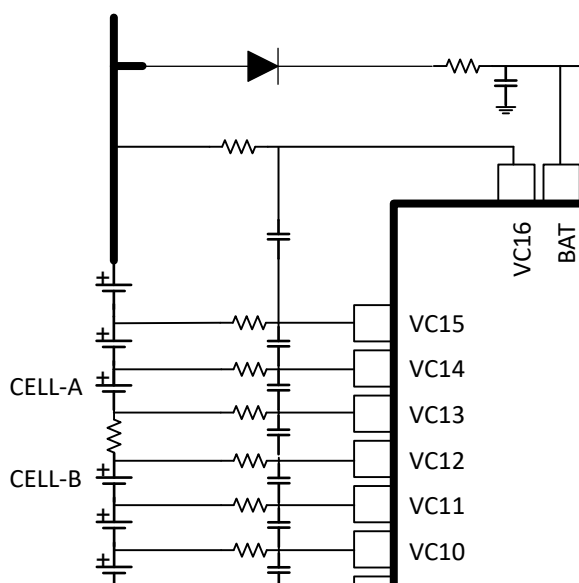
表 4-2. 电压测量时间表

LOOP_SLOW_1	LOOP_SLOW_0	测量环路循环时间
0	0	63ms
0	1	126ms
1	0	252ms
1	1	504ms

4.1.2 电芯与互连的 VC 引脚的使用情况

如果 BQ76952 器件用于 16 个电芯以下串联的系统，可以利用额外的电芯输入来提高测量性能。例如，电池包中的两个电芯之间可能存在长连接，因此电芯之间可能存在较大的互连电阻，如图 4-1 中 CELL-A 和 CELL-B 之间所示。通过将 VC12 连接到 CELL-B 的正极端子附近，将 VC13 连接到 CELL-A 的负极端子附近，可以对 CELL-A 和 CELL-B 进行更精确的电芯电压测量，因为电芯之间互连电阻上的 I·R 电压不包含在任何电芯电压测量中。由于该器件报告互连电阻两端的电压和 *DASTATUS1 - 4()* 中的同步电流，因此在操作期间还可以计算和监控 CELL-A 和 CELL-B 之间的互连电阻。建议在以这种方式连接的电芯输入端上添加串联电阻和旁路电容器，如下所示。

注意：每个电芯输入的差分输入不得低于 $-0.3V$ (绝对最大数据表限值)，推荐的最小电压为 $-0.2V$ 。因此，互连电阻上的 I·R 压降不得违反此要求，这一点很重要。


图 4-1. 使用电芯输入引脚进行互连测量

如果不需要这种跨互连的连接（或者最好避免额外的电阻器和电容器），应将未使用的电芯输入引脚短接到相邻的电芯输入引脚，如图 4-2 中的 VC13 所示。

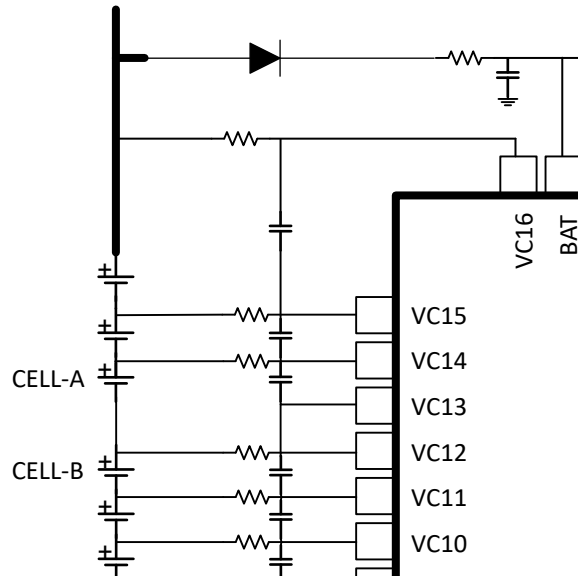


图 4-2. 终止未使用的电芯输入引脚

Settings:Configuration:Vcell mode 配置寄存器用于指定实际电芯使用哪些电芯输入。该器件使用此信息禁用与用于测量互连或根本不使用的输入相关的电芯电压保护。所有输入的电压测量值均以 16 位格式（单位为 mV）和 32 位格式（单位为原始 ADC 计数）报告，无论这些测量是否用于电芯。

4.1.3 电芯互连电阻

如果电芯之间的互连测量不切实际或不必要，BQ76952 器件还在 **Settings:Interconnect Resistances:Cell 1 Interconnect - Cell 16 Interconnect** 中包含了电芯互连电阻的固定设置，单位为 $m\Omega$ 。在报告最终的电芯电压值之前，该器件将从每个差分电芯电压测量值中减去测量的电流乘以这些互连电阻值。

4.2 通用的 ADCIN 功能

BQ76952 器件上的几个多功能引脚如果不用于其他用途，可用于测量通用的 ADC 输入 (ADCIN)。这些引脚包括 TS1、TS2、TS3、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG、DDSG 和 ALERT。当用于 ADCIN 功能时，ADC 使用内部带隙基准，ADC 的输入范围限制为 REG18 引脚电压。ADC 的数字满量程范围实际为 $1.6667 \times VREF1$ ，在正常工作期间约为 2.02V。要为该功能配置多功能引脚，请参阅节 6.4。

当引脚配置为 ADCIN 功能时，使用通常报告该引脚上的热敏电阻温度的命令报告电压，单位为 mV。例如，如果 TS1 配置为 ADCIN 功能，那么 `0x70 TS1 Temperature()` 命令将返回一个对应于该引脚电压的 16 位有符号值，单位为 mV。

当使用 TS1 引脚进行测量时，BQ76952 器件还会在 `0x0076 DASTATUS6()` 中报告原始 ADC 计数。可以在制造过程使用该数据来更好地校准 ADCIN 功能。

4.3 库仑计数器和数字滤波器

BQ76952 器件使用一个低侧检测电阻器监测电池包电流，该电阻器通过外部 RC 滤波器连接到 SRP 和 SRN 引脚，连接该滤波器时，充电电流将在 SRP 上产生相对于 SRN 的正电压。该器件支持 $1m\Omega$ 或以下的检测电阻。SRP 和 SRN 之间的差分电压通过集成库仑计数器 ADC 进行数字化，该 ADC 可以对 $\pm 200mV$ 范围内的电压进行数字化，并使用多个数字滤波器对瞬时电流、平均电流和积分电流进行优化测量。这些引脚还可以支持相对于 VSS 更高的正电压（例如在放电条件下过流或短路期间可能发生的电压），而不会损坏器件，尽管在这种情况下不会准确地对电流进行数字化。提供了多个数字化电流值，包括两个使用单独的硬件数字滤波器 CC1 和 CC2，以及一个固件滤波器 CC3。

电流报告的单位为 userA，可以使用 **Settings:Configuration:DA Configuration:[USER_AMPS_1:0]** 配置设置将其编程为 0.1mA、1mA、10mA 或 100mA。鉴于 16 位值的范围为 -32768 至 +32767，这允许表示范围为 -3276A 至 +3276A 的电流。

表 4-3. 电流测量单位

USER_AMPS_1	USER_AMPS_0	用于报告的单位
0	0	0.1 mA
0	1	1mA
1	0	10mA
1	1	100mA

CC1 滤波器生成一个 16 位的电流测量值，用于电荷积分和其他决策目的，当该器件在 NORMAL 模式下运行时每 250ms 生成一个输出。可以从 `0x0075 DASTatus5()` 子命令获取 CC1 数据。

CC2 滤波器生成 24 位电流测量值，用于电流报告，当该器件在 NORMAL 模式下运行时每 3ms 生成一个输出（如果设置了 **Settings:Configuration:Power Config[FASTADC]** 位，则可以将其降低为每 1.5ms 生成一个输出，此时测量分辨率会降低）。使用 `0x3A CC2 Current()` 命令以 16 位格式报告该值。32 位 CC2 数据可作为原始库仑计数器 ADC 从 `0x0075 DASTATUS5()` 子命令计数（24 位数据包含在 32 位数据的三个低位字节中，并且进行符号扩展以创建高位字节）。

CC3 滤波器输出是 CC2 电流样本可编程数量的平均值（高达 255 个），这些样本数是使用 **Settings:Configuration:CC3 Samples** 配置设置来设置的。使用 `0x0075 DASTATUS5()` 子命令以 16 位格式报告 CC3 输出。也可以通过 `0x0075 DASTATUS5()` 子命令以 ADC 计数为单位提供 32 位 CC3 数据（平均数据包含在 32 位数据的低位字节中，并且进行符号扩展以包含在高位字节）。

可以通过 `0x0076 DASTATUS6()` 子命令以 64 位值的形式提供积分通过电荷，其中包括以 userAh 为单位的累积电荷的高 32 位，作为小数部分的累积电荷的低 32 位，以及 32 位累积时间，在该时间上以秒为单位对电荷进行积分。可以使用 `0x0082 RESET_PASSQ()` 子命令重置累积电荷积分和计时器。如果该器件经历部分复位或使用 RST_SHUT 引脚复位，则应发送 `0x0082 RESET_PASSQ()` 以确保正确初始化电荷累积。

4.4 同步电压和电流测量

在正常运行期间，电芯电压使用单个多路复用 ADC 按顺序数字化，而电流由专用库仑计数器 ADC 连续数字化。电流测量是与每个电芯电压测量同步进行的，可用于单个电芯阻抗分析。可以通过数字通信接口读取正在进行的周期性电流测量值，而与特定电芯电压测量值同步的测量值与相关电芯电压测量值成对存储，以便单独读出。同步电压和电流数据通过 `0x0071-0x0074` 子命令获取，单位为原始 ADC 计数。测量电芯 1 电压并将其存储为 `Cell 1 Voltage Cnts()`，同时测量电流并将其存储为 `Cell 1 Current Cnts()`，对于所有其他电芯也是如此。从块子命令读取此数据可确保一起读取同步对齐的电压和电流数据。

4.5 子命令 0x0071 - 0x0074 DASTATUS1-4()、电芯电压和同步电流计数

`0x0071 DASTATUS1()`、`0x0072 DASTATUS2()`、`0x0073 DASTATUS3()` 和 `0x0074 DASTATUS4()` 子命令以 32 位格式提供电芯电压测量，以及与每次电芯电压测量同时进行的同步电流测量的原始 ADC 计数。注意：数据转换器仅生成 24 位原始数据，但这些数据以 32 位数字格式提供（24 位数据包含在 32 位数据的低位 3 字节中，并经过符号扩展以创建高位字节）。为电芯电压测量的原始 ADC 数据使用 $\pm(5 \times V_{REF1})$ 的数字满量程范围，但实际上无法测量比 -0.2V 更低的电芯电压测量值。为电流测量提供的原始库仑计数器 ADC 数据使用数字满量程范围 $\pm(V_{REF2}/5)$ 。

32 位电芯电压计数数据的 LSB 值约为 $5 \times V_{REF1} / 2^{23} \cong 5 \times 1.212V / 2^{23} \cong 0.722 \mu V$ 。请注意，尚未使用内部出厂增益和失调电压微调校正来处理此数据，这些校正用于计算由 `Cell # Voltage()` 命令提供的 16 位数据。

32 位电流计数数据的 LSB 值约为 $V_{REF2} / (5 \times 2^{23}) \cong 1.24V / (5 \times 2^{23}) \cong 29.56nV$ 。

备注

该数据不用于处理增益或失调电压的此数据，而用于计算由 *CC2 Current()* 和 *CC3 Current()* 命令提供的 16 位电流数据。

更多详细信息如下表所示。

表 4-4. 电芯电压和同步电流计数

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0071	0 - 3	电芯 1 电压计数	ADC 计数
	4 - 7	电芯 1 电流计数	ADC 计数
	8 - 11	电芯 2 电压计数	ADC 计数
	12 - 15	电芯 2 电流计数	ADC 计数
	16 - 19	电芯 3 电压计数	ADC 计数
	20 - 23	电芯 3 电流计数	ADC 计数
	24 - 27	电芯 4 电压计数	ADC 计数
	28-31	电芯 4 电流计数	ADC 计数
0x0072	0 - 3	电芯 5 电压计数	ADC 计数
	4 - 7	电芯 5 电流计数	ADC 计数
	8 - 11	电芯 6 电压计数	ADC 计数
	12 - 15	电芯 6 电流计数	ADC 计数
	16 - 19	电芯 7 电压计数	ADC 计数
	20 - 23	电芯 7 电流计数	ADC 计数
	24 - 27	电芯 8 电压计数	ADC 计数
	28-31	电芯 8 电流计数	ADC 计数
0x0073	0 - 3	电芯 9 电压计数	ADC 计数
	4 - 7	电芯 9 电流计数	ADC 计数
	8 - 11	电芯 10 电压计数	ADC 计数
	12 - 15	电芯 10 电流计数	ADC 计数
	16 - 19	电芯 11 电压计数	ADC 计数
	20 - 23	电芯 11 电流计数	ADC 计数
	24 - 27	电芯 12 电压计数	ADC 计数
	28-31	电芯 12 电流计数	ADC 计数
0x0074	0 - 3	电芯 13 电压计数	ADC 计数
	4 - 7	电芯 13 电流计数	ADC 计数
	8 - 11	电芯 14 电压计数	ADC 计数
	12 - 15	电芯 14 电流计数	ADC 计数
	16 - 19	电芯 15 电压计数	ADC 计数
	20 - 23	电芯 15 电流计数	ADC 计数
	24 - 27	电芯 16 电压计数	ADC 计数
	28-31	电芯 16 电流计数	ADC 计数

4.6 子命令 0x0075 - 0x0077 *DASTATUS5 - 7()*、其他测量值

0x0075 DASTATUS5() 子命令提供 REG18 LDO 电压、VSS 引脚的电压测量值，以及电芯电压测量值的最小计算值、最大计算值和总计算值。它还提供用于电芯和 FET 温度，最小、最大和平均电芯温度，以及 CC1 和 CC3 电流值的读数。

由于 VREF2 测量值是由电压 ADC 使用 VREF1 测量的，因此 REG18 电压测量值提供了一个参考值与另一个参考值之间的比率信息，该比率应保持近似不变。该测量值可用作诊断检查，以确定一个参考值相对于另一个参考值是否发生了变化。

VSS 测量作为附加诊断测量包含在内，以确保 ADC 输入多路复用器正常工作。此测量通常应得出接近 0 的值。如果发生内部故障，导致 ADC 输入多路复用器卡在特定设置（例如电芯输入）上，VSS 测量值将显著升高。如果多路复用器卡在互连测量或 VSS 等设置上，电芯电压测量值将报告为极低电压。

电池电压 Ssum 是所有启用的电芯电压测量值的总和，以 cV (10mV) 为单位进行报告。可将此值与 *0x34 Stack Voltage()* 进行比较，并用作诊断检查。

备注

由于是由同一 ADC 在不同的时间进行测量，因此电芯电压的瞬态变化可能会导致电芯电压总和与电池组测量值之间存在差异，因此需要加以考虑。

32 位原始 CC2 计数和原始 CC3 计数数据的 LSB 值约为 $V_{REF2} / (5 \times 2^{23}) \cong 1.24V / (5 \times 2^{23}) \cong 29.56nV$ 。

备注

该数据未用于处理增益或失调电压，而用于计算由 *CC2 Current()* 和 *CC3 Current()* 命令提供的 16 位电流数据。

表 4-5 提供了更多详细信息。

表 4-5. 0x0075 DASTATUS5() 子命令详细信息

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0075	0-1	V _{REG18}	16 位 ADC 计数
	2 - 3	VSS	16 位 ADC 计数
	4-5	最大电芯电压	mV
	6-7	最小电芯电压	mV
	8-9	电芯电压总和	cV
	10-11	平均电芯温度	0.1K
	12-13 日	FET 温度	0.1K
	14 - 15	最高电芯温度	0.1K
	16-17	最低电芯温度	0.1K
	18 - 19	平均电芯温度	0.1K
	20-21	CC3 电流	userA
	22 - 23	CC1 电流	userA
	24 - 27	CC2 计数	32 位 ADC 计数
	28-31	CC3 计数	32 位 ADC 计数

0x0076 DASTATUS6() 子命令提供累积电荷值和相关计时器。该子命令还包含 CFETOFF、DFETOFF、ALERT、TS1 和 TS2 引脚测量的 32 位原始 ADC 计数，可用于客户校准器件的通用 ADC 输入测量能力。

CFETOFF、DFETOFF、ALERT、TS1、TS2、TS3、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚的 32 位原始 ADC 计数数据具有不同的 LSB 值，具体取决于引脚配置为热敏电阻测量模式还是通用 ADC (ADCIN) 输入模式。配置为热敏电阻测量时，原始 ADC 计数的 LSB 约为 $5 / 3 \times 1.8V / 2^{23} \cong 0.358 \mu V$ 。配置为 ADCIN 测量时，原始 ADC 计数的 LSB 约为 $5 / 3 \times V_{REF1} / 2^{23} \cong 5 / 3 \times 1.212V / 2^{23} \cong 0.241 \mu V$ 。请注意，尚未使用增益和失调电压微调校正来处理此数据，此数据用于计算 ADCIN 模式下由温度命令（例如 *TS1 Temperature()*）提供的 16 位数据。

此子命令的详细信息如下所示。

表 4-6. 0x0076 DASTATUS6() 子命令详细信息

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0076	0 - 3	累积电荷 (整数部分)	userAh 中 32 位带符号整数部分
	4 - 7	累积电荷 (小数部分) , 复位时初始化为 0.5 userAh	userAh 中 32 位小数部分
	8 - 11	累积时间	32 位无符号整数, 单位为秒
	12 - 15	CFETOFF 计数	32 位 ADC 计数
	16 - 19	DFETOFF 计数	32 位 ADC 计数
	20 - 23	警报计数	32 位 ADC 计数
	24 - 27	TS1 计数	32 位 ADC 计数
	28-31	TS2 计数	32 位 ADC 计数

0x0077 DASTATUS7() 子命令为 TS3、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚测量提供 32 位原始 ADC 计数, 可用于客户校准器件的通用 ADC 输入测量能力。此子命令的详细信息如下所示。

表 4-7. 0x0077 DASTATUS7() 子命令详细信息

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0077	0 - 3	TS3 计数	32 位 ADC 计数
	4 - 7	HDQ 计数	32 位 ADC 计数
	8 - 11	DCHG 计数	32 位 ADC 计数
	12 - 15	DDSG 计数	32 位 ADC 计数
	16 - 31	保留	-

4.7 内部温度测量

BQ76952 器件集成了通过数字化内部晶体管基极-发射极电压来测量其内部裸片温度的功能。该电压作为测量循环的一部分定期测量, 并使用 *0x68 Int Temperature()* 命令进行处理以提供温度值。

通过设置 **Settings:Configuration:DA Configuration[TINT_EN]** 配置位并使 **Settings:Configuration:DA Configuration[TINT_FETT]** 位保持清零, 该内部温度测量可以用于电芯温度保护和使用最小、最大或平均电芯温度的逻辑。同时设置 **Settings:Configuration:DA Configuration[TINT_EN]** 和 **Settings:Configuration:DA Configuration[TINT_FETT]**, 该内部温度测量反而可以用于 FET 温度, 尽管在这种情况下不会用于电芯温度。

温度计算方法如下所示:

$$\text{内部温度 (以 0.1K 为单位)} = (\text{ADC 值}) \times \text{Calibration:Internal Temp Model:Int Gain/65536} + \text{Calibration:Internal Temp Model:Int base offset} + \text{Calibration:Temperature:Internal Temp Offset}$$

不过, 如果 (ADC 值) 大于 **Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum AD**, 则使用 **Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum AD** 作为 ADC 值来计算报告的内部温度。如果计算出的内部温度大于 **Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum Temp**, 则将报告的内部温度设置为 **Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum Temp**。

4.8 热敏电阻温度测量

BQ76952 器件包含一个片上温度测量装置, 还可以在多功能引脚 (TS1、TS2、TS3、CFETOFF、DFETOFF、ALERT、HDQ、DCHG 和 DDSG) 上支持多达九个外部热敏电阻。该器件包含一个内部上拉电阻器, 用于在测量期间对热敏电阻进行偏置。

内部上拉电阻器有两个选项, 可以将上拉电阻器设置为 18kΩ 或 180kΩ (或者根本不设置)。18kΩ 选项旨在与 Semitec 103AT 等热敏电阻一起使用, 其在室温下的电阻为 10kΩ。180kΩ 旨在与 Semitec 204AP-2 等电阻更高的热敏电阻一起使用, 其在室温下的电阻为 200kΩ。电阻器的阻值是在工厂生产中测量的, 并存储在器件内, 以

便在温度计算时使用。各个引脚配置寄存器确定哪个引脚用于热敏电阻测量、使用的上拉电阻值是多少，以及热敏电阻测量是用于电芯还是 FET 温度读数。有关这些引脚配置寄存器的更多详细信息，请参阅节 6.4。

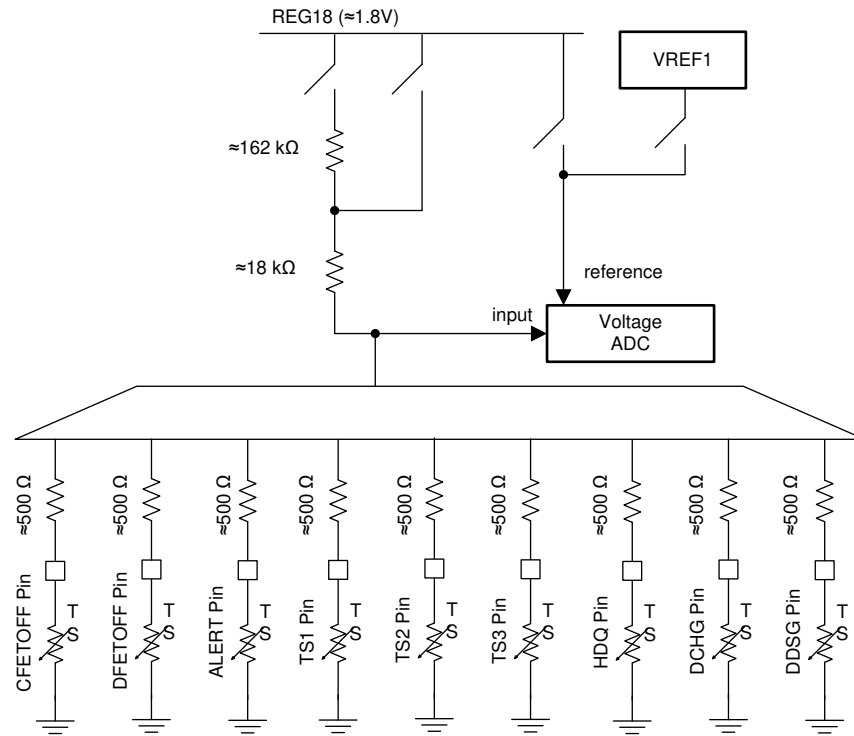


图 4-3. 外部热敏电阻偏置

表 4-8. 温度测量命令

命令地址	名称	注释
0x68	Int Temperature	内部芯片温度
0x6A	CFETOFF Temperature	CFETOFF 引脚热敏电阻
0x6C	DFETOFF Temperature	DFETOFF 引脚热敏电阻
0x6E	ALERT Temperature	ALERT 引脚热敏电阻
0x70	TS1 Temperature	TS1 引脚热敏电阻
0x72	TS2 Temperature	TS2 引脚热敏电阻
0x74	TS3 Temperature	TS3 引脚热敏电阻
0x76	HDQ Temperature	HDQ 引脚热敏电阻
0x78	DCHG Temperature	DCHG 引脚热敏电阻
0x7A	DDSG Temperature	DDSG 引脚热敏电阻

使用温度模型从测量的 ADC 值计算温度，其中包含增益、失调电压和多项式计算。该器件包含配置寄存器，该配置寄存器基于 **Calibration:18K Temperature Model** 中 18kΩ 上拉电阻的一个温度模型，并基于 **Calibration:180K Temperature Model** 中 180kΩ 上拉电阻的第二温度模型。这允许将一种类型的热敏电阻用于测量电芯温度，将另一种类型的热敏电阻用于测量 FET 温度。这些模型的默认参数与 Semitec 103-AT and 204AP-2 热敏电阻匹配。

为了提供高精度的温度结果，该器件使用与用于偏置热敏电阻上拉电阻的相同 1.8V LDO ADC 参考电压，从而实现比例测量，消除了 LDO 电压电平导致的误差。该器件可以处理数字热敏电阻电压，以基于多阶多项式计算温度，用户可根据所选的特定热敏电阻对其进行编程。

4.9 电压 ADC 的出厂修整

BQ76952 器件包含用于电芯电压 ADC 测量的出厂修整，这样即使客户未执行进一步校准，也可以优化电压测量性能。客户可以在生产线上进行校准，以进一步优化系统性能。修整信息用于校准原始 ADC 读数，然后再将其报告为 16 位电压值。对于以 ADC 计数为单位生成的 32 位 ADC 电压数据，会在报告前通过减去存储的偏移修整值对其进行修改。生成的报告数据不包含任何进一步的校正（例如增益），因此客户需要在使用前对其进行处理。

该器件还包含对电压测量（使用多功能引脚以及 TS1、TS2 和 TS3 引脚上的通用 ADC 输入功能执行）的出厂增益修整。使用 `0x0076 - 0x0077 DASTATUS6-7()` 子命令为 32 位 ADC 计数中的每个引脚提供原始 ADC 读数。

4.10 电压校准 (ADC 测量)

BQ76952 器件包含可选功能，供客户分别校准每个电芯电压增益、电池组电压增益、PACK 引脚电压增益和 LD 引脚电压增益，以及多功能引脚通用 ADC 测量值。包含失调电压校准值 **Calibration:Vcell Offset:Vcell Offset** 用于电芯电压测量，**Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset** 用于 TOS（电池组）、PACK 和 LD 电压测量。校准期间确定的电芯电压增益写入 **Calibration:Voltage:Cell 1 Gain - Cell 16 Gain**，其中 **Cell 1 Gain** 用于测量 VC1-VC0，**Cell 2 Gain** 用于测量 VC2-VC1，以此类推。同样，TOS 电压的校准电压增益应写入 **Calibration:Voltage:TOS Gain**，PACK 引脚电压增益应写入 **Calibration:Voltage:Pack Gain**，LD 引脚电压增益应写入 **Calibration:Voltage:LD Gain**，多功能引脚通用 ADCIN 测量增益应写入 **Calibration:Voltage:ADC Gain**。

如果未写入校准增益配置值，BQ76952 器件将使用出厂调整或各自增益值的默认值。写入校准增益配置值时，器件将使用该值代替任何出厂调整或默认增益。在报告最终电压值之前，首先通过减去存储的失调电压调整值来校正原始 ADC 测量数据（以计数为单位），然后应用增益，再减去 **Calibration:Vcell Offset:Vcell Offset**（用于电芯电压测量）或 **Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset**（用于 TOS、PACK 或 LD 电压测量）。

如果数据存储器值未被覆盖，在 FULLACCESS 模式下，可以从电芯增益数据存储寄存器读取电芯增益参数的出厂调整值，但在 CONFIG_UPDATE 模式下不能读取。在 CONFIG_UPDATE 模式下，如果电芯增益值未被覆盖，则会读回所有的零值，或读回任何已写入这些寄存器的值。退出 CONFIG_UPDATE 模式后，读回电芯增益参数将提供当前在操作中使用的值。

电芯电压校准可以通过向电芯输入端施加两个精确的直流电压（例如 2.5V 和 4.5V），并对从 `0x0071 - 0x0074 DASTATUS1 - 4()` 子命令获得的每个电压的 32 位计数中的多个原始 ADC 测量值进行平均来实现。然后，增益可以计算为：

$$\text{Cell Gain} = \frac{2^{24} \times (\text{Voltage_1}_{\text{in mV}} - \text{Voltage_2}_{\text{in mV}})}{(\text{32-bit ADC counts})_{\text{Voltage_1}} - (\text{32-bit ADC counts})_{\text{Voltage_2}}}$$

现在可以按如下公式计算电芯电压测量的失调电压：

$$\text{Cell Offset} = \frac{(\text{Cell Gain}) \times (\text{32-bit ADC counts})_{\text{Voltage_2}}}{2^{24}} - \text{Voltage_2}_{\text{in mV}}$$

TOS、PACK 引脚和 LD 引脚增益测量的校准可以通过类似地向输入施加两个精确的直流电压，并对由 `0xF081 READ_CAL1()` 子命令的 16 位计数提供的多个原始 ADC 测量值进行平均来实现。注意：可以跳过其中一个电压以减少校准时间。然后，增益可以计算为：

$$\text{TOS / PACK / LD Gain} = \frac{2^{16} \times (\text{Voltage_1}_{\text{in cV}} - \text{Voltage_2}_{\text{in cV}})}{(\text{16-bit ADC counts})_{\text{Voltage_1}} - (\text{16-bit ADC counts})_{\text{Voltage_2}}}$$

ADCIN 测量可采用与电芯电压增益校准类似的方式进行校准。可以向所选引脚施加一个或两个精确的直流电压，并从 `0x0076 DASTATUS6()` 或 `0x0077 DASTATUS7()` 子命令中获取每个电压的 32 位计数。然后，增益可以计算为：

$$\text{ADC Gain} = \frac{2^{24} \times (\text{Voltage}_{_1 \text{ in mV}} - \text{Voltage}_{_2 \text{ in mV}})}{(\text{32-bit ADC counts})_{\text{Voltage}_{_1}} - (\text{32-bit ADC counts})_{\text{Voltage}_{_2}}}$$

尽管应根据器件电气规格限制用于上述测量的电压，但电芯测量的有效满量程数字范围为 $5 \times \text{VREF1}$ ，ADCIN 测量的有效满量程数字范围为 $1.667 \times \text{VREF1}$ 。使用 1.212V 的 VREF1 值，电芯测量的标称增益为 12120，而 ADCIN 测量的标称增益为 4040。报告的电压计算如下：

`Cell # Voltage()` = `Calibration:Voltage:Cell # Gain` × (16 位 ADC 计数) / 65536 - `Calibration:Vcell Offset:Vcell Offset`
`Stack Voltage()` = `Calibration:Voltage:TOS Gain` × (16 位 ADC 计数) / 65536 - `Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset`
`PACK Pin Voltage()` = `Calibration:Voltage:Pack Gain` × (16 位 ADC 计数) / 65536 - `Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset`
`LD Pin Voltage()` = `Calibration:Voltage:LD Gain` × (16 位 ADC 计数) / 65536 - `Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset`
 ADCIN 电压 = `Calibration:Voltage:ADC Gain` × (16 位 ADC 计数) / 65536

备注

`Cell # Voltage()` 和 `Calibration:Vcell Offset:Vcell Offset` 都使用单位 mV。分压器电压 (`Stack Voltage()`)、`PACK Pin Voltage()` 和 `LD Pin Voltage()`) 和 `Calibration:Vdiv Offset:Vdiv Offset` 都使用单位 userV。

4.11 电压校准 (COV 保护和 CUV 保护)

BQ76952 器件包含可选功能，供客户在生产线上校准 COV (电芯过压) 和 CUV (电芯欠压) 保护阈值，以提高系统的阈值精度或实现器件可提供的预设阈值之间的阈值。

在器件处于 CONFIG_UPDATE 模式时执行此校准。为了校准 COV 阈值，首先在 VC16 和 VC15 之间施加等于所需 COV 阈值的外部电压。接下来，主机发送 `CAL_COV()` 子命令，使 BQ76952 器件搜索适当的校准系数，以实现等于或接近施加的电压电平的 COV 阈值。此搜索完成后，子命令返回结果校准系数，并自动写入

`Protections:COV:COV Threshold Override` 配置参数。如果此参数为非零值，器件将不使用其出厂调整设置，而是使用此值。

CUV 阈值的校准与此类似，在 VC16 和 VC15 之间施加等于所需 CUV 阈值的外部电压。接下来，在 CONFIG_UPDATE 模式下时，主机发送 `CAL_CUV()` 子命令，使 BQ76952 器件搜索适当的校准系数，以实现等于或接近施加的电压电平的 CUV 阈值。此搜索完成后，子命令返回结果校准系数，并自动写入

`Protections:CUV:CUV Threshold Override` 配置参数中。

4.12 电流校准

BQ76952 器件库仑计数器 ADC 测量 SRP 和 SRN 引脚之间的差分电压，以计算系统电流。该器件包含供客户在生产线上校准库仑计数器偏移和电流增益的可选功能。

`Calibration:Current Offset:Board Offset` 配置寄存器包含以 32 位库仑计 ADC 计数/`Calibration:Current Offset:Coulomb Counter Offset Samples` 为单位的偏移值。从原始库仑计数器 ADC 计数中减去 `Calibration:Current Offset:Board Offset/Calibration:Current Offset:Coulomb Counter Offset Samples` 的值，然后将结果乘以 `Calibration:Current:CC Gain` 并进行缩放以提供最终结果，单位为 userA。

BQ76952 器件使用 `Calibration:Current:CC Gain` 和 `Calibration:Current:Capacity Gain` 配置值将 ADC 值转换为电流。`CC Gain` 反映系统中使用的检测电阻的值，而 `Capacity Gain` 就是 `CC Gain` 乘以 298261.6178。

`CC Gain` 和 `Capacity Gain` 使用 32 位 IEEE-754 浮点格式进行编码。可以通过以下公式计算检测电阻的有效值：

$$CC\ Gain = 10^6 \times VREF2 / (5 \times 32768 \times \text{以 } m\Omega \text{ 为单位的 } R_{sense})$$

使用 VREF2 的典型值 1.24V，可以通过以下公式计算 **CC Gain** 的标称值：

$$CC\ Gain = 7.5684 / (\text{以 } m\Omega \text{ 为单位的 } R_{sense})$$

为了优化该器件报告的电流测量值，可以在客户生产线上修改 **CC Gain** 的值，以匹配特定器件中 VREF2 的实际值。

4.13 温度校准

BQ76952 器件使客户能够通过存储一个失调电压值来校准生产线上的内部和外部温度测量值，该失调电压值在报告之前被添加到计算的测量值中。每个温度测量值的单独失调电压都可以存储在下述配置寄存器中。

表 4-9. 温度校准设置

段	子段	寄存器说明	注释	单位
校准	温度	内部温度偏移		0.1K
校准	温度	CFETOFF 温度偏移	CFETOFF 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	DFETOFF 温度偏移	DFETOFF 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	ALERT 温度偏移	ALERT 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	TS1 温度偏移	TS1 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	TS2 温度偏移	TS2 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	TS3 温度偏移	TS3 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	HDQ 温度偏移	HDQ 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	DCHG 温度偏移	DCHG 引脚热敏电阻	0.1K
校准	温度	DDSG 温度偏移	DDSG 引脚热敏电阻	0.1K

This page intentionally left blank.

5.1 保护概述

BQ76952 中集成了一个包含丰富保护功能的子系统，可以监控各种参数、启动保护动作并根据条件自主恢复。该器件还具有广泛的灵活性，可配置为监控和启动保护措施，但恢复由主机处理器控制；或者仅在运行需要保护措施时监控和提醒主机处理器，但动作和恢复完全由主机处理器控制。

初级保护子系统包括一套可单独启用和配置的单项保护，包括电芯欠压、过压和充电过流保护、三种独立的放电过流保护、放电短路电流保护、电芯充放电过热和欠温保护、FET 过热保护、主机处理器通信看门狗超时和 PRECHARGE 模式超时保护。电芯充电欠压、过压和过流保护、放电过流 1 和 2 以及放电短路保护基于比较器阈值，而其余保护（例如涉及温度、主机看门狗和预充电的保护）基于内部控制器上的固件。

该器件集成了用于高侧 CHG 和 DSG 保护 FET 的 NFET 驱动器，可配置为串联或并联配置。集成的电荷泵会产生电压，该电压根据主机命令或片上保护子系统设置驱动到 NFET 栅极上。此外还支持用于实现预充电和预放电功能的高侧 PFET。

BQ76952 器件中的次级保护套件可以对更严重的故障做出反应，并通过启动永久失效 (PF) 来采取行动以永久禁用电池包。次级安全提供保护，防止电芯欠压和过压安全、充放电过流安全、电芯和 FET 过热安全，电芯过压失衡、内部存储器故障和内部诊断故障。

当发生永久失效时，可以将 BQ76952 器件配置为简单地提供一个标志，或无限期禁用保护 FET，或置位 FUSE 引脚以永久禁用电池包。FUSE 引脚可用于熔断串联保险丝，还可以监控单独的次级保护器 IC 是否试图熔断保险丝。

5.2 初级保护

5.2.1 初级保护概述

BQ76952 器件为电池管理集成了一套广泛的保护措施，不仅能启用单项保护措施，还能选择哪些保护措施对 FET 进行自主控制。Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN] 配置位确定器件是处于自主控制模式（设置时）还是处于 FET 测试模式（清零时）。FET 测试模式主要用于客户生产线上，以测试单个 FET。对于现场操作，推荐使用自主控制模式，该模式仍然允许主机通过串行通信或使用 CFETOFF 和 DFETOFF 引脚禁用 FET，并阻止器件在主机允许前重新启用 FET。

通过设置相关的 Settings:Protection:Enabled Protections A - C 配置寄存器来启用各项保护措施。

Settings:Protection:Enabled Protections A 控制的保护是基于比较器的，而 Settings:Protection:Enabled Protections B and C 中的保护措施是基于固件的。

每项已启用的保护措施也可以通过设置相关配置位来控制是否将禁用特定 FET。Settings:Protection:CHG FET Protections A - C 中的位确定哪些保护措施将触发 CHG FET 被禁用，而 Settings:Protection:DSG FET Protections A - C 确定哪些将触发 DSG FET 被禁用。请注意，配置为禁用 CHG FET 的保护措施在启用时也会禁用预充电 FET。同样，配置为禁用 DSG FET 的保护措施在启用时也会禁用预放电 FET。

大多数保护措施包括器件检查是否违反特定条件，例如电压或电流阈值。一旦检测到启用的保护措施出现违规条件，就会设置安全警报。可通过 0x02 Safety Alert A、0x04 Safety Alert B 和 0x06 Safety Alert C 命令显示哪些安全警报可能存在的标志，存在上述安全警报会通过 ALERT 引脚使主机处理器中断。

大多数保护措施还包括延迟，这样如果违规条件持续一段时间，就会触发安全故障。可通过 **0x03 Safety Status A**、**0x05 Safety Status B** 和 **0x07 Safety Status C** 命令显示哪些安全故障可能存在的标志，存在上述安全警报会通过 ALERT 引脚使主机处理器中断。

安全警报和安全状态命令的格式如下所示。

表 5-1. 0x02 Safety Alert A() 命令的格式

位	名称	说明
7	SCD	存在放电短路安全警报。
6	OCD2	存在放电过流 2 安全警报。
5	OCD1	存在放电过流 1 安全警报。
4	OCC	存在充电过流安全警报。
3	COV	存在电芯过压安全警报。
2	CUV	存在电芯欠压安全警报。
1	RSVD	Reserved
0	RSVD	保留

表 5-2. 0x03 Safety Status A() 命令的格式

位	名称	说明
7	SCD	存在放电短路安全故障。
6	OCD2	存在放电过流 2 安全故障。
5	OCD1	存在放电过流 1 安全故障。
4	OCC	存在充电过流安全故障。
3	COV	存在电芯过压安全故障。
2	CUV	存在电芯欠压安全故障。
1	RSVD	保留
0	RSVD	保留

表 5-3. 0x04 Safety Alert B() 命令的格式

位	名称	说明
7	OTF	存在 FET 过热安全警报。
6	OTINT	存在内部芯片过热安全警报。
5	OTD	存在放电过热安全警报。
4	OTC	存在充电过热安全警报。
3	RSVD	保留
2	UTINT	存在内部芯片欠温安全警报。
1	UTD	存在放电欠温安全警报。
0	UTC	存在充电欠温安全警报。

表 5-4. 0x05 Safety Status B() 命令的格式

位	名称	说明
7	OTF	存在 FET 过热安全故障。
6	OTINT	存在内部芯片过热安全故障。
5	OTD	存在放电过热安全故障。
4	OTC	存在充电过热安全故障。
3	RSVD	保留
2	单位	存在内部芯片欠温安全故障。
1	UTD	存在放电欠温安全故障。
0	UTC	存在充电欠温安全故障。

表 5-5. 0x06 Safety Alert C() 命令的格式

位	名称	说明
7	OCD3	存在放电过流 3 安全警报。
6	SCDL	存在锁存的放电短路安全警报。
5	OCDL	存在锁存的放电过流安全警报。
4	COVL	存在锁存电芯过压安全警报。
3	PTOS	由于电流低于 Protections:PTO:Charge Threshold ，预充电计时器已被暂停。
2	RSVD	保留
1	RSVD	Reserved
0	RSVD	保留

表 5-6. 0x07 Safety Status C() 命令的格式

位	名称	说明
7	OCD3	存在放电过流 3 安全故障。
6	SCDL	存在锁存的放电短路安全故障。
5	OCDL	存在锁存的放电过流安全故障。
4	COVL	存在锁存的电池过压安全故障。
3	RSVD	保留
2	PTO	存在预充电超时安全故障。
1	HWDF	存在主机看门狗安全故障。
0	RSVD	保留

5.2.2 高侧 NFET 驱动器

BQ76952 器件包含一个集成电荷泵和用于驱动 CHG 和 DSG 保护 FET 的高侧 NFET 驱动程序。电荷泵使用一个连接在 BAT 和 CP1 引脚之间的外部电容器，当电荷泵启用（使用 **Settings:FET:Chg Pump Control[CPEN]** 配置位进行控制）时该电容器充电至过驱动电压。由于电荷泵将外部 CP1 引脚上的过驱动电压提高到全电压需要的时间，建议在需要快速驱动 CHG 或 DSG FET 时使电荷泵保持通电。

DSG FET 驱动器包括一个特殊选项（表示为源极跟随器模式），以在 SLEEP 模式期间使用 BAT 引脚电压驱动 DSG FET。当没有明显的充电或放电电流流动时，该功能可在 SLEEP 模式下提供低功耗。建议即使在启用源极跟随器模式时也要保持启用电荷泵，这样，只要检测到放电电流，该器件都可以快速切换为使用电荷泵电压驱动 DSG FET。通过设置 **ettings:FET:Chg Pump Control[SFMODE_SLEEP]** 配置位来启用源极跟随器模式。源极跟随器模式不适用于流过较大充电或放电电流的情况，因为 FET 会表现出较大的漏源电压并可能会过热。

使用 **Settings:FET:Chg Pump Control[LVEN]** 配置位，可以将电荷泵电压的过驱电平设置为 5.5V 或 11V。一般而言，当 FET 被驱动时，5.5V 的设置会导致较低的功率耗散，而较高的 11V 过驱会降低 FET 的导通电阻。如果在较高的过驱电平下驱动时 FET 表现出显著的栅极泄漏电流，这可能会导致电荷泵需要更高的器件电流来支持这一点。在这种情况下，使用较低的过驱电平可以降低泄漏电流，从而降低器件电流。

BQ76952 器件支持采用串联或并联配置的 FET 系统，其中并联配置包括用于充电器连接与放电（负载）连接的单独路径。在这两种情况下，器件的控制逻辑运行方式略有不同，该运行方式是根据 **Settings:FET:FET Options[SFET]** 配置位设置的。更多有关该运行方式的信息，请参阅节 5.2.3.1。

根据客户的要求，可以通过多种不同的方式来控制 BQ76952 器件中的 FET 驱动器：

完全自主

BQ76952 器件可以检测保护故障并自动禁用 FET，监测恢复情况并自动重新启用 FET，而无需任何主机处理器参与。

通过设置 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN]** 配置位来启用该模式。当发生故障时，可能会根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections A/B/C** 和 **Settings:Protection:DSG FET Protections A/B/C** 中的设置禁用 FET。

部分自主

BQ76952 器件可以检测保护故障并自动禁用 FET。当主机接收到中断并识别出故障时，主机可以写入 `0x0093 DSG_PDSG_OFF()`、`0x0094 CHG_PCHG_OFF()` 或 `0x0095 ALL_FETS_OFF()` 命令使 FET 保持关断状态，直到主机决定将其释放。也可以使用 `0x0097 FET_CONTROL()` 子命令来单独启用或禁用每个 FET。

或者，主机可以使 CFETOFF 或 DFETOFF 引脚生效，以使 FET 保持关断状态。当主机决定允许 FET 再次导通时，主机会写入 `0x0096 ALL_FETS_ON()` 命令，如果没有任何因素阻止 FET 重新启用（例如故障条件仍然存在，或者 CFETOFF 或 DFETOFF 引脚生效），BQ76952 器件将重新启用 FET。

手动控制

BQ76952 器件可以检测保护故障并通过 ALERT 引脚向主机处理器提供中断。主机处理器可以通过通信总线读取故障的状态信息（如果需要），并且可以通过驱动主机处理器的 CFETOFF 或 DFETOFF 引脚或使用 `0x0093 DSG_PDSG_OFF()`、`0x0094 CHG_PCHG_OFF()`、`0x0095 ALL_FETS_OFF()` 或 `0x0097 FET_CONTROL()` 子命令来快速强制 CHG 或 DSG FET 关断。

当主机决定允许 FET 再次导通时，主机会写入 `0x0096 ALL_FETS_ON()` 命令或使 CFETOFF 和 DFETOFF 引脚无效，如果没有的任何因素阻止 FET 重新启用，BQ76952 器件将重新启用 FET。

`0x7F FET Status()` 命令中的 `[DSG_FET]` 和 `[CHG_FET]` 位提供 FET 驱动器的状态。根据器件模式和故障状态，可能会出现仅有一个 FET 被启用，而另一个 FET 被禁用的情况。例如：

在 SLEEP 模式期间，可能禁用 CHG FET（如果清除了 **Settings:FET:FET Options[SLEEPCHG]**），而启用 DSG FET。

如果发生 COV 故障，则可能会禁用 CHG FET，而可能仍启用 DSG FET，以允许放电。

如果发生 CUV 故障，则可能会禁用 DSG FET，而可能仍启用 CHG FET，以允许充电。

如果该器件采用串联 FET 配置且单个 FET 导通，则电流可能流过关断 FET 体二极管。如果该电流足够高并且持续的时间足够长，则可能会损坏 FET。在这种情况下，当 BQ76952 器件自主控制 FET 时，如果检测到电流高于 **Settings:Protection:Body Diode Threshold** 给出的电平，那么该器件会自动开启关断 FET，以防止进一步损坏。该配置寄存器应该是一个正值，在决定开启 DSG FET 时用作充电电流电平，在决定开启 CHG FET 时用作放电电流电平。

如果应用中不使用高侧 NFET 驱动器，则可以通过清除 **Settings:FET:Chg Pump Control[CPEN]** 和 **Settings:FET:FET Options[FET_CTRL_EN]** 配置位来禁用电荷泵和 FET 驱动器。

5.2.3 保护 FET 配置和控制

5.2.3.1 FET 配置

BQ76952 器件支持系统中保护 FET 的串联配置和并联配置，以及不使用一个或两个 FET 的系统。如果根本不使用器件 FET 驱动器，则应通过清除 **Settings:FET:Chg Pump Control[CPEN]** 并清除 **Settings:FET:FET Options[FET_CTRL_EN]** 来禁用电荷泵。在串联配置中使用 FET 时应设置 **Settings:FET:FET Options[SFET]** 配置位，如果在串联配置中使用 FET，则应清除该配置位。如果系统将仅使用单个 FET（例如未配备 DSG FET 的 CHG FET），则可以将器件配置为并联配置，禁用 DFETF 永久失效。

使用串联 FET 配置时，当一个 FET 关闭而一个 FET 导通时 BQ76952 器件提供体二极管保护。这种情况可能发生在 SLEEP 模式（此时 DSG FET 导通而 CHG FET 可能关闭）或电池欠压故障条件（此时 DSG FET 可能关闭但 CHG FET 仍可能导通）下。

如果 CHG FET 关闭，DSG 或 PDSG FET 导通，并且检测到放电电流幅度大于 **Settings:Protection:Body Diode Threshold**（即显著的放电电流），那么器件将开启 CHG FET，以避免电流流过 CHG FET 体二极管并损坏该 FET。当电流上升到阈值以上（即流过的放电电流较小）时，如果关断的原因仍然存在，那么 CHG FET 将再次关断。

如果 DSG FET 关闭，CHG 或 PCHG FET 导通，并且检测到超过 **+Settings:Protection:Body Diode Threshold** 的电流（即显著的充电电流），那么器件将开启 DSG FET，以避免电流流过 DSG FET 体二极管并损

坏该 FET。当电流下降到阈值以下（即流过的充电电流较小）时，如果关断的原因仍然存在，那么 DSG FET 将再次关断。

当使用并联配置 (**Settings:FET:FET Options[SFET] = 0**) 时，则禁用体二极管保护。

5.2.3.2 FET 控制

根据系统要求，可以使用几种不同的方法来控制保护 FET。如果 FET 不会在系统中使用或由该器件驱动，则可以清除 **Settings:FET:FET Options[FET_CTRL_EN]** 位，并且可以通过清除 **Settings:FET:Chg Pump Control[CPEN]** 位来禁用电荷泵。

该器件包含在制造期间使用的 FET 测试模式，在该模式下，除非发送 FET 测试子命令，否则器件不会启用 FET。在此模式下，该器件仍可以基于体二极管保护启用 FET。可以通过清除 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN]** 将该器件置于 FET 测试模式。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。

表 5-7. FET 测试模式子命令

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

在正常运行时，FET 可以由该器件自主控制，或使用主机发出的 FET 控制子命令手动控制。必须为器件设置 **Settings:FET:FET Options[FET_CTRL_EN]** 才能完全启用 FET。设置该位后，如果没有任何因素阻止 FET（例如保护故障或来自主机的控制），则该器件通常会启用 FET。即使主机计划手动控制 FET，该器件仍可以根据器件设置来更改 FET 状态，例如是否启用了体二极管保护。如果旨在让器件监测保护事件并为其提供中断或标志，但该器件不会自主禁用 FET 以响应该中断或标示，则可以清除 **Settings:Protection:CHG FET Protections A - C** 和 **Settings:Protection:DSG FET Protections A - C** 中的相应配置位。在这种情况下，主机可以监测中断或标志并决定是否手动禁用 FET。

当检测到故障时，应立即进行 CHG FET 关断操作，并将 **Settings:Protection:CHG FET Protections A** 的值设置为 0x18 或 0x98。将其设置为其他值可能会导致 FET 关断操作在 NORMAL 模式下延迟 250ms 或在 SLEEP 模式下延迟 1 秒。

当检测到故障时，应立即进行 DSG FET 关断操作，并将 **Settings:Protection:DSG FET Protections A** 的值设置为 0x80 或 0xE4。将其设置为其他值可能会导致 FET 关断操作在正常模式下延迟 250ms 或在睡眠模式下延迟 1 秒。

在正常运行期间，主机可以通过使 CFETOFF 或 DFETOFF 引脚生效或发送 FET 控制子命令来禁用 FET（表 5-8）。当使用 FET 控制子命令禁用 FET 时，会锁存一个信号，该信号阻止启用 FET。为了使 FET 能够重新启用，首先需要清除任何阻止 FET 的信号。可以发送相应的 FET 控制子命令（例如 `0x0096 ALL_FETS_ON()`）以释放由先前的子命令创建的块，从而实现该目的。也有必要确保 CFETOFF 或 DFETOFF 引脚无效。FET 只能在不存在任何阻止其的因素（例如锁存的 FET 控制子命令信号、CFETOFF 或 DFETOFF 信号有效或存在单独的启用安全故障）才能启用。

正常运行期间使用的 FET 控制子命令如下所示。

表 5-8. FET 控制子命令

子命令	说明
0x0093 DSG_PDSG_OFF()	使 DSG 和 PDSG FET 被禁用。如果在 DDSG 模式下正在使用 DDSG 引脚，则不应使用该子命令。
0x0094 CHG_PCHG_OFF()	使 CHG 和 PCHG FET 被禁用。如果在 DCHG 模式下正在使用 DCHG 引脚，则不应使用该子命令。
0x0095 ALL_FETS_OFF()	使 DSG、PDSG、CHG 和 PCHG 被禁用。
0x0096 ALL_FETS_ON()	在不存在其他阻止因素的情况下允许启用所有的 FET。

表 5-8. FET 控制子命令 (continued)

子命令	说明
0x0097 FET_CONTROL()	发送一个 8 位字段，其中位 3:0 与 0x7F FET Status() 中相应的位匹配。使用该子命令设置某个位时，会阻止启用相应的 FET。如果在 DDSG 或 DCHG 模式下正在使用 DDSG 或 DCHG 引脚，则不应使用该子命令。

出于安全考虑，可以使用 **Settings:FET:FET Options[HOST_FET_EN]** 将该器件设置为在 SEALED 模式下允许或忽略主机 FET 控制命令。

0x0057 Manufacturing Status() 子命令中提供了 FET 驱动器的当前状态，其中包含如下所述的状态位。

表 5-9. 0x0057 Manufacturing Status() 位定义

位	名称	说明
7	OTPW_EN	未阻止写入 OTP。
6	PF_EN	启用永久失效。
5	PDSG_TEST	在 FET 测试模式下启用 PDSG FET。
4	FET_EN	启用 FET 以进行器件操作，否则器件处于 FET 测试模式。
3	RSVD	保留
2	DSG_TEST	在 FET 测试模式下启用 DSG FET。
1	CHG_TEST	在 FET 测试模式下启用 CHG FET。
0	PCHG_TEST	在 FET 测试模式下启用 PCHG FET。

5.2.3.2.1 PRECHARGE 模式

BQ76952 器件包含预充电功能，可通过使用带有串联电阻的高侧 PCHG PFET (由 PCHG 引脚驱动) 进行充电，直到电池达到可编程电压电平，从而减少欠压电池的充电电流。当最小电芯电压小于 **Settings:FET:Precharge Start Voltage** 时，PCHG FET 将用于充电。将此阈值设置为 0 将禁用 PRECHARGE 模式。当最小电芯电压达到或超过 **Settings:FET:Precharge Stop Voltage** 给定的电平时，PRECHARGE 模式将被禁用。0x7F FET Status()[PCHG_FET] 寄存器位中提供了 PCHG FET 的状态。

5.2.3.2.2 PREDISCHARGE 模式

BQ76952 器件包含预放电功能，可用于减少负载最初上电时的浪涌电流，方法是首先启用具有串联电阻的高侧 PDSG PFET (由 PDSG 引脚驱动)，从而使负载能够缓慢充电。如果启用 PREDISCHARGE 模式，只要打开 DSG FET 为负载供电，器件将首先启用 PDSG FET，然后切换为打开 DSG FET 并关闭 PDSG FET。当设置了 **Settings:FET:FET Options[PDSG_EN]** 时，PREDISCHARGE 模式被启用。

当 PREDISCHARGE 模式被激活时，器件将保持在此模式下，直到达到超时且/或 LD 引脚上的电压上升到电池组顶部电压的可编程差值范围内。可以使用 **Settings:FET:PredischARGE Timeout** 将超时设置为 10ms 到 2550ms，步长为 10ms。如果超时设置为 0，则器件不使用超时并在满足电压条件时退出 PREDISCHARGE 模式。使用 **Settings:FET:PredischARGE Stop Delta** 可将电压差值设置为 10mV 至 2550mV，步长为 10mV。如果电压差值设置为 0，则器件不使用电压条件并根据超时退出 PREDISCHARGE 模式。

备注

器件每隔 250ms 检查一次电压差值。0x7F FET Status()[PDSG_FET] 寄存器位中提供了 PDSG FET 的状态。

如果设置了 **Settings:FET:FET Options[PDSG_EN]** 位并且 DFETOFF 或 BOTHOFF 信号被置位，则 DSG 和 PDSG FET 被禁用，但器件最初被阻止进入 SLEEP 模式 (如果已经处于 SLEEP 模式，则器件会在信号置为有效状态时返回正常模式)。如果主机发送 DSG_PDSG_OFF() 或 ALL_FETS_OFF() 子命令，或者发生保护故障 (例如主机看门狗故障或 OTF 故障)，则可以再次允许进行 SLEEP 模式。

5.2.4 电芯过压保护

BQ76952 器件集成了电芯过压保护 (COV) 功能，使用基于比较器的电路监测每个电芯的电压，并在电芯电压超过 COV 阈值时触发 COV 警报或故障。可以在 1.012V 至 5.566V 的范围内以 50.6mV 阶跃对 COV 阈值进行编程，可以通过 **Protections:COV:Threshold** 配置寄存器来设置该阈值。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections A:[COV]** 配置位来启用 COV 保护。

在首次检测到过压事件时 COV 电路会触发警报信号，然后该电路在可编程检测延迟 COV_DLY 后触发故障，该检测延迟可以设置为 10ms 至 6762ms（以 3.3ms 为单位），实际延迟为 $3.3\text{ms} \times (2 + \text{设置})$ 。设置 0x0 会禁用保护。延迟由 **Protections:COV:Delay** 配置寄存器来设置。

当触发 COV 故障时，如果最大电池电压下降至 COV 阈值之下的 COV_HYS 迟滞水平，该故障将恢复（可在 100mV 至 1V 的范围内以 50mV 阶跃对其进行编程），时间长达 **Protections:Recovery:Time**。COV_HYS 迟滞水平由 **Protections:COV:Recovery Hysteresis** 配置寄存器来设置。

当触发 COV 故障时，如果根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections A[COV]** 中的设置配置为自主 FET 控制，则器件将关闭 CHG FET（如果 DSG FET 已启用，则保持启用）。该器件将在所有电芯电压低于 COV 阈值 COV_HYS 达 **Protections:Recovery:Time** 时恢复（如果配置为自主 FET 控制）。

BQ76952 器件还包含电芯过压锁存 (COVL) 保护功能，如果在可编程时间窗口内发生多个 COV 故障，该功能会生成故障。每当触发 COV 故障时，COVL 锁存计数器就会递增。该器件恢复后，如果未检测到进一步的 COV 故障，该器件将在可编程的恢复时间窗口（由 **Protections:COVL:Counter Dec Delay** 给出）之后使 COVL 计数器递减。如果 COVL 计数器达到可编程的锁存限制（由 **Protections:COVL:Latch Limit** 给出），则会触发 COVL 故障。

COVL 保护在 **Protections:COVL:Recovery Time** 给出的可编程延迟后恢复，但重要的是 **Protections:COVL:Counter Dec Delay** 设置为短于 **Protections:COVL:Recovery Time**，否则 COVL 在恢复后会立即再次跳变，因为 COVL 计数器尚未递减。COVL 保护是使用 **Settings:Protection:Enabled Protections C:[COVL]** 配置位来启用的。表 5-10 提供了更多详细信息。

备注

当电芯平衡处于活动状态时，COV 上的时序会发生变化，如 [电芯平衡循环减慢设置](#) 中所述。

表 5-10. 过压保护操作

状态	条件	操作
正常	最大电芯电压 < Protections:COV:Threshold	Safety Alert A()[COV] = 0 如果 COVL 计数器 > 0，则在每个 Protections:COVL:Counter Dec Delay 周期后将 COVL 计数器减一
警报	最大电芯电压 ≥ Protections:COV:Threshold	Safety Alert A()[COV] = 1
跳变	最大电芯电压 ≥ Protections:COV:Threshold 达 Protections:COV:Delay	Safety Alert A()[COV] = 0 Safety Status A()[COV] = 1 Alarm Raw Status()[XCHG] = 1 (如果启用了自主 FET 控制) 则 COVL 计数器递增
恢复	Safety Status A()[COV] = 1 并且 最大电芯电压 < Protections:COV:Threshold - Protections:COV:Recovery Hysteresis 达 Protections:Recovery:Time	如果启用了自主 FET 控制，则 Safety Status A()[COV] = 0 Alarm Raw Status()[XCHG] = 0
锁存警报	COVL 计数器 > 0	Safety Alert C()[COVL] = 1
锁存跳变	COVL 计数器 ≥ Protections:COVL:Latch Limit	如果启用了自主 FET 控制，则 Safety Status C()[COVL] = 1 Safety Alert C()[COVL] = 0 Alarm Raw Status()[XCHG] = 1

表 5-10. 过压保护操作 (continued)

状态	条件	操作
锁存复位	<code>SafetyStatus()[COVL] = 1</code> 达 Protections:COVL:Recovery Time	如果 <code>安全警报 A()[COV] = 0</code> 并且启用了自主 FET 控制, <code>Safety Status C()[COVL] = 0</code> <code>Alarm Raw Status()[XCHG] = 0</code>

当触发 COV 故障时, 会捕获所有电芯电压的快照, 并可通过 `0x0081 COV_SNAPSHOT()` 子命令 (表 5-11 显示了其格式) 访问该快照。

表 5-11. 0x0081 COV_SNAPSHOT() 子命令格式

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0081	0-1	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	2-3	发生 COV 事件时的电芯 2 电压	mV
	4-5	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	6-7	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	8-9	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	10-11	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	12-13 日	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	14-15	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	16-17	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	18-19	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	20-21	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	22-23	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	24-25	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	26-27	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	28-29	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV
	30-31	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV

5.2.5 电芯欠压保护

BQ76952 器件集成了电芯欠压保护 (CUV) 功能, 使用基于比较器的电路监测每节电芯的电压, 并在电芯电压降至 CUV 阈值以下时触发 CUV 警报或故障。CUV 阈值可以编程为在 1.012V 至 4.048V 的范围内以 50.6mV 阶跃, 通过 **Protections:CUV:Threshold** 配置寄存器来设置。CUV 保护可以使用 **Settings:Protection:Enabled Protections A:[CUV]** 配置位来启用。

在首次检测到欠压事件时 CUV 电路会触发警报信号, 然后该电路在可编程的检测延迟 CUV_DLY 后触发故障, 该检测延迟可以设置为 10ms 至 6765ms, 单位为 3.3ms, 实际延迟为 $3.3\text{ms} \times (2 + \text{设置})$ 。设置 0x0 会禁用保护。该延迟由 **Protections:CUV:Delay** 配置寄存器来设置。

触发 CUV 故障后, 如果电压升至比 CUV 阈值高 CUV_HYS 值 (可以在 100mV 至 1V 的范围内以 50mV 步长对其进行编程), 该故障将在 **Protections:Recovery:Time** 时恢复。该迟滞水平通过 **Protections:CUV:Recovery Hysteresis** 配置寄存器来设置。

当触发 CUV 故障时, 如果配置为自主 FET 控制, 器件会根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections A:[CUV]** 中的设置关断 DSG FET (如果 CHG FET 已启用, 则保持启用状态)。该器件将在所有电芯电压高于 CUV 阈值 + CUV_HYS 时恢复 (如果配置为自主恢复)。表 5-12 提供了更多详细信息。

备注

当电芯平衡处于活动状态时, CUV 的时序会发生变化, 如 [电芯平衡循环减慢设置](#) 中所述。

表 5-12. 欠压保护操作

状态	条件	操作
正常	最小电芯电压 > Protections:CUV:Threshold	Safety Alert A()[CUV] = 0
警报	最小电芯电压 ≤ Protections:CUV:Threshold	Safety Alert A()[CUV] = 1
跳变	最小电芯电压 ≤ Protections:CUV:Threshold 达 Protections:CUV:Delay	如果配置为自主 FET 控制， Safety Alert A()[CUV] = 0 Safety Status A()[CUV] = 1 Alarm Raw Status()[XDSG] = 1
恢复	Safety Status A()[CUV] = 1 并且 最小电芯电压 > Protections:CUV:Threshold + Protections:CUV:Recovery Hysteresis 达 Protections:Recovery:Time	如果配置为自主 FET 控制， Safety Status A()[CUV] = 0 Alarm Raw Status()[XDSG] = 0

当触发 CUV 故障时，会捕获所有电芯电压的快照，并可通过 **0x0080 CUV_SNAPSHOT()** 子命令（下面显示了其格式）访问该快照。

表 5-13. **0x0080 CUV_SNAPSHOT()** 子命令格式

子命令地址	块内的字节	名称	单位
0x0080	0-1	发生 CUV 事件时的电芯 1 电压	mV
	2-3	发生 CUV 事件时的电芯 2 电压	mV
	4-5	发生 CUV 事件时的电芯 3 电压	mV
	6-7	发生 CUV 事件时的电芯 4 电压	mV
	8-9	发生 CUV 事件时的电芯 5 电压	mV
	10-11	发生 CUV 事件时的电芯 6 电压	mV
	12-13 日	发生 CUV 事件时的电芯 7 电压	mV
	14-15	发生 CUV 事件时的电芯 8 电压	mV
	16-17	发生 CUV 事件时的电芯 9 电压	mV
	18-19	发生 CUV 事件时的电芯 10 电压	mV
	20-21	发生 CUV 事件时的电芯 11 电压	mV
	22-23	发生 CUV 事件时的电芯 12 电压	mV
	24-25	发生 CUV 事件时的电芯 13 电压	mV
	26-27	发生 CUV 事件时的电芯 14 电压	mV
	28-29	发生 CUV 事件时的电芯 15 电压	mV
	30-31	发生 CUV 事件时的电芯 16 电压	mV

5.2.6 放电短路保护

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。

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 15μs 至 450μs，步长为 15μs。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 1μs。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。还可能会根据 **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）。

BQ76952 器件还包含放电短路锁存 (SCDL) 保护，如果在可编程时间期限内发生多个 SCD 故障，则会生成故障并永久失效 (PF)。只要触发 SCD 故障时，SCDL 锁存计数器都会递增。器件恢复后，如果未检测到进一步的 SCD 故障，将在可编程时间 **Protections:SCDL:Counter Dec Delay** 后使 SCDL 计数器递减。如果 SCDL 计数器达到由 **Protections:SCDL:Latch Limit** 给出的可编程锁存限制，它会触发 SCDL 故障，也会触发 SCDL PF。

可以使用 **Settings:Protection:Enabled Protections C:[SCDL]** 配置位来启用 SCDL 保护。如果触发了 SCDL 保护故障，并且启用了负载检测功能（请参阅 [负载检测功能](#)），且检测到负载已移除，或者检测到充电电流，或者在可编程时间之后，主机发送 `0x009C SCDL_RECOVER()` 子命令，则器件将开始恢复。为了根据充电电流进行恢复，必须设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[SCDL_CURR_RECOV]**，器件必须采用串联 FET 配置，并且必须启用 CHG FET。如果检测到电流大于或等于 **Protections:SCDL:Recovery Threshold** 的持续时间达到 **Protections:SCDL:Recovery Time**，器件将开始从 SCDL 恢复。如果优先采用仅基于时间的恢复，则可以使用基于充电电流的恢复，将电流阈值设置为较小的放电电流。

备注

“开始恢复”是指如果没有新的 SCD 故障发生，SCDL 计数器将每隔 **Protections:SCDL:Counter Dec Delay** 时间间隔开始递减。

[放电短路保护操作](#)中提供了更多详细信息。

表 5-14. 放电短路保护操作

状态	条件	操作
正常	$V_{SRN} - V_{SRP} \leq \text{Protections:SCD:Threshold}$ 选择的设置	如果 SCDL 计数器 = 0，则 Safety Alert A()[SCDL] = 0 PF Alert B()[SCDL] = 0 如果 SCDL 计数器 > 0，则 PF Alert B()[SCDL] = 1 如果 SCDL 计数器 > 0，每个 Protections:SCDL:Counter Dec Delay 期限后，SCDL 计数器减 1
警报	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:SCD:Threshold}$ 选择的设置	Safety Alert A()[SCDL] = 1
跳变	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:SCD:Threshold}$ 选择的设置持续时间长达 Protections:SCD:Delay	如果已启用自主 FET 控制， Safety Alert A()[SCDL] = 0 Safety Status A()[SCDL] = 1 Alarm Raw Status()[XDMSG] = 1 根据设置， Alarm Raw Status()[XCHG] = 1 SCDL 计数器递增
恢复	Safety Status A()[SCDL] = 1 并且 $V_{SRN} - V_{SRP} \leq \text{Protections:SCD:Threshold}$ 选择的设置持续时间达到 Protections:SCD:Recovery Time	如果已启用自主 FET 控制， Safety Status A()[SCDL] = 0 Alarm Raw Status()[XDMSG] = 0 根据设置， Alarm Raw Status()[XCHG] = 0
锁存警报	SCDL 计数器 > 0	Safety Alert C()[SCDL] = 1 PF Alert B()[SCDL] = 1
锁存跳变	SCDL 计数器 $\geq \text{Protections:SCDL:Latch Limit}$	如果已启用自主 FET 控制， Safety Status C()[SCDL] = 1 PF Status B()[SCDL] = 1 PF Alert B()[SCDL] = 0 Safety Alert C()[SCDL] = 0 Alarm Raw Status()[XDMSG] = 1 Alarm Raw Status()[XCHG] = 1

表 5-14. 放电短路保护操作 (continued)

状态	条件	操作
锁存复位 (基于负载检测)	<i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 1 并且使用负载检测功能检测到负载已移除	如果 SCDL 计数器 > 0, 则在每个 Protections:SCDL:Counter Dec Delay 时间段之后 SCDL 计数器递减 如果 SCDL 计数器 < Protections:SCDL:Latch Limit , 则 <i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 0 如果 <i>Safety Status A()</i> [SCD] = 0 并且启用了自主 FET 控制, 则 <i>Alarm Raw Status()</i> [XD SG] = 0 并且 <i>Alarm Raw Status()</i> [XCHG] = 0
锁存复位 (基于充电电流和时间)	如果 Settings:Protection:Protection Configuration [SCDL_CURR_RECOV] = 1, 则 <i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 1 并且 CC1 电流 \geq Protections:SCDL:Recovery Threshold 的持续时间长达 Protections:SCDL:Recovery Time	如果 SCDL 计数器 > 0, 则在每个 Protections:SCDL:Counter Dec Delay 时间段之后 SCDL 计数器递减 1 如果 SCDL 计数器 < Protections:SCDL:Latch Limit , 则 <i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 0 如果 <i>Safety Status A()</i> [SCD] = 0 并且启用了自主 FET 控制, 则 <i>Alarm Raw Status()</i> [XD SG] = 0 并且 <i>Alarm Raw Status()</i> [XCHG] = 0
锁存复位 (主机命令)	<i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 1 并且主机发送 0x009C SCDL_RECOVER()	如果 SCDL 计数器 > 0, 则在每个 Protections:SCDL:Counter Dec Delay 时间段之后 SCDL 计数器递减 1 如果 SCDL 计数器 < Protections:SCDL:Latch Limit , 则 <i>Safety Status C()</i> [SCDL] = 0 如果 <i>Safety Status A()</i> [SCD] = 0 并且启用了自主 FET 控制, 则 <i>Alarm Raw Status()</i> [XD SG] = 0 并且 <i>Alarm Raw Status()</i> [XCHG] = 0

5.2.7 充电过流保护

BQ76952 集成了充电过流保护 (OCC) , 使用比较器监测 SRP - SRN 引脚上的差分电压, 并在该电压超过可编程阈值 VOCC 时触发 OCC 警报或故障。使用 **Protections:OCC:Threshold** 配置寄存器以 2mV 的阶跃在 4mV 至 124mV 的范围内对 VOCC 进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections A:[OCC]** 配置位来启用 OCC 保护。

在首次检测到充电过流事件时, OCC 电路会触发警报信号, 然后该电路在可编程检测延迟 OCC_DLY 后触发故障, 可以在 10ms 至 426ms 的范围内设置该延迟, 单位为 3.3ms, 实际延迟为 3.3ms \times (2 + 设置)。设置 0x0 会禁用保护。通过 **Protections:OCC:Delay** 配置寄存器来设置该延迟。

当触发 OCC 故障时, 如果该器件配置为自主 FET 控制, 则该器件将使用 **Settings:Protection:CHG FET Protections A** 关闭 CHG FET (如果 DSG FET 已启用, 则可能会保持启用状态)。当 PACK 引脚上测量的电压至少比在电池组顶部测量的电压低 **Protections:OCC:PACK-TOS Delta** 达 **Protections:Recovery:Time**, 或者存在小于或等于 **Protections:OCC:Recovery Threshold** 的电流 (即放电电流) 达 **Protections:Recovery:Time** 时, 该器件将恢复 (如果配置为自主恢复)。

表 5-15 提供了更多详细信息。

表 5-15. 充电过流保护操作

状态	条件	操作
正常	$V_{SRP} - V_{SRN} \leq \text{Protections:OCC:Threshold}$ 选择的设置	<i>Safety Alert A() [OCC] = 0</i>
警报	$V_{SRP} - V_{SRN} > \text{Protections:OCC:Threshold}$ 选择的设置	<i>Safety Alert A() [OCC] = 1</i>
跳变	$V_{SRP} - V_{SRN} > \text{Protections:OCC:Threshold}$ 选择的设置达 <i>Protections:OCC:Delay</i>	如果启用了自主 FET 控制, <i>Safety Alert A() [OCC] = 0</i> <i>Safety Status A() [OCC] = 1</i> <i>Alarm Raw Status() [XCHG] = 1</i>
恢复 (分离充电器)	<i>Safety Status A() [OCC] = 1</i> 并且 $\text{PACK Voltage}() \leq \text{Stack Voltage}() - \text{Protections:OCC:PACK-TOS Delta}$ 或 $\text{CC1 Current} \leq \text{Protections:OCC:Recovery Threshold}$ 达 <i>Protections:Recovery:Time</i> 。	如果启用了自主 FET 控制, 则 <i>Safety Status A() [OCC] = 0</i> <i>Alarm Raw Status() [XCHG] = 0</i>

5.2.8 放电过流 1、2 和 3 保护

BQ76952 器件使用一个比较器集成放电过流 (OCD1) 和放电过流 2 (OCD2) 保护功能, 该比较器监测 SRN - SRP 引脚上的差分电压, 并在该电压超过可编程阈值 VOCD1 或 VOCD2 时触发 OCD1 或 OCD2 警报或故障。使用 ***Protections:OCD1:Threshold*** 和 ***Protections:OCD2:Threshold*** 配置寄存器以 2mV 阶跃在 4mV 至 200mV 的范围内对 VOCD1 和 VOCD2 阈值进行独立编程。使用 ***Settings:Protection:Enabled Protections A:[OCD1]*** 和 ***Settings:Protection:Enabled Protections A:[OCD2]*** 配置位来启用 OCD1 和 OCD2 保护。

在首次检测到放电过流事件时, OCD1 和 OCD2 电路会触发警报信号, 然后该电路在此情况持续可编程检测延迟 OCD1_DLY 或 OCD2_DLY 后触发故障, 在 10ms 至 426ms 的范围内设置该延迟, 单位为 3.3ms, 实际延迟为 $3.3\text{ms} \times (2 + \text{设置})$ 。通过 ***Protections:OCD1:Delay*** 和 ***Protections:OCD2:Delay*** 配置寄存器来设置该延迟。

该器件还使用库仑计数器 ADC 提供的 CC1 电流测量集成放电过流 3 (OCD3) 保护功能, 当电流大于 ***Protections:OCD3:Threshold*** 给定的可编程阈值 (即过度放电电流) 时该功能触发 OCD3 警报或故障。当首次检测到放电过流事件时触发警报信号, 然后在该情况持续可编程检测延迟 OCD3_DLY 后触发故障信号, 可以在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟, 单位为 1 秒。该延迟由 ***Protections:OCD3:Delay*** 配置寄存器设置。使用 ***Settings:Protection:Enabled Protections C:[OCD3]*** 配置位来启用 OCD3 保护。

当触发 OCD1、OCD2 或 OCD3 故障时, 如果该器件配置为自主 FET 控制, 则该器件将使用 ***Settings:Protection:DSG FET Protections A[OCD2][OCD1]*** 或 ***Settings:Protection:DSG FET Protections C[OCD3]*** 配置位关闭 DSG FET。如果检测到充电电流大于或等于 ***Protections:OCD:Recovery Threshold*** 达 ***Protections:Recovery:Time***, 那么器件将恢复。

BQ76952 器件还包含放电过流锁存 (OCDL) 保护功能, 如果在可编程时间窗口内发生多个 OCD1、OCD2 或 OCD3 故障, 那么该功能可能会生成故障。每当触发 OCD1、OCD2 或 OCD3 故障时, OCDL 锁存计数器就会递增。该器件恢复后, 如果未检测到进一步的 OCD1、OCD2 或 OCD3 故障, 该器件将在可编程恢复时间 ***Protections:OCDL:Counter Dec Delay*** 之后使 OCDL 计数器递减。如果 OCDL 计数器超过由 ***Protections:OCDL:Latch Limit*** 给出的可编程锁存限制, 则会触发 OCDL 故障。只要 OCDL 计数器大于零, 就会生成 OCDL 警报。

使用 ***Settings:Protection:Enabled Protections C:[OCDL]*** 配置位来启用 OCDL 保护。如果触发了 OCDL 保护故障, 并且启用了负载检测功能 (请参阅节 5.2.18), 且检测到负载已移除, 或者检测到充电电流, 或者在可编程时间之后, 或者主机发送 `0x009B OCDL_RECOVER()` 子命令, 则器件可能会恢复。为了根据充电电流进行恢复, 必须设置 ***Settings:Protection:Protection Configuration[OCDL_CURR_RECOV]***, 器件必须采用串联 FET 配置, 并且必须启用 CHG FET。如果检测到电流大于或等于 ***Protections:OCDL:Recovery Threshold*** 达 ***Protections:OCDL:Recovery Time***, 那么器件将从 OCDL 恢复。如果优先采用仅基于时间的恢复, 则可以使用基于充电电流的恢复, 将电流阈值设置为较小的放电电流。

下表描述了更多详细信息。

表 5-16. 放电过流 1、2 和 3 保护操作

状态	条件	操作
正常	$V_{SRN} - V_{SRP} \leq \text{Protections:OCD1:Threshold}$ 选择的设置 $V_{SRN} - V_{SRP} \leq \text{Protections:OCD2:Threshold}$ 选择的设置 $CC1 \text{ Current} > \text{Protections:OCD3:Threshold}$	$Safety\ Alert\ A()[OCD1] = 0$ $Safety\ Alert\ A()[OCD2] = 0$ $Safety\ Alert\ C()[OCD3] = 0$ 如果 OCDL 计数器 > 0，则在每个 Protections:OCDL:Counter Dec Delay 周期后将 OCDL 计数器减一
警报	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:OCD1:Threshold}$ 选择的设置	$Safety\ Alert\ A()[OCD1] = 1$
警报	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:OCD2:Threshold}$ 选择的设置	$Safety\ Alert\ A()[OCD2] = 1$
警报	CC1 电流 $\leq \text{Protections:OCD3:Threshold}$	$Safety\ Alert\ C()[OCD3] = 1$
跳变	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:OCD1:Threshold}$ 选择的设置达 Protections:OCD1:Delay	如果启用了自主 FET 控制,则 $Safety\ Alert\ A()[OCD1] = 0$ $Safety\ Status\ A()[OCD1] = 1$ $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 1$; 使 OCDL 计数器递增
跳变	$V_{SRN} - V_{SRP} > \text{Protections:OCD2:Threshold}$ 选择的设置达 Protections:OCD2:Delay	如果启用了自主 FET 控制,则 $Safety\ Alert\ A()[OCD2] = 0$ $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 1$ $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 1$; 使 OCDL 计数器递增
跳变	CC1 电流 $\leq \text{Protections:OCD3:Threshold}$ 达 Protections:OCD3:Delay	如果启用了自主 FET 控制 $Safety\ Alert\ C()[OCD3] = 0$ $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 1$ $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 1$; 使 OCDL 计数器递增
恢复	$Safety\ Status\ A()[OCD1] = 1$ 或 $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 1$ 或 $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 1$ 且 CC1 电流 > Protections:OCD:Recovery Threshold 达 Protections:Recovery:Time	$Safety\ Status\ A()[OCD1] = 0$ $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 0$ $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 0$ $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 0$
锁存警报	OCDL 计数器 > 0	$Safety\ Alert\ C()[OCDL] = 1$
锁存跳变	OCDL 计数器 $\geq \text{Protections:OCDL:Latch Limit}$	如果启用了自主 FET 控制,则 $Safety\ Status\ C()[OCDL] = 1$ $Safety\ Alert\ C()[OCDL] = 0$ $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 1$;
锁存复位 (基于负载检测)	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 1$ 并且使用负载检测功能检测到负载已移除	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 0$ 重置 OCDL 计数器 $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 0$ (如果 $Safety\ Status\ A()[OCD1] = 0$, $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 0$ 并且 $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 0$)
锁存复位 (基于充电电流)	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 1$ 并且 CC1 电流 > Protections:OCDL:Recovery Threshold	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 0$ 重置 OCDL 计数器 $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 0$ (如果 $Safety\ Status\ A()[OCD1] = 0$, $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 0$ 并且 $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 0$)
锁存复位 (主机命令)	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 1$ 并且 主机发送 <code>0x009B OCDL_RECOVER()</code>	$Safety\ Status\ C()[OCDL] = 0$ 重置 OCDL 计数器 $Alarm\ Raw\ Status()[XDSC] = 0$ (如果 $Safety\ Status\ A()[OCD1] = 0$, $Safety\ Status\ A()[OCD2] = 0$ 并且 $Safety\ Status\ C()[OCD3] = 0$)

5.2.9 充电过热保护

BQ76952 器件集成了充电过热 (OTC) 保护功能, 当电芯温度高于或等于可编程阈值 TOTC 时, 该保护功能会触发警报或故障。使用 **Protections:OTC:Threshold** 配置寄存器以 1°C 阶跃在 -40°C 至 120°C 的范围内对 TOTC 阈值进行编程。可以使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[OTC]** 配置位来启用 OTC 保护。

在首次检测到充电过热事件时, OTC 保护触发警报信号, 然后在可编程检测延迟 OTC_DLY 后触发故障, 可以以 1 秒为单位在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟。该延迟由 **Protections:OTC:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 OTC 故障时, 如果该器件配置为自主 FET 控制, 则该器件将根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections B[OTC]** 中的设置关闭 CHG FET。当温度小于或等于 **Protections:OTC:Recovery** 设置的阈值达 **Protections:Recovery:Time** 时, 该器件将恢复。

OTC 保护使用的温度是为电芯温度指定的所有温度读数中的最大值, 可以包括内部温度测量值以及所有启用的外部热敏电阻。

5.2.10 放电过热保护

BQ76952 器件集成了放电过热 (OTD) 保护功能, 当电芯温度高于或等于可编程阈值 TOTD 时, 该保护功能会触发警报或故障。使用 **Protections:OTD:Threshold** 配置寄存器以 1°C 阶跃在 -40°C 至 120°C 的范围内对 TOTD 阈值进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[OTD]** 配置位来启用 OTD 保护。

在首次检测到放电过热事件时, OTD 保护触发警报信号, 然后在可编程检测延迟 OTD_DLY 后触发故障, 可以在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟, 单位为 1 秒。该延迟由 **Protections:OTD:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 OTD 故障时, 如果该器件配置为自主 FET 控制, 则该器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections B[OTD]** 中的设置关闭 DSG FET。当温度小于或等于 **Protections:OTD:Recovery** 设置的温度达 **Protections:Recovery:Time** 时, 该器件将恢复。

OTD 保护使用的温度是为电芯温度指定的所有温度读数中的最大值, 可以包括内部温度测量值以及所有启用的外部热敏电阻。

5.2.11 过热 FET 保护

BQ76952 器件集成了过热 FET (OTF) 保护功能, 当 FET 温度高于或等于可编程阈值 TOTF 时, 该保护功能会触发警报或故障。使用 **Protections:OTF:Threshold** 配置寄存器以 1°C 阶跃在 0°C 至 150°C 的范围内对 TOTF 进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[OTF]** 配置位来启用 OTF 保护。

首次检测到过热 FET 事件时, OTF 保护触发警报信号, 然后在可编程检测延迟 OTF_DLY 后触发故障, 可以在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟, 单位为 1 秒。该延迟由 **Protections:OTF:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 OTF 故障时, 如果该器件配置为自主 FET 控制, 则该器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections B[OTF]** 和 **Settings:Protection:CHG FET Protections B[OTF]** 中的设置关闭 DSG FET、CHG FET 或同时关闭这两者。当温度小于或等于 **Protections:OTF:Recovery** 设置的阈值达 **Protections:Recovery:Time** 时, 器件将恢复 (如果配置为自主恢复)。

OTF 保护使用的温度是为 FET 温度指定的所有温度读数中的最大值, 可以包括内部温度测量值以及所有启用的外部热敏电阻。

5.2.12 内部过温保护

BQ76952 器件集成了内部过热 (OTINT) 保护功能, 当内部温度高于或等于可编程阈值 TOTINT 时, 该保护功能会触发警报或故障。使用 **Protections:OTINT:Threshold** 配置寄存器以 1°C 阶跃在 -40°C 至 120°C 的范围内对 TOTINT 阈值进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[OTINT]** 配置位来启用 OTINT 保护。

在首次检测到内部过热事件时, OTINT 保护会触发警报信号, 然后在可编程检测延迟 OTINT_DLY 后触发故障, 可以在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟, 单位为 1 秒。该延迟由 **Protections:OTINT:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 OTINT 故障时，如果该器件配置为自主 FET 控制，则该器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections B[OTINT]** 和 **Settings:Protection:CHG FET Protections B[OTINT]** 中的设置关闭 DSG FET、CHG FET 或同时关闭这两者。当温度小于或等于 **Protections:OTINT:Recovery** 设置的阈值达 **Protections:Recovery:Time** 时，器件将恢复（如果配置为自主恢复）。

5.2.13 充电低温保护

BQ76952 器件集成了充电低温 (UTC) 保护功能，当电芯温度低于或等于可编程阈值 TUTC 时，则会触发警报或故障。TUTC 阈值可使用 **Protections:UTC:Threshold** 配置寄存器，以 1°C 的阶跃从 -40°C 编程到 120°C。可以使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[UTC]** 配置位来启用 UTC 保护。

当首次检测到充电温度过低事件时，UTC 保护会触发警报信号，然后在可编程检测延迟 UTC_DLY 后触发故障，该延迟可以 1 秒为单位从 0 秒设置到 255 秒。该延迟由 **Protections:UTC:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 UTC 故障时，如果配置为自主 FET 控制，器件将根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections B:[UTC]** 中的设置关闭 CHG FET。当温度大于或等于 **Protections:UTC:Recovery** 的持续时间长达 **Protections:Recovery:Time** 时，器件将恢复。

UTC 保护使用的温度是为电芯温度指定的所有温度读数中的最小值，可以包括内部温度测量值以及所有启用的外部热敏电阻。

5.2.14 放电低温保护

BQ76952 器件集成了放电低温 (UTD) 保护功能，当电芯温度低于或等于可编程阈值 TUTD 时，则会触发警报或故障。TUTD 阈值可使用 **Protections:UTD:Threshold** 配置寄存器，以 1°C 的阶跃从 -40°C 编程到 120°C。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[UTD]** 配置位来启用 UTD 保护。

当首次检测到充电温度过低事件时，UTD 保护会触发警报信号，然后在可编程检测延迟 UTD_DLY 后触发故障，该延迟可以 1 秒为单位从 0 秒设置到 255 秒。该延迟由 **Protections:UTD:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 UTD 故障时，如果配置为自主 FET 控制，器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections B:[UTD]** 中的设置关闭 DSG FET。当温度大于或等于 **Protections:UTD:Recovery** 的持续时间长达 **Protections:Recovery:Time** 时，器件将恢复。

UTD 保护使用的温度是为电芯温度指定的所有温度读数中的最小值，可以包括内部温度测量值以及所有启用的外部热敏电阻。

5.2.15 内部欠温保护

BQ76952 器件集成了内部欠温 (UTINT) 保护功能，当内部温度低于或等于可编程阈值 TUTINT 时，就会触发警报或故障。使用 **Protections:UTINT:Threshold** 配置寄存器以 1°C 阶跃在 -40°C 至 120°C 的范围内对 TUTINT 阈值进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections B:[UTINT]** 配置位来启用 UTINT 保护。

在首次检测到充电欠温事件时，UTINT 保护触发警报信号，然后在可编程检测延迟 UTINT_DLY 后触发故障，可以 1 秒为单位在 0 秒至 255 秒的范围内设置该延迟。该延迟由 **Protections:UTINT:Delay** 配置寄存器设置。

当触发 UTINT 故障时，如果该器件配置为自主 FET 控制，则该器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections B[UTINT]** 和 **Settings:Protection:CHG FET Protections B[UTINT]** 中的设置关闭 DSG FET、CHG FET 或同时关闭这两者。当温度大于或等于 **Protections:UTINT:Recovery** 设置的阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 时，器件将恢复（如果配置为自主恢复）。

5.2.16 主机看门狗保护

BQ76952 器件集成了主机看门狗 (HWD) 保护，当在可编程的延迟 HWD_DLY 内未收到通信时，该保护就会触发故障。HWD_DLY 延迟可以使用 **Protections:HWD:Delay** 配置寄存器以 1 秒阶跃在 0 秒至 65535 秒的范围内进行编程。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections C:[HWDF]** 配置位来启用 HWDF 保护。

当触发 HWD 故障时，如果该器件配置为自主 FET 控制，则该器件将根据 **Settings:Protection:DSG FET Protections C[HWDF]** 和 **Settings:Protection:CHG FET Protections C[HWDF]** 中的设置关闭 DSG FET、

CHG FET 或同时关闭这两者。当接收到有效通信时，该器件将恢复（如果配置为自主恢复）。请注意，没有为 HWD 提供安全警报，仅在 **Safety Status C[HWD F]** 中提供了安全状态。

如果担心 HWD 故障是由主机处理器不再正常运行导致的，则可以对 BQ76952 器件进行配置，在故障发生时禁用或切换外部 REG1 和 REG2 LDO。根据 **Settings:Configuration:HWD Regulator Options**，该器件可以使 LDO 保持不变，无限期禁用 LDO，或禁用 LDO 一段时间（最长为 15 秒），然后再次重新启用 LDO。使用 **Settings:Configuration:HWD Regulator Options** 配置寄存器进行控制。

注意：如果启用切换并且该器件在发生 HWD 故障后禁用 LDO，则在切换延迟完成后该器件会将 LDO 恢复到其在 **Settings:REG12 Config[REG1_EN] and [REG2_EN]** 中的状态，这可能不是 HWD 故障发生时的状态。

5.2.17 预充电超时保护

BQ76952 器件集成了预充电超时 (PTO) 保护，当器件处于 PRECHARGE 模式下持续时间为 PTO_DLY 时，将触发故障。使用 **Protections:PTO:Delay** 配置寄存器可以 1 秒的步长从 0 秒到 65535 秒对 PTO_DLY 持续时间进行编程。仅在器件处于 PRECHARGE 模式并且 CC1 电流超过 **Protections:PTO:Charge Threshold** 给出的阈值时，PTO_DLY 的计时器才会递增。当器件处于 PRECHARGE 模式且电流小于等于该阈值时，设置预充电超时暂停位 (**Safety Alert C()[PTOS]**)。如果计时器达到 **Protections:PTO:Delay** 给出的阈值，则会触发预充电超时故障。如果在电流幅度大于 **Settings:Current Thresholds:Dsg Current Threshold** 且累积的电荷量等于或大于由 **Protections:PTO:Reset** 给出的可编程电平时发生连续放电，则复位 PTO 计时器。使用 **Settings:Protection:Enabled Protections C:[PTO]** 配置位启用 PTO 保护。

当触发 PTO 故障时，如果配置为自主 FET 控制，器件将根据 **Settings:Protection:CHG FET Protections C[PTO]** 中的设置关闭 PCHG FET。在通过发送 **0x008A PTO_RECOVER()** 子命令清除此故障之前，PRECHARGE 模式无法重新启动。

5.2.18 负载检测功能

当发生放电短路锁存或放电过流锁存保护故障且 DSG FET 关断时，可以将该器件配置为在检测到负载移除时恢复。如果系统具有可拆卸电池包，这样，用户可以在发生故障时将电池包从系统中取出，或者当 DSG FET 禁用时，保留在电池包上的有效系统负载高于约 20k Ω ，则该功能很有用。该器件将定期启用 LD 引脚的电流源，如果检测到 LD 引脚上的电压高于 4V 电平时，将恢复故障。如果电池包上仍然存在低阻抗负载，则该器件在 LD 引脚上测量的电压通常低于 4V，从而阻止基于负载检测的恢复。如果已从系统中移除电池包并且有效负载很高，以至于电流源在 LD 引脚上产生的电压高于 4V 电平，则该器件可以从故障中恢复。注意：通常在 PACK+ 端子和 LD 引脚之间连接一个 10k Ω 的电阻器，在考虑负载阻抗时应包含该电阻。

负载检测电流在 **Protections:Load Detect:Active Time** 给出的时间内被启用，然后在 **Protections:Load Detect:Retry Delay** 给定的时间内被禁用，该序列会一直重复，直到检测到负载已移除，或者累积的时间达到 **Protections:Load Detect:Timeout**。包含超时是为了防止该器件无限期地连续尝试负载检测并导致电池包长期耗尽。如果超时，负载检测功能将不再运行，直到锁存的故障通过其他方式恢复，或者收到用于重新启动负载检测的 **0x009D LOAD_DETECT_RESTART()** 子命令。

如果 **Protections:Load Detect:Active Time** 设置为 0，则禁用负载检测功能。如果 **Protections:Load Detect:Retry Delay** 设置为 0，则负载检测电流源将持续开启，直到发生超时或恢复。

可以通过子命令强制开启或关闭负载检测电流。如果 **Protections:Load Detect:Active Time** 设置为 0 并且发送 **0x009E LOAD_DETECT_ON()** 子命令，则会启用负载检测电流源。如果发送 **0x009F LOAD_DETECT_OFF()** 子命令，则会禁用负载检测电流源。

当发生 SCDL 或 OCDL 故障并且禁用 DSG FET 时，该器件可能会进入 SLEEP 模式，在该模式下，仅以 **Power:Sleep:Voltage Time** 给出的间隔内测量 LD 引脚电压。建议将 **Protections:Load Detect:Active Time** 设置为长于 **Power:Sleep:Voltage Time**，确保在每个启用电流源的窗口期间至少会测量 LD 引脚电压一次。**0x00 Control Status()[LD_TIMEOUT, LD_ON]** 中提供了负载检测功能的状态。

5.3 次级保护

5.3.1 次级保护概述

BQ76952 器件集成了一套对电池运行和状态的检查功能，如果认为情况严重到应该永久禁用电池包时，则触发永久失效 (PF)。可以根据配置设置以及大多数检查的相关阈值和延迟单独启用各种 PF 检查。当发生永久失效时，可以将 BQ76952 器件配置为简单地提供一个标志 (请参阅 *PF Status A - D()* 子命令)，或无限期地禁用保护 FET (如果设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_FETS]** 位)，或将 FUSE 引脚置位 (如果设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_FUSE]** 位)，以永久禁用电池包。FUSE 引脚可用于熔断串联保险丝，还可以监控单独的次级保护器 IC 是否试图熔断保险丝。

由于器件将永久失效状态存储在 RAM 中，因此在器件复位时该状态将丢失。为了缓解这种情况，当设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_OTP]** 位时，该器件可以将永久失效状态写入 OTP。在低电压和高温条件下，OTP 编程可能会延迟，直到 OTP 编程能够可靠地完成。注意：只有在设置了 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_EN]** 时才允许在操作期间写入 OTP。如果设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_OTP]** 但 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_EN]** 已清除，则永久失效状态将保存到 RAM (并且在部分复位期间将保留) 但不会被编程为 OTP。如果未设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_OTP]**，则在任何复位 (包括通过 RST_SHUT 引脚进行的部分复位) 时，永久失效状态都会丢失。

当发生永久失效时可以写入 OTP 的信息包括 *PF Status A ~ D* 的值和一个 *Fuse Flag* 字节，指示保险丝是否已经熔断。可以使用 *0x0053 SAVED_PF_STATUS()* 子命令读取此信息，该命令会报告保存在 RAM 中的信息，即使对 OTP 的写入尚未完成也是如此。

通常，永久失效会导致 FET 无限期地保持关断，并且保险丝可能会被熔断。在这种情况下，将不会对进一步的监控采取更多操作，并且无法再进行充电。为避免电池快速耗尽，可通过设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_DPSLP]** 配置位将器件配置为在发生永久失效时进入 DEEPSLEEP 模式。如果启用了这些选项，则进入 DEEPSLEEP 模式仍将延迟到保险丝熔断和 OTP 编程完成后。

发生永久失效时，可以将器件配置为关闭 REG1 和 REG2 LDO (如果设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_REGS]**) 或让它们保持当前状态 (如果清除了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_REGS]**)。一旦被禁用，仍然可能通过命令重新启用。

永久失效检查包含可编程延迟，以避免在间歇性条件或测量时触发 PF 故障。当启用的 PF 检查首次检测到达到或超过阈值时，器件将设置一个 PF 警报信号，可以使用 *PF Alert A - D()* 命令对其进行监控，也可以使用 *Alarm Status()[MSK_PFALERT]* 寄存器位及其相关掩码设置在 ALERT 引脚上触发中断。

注意：在正常模式和睡眠模式下，该器件只会间隔一秒评估永久失效的条件，而在 NORMAL 和 SLEEP 模式下，它不会在间隔时间内连续比较测量值与永久失效故障阈值。因此，如果检测到某个条件超过阈值，就有可能触发 PF 警报，但即使在一秒间的间隔检查之间，该条件暂时降到阈值以下，PF 警报也不会被清除，直到在定期检测中检测到该条件低于阈值。

可以通过向器件发出完全复位来清除永久失效。不再推荐使用现已过时的 *PF_RESET()* 子命令。

5.3.2 铜沉积 (CUDEP) 永久失效

当电芯过度放电严重时，会发生铜沉积，从而导致非常高的阻抗。如果在电池包运行时发生这种情况，BQ76952 器件通常会检测到这一情况，并在电芯达到该低电压之前禁用电池包 (基于 SUV PF)。不过，如果该器件处于 SHUTDOWN 模式的时间过长并且电芯过度放电，那么在连接了充电器时，电池包仍然可以唤醒并启用 FET。如果在这种情况下开启 FET，那么电池包电压会因充电电流而急剧上升，从而使电芯看起来运行状况良好。CUDEP 永久失效用于识别这种情况并禁用电池包。启用时，该检查会在从 SHUTDOWN 模式上电时使 FET 保持禁用状态，直到每节电芯的电压大于或等于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold** 达 **Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒。如果任何电芯电压低于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold** 达 **Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒，就会触发 CUDEP 永久失效。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[CUDEP]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用该 PF 检查。

5.3.3 欠压安全 (SUV) 永久失效

BQ76952 器件集成了欠压安全 (SUV) 永久失效，如果任何电芯电压在可编程延迟时间内达到或低于可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SUV:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SUV:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SUV]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.4 过压安全 (SOV) 永久失效

BQ76952 器件集成了过压安全 (SOV) 永久失效，如果任何电芯电压在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SOV:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SOV:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SOV]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.5 充电过流安全 (SOCC) 永久失效

BQ76952 器件集成了充电过流安全 (SOCC) 永久失效，如果充电电流在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SOCC:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SOCC:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SOCC]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.6 放电过流安全 (SOCD) 永久失效

BQ76952 器件集成了放电过流安全 (SOCD) 永久失效，如果放电电流在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SOCD:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SOCD:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SOCD]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.7 电芯过热安全 (SOT) 永久失效

BQ76952 器件集成了电芯过热安全 (SOT) 永久失效，如果电芯的最高温度在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SOT:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SOT:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SOT]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.8 FET 过热安全 (SOTF) 永久失效

BQ76952 器件集成了 FET 过热安全 (SOTF) 永久失效，如果最高 FET 温度在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:SOTF:Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:SOTF:Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[SOTF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.9 充电 FET (CFETF) 永久失效

BQ76952 器件集成了充电 FET (CFETF) 永久失效功能，如果在禁用充电 FET 时测量到的充电电流在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:CFETF:OFF Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:CFETF:OFF Delay** 设置。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[CFETF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用该 PF 检查。

5.3.10 放电 FET (DFETF) 永久失效

BQ76952 器件集成了放电 FET (DFETF) 永久失效功能，在禁用放电 FET 时，如果测量到的放电电流在可编程延迟时间内达到或超过可编程阈值，则可以永久禁用电池包。阈值由 **Permanent Fail:DFETF:OFF Threshold** 设置，延迟由 **Permanent Fail:DFETF:OFF Delay** 设置。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[DFETF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用该 PF 检查。**Permanent Fail:DFETF:OFF Threshold** 的值通常应为负数。

5.3.11 二级保护器 (2LVL) 永久失效

BQ76952 器件集成了二级保护器 (2LVL) 永久失效，当外部二级保护器检测到故障并试图熔断保险丝，它可以永久禁用电池包。BQ76952 器件每秒监控 FUSE 引脚的电平（在 NORMAL 和 SLEEP 模式下），如果它检测到该引脚正在被二级保护器置位 **Permanent Fail:2LVL:Delay** 秒，则会生成 2LVL PF 故障。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[2LVL]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.12 静止模式电压不平衡 (VIMR) 永久失效

BQ76952 器件集成了静止模式电压不平衡 (VIMR) 永久失效功能，当电池组处于释放状态，如果检测到过度的电芯不平衡，则永久禁用电池包，这是由测量电流的绝对值小于 **Permanent Fail:VIMR:Max Relax Current** 来决定的。仅当最大电芯电压高于 **Permanent Fail:VIMR:Check Voltage** 且测量电流的绝对值小于 **Permanent Fail:VIMR:Max Relax Current** 的持续时间长达 **Permanent Fail:VIMR:Relax Min Duration** 时，才检查 VIMR PF。当检测到电芯不平衡（即最大和最小电芯电压之差）达到或超过 **Permanent Fail:VIMR:Threshold** 的持续时间长达 **Permanent Fail:VIMR:Delay** 时，此检查将生成 PF 故障。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[VIMR]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.13 运行时电压不平衡 (VIMA) 永久失效

BQ76952 器件集成了运行时电压不平衡 (VIMA) 永久失效功能，当电池包处于充电状态时，如果检测到过度的电芯不平衡，则永久禁用电池包，这是由测量的电流达到或超过 **Permanent Fail:VIMA:Min Active Current** 来决定的。仅当最大电芯电压高于 **Permanent Fail:VIMA:Check Voltage** 且测量电流不小于 **Permanent Fail:VIMA:Min Active Current** 时，才检查 VIMA PF。当检测到电芯不平衡（即最大和最小电芯电压之差）达到或超过 **Permanent Fail:VIMA:Threshold** 的持续时间长达 **Permanent Fail:VIMA:Delay** 时，此检查将生成 PF 故障。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[VIMA]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.14 放电短路锁存永久失效

BQ76952 器件集成了放电短路锁存 (SCDL) 永久失效功能，如果发生 SCDL 保护故障（表明在可编程的时间期限内检测到多个放电短路 (SCD) 保护故障），则可以永久禁用电池包。节 5.2.6 中解说了控制 SCDL 故障的设置。只有在 SCDL 保护故障配置为不允许恢复时，才应启用 SCDL 永久失效。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[SCDL]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF 检查。

5.3.15 OTP 存储器签名永久失效

BQ76952 器件在 OTP 存储器中集成了签名检查，当器件启动并从 OTP 加载数据时将检查该签名，但只有在 OTP 存储器并非完全为空的情况下（这是默认配置）。如果 OTP 存储器签名检查失败，那么该器件将不会从 OTP 加载任何设置，而会进行引导并加载默认配置，使 FET 保持关断状态（但不会熔断保险丝）并使 REG1 LDO 保持禁用状态。请注意，OTP 签名不包含制造数据（可使用 `0x0070 MANU_DATA()` 子命令获取），也不包含任何写入 OTP 的 PF 状态数据（可使用 `0x0053 SAVED_PF_STATUS()` 子命令进行读取）。

默认情况下启用 OTP PF (OTPF)。可以通过清除 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[OTPF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来禁用该功能。

注意：该器件还包含在出厂测试期间对存储在器件内的修整信息的检查。如果在引导过程中检测到该信息中存在错误，那么该器件将直接开始 SHUTDOWN 序列。

5.3.16 数据 ROM 存储器签名永久失效

BQ76952 器件在数据 ROM 中集成了签名检查，其中包含数据内存设置的默认值。当该器件从数据 ROM 中加载数据时，将检查该 PF，该事件在初始上电或器件复位时发生。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[DRMF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用数据 ROM PF (DRMF)。

主机发送 `DROM_SIG()` 子命令可以按需计算数据 ROM 签名。如果需要定期检查，那么可以将该子命令返回的签名与主机处理器的预期值进行比较。只有在在上电或复位时执行签名检查，该器件才会启用 DRMF 永久失效，如果通过手动发送 `DROM_SIG()` 子命令从主机返回错误的签名，则该器件不会启用该功能。

5.3.17 指令 ROM 存储器签名永久失效

BQ76952 器件在包含内部控制器程序代码的指令 ROM 中集成了签名检查。将在初始上电或器件复位时检查该 PF。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[IRMF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用指令 ROM PF (IRMF)。

指令 ROM 签名可以由发送 *IROM_SIG()* 子命令的主机按需计算。如果需要定期检查，那么可以将该子命令返回的签名与主机处理器的预期值进行比较。请注意，该签名的计算大约需要 9ms，在此期间该器件将暂停 ADC 和库仑计数器的测量，并且将不会对串行通信作出响应。只有在上电或复位时执行签名检查，该器件才会启用 IRMF 永久失效，如果主机手动发送 *IROM_SIG()* 子命令返回错误的签名，则该器件不会启用该功能。

5.3.18 LFO 振荡器永久失效

BQ76952 器件包含一个单独的硬件监控电路，用于确定 LFO 振荡器频率是否过度偏离其预期值。如果检测到此类偏差，那么该器件可能会触发 LFO 振荡器 PF (LFOF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[LFOF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用该 PF。

5.3.19 电压基准永久失效

BQ76952 器件集成了对器件所使用的电压基准的诊断检查。VREF2 由库仑计数器和 LDO 使用，包含 REG18 LDO。使用电压 ADC (使用 VREF1 作为基准) 定期测量 REG18 LDO 电压，可在 *0x0075 DASTATUS5()* 子命令的 0 - 1 字节中读回。此命令通常应报告一个约为 29137 的值。如果与此值显著不同，则可能表明一个基准相对于另一个基准发生了显著变化，这意味着报告的测量值可能不再准确。定期监测该比率，如果该值低于 26223 或高于 32051 长达 4 秒，器件会触发 VREF PF (VREF) 并禁用电池包。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[VREF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF。

5.3.20 VSS 永久失效

BQ76952 器件通过使用电压 ADC 定期测量 VSS 电压电平，集成了对 ADC 输入多路复用器的诊断检查。此测量值以 *0x0075 DASTATUS5()* 子命令中的 2-3 个字节报告，通常应报告一个接近零的值。如果与此值显著不同，则可能表明 ADC 输入多路复用器出现错误，这意味着报告的测量值可能不再准确。此测量值由器件监控，如果不符合预期，则会触发 VSS PF (VSSF) 并禁用电池包。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[VSSF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF，失效阈值和延迟由 **Permanent Fail:VSSF:Fail Threshold** 和 **Permanent Fail:VSSF:Delay** 设置。

5.3.21 保护比较器多路复用器永久失效

BQ76952 器件定期检查硬件保护比较器子系统的输入多路复用器，该子系统用于 OV、UV、OCC、OCD1 和 OCD2 初级保护。如果此检查失败，则会触发保护比较器 MUX 永久失效 (HWMX) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[HWMX]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF。

5.3.22 命令的永久失效

BQ76952 器件包含主机通过在 4 秒内发送 *0x2857 PF_FORCE_A()* 子命令和 *0x29A3 PF_FORCE_B()* 子命令来强制执行永久失效的能力。只有在设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[CMDF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位的情况才允许使用该 PF。

5.3.23 电池组顶部电压测量检查

电压 ADC 通过内部分压器定期测量电池组顶部电压，并在 *0x34 Stack Voltage()* 中进行报告。它还会将此测量值与单个电芯电压测量值之和进行比较，如果差异过大，则会触发电池组顶部电压 PF (TOSF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF D[TOSF]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位来启用此 PF，永久失效和延迟由 **Permanent Fail:TOS:Threshold** 和 **Permanent Fail:TOSF:Delay** 设置。如果电流超过 **Power:Sleep:Sleep Current**，则不执行此检查，以避免由于动态负载导致的错误触发。

5.3.24 电芯开路

BQ76952 器件支持检测电池包中的电芯与包含 BQ76952 的 PCB 的电芯附件之间的连接是否断开。如果不进行此项检查，BQ76952 器件的电芯输入引脚上的电压可能会在板级电容器上持续一段时间，从而导致电压读数不正确。BQ76952 器件中的电芯开路检测通过以可编程间隔启用从每节电芯到 VSS 的小电流源来运行。如果电芯输入引脚由于开路情况而处于悬空状态，该电流将使电容放电，从而导致引脚电压缓慢下降。该电压下降最终会在特定电芯上触发电芯欠压保护故障，以及其上方电芯上的电芯过压保护故障。最终，电压将下降到足以触发特定电芯上的安全欠压 PF，或触发其上方电芯上的安全过压 PF。重要的是，要启用低压和过压保护以及 PF，并设置适当的阈值，以便检测开路情况并启动所需的反应。

电芯开路电流将按 **Settings:Cell Open-Wire:Check Time** 配置寄存器设置的周期性间隔启用，如果设置为 0，则完全禁用该检查。在 ADC 测量的持续时间（默认为 3ms）内，每间隔一段时间就启用一次电流源。这样，基于 55 μ A 的典型电流水平提供了平均电流可编程性，其范围为约 0.65nA 至约 165nA。在每个 **Check Time** 间隔完成后，在下一个测量循环期间，会在被测量电芯上方的电芯上启用电芯开路电流源（在测量最上面的电芯时，在最下面的电芯上启用电流源）。这是为了避免电芯开路电流破坏电芯电压测量。在 SLEEP 模式期间，在计时器到期后发生的下一组测量期间，电芯开路电流源以类似的方式启用。

注意：电芯开路检查会造成电芯不平衡，因此应选择适当的设置。

This page intentionally left blank.

6.1 0x00 Control Status() 和 0x12 Battery Status() 命令

BQ76952 器件包含 *0x00 Control Status()* 和 *0x12 Battery Status()* 命令，用于报告电池包上的各种状态信息。*0x00 Control Status()* 命令在写入时的行为类似于 0x3E 和 0x3F，该功能用于传统自动检测，不建议客户使用。如果在写入该命令后立即对其进行读回，那么该命令将返回一次 0xFFA5。后续读取将返回 *0x00 Control Status()* 数据，下面将通过 *0x12 Battery Status()* 详细信息对其进行说明。

表 6-1. 0x00 Control Status() 位定义

位	名称	说明
15-3	RSVD	保留
2	DEEPSLEEP	该位指示器件是否处于 DEEPSLEEP 模式。 DEEPSLEEP = 0：器件未处于 DEEPSLEEP 模式。 DEEPSLEEP = 1：器件处于 DEEPSLEEP 模式。
1	LD_TIMEOUT	当负载检测功能超时且停止检查时，就会设置该位。 LD_TIMEOUT = 0：负载检测功能未超时或未激活。 LD_TIMEOUT = 1：负载检测功能超时并被停用。
0	LD_ON	该位指示在上一次 LD 引脚电压测量期间负载检测上拉是否激活。 LD_ON = 0：在上一次 LD 引脚测量期间 LD 上拉未激活。 LD_ON = 1：在上一次 LD 引脚测量期间 LD 上拉已激活。

表 6-2. 0x12 Battery Status() 位定义

位	名称	说明
15	SLEEP	该位指示器件当前是否处于 SLEEP 模式。 SLEEP = 0：器件未处于 SLEEP 模式。 SLEEP = 1：器件处于 SLEEP 模式。
14	RSVD	保留
13	SDM	由于接收到 <i>Shutdown()</i> 子命令或者 RST_SHUT 引脚有效达 1 秒钟，SHUTDOWN 模式处于挂起状态。 SDM = 0：由命令或引脚导致的关断未挂起。 SDM = 1：由命令或引脚导致的关断挂起。
12	PF	指示是否触发了永久失效故障。 PF = 0：未触发任何永久失效故障。 PF = 1：至少触发了一个永久失效故障。
11	SS	指示是否触发了启用的安全故障 SS = 0：未触发任何安全故障。 SS = 1：至少触发了一个启用的安全故障。
10	FUSE	报告最近观察到的 FUSE 引脚状态，在 NORMAL 模式下每秒更新一次。 FUSE = 0：在上次采样时器件或次级保护器未使 FUSE 引脚生效。 FUSE = 1：在上次采样时器件或次级保护器使 FUSE 引脚生效。

表 6-2. 0x12 Battery Status() 位定义 (continued)

位	名称	说明
9	SEC1	SEC1:0 指示器件的当前安全状态。
8	SEC0	SEC1:0 = 0 : 器件尚未初始化。 SEC1:0 = 1 : 器件处于 FULLACCESS 模式。 SEC1:0 = 2 : 器件处于 UNSEALED 模式。 SEC1:0 = 3 : 器件处于 SEALED 模式。 在 SEALED 模式下, 可能无法读取或写入器件配置, 并且某些命令会受到限制。 在 UNSEALED 模式下, 通常可以读取器件配置, 并且可以在 CONFIG_UPDATE 模式下写入器件配置。 在 FULLACCESS 模式下, 允许进行不受限制的读写访问, 并接受所有命令。
7	OTPB	该位指示电压和温度条件是否对 OTP 编程有效。在正常操作期间, 如果 <i>Manufacturing Status() [OTPW]</i> 是清零的, 则会始终设置该位。进入 CONFIG_UPDATE 模式时, 将检查条件, 该位将反映是否允许编程 (<i>Manufacturing Status() [OTPW]</i> 在 CONFIG_UPDATE 模式不适用)。一旦进入 CONFIG_UPDATE 模式, 由于没有进行新的测量, 该位不会改变状态。 OTPB = 0 : 允许进行 OTP 写入。 OTPB = 1 : 禁止进行 OTP 写入。
6	OTPW	该位指示在正常操作期间是否有一些数据正在等待写入 OTP。例如, 当配置为向 OTP 提供永久失效信息时, 就会发生这种情况。该位可能保持设置状态直到满足 OTP 编程条件并且所有数据都被编程。在 CONFIG_UPDATE 模式下进行 OTP 编程时不会设置该位。 OTPW = 0 : 没有任何对 OTP 的写入挂起。 OTPW = 1 : 对 OTP 的写入挂起。
5	COW_CHK	该位指示何时正在进行电芯开路检查。当禁用此功能时, 不会设置该位。当启用此功能时, 将在执行检查时定期设置该位。 COW_CHK = 0 : 器件不会主动执行电芯开路检查。 COW_CHK = 1 : 器件主动执行电芯开路检查。
4	WD	该位指示上一次器件复位是否由内部看门狗计时器引起。这与主机看门狗保护无关。 WD = 0 : 上一次复位是正常的。 WD = 1 : 上一次复位由看门狗计时器引起。
3	POR	当器件完全复位时, 会设置该位。在退出 CONFIG_UPDATE 模式时会将该位清零。主机可以使用该位来确定是否有任何 RAM 配置更改因复位而丢失。 POR = 0 : 自上次退出 CONFIG_UPDATE 模式后未发生完全复位。 POR = 1 : 自上次退出 CONFIG_UPDATE 模式后发生了完全复位, 需要重新配置所有 RAM 设置。
2	SLEEP_EN	该位根据配置和命令指示是否允许 SLEEP 模式。 <i>Settings: Configuration: Power Config [SLEEP_EN]</i> 位设置该位的默认状态。主机可以根据系统要求发送命令以启用或禁用 SLEEP 模式。设置该位后, 当满足其他 SLEEP 标准时, 器件可能会转换到 SLEEP 模式。 SLEEP_EN = 0 : 主机禁用 SLEEP 模式。 SLEEP_EN = 1 : 当满足其他 SLEEP 条件时允许进入 SLEEP 模式。
1	PCHG_MODE	该位指示器件是否处于 PRECHARGE 模式。在 PRECHARGE 模式下, 会开启 PCHG FET, 而非 CHG FET。 PCHG_MODE = 0 : 器件未处于 PRECHARGE 模式。 PCHG_MODE = 1 : 器件处于 PRECHARGE 模式。
0	CFGUPDATE	该位指示器件是否处于 CONFIG_UPDATE 模式。在接收并完全处理 <i>0x0090 ENTER_CFG_UPDATE()</i> 子命令后会设置该位。只有在设置该位后才能更改配置设置。 CFGUPDATE = 0 : 器件未处于 CONFIG_UPDATE 模式。 CFGUPDATE = 1 : 器件处于 CONFIG_UPDATE 模式。

6.2 0x0070 MANU_DATA() 命令

BQ76952 器件集成了一个 32 字节的暂存区存储器, 客户可以使用该存储器来存储制造数据, 例如序列号、生产或测试日期等。暂存区数据可写入客户生产线上的 OTP 存储器。尽管可以在所有模式下读取数据, 但只能在完全访问模式下写入这些数据。可以使用 *0x0070 MANU_DATA()* 子命令来读取或写入这些数据。

6.3 LDO

BQ76952 器件包含一个集成的 1.8V LDO (REG18), 可为器件的内部电路和数字逻辑提供 1.8V 的稳压电源电压。该稳压器使用一个连接到 REG18 引脚的外部电容器, 该电容器只能用于内部电路。

该器件还集成了两个用于外部电路（例如主机处理器或外部收发器电路）的可单独编程 LDO（REG1 和 REG2），可以将其编程为独立的输出电压。REG1 和 REG2 LDO 从 REGIN 引脚获取输入，该电压由外部提供或由片上前置稳压器（称为 REG0）产生。REG1 和 REG2 LDO 可分别提供高达 45mA 的输出电流。

6.3.1 前置稳压器控制

REG1 和 REG2 LDO 从 REGIN 引脚获取输入，该引脚的电压应约为 5.5V。该 REGIN 引脚电压可以由外部提供（例如通过单独的直流/直流转换器），也可以使用集成的电压前置稳压器（指 REG0）提供，后者驱动外部 NPN BJT 的基极（使用 BREG 引脚）以提供 5.5V 的 REGIN 引脚电压。使用前置稳压器时，应特别注意确保器件在其 BAT 引脚上保持足够的电压，符合器件电气规范。

仅当设置了 **Settings:Configuration:REG0 Config[REG0_EN]** 以及设置了 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG1_EN]** 或 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG2_EN]** 之一时，前置稳压器才会通电，否则器件将无法启用前置稳压器。

如果系统中既不使用 REG1 也不使用 REG2，或者 REGIN 电压由外部提供，则应清除 **Settings:Configuration:REG0 Config[REG0_EN]** 配置位。

备注

REGIN 引脚（阳极）和 BAT 引脚（阴极）之间有一个二极管连接，因此 REGIN 上的电压不应超过 BAT 上的电压。

6.3.2 REG1 和 REG2 LDO 控制

BQ76952 器件中的 REG1 和 REG2 LDO 供客户使用，其输出电压可以独立编程为 1.8V、2.5V、3.0V、3.3V 或 5.0V。使用 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG1V_2:REG1V_0]** 和 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG2V_2:REG2V_0]** 配置位选择电压电平，如下图所示。使用 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG1_EN]** 和 **Settings:Configuration:REG12 Config[REG2_EN]** 配置位启用 LDO，并且可以在运行期间使用 `0x0098 REG12_CONTROL()` 子命令修改其设置。此子命令采用与 **Settings:Configuration:REG12 Config** 配置寄存器中的位匹配的 8 位值。重要的是，当启用 LDO 时，请勿在 CONFIG_UPDATE 模式下更改电压选择。

表 6-3. REG1 和 REG2 LDO 电压设置

REG1V_2:0、REG2V_2:0	REG1、REG2 电压 (V)
0x0 - 0x3	1.8
0x4	2.5
0x5	3.0
0x6	3.3
0x7	5.0

在 BQ76952 器件中，默认禁用 REG1 和 REG2 LDO 以及 REG0 前置稳压器，REG1 和 REG2 被拉至 VSS，内部电阻约为 2.5kΩ。如果用于串行通信的上拉电阻连接到 REG1 电压输出，则可以从生产线上的外部电压电源过度驱动 REG1 电压，以允许与器件通信。然后，可以对 BQ76952 器件进行编程以启用具有所需配置的 REG0 和 REG1，并且可以将此设置编程到 OTP 存储器中。因此，在以后每次上电时，器件将自动加载 OTP 设置并按照配置启用 LDO，而无需先进行通信。

6.4 多功能引脚控制

BQ76952 器件为器件上的多功能引脚提供了灵活性，这些引脚包括 TS1、TS2、TS3、CFETOFF、DFETOFF、ALERT、HDQ、DCHG 和 DDSG。几个引脚可用作具有可配置输出电平的高电平有效输出。这些引脚的数字输出驱动器可配置为驱动由 REG1 LDO 或内部 REG18 LDO 供电的输出，因此当设置为高电平有效时，将驱动所选 LDO 的电压。

注意：REG18 LDO 不能驱动高电流电平，因此如果 REG18 LDO 要驱动非常高的电阻（例如大于 1MΩ）或容感性负载，那么建议仅使用该 LDO 提供数字输出。否则 REG1 应通电并用于驱动输出信号。

每个引脚上支持的选项包括：

ALERT (警报)

警报中断输出。可以按照以下方式对其进行配置：

未触发警报时为高阻态，触发警报时驱动为低电平。

未触发警报时驱动为高电平，触发警报时驱动为低电平。

未触发警报时驱动为低电平，触发警报时驱动为高电平。

HDQ 通信

可用于与主处理器进行 HDQ 通信。

CFETOFF

用于控制 CHG FET 的输入 (即 CFETOFF 功能)。可以按照以下方式对其进行配置：

高电平输入强制 CHG FET 关断，低电平输入允许 CHG FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

低电平输入强制 CHG FET 关断，高电平输入允许 CHG FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

DFETOFF

用于控制 DSG FET 的输入 (即 DFETOFF 功能)。可以按照以下方式对其进行配置：

高电平输入强制 DSG FET 关断，低电平输入允许 DSG FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

低电平输入强制 DSG FET 关断，高电平输入允许 DSG FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

用于控制 DSG 和 CHG FET 的输入 (即 BOTHOFF 功能)。可以按照以下方式对其进行配置：

高电平输入强制两个 FET 关断，低电平输入允许两个 FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

低电平输入强制两个 FET 关断，高电平输入允许两个 FET 开启 (由主机或器件本身进行)。

HDQ

HDQ 通信

可用于与主处理器进行 HDQ 通信

SPI MOSI 引脚

用于进行 SPI 通信的 MOSI 引脚

DCHG

DCHG 功能

与故障对应的逻辑电平输出，通常会导致 CHG 驱动器被禁用。

DDSG

DDSG 功能

与故障对应的逻辑电平输出，通常会导致 DSG 驱动器被禁用。

ALERT、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG 和 DDSG

通用数字输出

可以通过命令驱动为高电平或低电平

可配置为由 REG1 LDO 或 REG18 LDO 驱动的高电平有效输出

可配置为持续启用对 VSS 的弱下拉或对 REG1 的弱上拉

ALERT、CFETOFF、DFETOFF、TS1、TS2、TS3、HDQ、DCHG 和 DDSG

热敏电阻温度测量

可以在引脚和 VSS 之间连接一个热敏电阻。

ADCIN

引脚可用于通用 ADC 测量。

这些引脚配置由 **Settings:Configuration:ALERT Pin Config, CFETOFF Pin Config, DFETOFF Pin Config, TS1 Config, TS2 Config, TS3 Config, HDQ Pin Config, DCHG Pin Config, and DDSG Pin Config** 配置寄存器控制。每个配置寄存器中的 [PIN_FXN1:0] 位决定了如何使用该引脚：

表 6-4. 多功能引脚功能控制

PIN_FXN1	PIN_FXN0	引脚功能
0	0	引脚用于通信，或根本不使用。
0	1	通用数字输出 (GPO)
1	0	备用功能 (ALT)
1	1	热敏电阻测量或通用 ADC 输入 (AD)

ALT (备用功能) 设置是指仅在特定引脚上可用的特殊功能。可供引脚使用的备用功能是：

引脚	ALT (备用功能)
ALERT (警报)	警报中断输出
CFETOFF	CFETOFF 功能 (CHG 和 PCHG FET 控制)
DFETOFF	DFETOFF 功能 (DSG 和 PDSG FET 控制)
	BOTHOFF 功能 (组合 CHG 和 PCHG，以及 DSG 和 PDSG FET 控制)
DCHG	DCHG 功能 (逻辑电平保护信号)
DDSG	DDSG 功能 (逻辑电平保护信号)

每个引脚配置寄存器包含 [OPT5:0] 位，用于设置引脚的操作。当引脚配置为 ALT 或 GPO 时，这些位的用法如下所示。

表 6-5. ALT 或 GPO 引脚的多功能引脚选项

位	功能
OPT[5]	ALERT、CFETOFF、DFETOFF 的极性。仅限 HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚。 0：选择高电平有效。 1：选择低电平有效。
OPT[4]	仅用于 DFETOFF 引脚。 0：选择 ALT = DFETOFF。 1：选择 ALT = BOTHOFF。
OPT[3]	GPO 驱动电平仅用于 ALERT、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚。 0：输出高电平驱动使用 REG18。 1：输出高电平驱动使用 REG1。
OPT[2]	GPO 弱上拉控制仅用于 ALERT、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚。 0：禁止弱上拉至 REG1。 1：允许弱上拉至 REG1。 注意 - 仅当 OPT[3] = 0 且 OPT[1] = 0 时才能选择该选项：
OPT[1]	GPO 驱动模式仅用于 ALERT、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚。 0：当被控制驱动为“高电平”时，引脚驱动三态。 1：当被控制驱动为“高电平”时，引脚驱动高电平有效。

表 6-5. ALT 或 GPO 引脚的多功能引脚选项 (continued)

OPT[0]	GPO 弱下拉控制仅用于 ALERT、CFETOFF、DFETOFF、HDQ、DCHG 和 DDSG 引脚。 0：禁止弱下拉至 VSS。 1：允许弱下拉至 VSS。
--------	--

当为热敏电阻或 ADCIN 功能选择引脚时，按照以下方法使用 **OPT[5:0]** 位。

表 6-6. 热敏电阻或 ADCIN 引脚的多功能引脚选项

位	功能
OPT[5:4]	上拉控制 00：选择 18k Ω 上拉电阻进行热敏电阻测量 01：选择 180k Ω 上拉电阻进行热敏电阻测量 10：选择不上拉（用于 ADCIN）
OPT[3:2]	热敏电阻温度测量的多项式选择 00：选择 Calibration:18K Temperature Model 01：选择 Calibration:180K Temperature Model 10：选择 Calibration:Custom Temperature Model 11：不使用多项式，报告原始 ADC 计数。
OPT[1:0]	测量类型 00：通用 ADC 输入 01：热敏电阻温度测量，用于电芯温度保护 10：热敏电阻温度测量，报告但不用于保护 11：热敏电阻温度测量，用于 FET 温度保护

当某个引脚配置为用作通用数字输出时，其输出状态可由下述显示的子命令来控制。

表 6-7. 通用数字输出控制子命令

子命令	说明
0x2800 CFETOFF_LO()	如果 CFETOFF 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2801 DFETOFF_LO()	如果 DFETOFF 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2802 ALERT_LO()	如果 ALERT 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2806 HDQ_LO()	如果 HDQ 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2807 DCHG_LO()	如果 DCHG 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2808 DDSG_LO()	如果 DDSG 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动低电平输出。
0x2810 CFETOFF_HI()	如果 CFETOFF 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。
0x2811 DFETOFF_HI()	如果 DFETOFF 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。
0x2812 ALERT_HI()	如果 ALERT 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。
0x2816 HDQ_HI()	如果 HDQ 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。
0x2817 DCHG_HI()	如果 DCHG 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。
0x2818 DDSG_HI()	如果 DDSG 引脚配置为 GPO，则该子命令将其设置为驱动高电平输出。

6.5 CFETOFF、DFETOFF 和 BOTHOFF 引脚功能

BQ76952 器件包括两个引脚（CFETOFF 和 DFETOFF），可用于快速禁用保护 FET 驱动器而无需通过主机串行通信接口。当选择的引脚有效时，该器件会禁用相应的保护 FET。注意：当选择的引脚无效时，只有在没有其他项目阻止其重新启用（例如在设置所选的引脚之后，主机还使用串行通信接口发送了一条 **0x0097 FET_CONTROL()** 子命令以禁用 FET）时才启用相应的 FET。如果不需要 FET 关断功能，则 CFETOFF 和 DFETOFF 引脚均可用于其他功能。

CFETOFF 引脚可选择性地用于禁用 CHG 和 PCHG FET，DFETOFF 引脚可选择性地用于禁用 DSG 和 PDSG FET。该器件还包含将 DFETOFF 引脚配置为 BOTHOFF 功能的选项，这样在该引脚无效时将禁用 CHG、PCHG、DSG 和 PDSG FET。这允许 CFETOFF 引脚用于系统中的附加热敏电阻，同时仍提供引脚控制以禁用 FET。

CFETOFF 或 BOTHOFF 功能在有效时会禁用 CHG FET 和 PCHG FET。

DFETOFF 或 BOTHOFF 功能在有效时会禁用 DSG FET 和 PDSG FET。

6.6 ALERT 引脚运行

ALERT 引脚是一个多功能引脚，可配置为 ALERT (为 主机处理器提供中断)、热敏电阻输入、通用 ADC 输入、通用数字输出或 HDQ 串行通信接口。该引脚可配置为高电平有效、低电平有效或开漏，以适应不同的系统设计偏好。当配置为 HDQ 接口引脚时，该引脚将在开漏模式下工作。

当引脚配置为驱动高电平有效输出时，输出电压由 REG18 1.8V LDO 或 REG1 LDO (可在 1.8V 至 5.0V 范围内编程) 驱动。注意：如果该引脚可以驱动直流或很大的瞬态电流，则应将输出配置为使用 REG1 LDO (而不是 REG18 LDO) 驱动。

BQ76952 器件包含在 ALERT 引脚上生成警报信号的功能，该信号可用作主机处理器的中断。该功能是可选的，其可以通过设置 **Settings:Configuration:ALERT Pin Config[PIN_FXN1:0]** = 0b10 来启用。当用于报警功能时，该引脚可通过编程将信号驱动为低电平有效或高阻态信号、高电平有效或低电平信号，或者低电平有效或高电平信号 (即反极性)。BQ76952 器件中的警报功能包含一个可编程掩码，允许客户决定哪个标志或事件可以触发警报。0x64 Alarm Raw Status() 命令提供下面说明的位的当前 (未锁存) 值：

表 6-8. Alarm Raw Status() 位定义

位	名称	说明
15	SSBC	安全状态 - 如果 <i>Safety Status B - C()</i> 中设置了某个位，则会设置该安全状态。
14	SSA	硬件安全状态 - 如果设置了 <i>Safety Status A()</i> 中的某个位，则会设置该硬件安全状态。
13	PF	永久失效状态 - 如果设置了 <i>PF Status A - D()</i> 中的某个位，则会设置该永久失效状态。
12	MSK_SFALERT	已屏蔽安全警报 - 如果在 <i>Safety Alert A - C()</i> 中设置了某个位且设置了 Settings:Alarm:SF Alert Mask A - C 中相应的位，则会设置该安全警报。
11	MSK_PFALERT	已屏蔽永久失效警报 - 如果在 <i>PF Alert A - D()</i> 中设置了某个位且设置了 Settings:Alarm:PF Alert Mask A - D 中相应的位，则会设置该永久失效警报。
10	INITSTART	初始化已开始 (器件上电后快速设置)。
9	INITCOMP	初始化已完成 (在器件通电并完成一次测量扫描后设置)。
8	RSVD	保留
7	FULLSCAN	完整电压扫描完成。已完成必要的多次 ADC 扫描来收集完整的电压测量环路数据 (包括电芯电压、引脚或热敏电阻电压等)。在首次完整扫描完成后会设置该位，然后该位保持设置状态。
6	XCHG	CHG FET 已关断。
5	XDSG	DSG FET 已关断。
4	SHUTV	电池组电压低于 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage 。
3	FUSE	驱动 FUSE 引脚。FUSE 引脚由 BQ76952 器件或次级保护器驱动。
2	CB	电芯平衡处于活动状态。
1	ADSCAN	电压 ADC 扫描完成。已完成一次 ADC 扫描 (每次扫描时都要测量电芯电压)。在首次 ADC 扫描完成后会设置该位，然后该位保持设置状态。
0	WAKE	唤醒。器件从 SLEEP 模式唤醒。

可以选择锁存 0x64 Alarm Raw Status() 中的位并将其包含在基于屏蔽寄存器的警报中断输出中。

备注

0x64 Alarm Raw Status() 中的位没有被锁存，因此只能短暂设置这些位。

当某个屏蔽的标志从低电平转换为高电平时，该标志会锁存 *0x62 Alarm Status()* 中的相应位。[ADSCAN] 和 [FULLSCAN] 位是例外情况。如果被屏蔽，当扫描完成时，它们将被锁存在 *0x62 Alarm Status()* 中，即使 *0x64 Alarm Raw Status()* 中的相应位不切换也是如此。

如果在 **Settings:Alarm:Default Alarm Mask**、**Settings:Alarm:SF Alert Mask A - C** 和 **Settings:Alarm:PF Alert Mask A - D** 配置寄存器中设置了相应的屏蔽位，则确定屏蔽。主机可以轮询 *0x62 Alarm Status()*，或使用映射到 ALERT 引脚的警报中断信号（对 *0x62 Alarm Status()* 中所有位执行“或”运算）。

当位被锁存到 *0x62 Alarm Status()* 中时，主机可以通过写入 *0x62 Alarm Status()* 命令来读取状态并清除这些锁存的位，其中该命令在一个或多个待清除的位中使用“1”，在所有其他位中使用“0”（使其他位保持不变）。这可以防止意外地清除任何在从主机处理器发送清除信号之前已设置的其他 *0x62 Alarm Status()* 位。

可以读取 *0x66 Alarm Enable()* 命令以查看当前应用于 *0x64 Alarm Raw Status()* 位的掩码。主机也可以写入 *0x66 Alarm Enable()* 命令以更改操作期间的屏蔽。

0x7F FET Status()[ALRT_PIN] 寄存器位提供 ALERT 引脚的状态。

6.7 DDSG 和 DCHG 引脚运行

BQ76952 器件包含两个多功能引脚 DDSG 和 DCHG，这些引脚可配置为逻辑电平输出，以向主机处理器或外部电路提供故障相关信号（即 DDSG 和 DCHG 功能），作为热敏电阻输入、通用 ADC 输入或通用数字输出。

当用作数字输出时，可以将这些引脚配置为驱动高电平有效输出，输出电压由 REG18 1.8V LDO 或 REG1 LDO（可在 1.8V 至 5.0V 范围内编程）驱动。注意：如果某个引脚可以驱动直流或很大的瞬态电流，则应将输出配置为使用 REG1 LDO（而不是 REG18 LDO）驱动。

当引脚配置为 DDSG 和 DCHG 功能时，这些引脚提供与保护故障相关的信号，这些信号（在 DCHG 引脚上）通常会导致 CHG 驱动器被禁用，或者（在 DDSG 引脚上）通常会导致 DSG 驱动器被禁用。如果系统中不使用集成的高侧 NFET 驱动器，那么这些信号可用于控制外部保护电路。这些信号还可以用作手动 FET 控制模式下的中断，供主机处理器决定是否使用 CFETOFF 和 DFETOFF 引脚禁用 FET。

例如，如果 DDSG 引脚配置为 DDSG 功能，并且启用了电池过压 (COV) 保护功能，则在没有故障的情况下，DDSG 引脚将无效。当发生 COV 故障时，DDSG 引脚有效。当该器件从 COV 故障中恢复时，DDSG 引脚无效。引脚上驱动信号的极性也是可编程的。

当 DDSG 和 DCHG 引脚配置为 DDSG 和 DCHG 功能时，这些引脚将在 NORMAL、SLEEP 和 DEEPSLEEP 运行模式期间发挥作用或不发挥作用，如上所述。当该器件处于 SHUTDOWN 模式时，这些引脚将处于高阻抗状态。

6.8 保险丝驱动

BQ76952 器件上的 FUSE 引脚可用于在永久失效 (PF) 存在时熔断化学保险丝，以及检测系统中的外部二级保护器是否检测到故障并尝试熔断保险丝本身。该引脚用于驱动 NFET 的栅极，该驱动可与外部次级保护器的驱动相结合，如图 6-1 所示。当 BQ76952 器件未使 FUSE 引脚生效时，该引脚将保持高阻抗状态，并将检测次级保护器在该引脚上施加的电压。如果启用了二级保护器 PF（使用 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF B[2LVL]** 和 **Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[PF_EN]** 配置位），那么如果该器件在 FUSE 引脚上检测到高电平信号，则会生成一个 PF。

通过设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[PF_FUSE]** 配置位将该器件配置为在发生 PF 时熔断保险丝。如果设置了该位，那么器件将仅在电池组电压高于 **Settings:Fuse:Min Blow Fuse Voltage** 给出的阈值时尝试熔断保险丝（该阈值基于系统配置，保险丝放置在电池组顶部和高侧保护 FET 之间）。如果将保险丝放置在 FET 和 PACK+ 连接器之间，则应设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[PACK_FUSE]** 位，这样该器件将根据 PACK 引脚电压做出决定。如果发生 FET 故障 PF（CFETF 或 DFETF）并且设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[FETF_FUSE]** 位，则忽略该电压阈值检查。

当 FUSE 引脚生效以熔断外部保险丝时，它只会在 **Settings:Fuse:Fuse Blow Timeout** 配置寄存器设置的时长内保持有效。

0x12 Battery Status[FUSE] 位提供 FUSE 引脚的状态。

可以使用 `0x001D FUSE_TOGGLE()` 子命令来切换 FUSE 引脚驱动的状态。

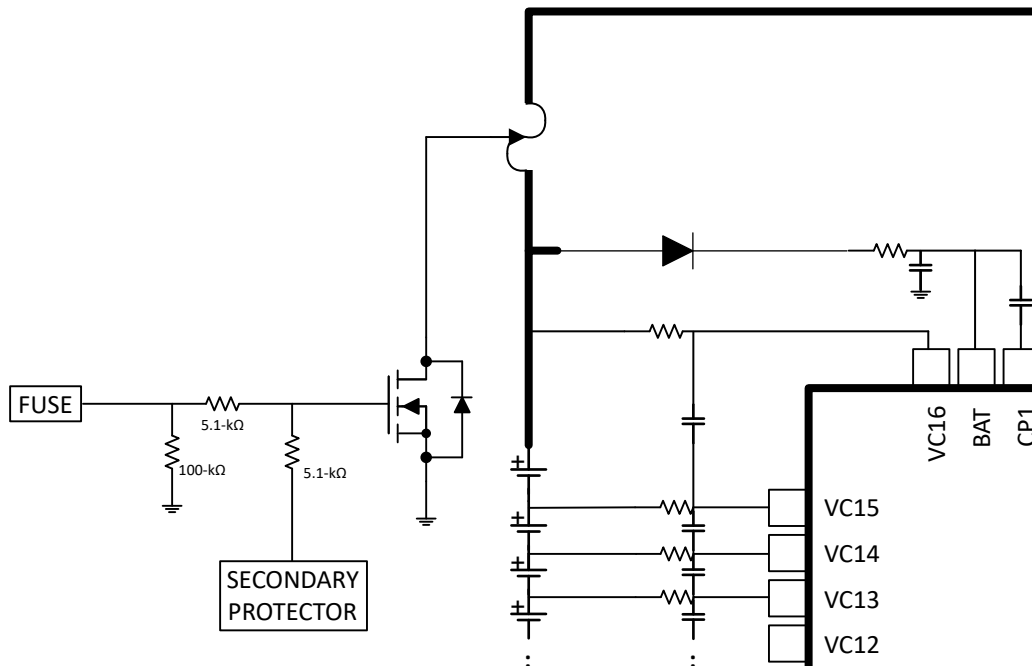


图 6-1. FUSE 引脚工作原理

6.9 器件事件时序

BQ76952 器件中事件的时序因具体事件的不同而不同。下面介绍了几个事件及其相关的时序。下面介绍的时序不包含在各自章节中所述的与各个保护相关的延迟。

表 6-9. 事件的时序

事件说明	时序
<i>Alarm Status()</i> [SSA] 有效, ALERT 引脚因 <i>Alarm Status()</i> [SSA] 而有效。	快速响应, 处于 NORMAL 或 SLEEP 模式
测量完成后计算的数据 (包括电芯电压和 <i>CC2 Current()</i>) (基于热敏电阻电压测量的温度计算除外)。	快速响应, 处于正常或睡眠模式
根据启用的保护故障关闭 FET, Settings:Protection:CHG FET Protections A 设置为 0x98 或 0x18 , Settings:Protection:DSG FET Protections A 设置为 0x80 或 0xE4 。	快速响应, 处于正常或睡眠模式
基于在睡眠模式下触发的电流唤醒检测器, CHG FET 导通, DSG FET 从源极跟随器模式转变为电荷泵模式。	快速响应, 处于 SLEEP 模式
根据启用的保护故障关闭 FET, Settings:Protection:CHG FET Protections A 未设置为 0x98 或 0x18 , Settings:Protection:DSG FET Protections A 未设置为 0x80 或 0xE4 。	在 NORMAL 模式下每 250ms 评估一次, 或在 SLEEP 模式下每 1 秒评估一次
FET 根据引脚 (例如 CFETOFF 或 DFETOFF 无效) 或命令 (例如发送了 <i>ALL_FETS_ON()</i>) 导通, 同时设置了 Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[FET_EN] 。	在 NORMAL 模式下每 250ms 评估一次, 或在 SLEEP 模式下每 1 秒评估一次
评估是否应进入 SHUTDOWN 模式 (由于 RST_SHUT 保持高电平, 温度超过 Power:Shutdown:Shutdown Temperature , 或电池组电压低于 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage)。	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次
计算 <i>CC1 Current()</i> 。	在 NORMAL 模式下每 250ms 评估一次, 或在 SLEEP 模式下大约每 4 秒评估一次
计算最小电压、最大电压和平均电压	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次

表 6-9. 事件的时序 (continued)

事件说明	时序
根据测量的热敏电阻电压计算温度	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次
更新 PRECHARGE 模式	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次
更新 <i>Alarm Status()</i> (而非 <i>[SSA]</i>), ALERT 引脚相应地有效	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次
评估 OTP 编程是否可以继续, 以响应需要写入的永久失效状态, 或发送 <i>MANU_DATA()</i> 写入子命令	在正常模式下每 250ms 评估一次, 或在睡眠模式下每 1 秒评估一次
固件安全检查 (例如 OCD3、温度保护) 和保护恢复检查	在 NORMAL 或 SLEEP 模式下每 1 秒评估一次
固件永久失效检查	在正常或睡眠模式下每 1 秒评估一次
评估进入或退出 SLEEP 模式。这与在 SLEEP 模式下检测到电流时 FET 改变状态不同 (快速响应, 如上所述)。退出 SLEEP 模式时, 这指的是 NORMAL 模式测量循环恢复。	在正常或睡眠模式下每 1 秒评估一次
电芯平衡 (确定是否应该开始自主电芯平衡)	在 NORMAL 或 SLEEP 模式下每 1 秒评估一次 (在 SLEEP 模式下受限于每个 Power:Sleep:Voltage Time 间隔可用的数据)
电芯平衡 (确定是否应该继续活动的自主电芯平衡)	在 NORMAL 或 SLEEP 模式下每 Settings:Cell Balancing:Cell Balance Interval 评估一次 (在 SLEEP 模式下受限于每个 Power:Sleep:Voltage Time 间隔可用的数据)
RAM 完整性检查	在正常或睡眠模式下每 1 秒评估一次
内部看门狗计时器	如果固件在 NORMAL 和 SLEEP 模式下以及在 LFO 运行时的 DEEPSLEEP 模式下没有每 2 秒响应一次, 则生成复位。

7.1 概述

BQ76952 器件具有四种运行模式以支持经优化的功能和功率耗散，该器件能够在这些模式之间切换，即可以自主切换，也可以由主机处理器控制。

- **NORMAL 模式**：在此模式下，该器件会频繁测量系统电流、电芯电压、内部和热敏电阻温度以及各种其他电压，按照配置运行保护，并提供数据和状态更新。
- **SLEEP 模式**：在该模式下，会启用 DSG FET，可以选择禁用 CHG FET，该器件以可调节的时间间隔进行测量、计算和数据更新。电池保护仍处于启用中。在测量间隔之间，该器件在降低的功率级下运行，以最大程度地减少总平均电流消耗。
- **DEEPSLEEP 模式**：在该模式下，会禁用 CHG、PCHG、DSG 和 PDSG FET，并禁用所有的电池保护，且不进行任何电流或电压测量。REG1 和 REG2 LDO 可以保持通电，以保持对外部电路（例如主机处理器）的供电。
- **SHUTDOWN 模式**：完全禁用该器件（包括内部、REG1 和 REG2 LDO），全部禁用 CHG、PCHG、DSG 和 PDSG FET，禁用所有的电池保护，并且不进行任何测量。这是该器件的最低功耗状态，可用于运输或长期存储。在 SHUTDOWN 模式下，所有寄存器设置都会丢失。

该器件还包含 CONFIG_UPDATE 模式，用于参数更新。图 7-1 显示了各种工作模式之间的切换。

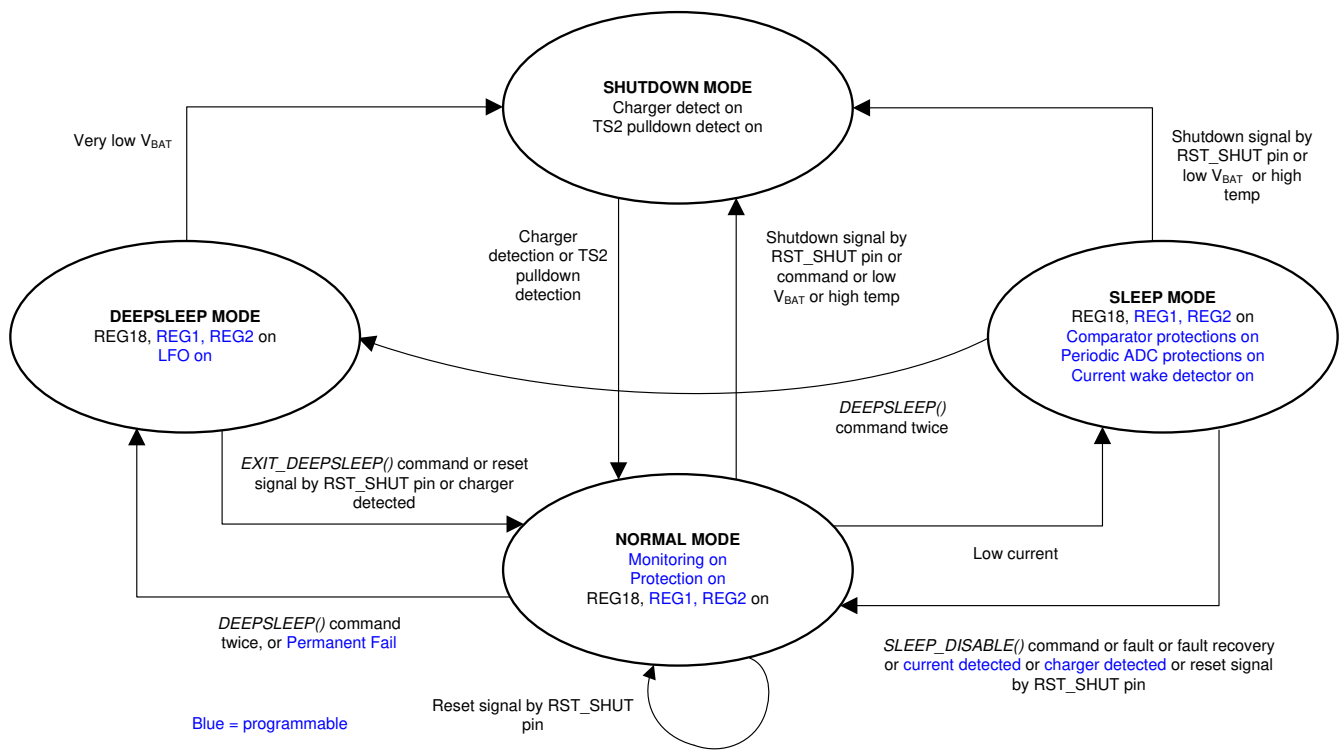


图 7-1. 工作模式

7.2 NORMAL 模式

NORMAL 模式是该器件的最高性能模式，在该模式下，器件定期测量电压、电流和温度，LFO（低频振荡器）保持运行，内部处理器上电（根据需要）以进行数据处理和控制。根据器件配置设置运行完整的电池保护。系统电流的测量间隔为 3ms，电芯电压的测量间隔为 63ms 或更慢，具体取决于配置。如果设置了 **[FASTADC]** 配置位，那么电压和电流的转换速度都会加倍，但测量分辨率会降低。

只要正在进行任何有效的充电或放电，该器件通常就会处于 NORMAL 模式。当 CC1 电流测量值低于 **Power:Sleep:Sleep Current** 给定的 SLEEP 电流阈值时，系统被视为处于 RELAX 模式，并且 BQ76952 器件可以根据配置自动切换为 SLEEP 模式。

7.3 SLEEP 模式

SLEEP 模式是一种降低功能的状态，当系统负载电流很小或没有，或者在充电时，可以选择使用 SLEEP 模式来降低功耗，但仍在电池包端子上提供电压以保持系统运行。初始通电时，**Settings:Configuration:Power Config[SLEEP]** 配置位决定器件是否可以进入 SLEEP 模式。初始化后，可以使用子命令 **0x0099 SLEEP_ENABLE()** 和 **0x009A SLEEP_DISABLE()** 来允许或禁止 SLEEP 模式。**0x12 Battery Status()[SLEEP_EN]** 位指示当前是否允许器件进入 SLEEP 模式，而 **0x12 Battery Status()[SLEEP]** 位指示器件当前是否处于 SLEEP 模式。

当 CC1 电流测量值低于 **Power:Sleep:Sleep Current** 给定的电流阈值时，系统被视为处于 RELAX 模式，如果设置允许，BQ76952 器件会自动切换到 SLEEP 模式。在 SLEEP 模式下，基于比较器的保护操作与 NORMAL 模式下相同。每隔 **Power:Sleep:Voltage Time** 秒测量一次基于 ADC 的电流、电压和温度。在 SLEEP 模式下，器件还将在完成电压和温度测量后的 1 秒钟时，然后测量 4 秒低功率电流，该测量用于在 SLEEP 模式下累积电荷积分。当 **Power:Sleep:Voltage Time** 计时器到期并且要进行一组测量时，停止测量 4 秒低功率电流以便开始整个测量集。为了优化累积电荷积分，可以将 **Power:Sleep:Voltage Time** 的值设置为 5 秒或 $(4 \times n + 1)$ 秒，这样，可以最大程度地减少 4 秒低功率电流测量的停止时间。所有温度保护都使用以 **Power:Sleep:Voltage Time** 时间间隔进行的 ADC 测量，因此将在 SLEEP 模式下以较低的速率更新。

如果发生保护故障，或电流开始流动，或连接充电器，或发送了 **0x009A SLEEP_DISABLE()** 子命令，或者，如果 RST_SHUT 引脚有效时间小于 1 秒，BQ76952 器件将退出 SLEEP 模式。当基于电流退出时，器件将快速启用 FET（如果 CHG FET 关闭，或 DSG FET 处于源极跟随器模式），但是，标准测量环路不会重新启用，直到下一个 1 秒边界出现在器件计时内。因此，在器件退出 SLEEP 模式后，新数据可能有大约 1 秒钟无法使用。

库仑计数器 ADC 以降低功率在速度模式下工作，以在 SLEEP 模式下监测电流。电流以周期性间隔测量，如果电流超过 **Power:Sleep:Wake Comparator Current**，器件会迅速切换回 NORMAL 模式。除了此项检查外，如果在每个 **Power:Sleep:Voltage Time** 间隔进行的 4 秒电流测量超过了 **Power:Sleep:Sleep Current**，器件将退出 SLEEP 模式。

库仑计数器 ADC 在此唤醒比较器模式下运行的速率可使用 **Settings:Configuration:Power Config[WK_SPD_1:0]** 配置位进行编程。这些位最初被指定为保留位，在 BQSTUDIO 中，这些位表示 RSVD_1 和 RSVD_0。通过改变转换速率，还可以修改产生的 ADC 转换的噪声水平，转换速率越快，噪声水平越高。下面的表总结了位名称更改和设置。

表 7-1. **Settings:Configuration:Power Config[WK_SPD_1:0]** 位名称

位	之前的位名称	新位名称
1	RSVD_1	WK_SPD_1
0	RSVD_0	WK_SPD_0

表 7-2. 唤醒比较器速度设置

WK_SPD_1	WK_SPD_0	当前测量速度	测量噪声水平 (1σ) ⁽¹⁾	注释
0	0	48ms	~6 μ V	为获得最佳精度而推荐的选项
0	1	24ms	~10 μ V	
1	0	12ms	~25 μ V	不推荐

表 7-2. 唤醒比较器速度设置 (continued)

WK_SPD_1	WK_SPD_0	当前测量速度	测量噪声水平 (1 σ) ⁽¹⁾	注释
1	1	6ms	~100 μ V	仅当阈值大于 1000 μ V 时才推荐使用

(1) 库仑计数器会将器件上 SRP 和 SRN 引脚之间的差分电压数字化。此测量值将转换为电流值，以便与 **Wake Comparator Current** 阈值进行比较。此处将 ADC 的测量噪声描述为 SRP 和 SRN 引脚之间测量的等效电压。通过将该噪声电压电平除以系统中使用的检测电阻值可以计算出近似的噪声电流。

设置 **WK_SPD[1:0] = 0x0** 可提供最低噪声水平，测量值的 1 σ 大约为 6 μ V，并且每 48ms 测量一次。如果需要更快的测量速率，设置 0x1 会导致 1 σ 大约为 10 μ V，并且每 24ms 测量一次。如果需要更快的测量速率，可以使用设置 0x3 每 6ms 测量一次。然而，该测量值的 1 σ 约为 100 μ V，如果阈值设置过低，可能会导致从 SLEEP 模式意外唤醒。因此，只有设置了 **Power:Sleep:Wake Comparator Current** 时才推荐使用此设置，以便差分电压 $|V_{SRP} - V_{SRN}| > 1000 \mu V$ 。请注意，使用 0x3 设置的六西格玛偏移可能会导致唤醒，且电流低于设定阈值约 600 μ V。设置 0x2 (默认设置) 可能会表现出较大的偏移电平，因此，不应使用。

该器件还监测每个 **Power:Sleep:Voltage Time** 测量间隔监测 PACK 引脚电压和电池组顶部电压。如果 PACK 引脚电压比电池组顶部电压高出 **Power:Sleep:Sleep Charger PACK-TOS Delta**，并且电池组顶部电压小于 **Power:Sleep:Sleep Charger Voltage Threshold**，器件将退出 SLEEP 模式。BQ76952 器件还包括进入睡眠模式时的迟滞，以避免器件基于动态负载快速进入和退出 SLEEP 模式。切换到 NORMAL 模式后，器件在 **Power:Sleep:Sleep Hysteresis Time** 设置给出的数秒内不会再次进入 SLEEP 模式。

在 SLEEP 模式期间，可以使用电荷泵或源极跟随器模式驱动 DSG FET，如 **高侧 NFET 驱动器** 中所述。根据 **Settings:FET:FET Options[SLEEPCHG]** 的设置，可以使用电荷泵禁用或驱动 CHG FET。

7.4 DEEPSLEEP 模式

BQ76952 器件集成了 DEEPSLEEP 模式，这是一种低功耗模式，允许 REG1 和 REG2 LDO 保持通电，但禁用其他子系统。在该模式下，保护 FET 全部被禁用，因此在电池包端子处不提供电压。所有的保护都被禁用，并且所有的电压、电流和温度测量都被禁用。

通过在 4 秒的时间窗口内连续发送 **0x000F DEEPSLEEP()** 子命令两次，可以进入 DEEPSLEEP 模式。如果发送了 **0x000E EXIT_DEEPSLEEP()** 子命令，或者 RST_SHUT 引脚有效的的时间小于 1 秒，或者连接了充电器 (如果 LD 引脚上的电压从低于 $V_{WAKEONLD}$ 上升至超过该值，则检测到连接)，那么该器件将退出 DEEPSLEEP 模式并返回到 NORMAL 模式。此外，如果 BAT 引脚电压降至低于 $V_{PORA} - V_{PORA_HYS}$ ，则该器件切换至 SHUTDOWN 模式。

当该器件退出 DEEPSLEEP 模式时，它首先完成一个完整的测量循环并评估与启用的保护相关的条件，以确保这些条件可以继续进入 NORMAL 模式。这可能需要大约 250ms 加上完成测量循环的时间。

如果设置了 **Settings:Configuration:Power Config[DPSLP_LDO]** 配置位，那么 REG1 和 REG2 LDO 将在进入 DEEPSLEEP 模式时保持其电源状态。该器件还提供在 DEEPSLEEP 模式下使 LFO 保持运行的功能，这样可以更快地对通信做出响应并切换回至 NORMAL 模式，但会消耗额外的功率。这由 **Settings:Configuration:Power Config[DPSLP_LFO]** 配置位进行控制。

除 **0x000E EXIT_DEEPSLEEP()** 子命令之外，通过串行接口与该器件通信不会导致其退出 DEEPSLEEP 模式。不过，由于在 DEEPSLEEP 模式下不进行任何测量，因此没有可供读出的新信息。为了在系统不通电的情况下收集测量数据，用户可以执行以下操作：

1. 发送 **0x0095 ALL_FETS_OFF()** 子命令，以使 FET 保持禁用状态。
2. 发送 **0x000E EXIT_DEEPSLEEP()** 子命令，以切换回至 NORMAL 状态。
3. 通过监测 **0x62 Alarm Status()[FULLSCAN]** 位，等待一个测量周期完成。
4. 读取数据。
5. 在 4 秒内发送 **0x000F DEEPSLEEP()** 子命令两次，以返回至 DEEPSLEEP 模式。
6. 发送 **0x0096 ALL_FETS_ON()** 子命令，以在将来退出 DEEPSLEEP 模式时解锁 FET。

7.5 SHUTDOWN 模式

SHUTDOWN 模式是 BQ76952 的最低功率模式，可用于运输或长期储存。在此模式下，器件会丢失所有寄存器状态信息，内部逻辑断电，保护 FET 全部被禁用，因此电池包端子上不提供电压。所有保护都被禁用，所有电压、电流和温度测量都被禁用，并且不支持通信。当器件退出 SHUTDOWN 模式时，器件将引导并读取存储在 OTP 中的参数（如果已经写入）。如果尚未写入 OTP，器件将以默认设置通电，然后通过主机写入器件寄存器更改设置。

进入 SHUTDOWN 模式涉及一系列步骤。如果器件处于 SEALED 模式，可以通过在 4 秒的时间期限内连续两次发送 `0x0010 SHUTDOWN()` 子命令手动启动该系列步骤。仅当器件处于 UNSEALED 或 FULLACCESS 模式时，才需要发送一次子命令。如果在器件处于 UNSEALED 或 FULLACCESS 模式时，连续发送两次此子命令，将跳过与序列步骤相关的延迟。还可以将该器件配置为根据电池组顶部电压或最小电芯电压自动进入 SHUTDOWN 模式。如果电池组顶部电压低于 **Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage**，或者最小电芯电压低于 **Power:Shutdown:Shutdown Cell Voltage**，则会自动启动 SHUTDOWN 模式序列。根据 **Settings:Configuration:Vcell mode** 中的设置，基于电芯电压的关断不适合用来测量互连的电芯输入引脚。

备注

如果启用此功能并且还启用了电芯开路检测，除非适当设置了延迟，否则开路情况可能会导致器件在记录开路故障之前进入 SHUTDOWN 模式。如果已根据电芯或电池组电压启动自动关断，且 PACK 引脚上测得的电压等于或高于电池组顶部 (TOS) 电压由 **Power:Sleep:Sleep Charger PACK-TOS Delta** 给出的阈值，器件将返回 NORMAL 模式，允许电池包在低电压条件下充电。

当 BQ76952 器件处于 NORMAL 或 SLEEP 模式时，如果内部温度测量值超过 **Power:Shutdown:Shutdown Temperature** 持续达到 **Power:Shutdown:Shutdown Temperature Delay** 秒，还可以将器件配置为进入 SHUTDOWN 模式。

当 `0x0010 SHUTDOWN()` 子命令启动停机模式序列或 RST_SHUT 引脚驱动为高电平长达 1 秒时，器件将等待长达 **Power:Shutdown:FET Off Delay**，然后禁用保护 FET。从序列开始延迟 **Power:Shutdown:Shutdown Command Delay** 后，器件将进入 SHUTDOWN 模式（因此应将 **Power:Shutdown:Shutdown Command Delay** 设置为长于 **Power:Shutdown:FET Off Delay**）。但是，如果 LD 引脚上的电压仍高于 $V_{WAKEONLD}$ 电平，应将关断延迟到 LD 上的电压降至该电平以下。

备注

当以这种方式启动 SHUTDOWN 模式时，器件将首先切换到 NORMAL 模式，并阻止进入 SLEEP 模式。如果 FET 最初是关闭的（例如器件处于 DEEPSLEEP 模式）且 **Power:Shutdown:FET Off Delay = 0**，FET 将保持关闭。但是，如果 **Power:Shutdown:FET Off Delay > 0**，可在 FET 进入 NORMAL 模式后将其启用（如果未阻止），然后在 **Power:Shutdown:FET Off Delay** 后将其禁用。如果这不是首选，主机可以在进入 DEEPSLEEP 模式之前发送 `0x0095 ALL_FETS_OFF()`，然后在退出 DEEPSLEEP 模式时发送 `0x0096 ALL_FETS_ON()`。

当器件处于 SHUTDOWN 模式时，在具有高源阻抗的 TS2 引脚上提供大约 5V 电平。如果 TS2 引脚被拉至低于 $V_{WAKEONTS2}$ （例如通过切换到 VSS），或者在 LD 引脚上施加高于 $V_{WAKEONLD}$ 的电压（例如在串联 FET 配置中连接充电器时），则器件将退出 SHUTDOWN 模式。

备注

如果将热敏电阻从 TS2 引脚连接到 VSS，则会阻止器件完全进入 SHUTDOWN 模式。

作为将 BQ76952 器件长期存储时避免意外从 SHUTDOWN 模式唤醒的一种对策，如果器件从 SHUTDOWN 模式启动时未发生任何有效通信，或未检测到任何充电或放电电流，可将器件配置为在 **Power:Shutdown:Auto Shutdown Time** 分钟后自动重新进入 SHUTDOWN 模式。默认情况下禁用此功能，因此有必要在 OTP 中对其进行编程，以确保在发生意外唤醒时启用此功能。发生看门狗重置后，此功能也不会生效。有关更多详细信息，请参阅 [Power:Shutdown:Auto Shutdown Time](#)。

BQ76952 器件会执行定期存储器完整性检查，如果检测到任何损坏，将强制看门狗复位。为避免在存储器故障时发生复位循环，如果在看门狗复位后的 **Power:Shutdown:RAM Fail Shutdown Time** 秒内检测到存储器错误，器件将进入 SHUTDOWN 模式，而不是进行复位。

当器件从 SHUTDOWN 模式唤醒时，需要大约 200-300ms (如果 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF A[CUDEP]** 未启用) 内部电路才能通电，从 OTP 存储器加载设置，执行初始测量，评估与启用的保护相关的设置，然后在条件允许的情况下启用 FET。如果启用了 **[CUDEP]**，该时间可能会更长，具体取决于其在 **Permanent Fail:CUDEP:Delay** 中的相关延迟设置。

BQ76952 器件集成了硬件过热检测电路，可以确定内核温度何时超过约 120°C 的高温。如果触发了该检测器，并且设置了 **Settings:Configuration:Power Config[OTSD]** 配置位，器件将自动开始顺序进入 SHUTDOWN 的序列。

如果关断序列已启动，但 TS2 引脚保持在 $V_{WAKEONTS2}$ 以下，或 LD 引脚电压高于 $V_{WAKEONLD}$ ，器件将保持“软关断”状态，直到 TS2 引脚电压不再低于 $V_{WAKEONTS2}$ ，并且 LD 引脚电压低于 $V_{WAKEONLD}$ 。在“软关断”状态中，FET 被禁用，保护和测量被停止，串行通信被禁用。如果允许 LD 电压首先下降到 $V_{WAKEONLD}$ 以下，然后通过连接的充电器升高到 $V_{WAKEONLD}$ 以上，或者 RST_SHUT 引脚从低电平变为高电平，或者条件允许器件继续进入 SHUTDOWN 模式，器件将退出“软关断”。在 [锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池包的 BQ76952 3 节至 16 节串联高精度电池监控器和保护器数据表 \(SLUSE13\)](#) 中规定了 $V_{WAKEONLD}$ 和 $V_{WAKEONTS2}$ 。

7.6 CONFIG_UPDATE 模式

BQ76952 器件使用特殊的 CONFIG_UPDATE 模式来更改数据存储器设置。如果在固件正常运行时更改了数据存储器设置，当固件使用的设置在运行过程中发生更改时，可能会导致运行异常或不良的后果。当需要更改数据存储器设置 (通常只应在客户生产线上或离线条件下进行) 时，主机应：

通过发送 `0x0090 ENTER_CFG_UPDATE()` 子命令将该器件置于 CONFIG_UPDATE 模式。如果启用了保护 FET，该器件将自动禁用它们。

等待设置 `0x12 Battery Status()[CFGUPDATE]` 标志。

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](#))。

发送 `0x0092 EXIT_CFG_UPDATE()` 命令以恢复固件运行。

在 CONFIG_UPDATE 模式下，该器件会停止正常的固件操作并停止所有测量和保护监控。然后主机可以更改数据存储器设置 (将寄存器直接写入 RAM，或指示该器件将 RAM 数据编程到 OTP 中)。更改完成后，主机发送 `0x0092 EXIT_CFG_UPDATE()` 命令，此时该器件使用新的数据存储器设置重新启动正常的固件运行。

This page intentionally left blank.

8.1 概述

BQ76952 器件包含三种安全模式：SEALED、UNSEALED 和 FULLACCESS，它们可用于限制查看或更改设置的功能。

在 SEALED 模式下，可以使用命令和子命令读取大多数数据和状态，但只能更改选定的设置。无法直接读取或更改数据存储器设置。

UNSEALED 模式包含 SEALED 功能，还增加了执行附加子命令和读取数据存储器的功能。

FULLACCESS 模式支持读取和修改所有器件设置（包括写入 OTP 存储器）的功能。

在该器件运行时，可以通过支持的命令和子命令修改该器件中的选定设置，但为了修改所有的设置，该器件必须进入 CONFIG_UPDATE 模式（请参阅节 7.6），这样可以在更新设置时停止器件操作。更新完成后，系统会使用新设置重新启动器件操作。CONFIG_UPDATE 模式仅在 FULLACCESS 模式下可用。

BQ76952 器件实现了一种用于在 SEALED、UNSEALED 和 FULLACCESS 模式之间切换的密钥访问方案。每次转换都需要通过子命令地址（0x3E 和 0x3F）向器件发送一组唯一的密钥。必须将密钥连续发送到 0x3E 和 0x3F，密钥之间不得写入其他数据。请勿将两个密钥设置为相同的值。当处于在 SEALED 模式时，0x12 Battery Status()[SEC1, SEC0] 位被设置为 [1, 1]。当该器件正确接收到 UNSEAL 密钥时，这些位将被设置为 [1, 0]。当该器件正确接收到 FULLACCESS 密钥时，这些位将更改为 [0, 1]。状态 [0, 0] 无效，仅表示尚未加载状态。该器件必须先从 SEALED 模式切换到 UNSEALED 模式，然后才能切换到 FULLACCESS 模式。

解封密钥存储在数据存储器的 **Security:Keys:Unseal Key Step 1** 和 **Security:Keys:Unseal Key Step 2** 中。FULLACCESS 密钥存储在 **Security:Keys:Full Access Key Step 1** 和 **Security:Keys:Full Access Key Step 2** 中。使用 0x0035 SECURITY_KEYS() 子命令在运行期间更改访问密钥。该子命令支持 4 个关键字（8 个字节）的 R/W。使用该子命令以大端字节序的顺序发送每个字，前两个字是解封代码，其余两个字是完整的访问代码。

将代码写入 0x3E 和 0x3F 来使用代码时，必须以小端字节序的顺序发送这些代码；因此，如果将 0x1234 和 0x5678 作为解封代码写入 0x0035 SECURITY_KEYS()，则解封需要将 0x34 和 0x12 写入 0x3E 和 0x3F，然后将 0x78 和 0x56 写入 0x3E 和 0x3F。必须在 4s 内写入这两个代码才能成功。

要读取密钥，请执行以下操作：

1. 将 0x35 和 0x00 写入 0x3E 和 0x3F。
2. 从传输缓冲区的 0x40 - 0x47 处读回 8 个字节。

要写入密钥，请执行以下操作：

1. 将 0x35 和 0x00 写入 0x3E 和 0x3F。
2. 将数据以大端字节序的格式写入传输缓冲区的 0x40 - 0x47。
3. 将校验和写入 0x60。校验和是数据和命令字节之和的补码。
4. 将 0x0A 的长度写入 0x61。该长度包含命令、数据、校验和以及长度字节。

要在初次上电时将该器件设置为 SEALED 模式，可以设置 **Security:Settings:Security Settings[SEAL]** 配置位。在运行期间，可以通过发送 0x0030 SEAL() 子命令将该器件置于 SEALED 模式。

BQ76952 器件包含用于限制进一步修改器件设置的附加方法。如果设置了 **Security:Settings:Security Settings[LOCK_CFG]** 配置位，则在该器件处于 CONFIG_UPDATE 模式时无法再修改数据存储器设置。如果设置了 **Security:Settings:Security Settings[PERM_SEAL]** 位，则该器件在被密封后无法解封。

该器件提供额外的检查，可用于优化系统稳健性：

0x0004 IROM_SIG() 子命令计算集成指令 ROM 的数字签名，**0x0009 DROM_SIG()** 子命令计算集成数据 ROM (其中包含该器件的默认值) 的类似签名。对于特定的产品，这些签名绝不应更改。如果发生了更改，则会指示错误，要么是 ROM 已损坏，要么是 ROM 的回读或签名计算出现错误。

0x0005 STATIC_CFG_SIG() 子命令计算静态配置数据 (不包含校准值) 的数字签名并将其与存储的值进行比较。如果结果与存储的签名不匹配，则设置返回的 MSB。

9.1 串行通信概述

BQ76952 器件集成了三个串行通信接口：I²C 总线，其支持 100kHz 和 400kHz 模式，可选 CRC 校验；SPI 总线，可选 CRC 校验，支持高达 2MHz 的时钟速率；以及单线 HDQ 接口。BQ76952 器件默认配置为 I²C 模式（其他版本的器件，例如 BQ7695201，可能默认配置为不同的模式），并且可以通过对寄存器或 OTP 配置进行相应编程来更改为 SPI 或 HDQ 模式。客户可以在生产线上对器件的集成 OTP 进行编程，以设置在运行中加电时使用的所需通信速度和协议。

Settings:Configuration:Comm Type 配置寄存器控制 BQ76952 器件的主动通信模式。这些设置显示如下。

表 9-1. 通信类型数据存储寄存器设置

通信类型设置	说明
0x00	默认 (BQ76952 上为 I ² C 快速模式，根据器件数据表，其他版本的器件可能会有所不同)
0x03	使用 ALERT 引脚的 HDQ
0x04	使用 HDQ 引脚的 HDQ
0x07	I ² C (用于高达 100kHz 的总线速度)
0x08	I ² C 快速 (用于高于 100kHz 的总线速度)
0x09	I ² C 快速，带超时 (用于高于 100kHz 的总线速度)
0x0F	SPI
0x10	具有 CRC 的 SPI
0x11	I ² C，带 CRC (使用高达 100kHz 的总线速度)
0x12	I ² C 快速，带 CRC (使用高于 100kHz 的总线速度)
0x1E	I ² C，带超时 (用于 100kHz 的总线速度)
0xFF	I ² C 快速 (用于高于 100kHz 的总线速度)
所有其他值	保留。请勿使用。

9.2 I²C 通信子系统

BQ76952 器件中的 I²C 串行通信接口用作响应器件，支持高达 400kHz 的速率和可选的 CRC 检查。如果尚未对 OTP 进行编程，则 BQ76952 将默认在 400kHz I²C 模式初始上电，而其他版本的器件可能具有不同的默认设置（例如，BQ7695201 将默认在带 CRC 模式的 SPI 中初始上电）。可以在生产线上对 OTP 设置进行编程，然后当该器件上电时，根据 OTP 设置自动进入所选模式。在 CONFIG_UPDATE 模式下，主机也可以更改 I²C 速度设置，然后新的速度设置将在退出 CONFIG_UPDATE 模式时生效。或者，主机可以写入 `0x29e7 SWAP_TO_I2C()` 子命令，以立即将通信接口更改为 I²C 快速模式 (**Settings:Configuration:Comm Type** = 8)，而无需进入 CONFIG_UPDATE 模式。可以发送 `0x29BC SWAP_COMM_MODE()` 子命令，以将器件转换至 **Settings:Configuration:Comm Type** 中的设置选择的通信模式。

I²C 器件地址默认设置为 0x10 (写入)、0x11 (读取)，可以通过使用所需的写入地址对

Settings:Configuration:I2C Address 进行编程来更改该地址。

通信接口包含可选的超时功能，可以根据 **Comm Type** 设置启用该功能。仅当总线将以 100kHz 或 400kHz 的频率运行时，才应使用具有超时功能的 **Comm Type** 设置。当 **Comm Type**= 0x1E (启用超时的 100kHz 模式)

时，如果检测到时钟为低电平超过 t_{TIMEOUT} (25ms 至 35ms)，或者累积的时钟低电平响应器延长时间超过约 25ms，或者如果累积的时钟低电平控制器延长时间超过 10ms，则器件将重置通信接口逻辑。当 **Comm Type = 0x09** (启用超时的 400kHz 模式) 时，如果检测到时钟为低电平超过 t_{TIMEOUT} (5ms 至 20ms)，则器件将重置通信接口逻辑。如果检测到 SCL 引脚为低电平超过 2 秒，则总线还包括一个长期超时，无论 **Comm Type** 设置是否包含超时都是如此。

I²C 写入事务如 图 9-1 所示。通过在停止之前发送额外的数据字节来允许进行块写入。I²C 逻辑将在每个数据字节后自动递增寄存器地址。

启用时，可以通过以下方式来计算 CRC：

- 在单字节写入事务中，根据响应器地址、寄存器地址和数据来计算 CRC。
- 在块写入事务中，根据响应器地址、寄存器地址和数据来计算第一个数据字节的 CRC。后续数据字节的 CRC 仅根据数据字节来计算。

CRC 多项式为 $x^8 + x^2 + x + 1$ ，初始值为 0。

当响应器检测到错误的 CRC 时，I²C 响应器将不确认 CRC，从而使 I²C 响应器进入空闲状态。

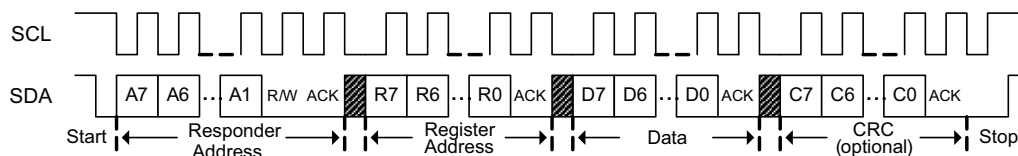


图 9-1. I²C 写入

图 9-2 显示了一个使用重复启动的读取事务。

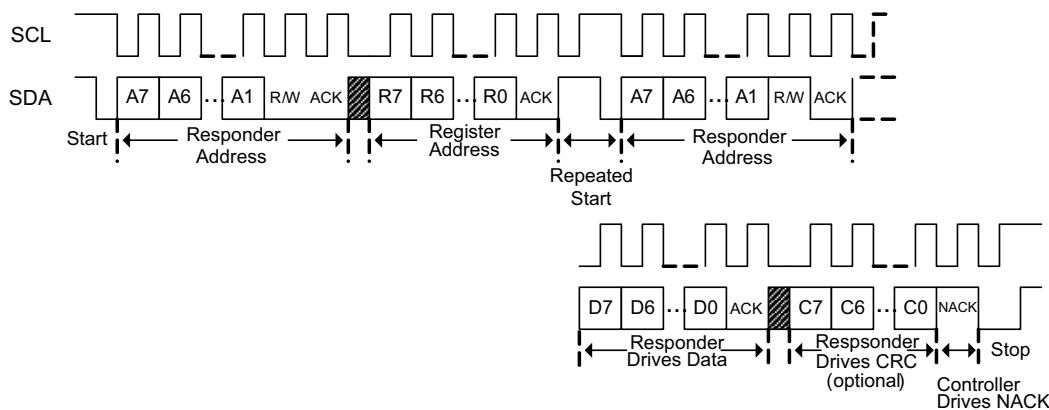


图 9-2. 使用重复启动的 I²C 读取

图 9-3 显示了一个未使用重复启动的读取事务 (例如在硬件中不可用时)。对于块读取，控制器确认除最后一个数据字节之外的每个数据字节，并继续为接口提供时钟。I²C 块将在每个数据字节后自动递增寄存器地址。

启用时，可以通过以下方式来计算读取事务的 CRC：

- 在单字节读取事务中，CRC 是从第一个启动开始计算的，因此将包含响应器地址、寄存器地址、然后是设置了读取位的响应器地址，再是数据字节。
- 在块读取事务中，第一个数据字节的 CRC 是从第一个启动开始计算的，将包含响应器地址、寄存器地址、然后是设置了读取位的响应器地址，再是数据字节。CRC 在每个数据字节后和每次停止后都会复位。后续数据字节的 CRC 仅根据数据字节来计算。

CRC 多项式为 $x^8 + x^2 + x + 1$ ，初始值为 0。

当控制器检测到错误的 CRC 时，I²C 控制器将不确认 CRC，从而使 I²C 响应器进入空闲状态。

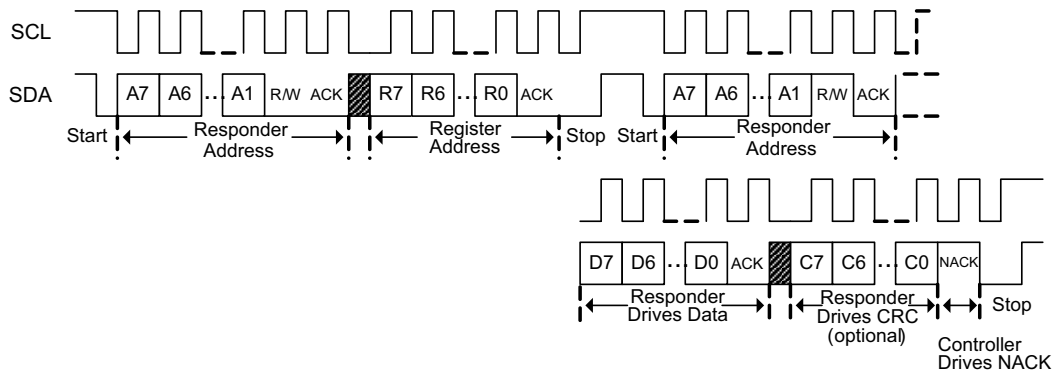


图 9-3. 不使用重复启动的 I²C 读取

当主机发送读取事务时，该器件在获取数据并准备发送数据时可能会发生时钟延长。不过，当发送的子命令需要该器件获取数据并将其加载到 0x40 - 0x5F 传输缓冲区时，该器件在此期间不会发生时钟延长。器件获取数据所需的时间取决于特定的子命令和器件内正在进行的任何其他处理，因此在运行期间会有所不同。表 9-2 描述了该器件获取子命令数据所需的大致时间。发送子命令时，建议等待足够长的时间以使该器件获取数据，然后再次读取 0x3E/0x3F。如果从该读取中回显初始子命令，则获取的数据可用并且可以从传输缓冲区中读取。

9.3 SPI 通信接口

BQ76952 器件中的 SPI 接口作为仅响应器接口运行，支持高达 2MHz 的速率，并具有可选的 CRC 检查。如果尚未对 OTP 进行编程，BQ76952 将默认在 400kHz I²C 模式下首次通电，而其他版本的器件可能会在其他模式下首次通电，具体取决于器件版本。可以在生产线上对在 BQ76952 中选择 SPI 模式的 OTP 设置 (由 **Settings:Configuration:Comm Type** 设置) 进行编程以选择 SPI 模式，然后当器件通电时，该器件将自动进入 SPI 模式。尽管器件在退出 CONFIG_UPDATE 模式时不会立即更改通信模式，但是主机还可以在 CONFIG_UPDATE 模式下更改串行通信设置，以避免在评估或生产过程中失去通信。主机可以使用 CRC (**Settings:Configuration:Comm Type** = 16) 写入 0x7C35 SWAP_TO_SPI() 子命令，立即将通信接口更改为 SPI，而无需在 CONFIG_UPDATE 模式下更改设置。或者，可以发送子命令 0x29BC SWAP_COMM_MODE()，将器件切换到通过 **Settings:Configuration:Comm Type** 中的设置所选择的通信模式。

SPI 接口逻辑在时钟极性 (CPOL) = 0 和时钟相位 (CPHA) = 0 的情况下运行，如下图所示。

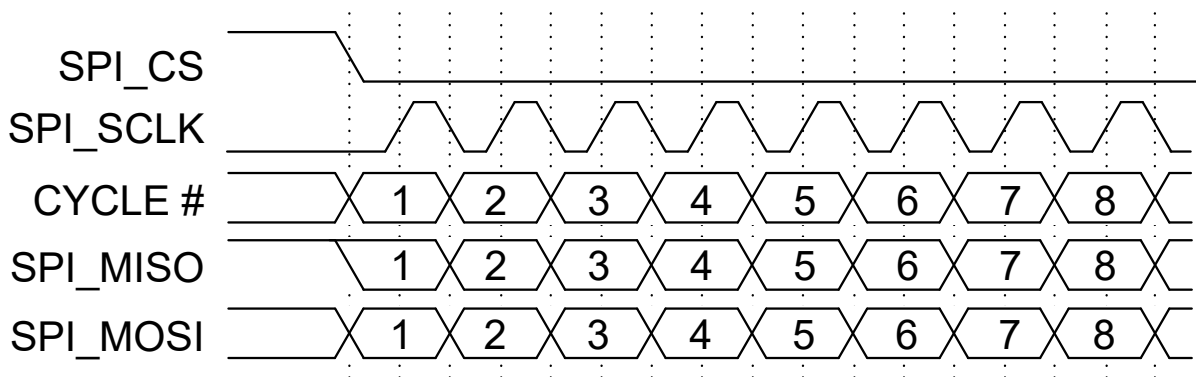


图 9-4. CPOL = 0 且 CPHA = 0 的 SPI

该器件还包含一个使用多项式 $x^8 + x^2 + x + 1$ 的可选 8 位 CRC。如果未启用 CRC，接口必须处理 16 位事务；如果启用 CRC，接口必须处理 24 位事务。根据 **Settings:Configuration:Comm Type** 的设置，可启用或禁用 CRC 模式。根据控制设置，逻辑将：

- (a) 仅在有效 CRC 时工作，无有效 CRC 时不处理数据，或
- (b) 将只在无 CRC 时处理事务（因此主机每次只在时钟沿处理 16 位数据，如果发送更多或更少的数据，器件将检测到错误）。

如果主机使用 CRC 执行写入操作，而 CRC 不正确，传入数据将不会传输到接收缓冲区，发送缓冲区（用于下一个事务）也会复位为 0xFFFF。此事务被视为无效。在下一个事务中，CRC（如已在时钟沿输出）将为 0xAA，因此 0xFFFFAA 将向控制器指示检测到 CRC 错误。

当主机启动事务时，BQ76952 器件中的内部振荡器可能未运行（例如，如果器件处于 SLEEP 模式，可能会发生这种情况）。如果发生这种情况，针对在时钟沿输出的前 16 位数据，接口将在 SPI_MISO 上输出 0xFFFF。如果启用了 CRC，该接口还将为第三个 (CRC) 字节输出 0xFF。因此，0xFFFFFF 将向控制器指示内部振荡器尚未就绪。器件所用地址 0x7F 的定义方式应确保没有将 0xFF 写入此地址的有效事务。因此，在事务的前两个字节中，两字节模式 0xFFFF 绝不应作为有效序列出现（也就是说，该模式仅用作出错的标志，类似于 I²C NACK）。

如果内部 HFO 振荡器未在器件中运行，则将在 SPI_CS 的下降沿自动唤醒该振荡器（在 NORMAL、SLEEP 或 DEEPSLEEP 模式下是这样，但在 SHUTDOWN 模式下非如此）。在 NORMAL 模式或 SLEEP 模式下，HFO 可能需要大约 135µs 才能稳定并可供 SPI 接口逻辑使用。在 DEEPSLEEP 模式下，HFO 将需要大约 4.5ms 才能稳定并可供使用。这种延迟意味着在 HFO 最初关闭的第一个 SPI 事务期间，请求的数据通常无法返回给主机。因此，在 HFO 可能最初关闭的情况下，建议主机首先写入“虚拟”SPI 事务以唤醒 HFO，然后在 NORMAL 或 SLEEP 模式下等待至少 135µs，或在 DEEPSLEEP 模式下等待 4.5ms，之后再发送预期的 SPI 事务。如果 SPI 事务在 NORMAL 或 SLEEP 模式下返回 0xFFFF（在 16 位模式下）或 0xFFFFFF（在 24 位模式下），则主机应在初始通电后或在 DEEPSLEEP 模式下延迟至少 135µs 或 4.5ms 后，再次重试该事务。这样就有时间唤醒 HFO（如果其最初是关闭的），以及器件有时间准备请求的数据并使其准备就绪以供读出。

建议在使用 SPI 模式时，将 **Settings:Configuration:Comm Idle Time** 设置为 1 秒或更长时间，这会导致 HFO 在被 SPI_CS 上的下降沿唤醒后保持可编程数秒内通电。主机可以将此设置为更长的时间（最多 255 秒），并在此期限内保持定期通信，从而使 HFO 保持通电状态，以便器件能够快速响应 SPI 事务。然而，保持 HFO 连续运行将导致器件消耗额外的电源电流（约 30µA），超出了通信量最小时所消耗的电流。为了避免这种额外的电源电流，主机可以先发送一个“虚拟”SPI 事务（如读取命令 `CONTROL_STATUS()`）以唤醒 HFO，并继续此操作，直到 SPI_MISO 上返回有效响应。此时，主机可以开始发送预期的 SPI 事务。之后，主机可以将 0xAA 写入 0x7F 地址，这将导致 HFO 关闭。请注意，`0x7F FET Status()` 是只读命令，这种向该命令地址发送 0xAA 的特殊情况与 `0x7F FET Status()` 命令无关。

该器件能够检测冻结或断开的 SPI 总线状况，然后重置总线逻辑。当 SPI_CS 为低电平，并且 SPI_SCLK 为静态且在两秒钟超时内没有变化时，就会识别出这种情况。

9.3.1 SPI 协议

SPI 事务的第一个字节包含一个 R/W 位（R=0，W=1），后跟一个 7 位地址，MSB 在最前面。如果控制器（主机）正在写入，第二个字节将是要写入的数据。如果控制器正在读取，将忽略 SPI_MOSI 上发送的第二个字节（CRC 计算除外）。

如果启用了 CRC，控制器必须将 8 位 CRC 代码作为第三个字节发送，该代码是通过前两个字节计算得出的。如果 CRC 正确，会将在时钟沿输入的值放入接收缓冲区。如果 CRC 不正确，会将发送缓冲区设置为 0xFFFF，并将发送的 CRC 设置为 0xAA（在下一个事务的时钟沿输出）。

在此事务期间，逻辑将在时钟沿输出发送缓冲区的内容。如果自上次事务以来未更新发送缓冲区，逻辑将在时钟沿输出 0xFFFF，如果在时钟沿进行 CRC，CRC 将在时钟沿输出 0x00（如启用）。因此，0xFFFF00 将向控制器指示发送缓冲区在事务发生之前未被内部逻辑更新。当器件没有足够的时间更新连续事务之间的缓冲区时，就会发生这种情况。

当内部逻辑从接口逻辑中获取写入数据并对其进行处理时，该内部逻辑还会将 R/W 位、地址和数据复制到发送缓冲区中。在下一个事务中，此数据将在时钟沿被发送回控制器。

当控制器开始读取时，内部逻辑会将 R/W 位和地址连同请求的数据一起放入发送缓冲区中。如果启用了 CRC，接口将对发送缓冲区中的两个字节计算 CRC，并在时钟沿将结果返回至控制器（如上所述，与 0xFFFF 相关的异常情况）。下面显示了使用 CPOL=0 时，三个使用 CRC 和不使用 CRC 的事务序列图。

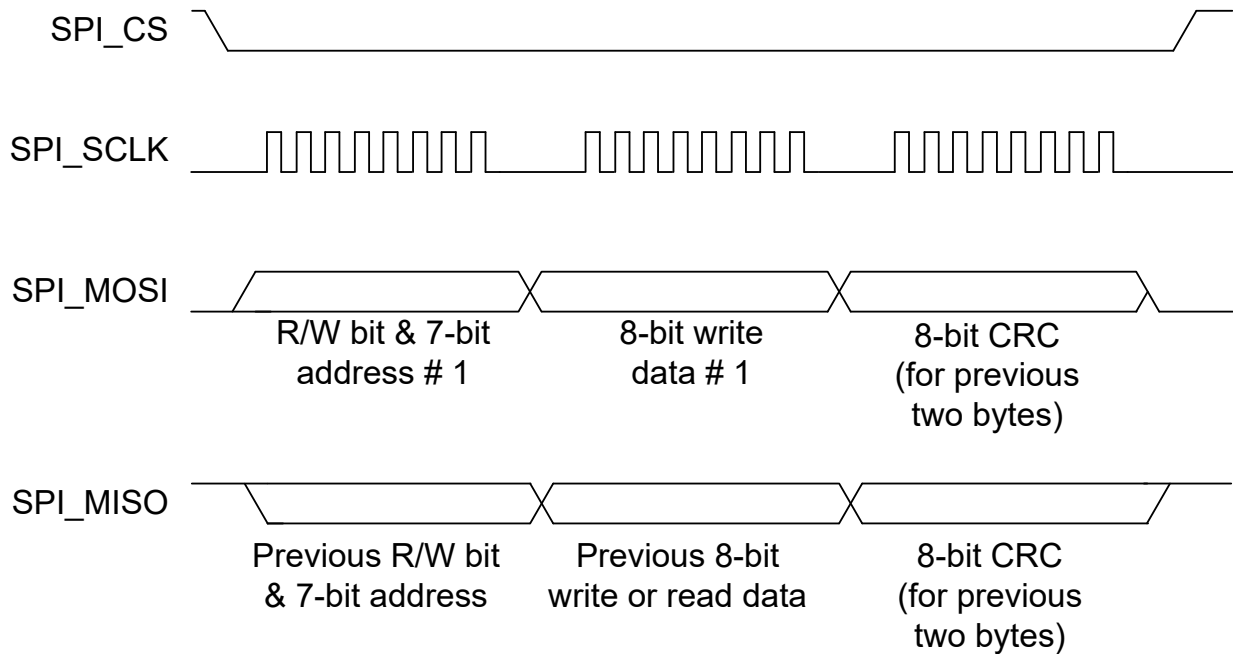


图 9-5. 使用 CRC 的 SPI 事务 1

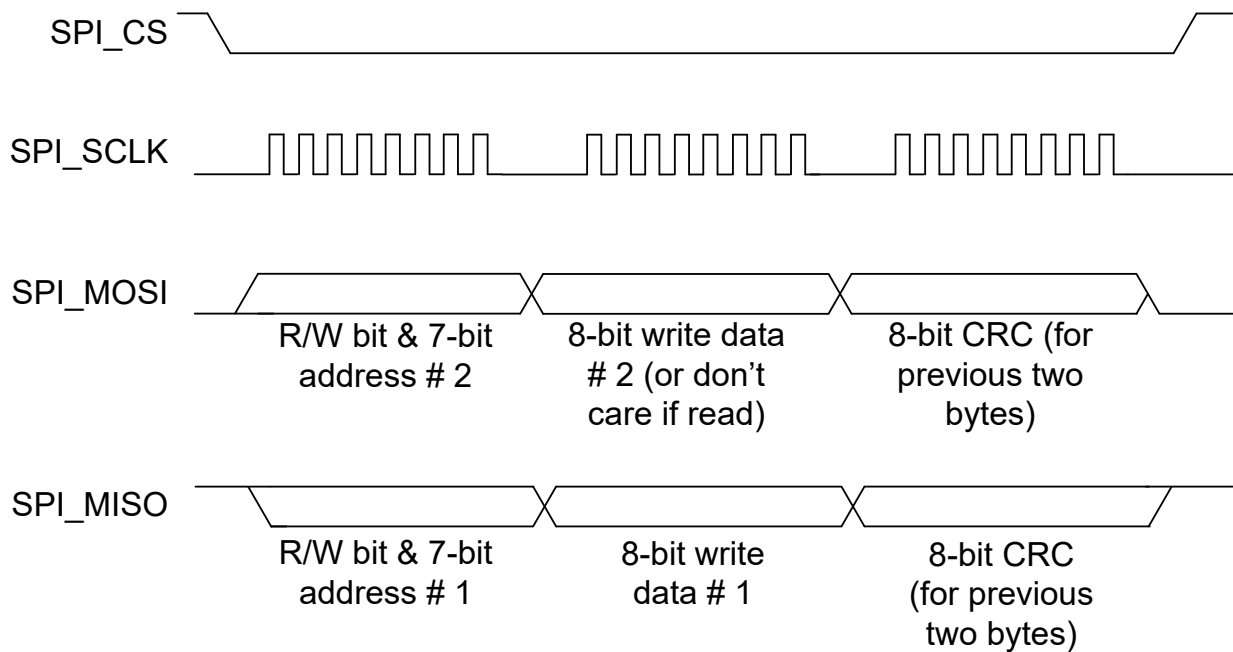


图 9-6. 使用 CRC 的 SPI 事务 2

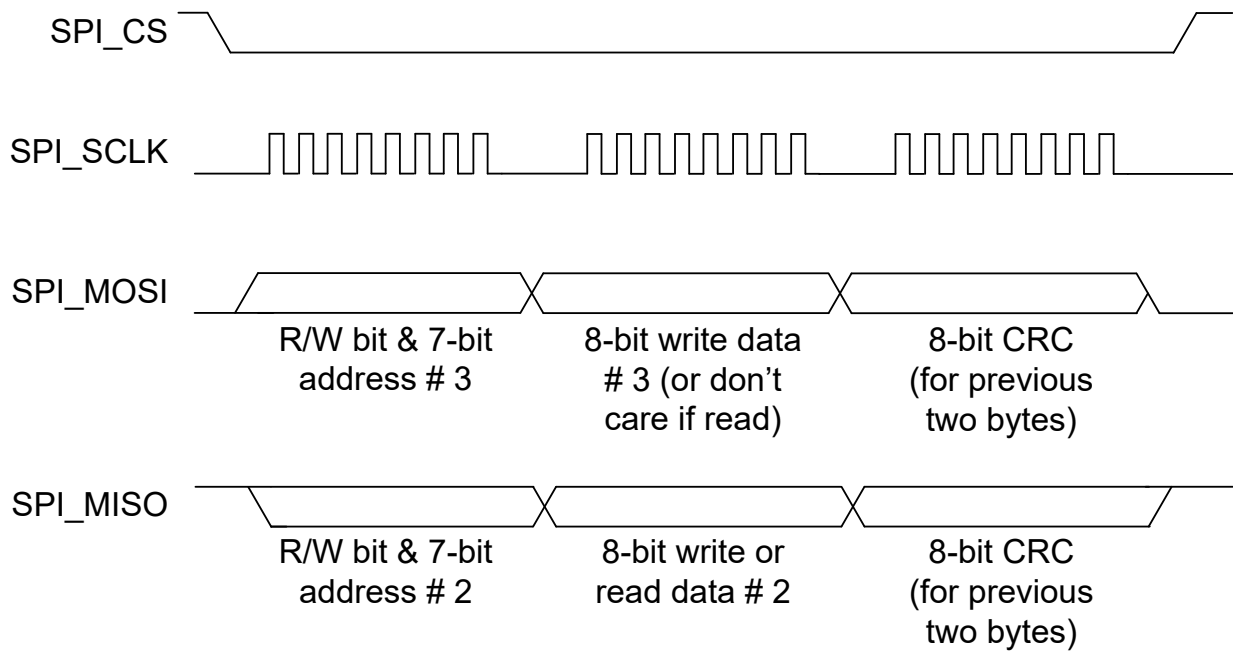


图 9-7. 使用 CRC 的 SPI 事务 3

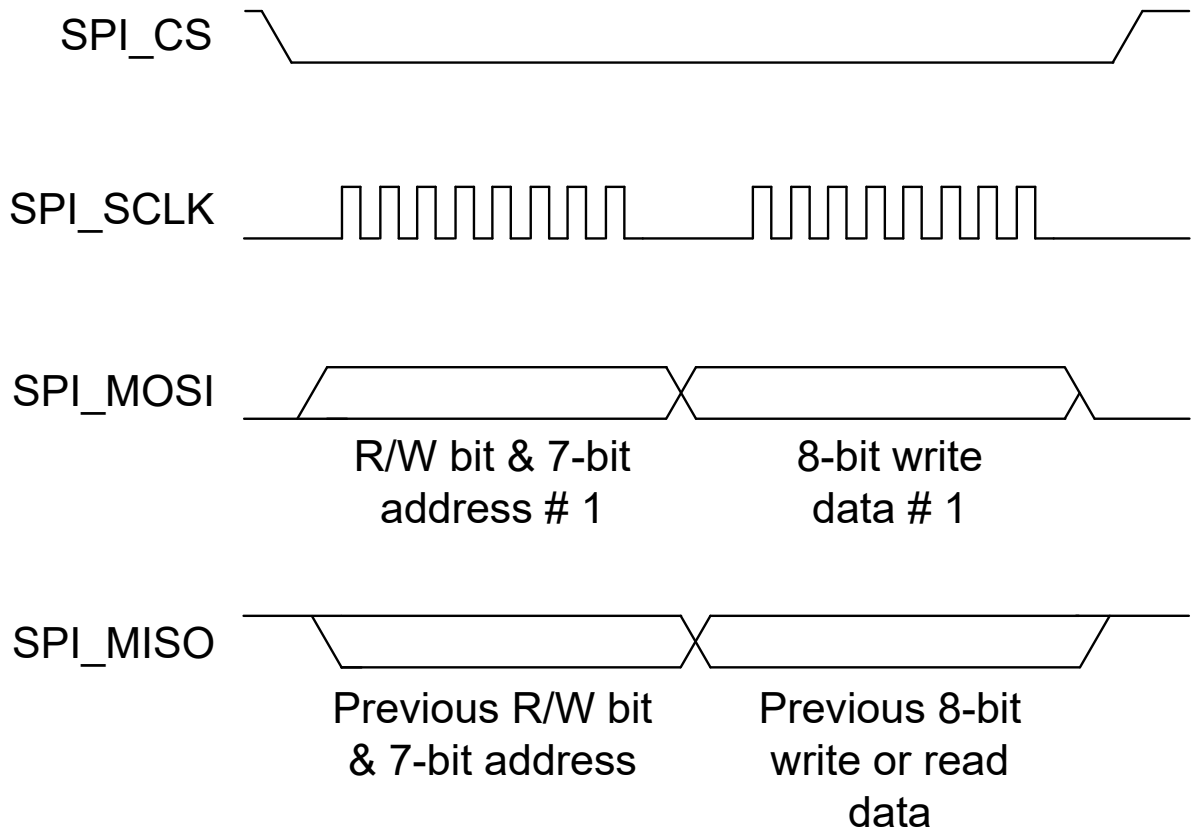


图 9-8. 不使用 CRC 的 SPI 事务 1

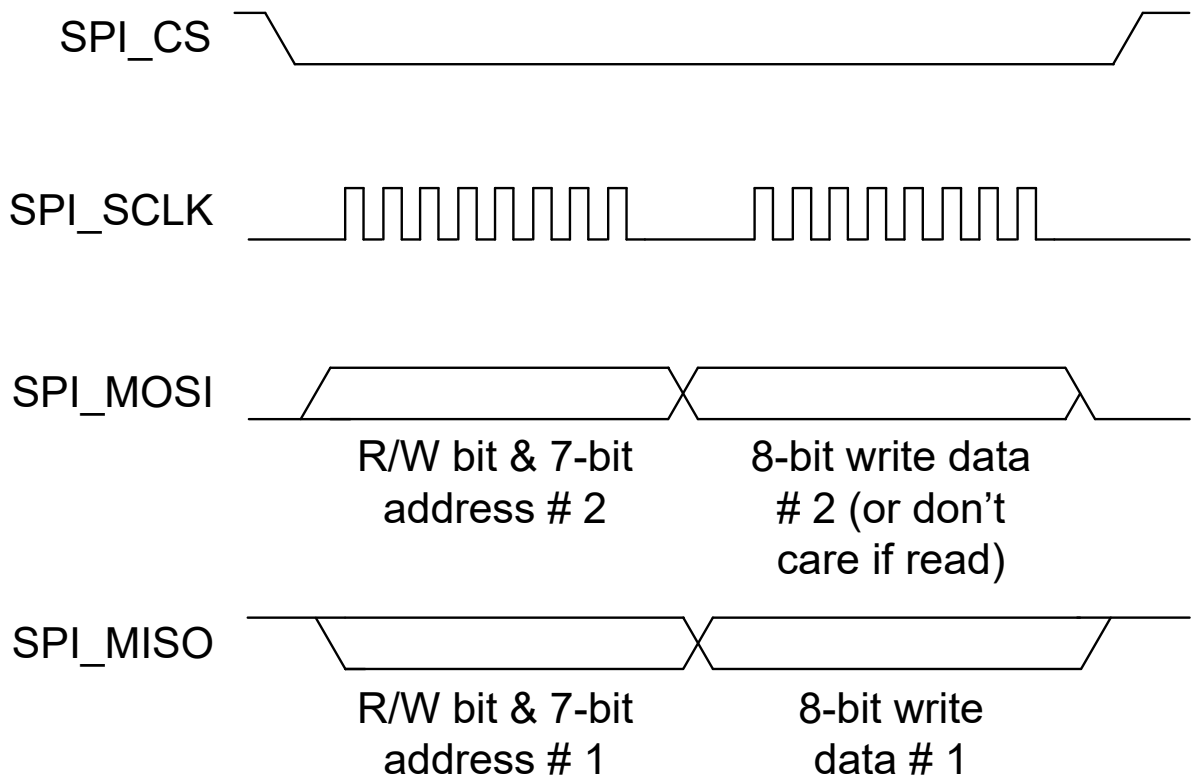


图 9-9. 不使用 CRC 的 SPI 事务 2

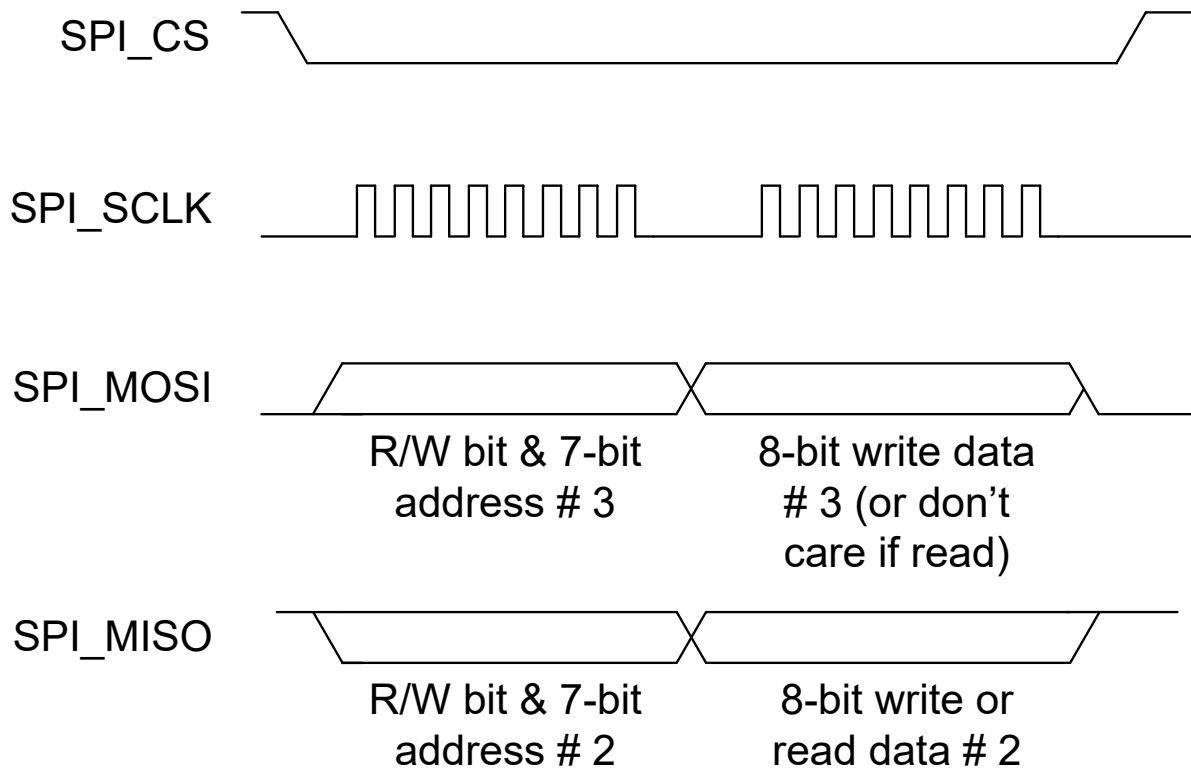


图 9-10. 不使用 CRC 的 SPI 事务 3

器件处理命令和子命令所需的时间将根据每个命令的具体情况而有所不同。例如，当发送 `0x0071 DASTATUS1()` 子命令时，器件需要大约 $200\ \mu\text{s}$ 才能将 32 字节的数据加载到内部子命令缓冲区。如果主机在开始读取缓冲区（从地址 `0x40` 读回地址 `0x5F`）之前提供足够的时间完成此加载，器件将使用有效数据而不是 `0xFFFFF00` 进行响应。当数据已经加载到子命令缓冲区时，可以在 SPI 事务之间以大约 $50\ \mu\text{s}$ 的间隔读回该数据。

备注

某些命令或子命令可能需要超过 $200\ \mu\text{s}$ 才能完成。一个例外是 `IROM_SIG()` 子命令，其大约需要 9ms 才能完成。

主机软件应包含重试可能不成功的事务的方案。例如，如果器件在 `SPI_MISO` 上返回 `0xFFFFFFFF`，说明内部时钟未通电，需要重试事务。类似地，如果器件在一个事务上返回 `0xFFFFAA`，这表明以前的事务遇到 CRC 错误，因此必须重试前一个事务。如上所述，如果器件返回 `0xFFFFF00`，说明当前事务发送时之前的事务尚未完成，这可能意味着应该重试之前的事务，或者至少需要更多的时间才能完成。

根据特定命令或子命令完成操作所需的大致时间如下所示。请注意，这些时间只是近似值，可能会因当时的系统操作而变化。因此，主机处理器必须包含来自主机处理器的重试方案，以处理操作期间可能发生的通信错误或延迟。

表 9-2. 命令/子命令运行时间

命令/子命令地址	命令/子命令名称	完成操作的时间（近似值）
0x00	Control Status()	$50\ \mu\text{s}$
0x02 - 0x07	Safety Alert() 和 Safety Status()	$50\ \mu\text{s}$
0x0A-0x11	PF Alert() 和 PF Status()	$50\ \mu\text{s}$

表 9-2. 命令/子命令运行时间 (continued)

命令/子命令地址	命令/子命令名称	完成操作的时间 (近似值)
0x12	Battery Status()	50 μ s
0x14-0x32	Cell Voltages()	50 μ s
0x34	Stack Voltage()	50 μ s
0x36	PACK Pin Voltage()	50 μ s
0x38	LD Pin Voltage()	50 μ s
0x3A	CC2 Current()	50 μ s
0x62	Alarm Status()	50 μ s
0x64	Alarm Raw Status()	50 μ s
0x66	Alarm Enable()	50 μ s
0x68	Internal Temperature()	50 μ s
0x6A-0x7A	Thermistor Temperatures()	50 μ s
0x0001	DEVICE_NUMBER()	400 μ s
0x0002	FW_VERSION()	400 μ s
0x0003	HW_VERSION()	400 μ s
0x0004	IROM_SIG()	8500 μ s
0x0005	STATIC_CFG_SIG()	450 μ s
0x0009	DROM_SIG()	650 μ s
0x000E	EXIT_DEEPSLEEP()	500 μ s
0x000F	DEEPSLEEP()	500 μ s
0x0010	SHUTDOWN()	500 μ s
0x001C	PDSGTEST()	550 μ s
0x001D	FUSE_TOGGLE()	500 μ s
0x001E	PCHGTEST()	900 μ s
0x001F	CHGTEST()	550 μ s
0x0020	DSGTEST()	550 μ s
0x0022	FET_ENABLE()	500 μ s
0x0024	PF_ENABLE()	500 μ s
0x0030	SEAL()	500 μ s
0x0053	SAVED_PF_STATUS()	500 μ s
0x0057	MANUFACTURING STATUS()	605 μ s
0x0070	MANU_DATA()	660 μ s
0x0071 - 0x0077	DASTATUS1-7()	660 μ s
0x0080	CUV_SNAPSHOT()	660 μ s
0x0081	COV_SNAPSHOT()	660 μ s
0x0082	RESET_PASSQ()	600 μ s
0x0083	CB_ACTIVE_CELLS()	560 μ s

表 9-2. 命令/子命令运行时间 (continued)

命令/子命令地址	命令/子命令名称	完成操作的时间 (近似值)
0x0084	CB_SET_LVL()	480 μ s
0x0085 - 0x0087	CBSTATUS1-3()	575 μ s
0x008A	PTO_RECOVER()	500 μ s
0x0090	SET_CFGUPDATE()	2000 μ s
0x0092	EXIT_CFGUPDATE()	1000 μ s
0x0093	DSG_PDSG_OFF()	550 μ s
0x0094	CHG_PCHG_OFF()	550 μ s
0x0095	ALL_FETS_OFF()	550 μ s
0x0096	ALL_FETS_ON()	500 μ s
0x0097	FET_CONTROL()	495 μ s
0x0098	REG12_CONTROL()	450 μ s
0x0099	SLEEP_ENABLE()	500 μ s
0x009A	SLEEP_DISABLE()	500 μ s
0x009B	OCDL_RECOVER()	500 μ s
0x009C	SCDL_RECOVER()	500 μ s
009x0D	LOAD_DETECT_RESTART()	500 μ s
0x009E	LOAD_DETECT_ON()	500 μ s
0x009F	LOAD_DETECT_OFF()	500 μ s
0x00A0	OTP_WR_CHECK()	580 μ s
0x2800 - 0x2818	GPO HI 和 LO 子命令	500 μ s
0x2857	PF_FORCE_A()	500 μ s
0x29A3	PF_FORCE_B()	800 μ s
0x29BC	SWAP_COMM_MODE()	500 μ s
0x29E7	SWAP_TO_I2C()	500 μ s
0x7C35	SWAP_TO_SPI()	500 μ s
0x7C40	SWAP_TO_HDQ()	500 μ s
0xF081	READ_CAL1()	630 μ s

9.4 HDQ 通信接口

HDQ 接口采用异步归一协议，其中处理器使用与 ALERT 引脚 (**Settings:Configuration:Comm Type = 3**) 或 HDQ 引脚 (**Settings:Configuration:Comm Type = 4**) 相连的单线接头与 BQ76952 器件通信。请注意，所选的引脚必须配置为 HDQ 接口。控制器（主机器件）和响应器（BQ76952）都使用开漏驱动器驱动 HDQ 接口，并具有从 HDQ 接口到电路板上所需的电源电压之间的上拉电阻器。通过发送 **0x7C40 SWAP_TO_HDQ()** 子命令将 BQ76952 器件从默认的 I²C 通信模式更改为 HDQ 通信模式（此时器件立即使用 ALERT 引脚切换到 HDQ 模式）。或者，可以通过在 CONFIG_UPDATE 模式下设置 **Settings:Configuration:Comm Type** 配置寄存器，然后退出 CONFIG_UPDATE 模式，再发送 **0x29BC SWAP_COMM_MODE()** 子命令来更改模式，此时器件会切换到所选的模式。

采用 HDQ 时，首先传输数据字节（命令）或字（数据）的最低有效位（LSB）。

8 位命令代码由两个字段组成：7 位 HDQ 命令代码（位 0 - 6）和 1 位 R/W 字段（MSB 位 7）。R/W 字段指示器件执行以下操作之一：

- 接受接下来的 8 位作为从主机发送到器件的数据，或者
- 从器件输出 8 位数据到主机以响应 7 位命令。

BQ76952 器件上的 HDQ 外设只能作为 HDQ 响应器发送和接收数据。

HDQ 的归一数据位帧由以下几部分组成：

1. 第一部分用于通过主机发送中断开始传输（主机在时间 $t_{(B)}$ 内将 HDQ 接口驱动至逻辑低电平状态），然后是中断恢复（主机在时间达 $t_{(BR)}$ 内释放 HDQ 接口）。
2. 下一部分是主机命令传输，其中主机通过驱动 HDQ 接口在 8 个 $T_{(CYCH)}$ 时隙内传输 8 位。对于每个时隙，HDQ 线在时间 $T_{(HW0)}$ （主机写入“0”）或 $T_{(HW1)}$ （主机写入“1”）内被驱动为低电平。然后释放 HDQ 引脚并保持高电平以完成每个 $T_{(CYCH)}$ 时隙。
3. 下一部分是数据传输，其中主机（如果已启动写入）或器件（如果已启动读取）通过驱动 HDQ 接口达 8 个 $T_{(CYCH)}$ （如果主机正在驱动）或 $T_{(CYCD)}$ （如果器件正在驱动）时隙来传输 8 位。HDQ 线在时间 $T_{(HW0)}$ （主机写入“0”）， $T_{(HW1)}$ （主机写入“1”）、 $T_{(DW0)}$ （器件写入“0”）或 $T_{(DW1)}$ （器件写入“1”）内被驱动为低电平。然后释放 HDQ 引脚并保持高电平以完成该时隙。HDQ 接口不会自动递增，因此必须为每个待传输的字节发送单独的事务。

10.1 电芯平衡操作

BQ76952 器件使用电芯之间的集成旁路开关或外部旁路晶体管在充电或静置期间旁路所选电芯的电流，从而支持被动电芯平衡。该器件采用基于电压的平衡算法。该算法可以选择性地自主平衡电池，而无需与主机处理器进行任何交互。或者，如果愿意，可以通过主机处理器完全手动控制平衡。对于自主平衡，该器件仅平衡使用中的非相邻电芯（它不会将用于测量互连的输入视为使用中的电芯）。为了避免 BQ76952 器件内产生过多的功率耗散，可以通过设置 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Max Cells** 来限制允许同时平衡的电芯的最大数量。对于主机控制型平衡，可以平衡相邻和非相邻的电芯。

可以使用主机发送的特定子命令（如下所述）来控制主机控制型平衡。也可以在 SEALED 模式下访问这些子命令，以避免在操作中解封电池包来启动平衡。如果未使用主机控制型平衡，则可以通过设置 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_NO_CMD]** 配置位来禁用对这些子命令的访问。

主机用于控制电池平衡的子命令如下所述。

表 10-1. 主机控制型电池平衡子命令

子命令	说明
0x0083 CB_ACTIVE_CELLS()	读取时，将报告位掩码，用于显示对哪些电芯进行主动平衡。写入时，该命令开始平衡指定的电芯。写入 0x0000 以关闭平衡功能。该命令可能需要大约 1 秒才能生效。
0x0084 CB_SET_LVL()	在写入 16 位的电池电压阈值（以 mV 为单位）后，如果有电池的电压高于写入的阈值，则该器件开始平衡一节或多节电压最高的电池。

该器件还通过下面所述的子命令返回有关电池已被平衡多长时间的状态信息。

表 10-2. 电池平衡状态子命令

子命令	说明
0x0085 CBSTATUS1()	读取时，该命令会返回平衡已执行的时间（16 位，以秒为单位）。
0x0086 CBSTATUS2()	读取时，该命令会返回一个包含电芯 1 至 8 中每个电芯的累计平衡时间（32 位，以秒为单位）的模块。如果器件发生复位，或者器件进入 CONFIG_UPDATE 模式，则这些值将重置。
0x0087 CBSTATUS3()	读取时，该命令会返回一个包含电芯 9 至 16 中每个电芯的累计平衡时间（32 位，以秒为单位）的模块。如果器件发生复位，或者器件进入 CONFIG_UPDATE 模式，则这些值将重置。

当上述子命令启动主机控制型平衡时，该器件会启动一个计时器，并继续执行平衡，直到该计时器达到值 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Interval** 或发出新的平衡子命令（该子命令用于将计时器复位）。这是一种预防措施，以防止主机处理器启动了平衡、但随后又停止与 BQ76952 器件的通信，这种平衡就不会无限期地继续下去。

BQ76952 器件可以根据环境和系统条件使用基于电压的算法自动平衡电芯。提供了几项设置来控制何时允许平衡，如下所述。

温度 - 如果电芯温度低于 **Settings:Cell Balancing Config:Min Cell Temp** 或高于 **Settings:Cell Balancing Config:Max Cell Temp** 或器件的内部裸片温度高于 **Settings:Cell Balancing Config:Max Internal Temp**，则该器件禁用平衡（自主和主机控制型）。

充电与静止 - 可以通过在充电期间设置 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_CHG]** 来允许自主平衡,或在静止条件下通过设置 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_RLX]** 来允许自主平衡,或两者兼而有之。如果设置了 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_CHG]**,则在 CC1 电流高于 **Settings:Current Thresholds:Chg Current Threshold** 时允许进行自主平衡。如果设置了 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_RLX]**,则在电流低于 **Settings:Current Thresholds:Chg Current Threshold** 并高于 **Settings:Current Thresholds:Dsg Current Threshold** 的负值时允许进行自主平衡。该器件会以 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Interval** 的间隔评估继续平衡的条件。例如,如果该器件被配置为避免在充电期间进行平衡,而在平衡时电池包开始充电,平衡继续进行,直到间隔计时器到期才被禁用。

电芯电压 - 在启用了充电期间的自主平衡功能时,如果最低电芯电压高于 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Cell V (Charge)** 并且最高电芯电压与最低电芯电压之间的差值大于 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Delta (Charge)**,则该器件允许进行平衡。类似地,在启用了静止期间的自主平衡功能时,如果最低电芯电压高于 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Cell V (Relax)** 并且最高电芯电压与最低电芯电压之间的差值大于 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Delta (Relax)**,则该器件允许进行平衡。

在静止期间进行平衡时,如果该器件在每个计时器间隔结束时重新评估电芯状态,那么该器件会在所有电芯电压都处于最低电芯电压的 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Stop Delta (Relax)** 范围内时停止平衡。该 **Cell Balance Stop Delta** 可以降低将电压较高的电芯电压过度平衡至略低于电压最低的电芯电压(从而缓慢地耗尽电池包的电量)的风险。充电期间平衡时的操作与之类似,不使用 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Stop Delta (Charge)** 配置值。应将 **Cell Balance Stop Delta** 参数设置为低于 **Cell Balance Min Delta** 参数的水平,这样该器件将产生迟滞,从而将重新启动平衡的时间延迟至不平衡水平再次超过较高的 **Cell Balance Min Delta** 水平。请注意,当由于至少一节电芯电压超过 **Cell Balance Min Delta** 而启用平衡时,该器件会继续尝试平衡所有电压高于 **Cell Balance Stop Delta** 的电芯。

NORMAL 与 SLEEP 模式 - 也可以通过清除 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_SLEEP]** 配置位将 BQ76952 器件配置为避免在 SLEEP 模式下进行自主平衡。如果设置了 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_NOSLEEP]** 位,也可以阻止该器件在进行平衡时进入 SLEEP 模式。表 10-3 显示了基于这些位的功能。

表 10-3. 电池平衡 CB_SLEEP 和 CB_NOSLEEP 配置设置

CB_SLEEP	CB_NOSLEEP	说明
0	0	在睡眠模式下不允许进行电池平衡。如果在器件进入睡眠模式时平衡处于活动状态,则平衡会在当前的 Cell Balance Interval (电池平衡间隔) 结束时停止,然后直到该器件返回至正常模式时才会重新开始。
0	1	不允许进行该设置。设置 CB_NOSLEEP 时,也应设置 CB_SLEEP。
1	0	当器件处于睡眠模式时,允许电芯平衡开始并继续。
1	1	如果该器件处于 SLEEP 模式并且认为有必要进行电池平衡,则该器件会退出 SLEEP 模式,以开始进行平衡。阻止该器件在平衡处于活动状态时重新进入 SLEEP 模式。

备注

如果发生以下任何事件,则会立即禁用平衡(无需等待间隔计时器到期):

- 器件进入 CONFIG_UPDATE 模式。
- 发生来自 **Settings:Protections:Enabled Protections A** 的启用保护警报。
- 发生来自 **Settings:Protections:Enabled Protections A** 的启用保护警报 (COV 故障除外)。
- 发生启用的永久失效故障。
- 器件进入 DEEPSLEEP 模式。
- 器件进入 SHUTDOWN 模式。

要禁用自主电芯平衡,应清除 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_CHG]** 和 **Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration[CB_RLX]** 配置位。

由于外部电芯输入电阻器上的 IR 压降显著降低了器件 VC 引脚上的电压，因此在进行平衡时无法测量电池电压。因此，该器件会自主短暂地中断平衡，以允许进行电芯电压测量。在测量扫描期间，该器件会禁用正在测量的任何电芯以及与该电芯相邻的任何电芯的平衡。在测量电池组顶部电压时，顶部电芯的平衡也被禁用。

未启用平衡时，每节电芯的 COV 和 CUV 保护检查通常每 3.3ms 运行一次。为了避免平衡引起保护警报或故障，该器件在平衡处于活动状态时禁用典型的 COV 和 CUV 保护计划。平衡处于活动状态时，每隔 1 秒，该器件会短暂停止所有电芯的平衡，允许进行所有 COV 和 CUV 保护检查，然后重新启动平衡。

当平衡处于活动状态时，该器件通过 VC16 引脚汲取电流以启用平衡开关，从而使流入 VC16 引脚的总电流大约为 35 μ A 乘以被平衡的电芯数量。为了避免在平衡处于活动状态时该电流影响电芯 16 的电压测量，请尽可能减小电芯 16 的输入电阻器以减少该电阻器上的 IR 压降。

10.2 电芯平衡时序

由于在平衡处于活动状态时 BQ76952 器件上电芯输入引脚有电流流入，因此在平衡期间修改了该器件对电芯电压的测量和对电芯电压保护的评估。在常规测量循环期间，会对 ADC 正在测量的电芯暂时禁用平衡。与被测量电芯相邻的电芯也暂时禁用平衡。类似地，在测量电池组电压时，会禁用顶部电池平衡。这发生在每个测量循环中，因此会导致流过的平均平衡电流显著减小。为了帮助缓解这种情况，**Settings:Configuration:Power Config[CB_LOOP_SLOW_1:0]** 配置位会使该器件在电池平衡处于活动状态时降低测量循环速度，如下所示。BQ76952 器件将在每个电压和温度扫描循环后插入仅电流测量，以减慢电压测量速度，从而增大平均平衡电流。

表 10-4. 电芯平衡循环减慢设置

CB_LOOP_SLOW_1	CB_LOOP_SLOW_0	说明
0	0	在平衡期间测量循环全速运行。
0	1	在平衡期间测量循环半速运行。
1	0	在平衡期间测量循环以四分之一的速度运行。
1	1	在平衡期间测量循环以八分之一的速度运行。

请注意，**[LOOP_SLOW]** 和 **[CB_LOOP_SLOW]** 设置独立运行。**[LOOP_SLOW]** 设置决定了平衡未处于活动状态时常规测量循环的速度。**[CB_LOOP_SLOW]** 设置仅在平衡处于活动状态时确定常规测量循环的速度（平衡期间这两个设置不会组合在一起）。

为了避免平衡电流导致保护警报或故障，该器件会修改主动平衡电芯的 CUV 检查和相邻电芯的 COV 检查的时序，每秒短暂禁用平衡，以允许执行这些检查。如果在 1s 检查中检测到 CUV 或 COV 警报，则立即禁用平衡。注意：因此，当平衡处于活动状态时，该器件在这些电芯上触发 CUV 或 COV 警报或故障时会有不同时间的延迟（大约为 1 秒）。除了这些主动平衡或相邻的电池之外，不修改其他电池上的 CUV 和 COV 时序。

该器件包括内部芯片温度检查，用于在芯片温度超过可编程阈值时禁用平衡。不过，客户仍应仔细分析平衡对系统中器件的热效应。根据该器件在运行期间规划的环境温度和封装的热属性，应计算出该器件内会耗散的最大功率，并同时确保器件在推荐的运行温度范围内运行。然后可以确定电池平衡配置，通过限制可同时平衡的电池的最大数量或通过适当地选择与每节电池串联的外部电阻来减小每节电池的平衡电流，从而使该器件的功率低于此水平。

当自主电芯平衡正在进行时，会在每个 **Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Interval** 重新评估与继续或停止平衡相关的条件。在 SLEEP 模式期间，使用在当时可用的数据（仅每 **Power:Sleep:Voltage Time** 更新一次）来完成该重新评估。因此，在根据这些数据更改平衡之前，可能会发生与这些设置相关的一定程度的延迟。

This page intentionally left blank.

11.1 诊断概述

BQ76952 器件包括一套诊断测试，系统可以利用这些测试来提高运行的稳健性。

11.2 VREF2 与 VREF1 检查

库仑计数器和 LDO 使用的 VREF2 使用电压 ADC 间接测量（使用 VREF1），以测量 REG18 电压（基于 VREF2），并可在 `0x0075 DASTATUS5()` 子命令的 0 - 1 字节中读回。此命令通常应报告一个约为 29137 的值。如果与此值显著不同，则可能表明一个基准相对于另一个基准发生了显著变化，这意味着报告的测量值可能不再准确。定期监测该比率，如果该值低于 26223 或高于 32051 长达 4 秒，器件会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[VREF]** 配置位来启用此 PF。

11.3 VSS 测量

电压 ADC 定期测量 VSS 信号，并在 `0x0075 DASTATUS5()` 子命令的 2-3 个字节中报告结果。此命令通常应报告一个接近零的值。如果与此值显著不同，则可能表明 ADC 输入多路复用器出现错误，这意味着报告的测量值可能不再准确。此测量值由器件监控，如果不符合预期，则会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。可通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[VSSF]** 配置位来启用此 PF，故障阈值和延迟由 **Permanent Fail:VSSF:Fail Threshold** 和 **Permanent Fail:VSSF:Delay** 来设置。

11.4 电池组顶部电压测量检查

电压 ADC 通过内部分压器定期测量电池组顶部电压，并在 `0x34 Stack Voltage()` 中进行报告。它还会将此测量值与单个电芯电压测量值之和进行比较，并且可以触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF D[TOSF]** 配置位来启用 PF，故障阈值和延迟由 **Permanent Fail:TOS:Threshold** 和 **Permanent Fail:TOSF:Delay** 来设置。如果电流超过 **Power:Sleep:Sleep Current**，则不执行此检查，以避免由于动态负载导致的错误触发。

11.5 LFO 振荡器监控器

BQ76952 器件包含一个单独的硬件监控电路，用于确定 LFO 振荡器频率是否过度偏离其预期值。如果检测到此类偏差，那么该器件可能会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[LFOF]** 配置位来启用该 PF。

11.6 保护比较器多路复用器检查

BQ76952 器件会定期检查硬件保护比较器子系统的输入多路复用器，该子系统用于 OV、UV、OCC、OCD1 和 OCD2 初级保护。如果此检查失败，则会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[HWMX]** 配置位来启用此 PF。

11.7 内部看门狗复位

BQ76952 器件为内部处理器集成了一个内部看门狗电路，如果处理器未定期为其提供服务，将触发看门狗故障。如果内部处理器意外停止或任务过载（例如为过多的串行通信提供服务），则可能会发生看门狗故障。发生看门狗故障发生时，内部处理器复位，复位完成后将设置 `0x12 Battery Status()[WD]` 位。

该器件执行的其他检查也可以触发看门狗复位。BQ76952 器件包含一个 ADC 测量看门狗，用于监测 ADC 和库仑计数器的测量是否按预期完成，如果没有，则触发看门狗故障。还会定期执行 RAM 完整性检查，并在检测到损坏

时强制进行看门狗复位。如果该器件在看门狗复位后的可编程时间 (由 **Power:Shutdown:RAM Fail Shutdown Time** 设置) 内检测到 RAM 错误, 那么该器件将进入 SHUTDOWN 模式而不是复位, 以避免在发生 RAM 故障的情况下出现不必要的复位循环。

11.8 内部存储器检查

BQ76952 器件在初始上电或复位时对内部处理器的指令 ROM 实施签名检查。如果该检查失败, 那么该器件可能会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[IRMF]** 配置位 (默认启用该位) 来启用该 PF。

该器件还在初始上电时或在内部处理器数据 ROM 复位后实施签名检查, 该数据 ROM 保存器件配置的默认值。如果该检查失败, 那么该器件可能会触发永久失效 (PF) 并禁用电池包。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[DRMF]** 配置位 (默认启用该位) 来启用该 PF。

该器件还在初始上电时或在内部 OTP 存储器复位后实施签名检查, 该存储器可能包含客户配置数据。如果 OTP 存储器签名检查失败, 那么该器件将不会从 OTP 加载客户设置, 而是加载默认配置, 触发永久失效 (PF), 使 FET 保持关断状态 (但不会熔断保险丝) 并禁用 REG1 LDO。通过设置 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[OTPF]** 配置位 (默认启用该位) 来启用该 PF。请注意, OTP 签名不包含制造数据 (可使用 `0x0070 MANU_DATA()` 子命令获取), 也不包含先前写入 OTP 的任何 PF 状态数据 (可使用 `0x0053 SAVED_PF_STATUS()` 子命令进行读取)。

BQ76952 器件在初始上电和任何器件复位后, 对器件内的出厂修整信息实施签名检查。如果该检查失败, 则器件开始切换到 SHUTDOWN 模式。

12.1 直接命令

表 12-1. 直接命令表

命令	名称	单位	类型	访问	说明
0x00	Control Status	十六进制	H2	密封：R/W 解封：R/W 完全访问：R/W	读取时，该命令提供器件状态位。该命令在写入时的行为类似于 0x3E/0x3F。如果在字写入之后立即回读，则该命令返回一次 0xFFA5。后续读取将返回控制状态。写入该命令用于传统自动检测，不建议客户写入该命令。 有关位说明，请参阅 控制状态寄存器 。
0x02	Safety Alert A	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 Safety Alert A 寄存器 。
0x03	Safety Status A	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 Safety Status A 寄存器 。
0x04	Safety Alert B	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 Safety Alert B 寄存器 。
0x05	Safety Status B	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 Safety Status B 寄存器 。
0x06	Safety Alert C	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 Safety Alert C 寄存器 。
0x07	Safety Status C	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 Safety Status C 寄存器 。
0x0A	PF Alert A	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 PF Alert A 寄存器 。
0x0B	PF Status A	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效故障时提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 PF Status A 寄存器 。
0x0C	PF Alert B	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 PF Alert B 寄存器 。
0x0D	PF Status B	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效故障提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 PF Status B 寄存器 。
0x0E	PF Alert C	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 PF Alert C 寄存器 。
0x0F	PF Status C	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 PF Status C 寄存器 。
0x10	PF Alert D	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效警报时提供单独的警报信号。 有关位说明，请参阅 PF Alert D 寄存器 。
0x11	PF Status D	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	在触发启用的永久失效故障时提供单独的故障信号。 有关位说明，请参阅 PF Status D 寄存器 。

表 12-1. 直接命令表 (continued)

命令	名称	单位	类型	访问	说明
0x12	电池状态	十六进制	H2	密封：R 解封：R 完全访问：R	与电池状态相关的标志 有关位说明，请参阅 电池状态寄存器 。
0x14	Cell 1 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 1 上的 16 位电压
0x16	Cell 2 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 2 上的 16 位电压
0x18	Cell 3 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 3 上的 16 位电压
0x1A	Cell 4 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 4 上的 16 位电压
0x1C	Cell 5 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 5 上的 16 位电压
0x1E	Cell 6 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 6 上的 16 位电压
0x20	Cell 7 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 7 上的 16 位电压
0x22	Cell 8 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 8 上的 16 位电压
0x24	Cell 9 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 9 上的 16 位电压
0x26	Cell 10 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 10 上的 16 位电压
0x28	Cell 11 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 11 上的 16 位电压
0x2A	Cell 12 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 12 上的 16 位电压
0x2C	Cell 13 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 13 上的 16 位电压
0x2E	Cell 14 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 14 上的 16 位电压
0x30	Cell 15 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 15 上的 16 位电压
0x32	Cell 16 电压	mV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池 16 上的 16 位电压
0x34	Stack Voltage	userV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	电池组顶部的 16 位电压
0x36	PACK Pin Voltage	userV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	PACK 引脚上的 16 位电压
0x38	LD Pin Voltage	userV	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	LD 引脚上的 16 位电压

表 12-1. 直接命令表 (continued)

命令	名称	单位	类型	访问	说明
0x3A	CC2 电流	userA	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	16 位 CC2 电流
0x62	Alarm Status	十六进制	H2	密封：R/W 解封：R/W 完全访问：R/W	用于使 ALERT 引脚生效的锁存信号。向某个位写入高电平可清除锁存。有关位说明，请参阅 警报状态寄存器 。
0x64	Alarm Raw Status	十六进制	H2	密封：R 解封：R 完全访问：R	未锁存的标志值，可以选择将其锁定（使用 <i>Alarm Enable()</i> ）并用于使 ALERT 引脚生效。有关位说明，请参阅 警报原始状态寄存器 。
0x66	警报启用	十六进制	H2	密封：R/W 解封：R/W 完全访问：R/W	<i>Alarm Status()</i> 的掩码。可以在操作期间写入更改，以更改启用的警报源。通过 Settings:Alarm:Default Alarm Mask 来设置该参数的默认值。有关位说明，请参阅 警报使能寄存器 。
0x68	内部温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	这是最近测量的内部芯片温度。
0x6A	CFETOFF 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 CFETOFF 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 CFETOFF 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x6C	DFETOFF 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 DFETOFF 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 DFETOFF 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x6E	ALERT 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 ALERT 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 ALERT 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x70	TS1 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 TS1 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 TS1 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x72	TS2 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 TS2 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 TS2 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x74	TS3 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 TS3 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 TS3 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x76	HDQ 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 HDQ 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会报告 HDQ 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x78	DCHG 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 DCHG 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会以毫伏为单位报告 DCHG 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x7A	DDSG 温度	0.1K	I2	密封：R 解封：R 完全访问：R	当 DDSG 引脚配置为热敏电阻输入时，就会报告其最近的温度测量值。当配置为 ADCIN 时，就会以毫伏为单位报告 DDSG 引脚上的测量电压，单位为毫伏。
0x7F	FET Status	十六进制	H1	密封：R 解封：R 完全访问：R	提供显示 FET 和 ALERT 引脚状态的标志。有关位说明，请参阅 FET 状态寄存器 。

12.2 直接命令的位字段定义

12.2.1 控制状态寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	DEEPSLEEP	LD_TIMEOUT	LD_ON

说明：读取时，该命令提供器件状态位。该命令在写入时的行为类似于 0x3E/0x3F。如果在字写入之后立即回读，则该命令返回一次 0xFFA5。后续读取将返回控制状态。写入该命令用于传统自动检测，不建议客户写入该命令。

表 12-2. 控制状态寄存器字段说明

位	字段	描述
2	DEEPSLEEP	该位指示器件是否处于 DEEPSLEEP 模式。 0 = 器件未处于 DEEPSLEEP 模式。 1 = 器件处于 DEEPSLEEP 模式。
1	LD_TIMEOUT	当负载检测功能已经超时且检查停止时，会设置该位。 0 = 负载检测功能未超时或未激活。 1 = 负载检测功能超时并被停用。
0	LD_ON	该位指示在上一次 LD 引脚电压测量期间负载检测上拉是否激活。 0 = 在上一次 LD 引脚测量期间 LD 上拉未激活。 1 = 在上一次 LD 引脚测量期间 LD 上拉已激活。

12.2.2 Safety Alert A 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
SCD	OCD2	OCD1	OCC	COV	CUV	RSVD_0	RSVD_0

说明：在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。

表 12-3. Safety Alert A 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	SCD	放电短路保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
6	OCD2	放电过流 2 级保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
5	OCD1	放电过流 1 级保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	OCC	充电过流保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
3	COV	电芯过压保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
2	CUV	电芯欠压保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.3 Safety Status A 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
SCD	OCD2	OCD1	OCC	COV	CUV	RSVD_0	RSVD_0

说明：在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。

表 12-4. Safety Status A 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	SCD	放电短路保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
6	OCD2	放电过流 2 级保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
5	OCD1	放电过流 1 级保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
4	OCC	充电过流保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
3	COV	电芯过压保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	CUV	电芯欠压保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.4 Safety Alert B 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OTF	OTINT	OTD	OTC	RSVD_0	UTINT	UTD	UTC

说明：在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。

表 12-5. Safety Alert B 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	OTF	FET 过热 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
6	OTINT	内部过热 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
5	OTD	放电过热 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	OTC	充电过热 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
2	UTINT	内部欠温 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
1	UTD	放电欠温 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

表 12-5. Safety Alert B 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
0	UTC	充电欠温 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.5 Safety Status B 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OTF	OTINT	OTD	OTC	RSVD_0	UTINT	UTD	UTC

说明：在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。

表 12-6. Safety Status B 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	OTF	FET 过热 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
6	OTINT	内部过热 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
5	OTD	放电过热 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
4	OTC	充电过热 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	UTINT	内部欠温 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
1	UTD	放电欠温 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
0	UTC	充电欠温 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.6 Safety Alert C 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OCD3	SCDL	OCDL	COVL	PTOS	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

说明：在触发启用的安全警报时提供单独的警报信号。

表 12-7. Safety Alert C 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	OCD3	放电过流 3 级保护 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

表 12-7. Safety Alert C 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
6	SCDL	放电短路锁存 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
5	OCDL	放电过流锁存 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	COVL	电芯过压锁存 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
3	PTOS	预充电超时暂停 0 = 预充电超时保护未暂停。 1 = 预充电超时保护已暂停。

12.2.7 Safety Status C 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OCD3	SCDL	OCDL	COVL	RSVD_0	PTO	HWDF	RSVD_0

说明：在触发启用的安全故障时提供单独的故障信号。

表 12-8. Safety Status C 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	OCD3	放电过流 3 级保护 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
6	SCDL	放电短路锁存 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
5	OCDL	放电过流锁存 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
4	COVL	电芯过压锁存 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	PTO	预充电超时 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
1	HWDF	主机看门狗故障 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.8 PF Alert A 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CUDEP	SOTF	RSVD_0	SOT	SOCD	SOC	SOV	SUV

说明：当启用的永久失效警报被报触发时，提供单独的警报信号。

表 12-9. PF Alert A 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	CUDEP	铜沉积永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
6	SOTF	FET 过热安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	SOT	过热安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
3	SOCD	放电过流安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
2	SOCC	充电过流安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
1	SOV	电芯过压安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
0	SUV	电芯欠压安全永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.9 PF Status A 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CUDEP	SOTF	RSVD_0	SOT	SOCD	SOCC	SOV	SUV

说明：当启用的永久失效故障被触发时，提供单独的故障信号。

表 12-10. PF Status A 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	CUDEP	铜沉积永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
6	SOTF	FET 过热安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
4	SOT	过热安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
3	SOCD	放电过流安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	SOCC	充电过流安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

表 12-10. PF Status A 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
1	SOV	电芯过压安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
0	SUV	电芯欠压安全永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.10 PF Alert B 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
SCDL	RSVD_0	RSVD_0	VIMA	VIMR	2LVL	DFETF	CFETF

说明：当启用的永久失效警被报触发时，提供单独的警报信号。

表 12-11. PF Alert B 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	SCDL	放电短路锁存永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	VIMA	激活模式电压不平衡永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
3	VIMR	静态模式电压不平衡永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
2	2LVL	二级保护器永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
1	DFETF	放电 FET 永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
0	CFETF	充电 FET 永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.11 PF Status B 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
SCDL	RSVD_0	RSVD_0	VIMA	VIMR	2LVL	DFETF	CFETF

说明：当启用的永久失效故障被触发时，提供单独的故障信号。

表 12-12. PF Status B 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	SCDL	放电短路锁存永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

表 12-12. PF Status B 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
4	VIMA	激活模式电压不平衡永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
3	VIMR	静态模式电压不平衡永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	2LVL	二级保护器永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
1	DFETF	放电 FET 永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
0	CFETF	充电 FET 永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.12 PF Alert C 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	HWMX	VSSF	VREF	LFOF	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

说明：当启用的永久失效警报被触发时，提供单独的警报信号。

表 12-13. PF Alert C 寄存器字段说明

位	字段	描述
6	HWMX	硬件多路复用器永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
5	VSSF	内部 VSS 测量永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
4	VREF	内部电压基准永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。
3	LFOF	内部 LFO 永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.13 PF Status C 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CMDF	HWMX	VSSF	VREF	LFOF	IRMF	DRMF	OTPF

说明：当启用的永久失效故障被触发时，提供单独的故障信号。

表 12-14. PF Status C 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	CMDF	命令的永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
6	HWMX	硬件多路复用器永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
5	VSSF	内部 VSS 测量永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
4	VREF	内部电压基准永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
3	LFOF	内部 LFO 永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
2	IRMF	指令 ROM 永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
1	DRMF	数据 ROM 永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。
0	OTPF	OTP 存储器永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.14 PF Alert D 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TOSF

说明：当启用的永久失效警报被触发时，提供单独的警报信号。

表 12-15. PF Alert D 寄存器字段说明

位	字段	说明
0	TOSF	比较电池组顶部电压与电芯电压和永久失效 0 = 未触发警报。 1 = 已触发警报。

12.2.15 PF Status D 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TOSF

说明：当启用的永久失效故障被触发时，提供单独的故障信号。

表 12-16. PF Status D 寄存器字段说明

位	字段	说明
0	TOSF	比较电池组顶部电压与电芯电压和永久失效 0 = 未触发故障。 1 = 已触发故障。

12.2.16 电池状态寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
SLEEP	RSVD_0	SD_CMD	PF	SS	FUSE	SEC1	SEC0
7	6	5	4	3	2	1	0
OTPB	OTPW	COW_CHK	WD	POR	SLEEP_EN	PCHG_MODE	CFGUPDATE

说明：与电池状态相关的标志

表 12-17. 电池状态寄存器字段说明

位	字段	说明
15	SLEEP	该位指示器件当前是否处于 SLEEP 模式。 0 = 器件未处于 SLEEP 模式。 1 = 器件处于 SLEEP 模式。
13	SD_CMD	当由于接收到命令或 RST_SHUT 引脚生效至少一秒钟而导致关断挂起时，会设置该位。 0 = 由命令或引脚导致的关断未挂起。 1 = 由命令或引脚导致的关断挂起。
12	PF	该位指示是否触发了启用的永久失效故障。 0 = 未触发任何永久失效故障。 1 = 至少触发了一个永久失效故障。
11	SS	该位指示是否触发了启用的安全故障。 0 = 未触发任何安全故障。 1 = 至少触发了一个启用的安全故障。
10	FUSE	该位报告最近观察到的 FUSE 引脚状态，每秒更新一次。 0 = 在上次采样时器件或次级保护器未使 FUSE 引脚生效。 1 = 在上次采样时器件或次级保护器使 FUSE 引脚生效。
9-8	SEC1 - SEC0	这些位指示器件的当前安全状态。在 SEALED 模式下，可能无法读取或写入器件配置，并且某些命令会受到限制。在 UNSEALED 模式下，通常可以读取器件配置，并且可以在 CONFIG_UPDATE 模式下写入器件配置。在 FULLACCESS 模式下，允许进行不受限制的读写访问，并接受所有命令。即使在 FULLACCESS 模式下，也只能在 CONFIG_UPDATE 模式下更改器件配置。 0 = 器件尚未初始化。 1 = 器件处于 FULLACCESS 模式。 2 = 器件处于 UNSEALED 模式。 3 = 器件处于 SEALED 模式。
7	OTPB	该位指示电压和温度条件是否对 OTP 编程有效。在正常操作期间，如果 <i>Manufacturing Status()[OTPW]</i> 是清零的，则会始终设置该位。进入 CONFIG_UPDATE 模式时，将检查条件，该位将反映是否允许编程 (<i>Manufacturing Status()[OTPW]</i> CONFIG_UPDATE 模式不适用)。一旦进入 CONFIG_UPDATE 模式，由于没有进行新的测量，该位将不会改变状态。 0 = 允许进行 OTP 写入。 1 = 禁止进行 OTP 写入。

表 12-17. 电池状态寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
6	OTPW	该位指示在正常操作期间是否有一些数据正在等待写入 OTP。例如，当配置为向 OTP 提供永久失效信息时，就会发生这种情况。该位可能保持设置状态直到满足 OTP 编程条件并且所有数据都被编程。在 CONFIG_UPDATE 模式下进行 OTP 编程时不会设置该位。 0 = 没有任何对 OTP 的写入挂起。 1 = 对 OTP 的写入挂起。
5	COW_CHK	该位指示何时正在进行电芯开路检查。当禁用此功能时，不会设置该位。当启用此功能时，将在执行检查时定期设置该位。 0 = 器件未主动执行电芯开路检查。 1 = 器件主动执行电芯开路检查。
4	WD	该位指示上一次器件复位是否由内部看门狗计时器引起。这与主机看门狗保护无关。 0 = 上一次复位是正常的。 1 = 上一次复位由看门狗计时器引起。
3	POR	当器件完全复位时，会设置该位。在退出 CONFIG_UPDATE 模式时会将该位清零。主机可以使用该位来确定是否有任何 RAM 配置更改因复位而丢失。 0 = 自上次退出 CONFIG_UPDATE 模式后未发生完全复位。 1 = 自上次退出 CONFIG_UPDATE 模式后发生了完全复位，需要重新配置所有 RAM 设置。
2	SLEEP_EN	该位根据配置和命令提示是否允许 SLEEP 模式。 Settings:Configuration:Power Config[SLEEP] 位设置该位的默认状态。 主机可以根据系统要求发送命令以启用或禁用 SLEEP 模式。设置该位后，当满足其他 SLEEP 标准时，器件可能会转换到 SLEEP 模式。 0 = 主机禁用 SLEEP 模式。 1 = 当满足其他 SLEEP 条件时允许进入 SLEEP 模式。
1	PCHG_MODE	该位指示器件是否处于 PRECHARGE 模式。在 PRECHARGE 模式下，会开启 PCHG FET，而非 CHG FET。 0 = 器件未处于 PRECHARGE 模式。 1 = 器件处于 PRECHARGE 模式。
0	CFGUPDATE	该位指示器件是否处于 CONFIG_UPDATE 模式。在接收并完全处理 SET_CFGUPDATE 命令后会设置该位。只有在设置该位后才能更改配置设置。 0 = 器件未处于 CONFIG_UPDATE 模式。 1 = 器件处于 CONFIG_UPDATE 模式。

12.2.17 警报状态寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
SSBC	SSA	PF	MSK_SFALERT	MSK_PFALERT	INITSTART	INITCOMP	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
FULLSCAN	XCHG	XDSG	SHUTV	FUSE	CB	ADSCAN	WAKE

说明：用于使 ALERT 引脚生效的锁存信号。向某个位写入高电平以清除锁存。

表 12-18. 警报状态寄存器字段说明

位	字段	说明
15	SSBC	当 <i>Safety Status B()</i> 或 <i>Safety Status C()</i> 中设置了某个位时，会设置该位。
14	SSA	当 <i>Safety Status A()</i> 中设置了某个位时，会设置该位。
13	PF	当触发启用的永久失效故障时，会设置该位。
12	MSK_SFALERT	当安全警报被触发，并且在相应的 Settings:Alarm:SF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:SF Alert Mask B 或 Settings:Alarm:SF Alert Mask C 寄存器中也被启用时，会设置该位。

表 12-18. 警报状态寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
11	MSK_PFALERT	当永久失效警报被触发，并且在相应的 Settings:Alarm:PF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask B 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask C 或 Settings:Alarm:PF Alert Mask D 寄存器中也被启用时，会设置该位。
10	INITSTART	初始化已开始（器件上电后快速设置）。
9	INITCOMP	初始化已完成（在器件通电并完成一次测量扫描后设置）。
7	FULLSCAN	完整电压扫描完成。已完成必要的多次 ADC 扫描来收集完整的电压测量环路数据（包括电芯电压、引脚或热敏电阻电压等）。每次完成完整扫描时，都会设置该位（如果启用）。
6	XCHG	当 CHG FET 关断时会设置该位。
5	XDSG	当 DSG FET 关断时会设置该位。
4	SHUTV	电池组电压低于 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage 。
3	FUSE	驱动 FUSE 引脚。FUSE 引脚由器件或次级保护器驱动。
2	CB	当电芯平衡处于活动状态时会设置该位。
1	ADSCAN	电压 ADC 扫描完成。已完成一次 ADC 扫描（每次扫描时都要测量电芯电压）。每次完成扫描时，都会设置该位（如果启用）。
0	WAKE	当器件从 SLEEP 模式唤醒时会设置该位。

12.2.18 警报原始状态寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
SSBC	SSA	PF	MSK_SFALERT	MSK_PFALERT	INITSTART	INITCOMP	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
FULLSCAN	XCHG	XDSG	SHUTV	FUSE	CB	ADSCAN	WAKE

说明：未锁存的标志值，可以选择将其锁定（使用 *Alarm Enable()*）并用于使 ALERT 引脚生效。

表 12-19. 警报原始状态寄存器字段说明

位	字段	说明
15	SSBC	当 <i>Safety Status B()</i> 或 <i>Safety Status C()</i> 中设置了某个位时，会设置该位。
14	SSA	当 <i>Safety Status A()</i> 中设置了某个位时，会设置该位。
13	PF	当触发启用的永久失效故障时，会设置该位。
12	MSK_SFALERT	当安全警报被触发，并且在相应的 Settings:Alarm:SF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:SF Alert Mask B 或 Settings:Alarm:SF Alert Mask C 寄存器中被启用时，会设置该位。
11	MSK_PFALERT	当永久失效警报被触发，并且在相应的 Settings:Alarm:PF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask B 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask C 或 Settings:Alarm:PF Alert Mask D 寄存器中也被启用时，会设置该位。
10	INITSTART	初始化已开始（器件上电后快速设置）。
9	INITCOMP	初始化已完成（在器件通电并完成一次测量扫描后设置）。
7	FULLSCAN	完整电压扫描完成。已完成必要的多次 ADC 扫描以收集完整的电压测量环路数据（包括电芯电压、引脚或热敏电阻电压等）。在首次完整扫描完成后会设置该位，然后该位保持设置状态。
6	XCHG	当 CHG FET 关断时会设置该位。
5	XDSG	当 DSG FET 关断时会设置该位。
4	SHUTV	电池组电压低于 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage 。
3	FUSE	驱动 FUSE 引脚。FUSE 引脚由器件或次级保护器驱动。
2	CB	当电芯平衡处于活动状态时会设置该位。

表 12-19. 警报原始状态寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
1	ADSCAN	电压 ADC 扫描完成。已完成一次 ADC 扫描 (每次扫描时都要测量电芯电压)。在首次 ADC 扫描完成后会设置该位, 然后该位保持设置状态。
0	WAKE	当器件从 SLEEP 模式唤醒时会设置该位。

12.2.19 警报使能寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
SSBC	SSA	PF	MSK_SFALERT	MSK_PFALERT	INITSTART	INITCOMP	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
FULLSCAN	XCHG	XDSG	SHUTV	FUSE	CB	ADSCAN	WAKE

说明: *Alarm Status()* 的掩码。可以在操作期间写入更改, 以更改启用的警报源。通过 **Settings:Alarm:Default Alarm Mask** 来设置该参数的默认值。

表 12-20. 警报使能寄存器字段说明

位	字段	说明
15	SSBC	当 <i>Alarm Raw Status()[SSBC]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[SSBC]</i> 被设置和锁存。
14	SSA	当 <i>Alarm Raw Status()[SSA]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[SSA]</i> 被设置和锁存。
13	PF	当 <i>Alarm Raw Status()[PF]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[PF]</i> 被设置和锁存。
12	MSK_SFALERT	当 <i>Alarm Raw Status()[MSK_SFALERT]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[MSK_SFALERT]</i> 被设置和锁存。
11	MSK_PFALERT	当 <i>Alarm Raw Status()[MSK_PFALERT]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[MSK_PFALERT]</i> 被设置和锁存。
10	INITSTART	当 <i>Alarm Raw Status()[INITSTART]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[INITSTART]</i> 被设置和锁存。
9	INITCOMP	当 <i>Alarm Raw Status()[INITCOMP]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[INITCOMP]</i> 被设置和锁存。
7	FULLSCAN	当 <i>Alarm Raw Status()[FULLSCAN]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[FULLSCAN]</i> 被设置和锁存。
6	XCHG	当 <i>Alarm Raw Status()[XCHG]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[XCHG]</i> 被设置和锁存。
5	XDSG	当 <i>Alarm Raw Status()[XDSG]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[XDSG]</i> 被设置和锁存。
4	SHUTV	当 <i>Alarm Raw Status()[SHUTV]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[SHUTV]</i> 被设置和锁存。
3	FUSE	当 <i>Alarm Raw Status()[FUSE]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[FUSE]</i> 被设置和锁存。
2	CB	当 <i>Alarm Raw Status()[CB]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[CB]</i> 被设置和锁存。
1	ADSCAN	当 <i>Alarm Raw Status()[ADSCAN]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[ADSCAN]</i> 被设置和锁存。
0	WAKE	当 <i>Alarm Raw Status()[WAKE]</i> 有效时, 设置该位会使 <i>Alarm Status()[WAKE]</i> 被设置和锁存。

12.2.20 FET 状态寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	ALRT_PIN	DDSG_PIN	DCHG_PIN	PDSG_FET	DSG_FET	PCHG_FET	CHG_FET

说明：提供显示 FET 和 ALERT 引脚状态的标志。

表 12-21. FET 状态寄存器字段说明

位	字段	描述
6	ALRT_PIN	指示 ALERT 引脚的状态。 0 = ALERT 引脚无效。 1 = ALERT 引脚有效。
5	DDSG_PIN	指示 DDSG 引脚的状态。 0 = DDSG 引脚无效。 1 = DDSG 引脚有效。
4	DCHG_PIN	指示 DCHG 引脚的状态。 0 = DCHG 引脚无效。 1 = DCHG 引脚有效。
3	PDSG_FET	指示 PDSG FET 的状态。 0 = PDSG FET 关断。 1 = PDSG FET 导通。
2	DSG_FET	指示 DSG FET 的状态。 0 = DSG FET 关断。 1 = DSG FET 导通。
1	PCHG_FET	指示 PCHG FET 的状态。 0 = PCHG FET 关断。 1 = PCHG FET 导通。
0	CHG_FET	指示 CHG FET 的状态。 0 = CHG FET 关断。 1 = CHG FET 导通。

12.3 仅限命令的子命令

表 12-22. 仅限命令的子命令表

命令	名称	访问	说明
0x000E	EXIT_DEEPSLEEP	密封：W 解封：W 完全访问：W	退出 DEEPSLEEP 模式
0x000F	DEEPSLEEP	密封：W 解封：W 完全访问：W	进入 DEEPSLEEP 模式。必须在 4s 内连续发送两次才会生效
0x0010	SHUTDOWN	密封：W 解封：W 完全访问：W	启动 SHUTDOWN 序列。如果密封，则必须在 4s 内连续发送两次才会生效。如果在解封状态下发送两次，则会跳过关断延迟。
0x0012	重置	密封：— 解封：W 完全访问：W	复位器件
0x001C	PDSGTEST	密封：— 解封：W 完全访问：W	在 FET 测试模式下，切换 PDSG FET 使能。
0x001D	FUSE_TOGGLE	密封：— 解封：W 完全访问：W	切换 FUSE 状态
0x001E	PCHGTEST	密封：— 解封：W 完全访问：W	在 FET 测试模式下，切换 PCHG FET 使能。
0x001F	CHGTEST	密封：— 解封：W 完全访问：W	在 FET 测试模式下，切换 CHG FET 使能。

表 12-22. 仅限命令的子命令表 (continued)

命令	名称	访问	说明
0x0020	DSGTEST	密封：— 解封：W 完全访问：W	在 FET 测试模式下，切换 DSG FET 使能。
0x0022	FET_ENABLE	密封：— 解封：W 完全访问：W	在生产状态中切换 FET_EN。FET_EN = 0 表示 FET 测试模式。FET_EN = 1 表示固件 FET 控制。
0x0024	PF_ENABLE	密封：— 解封：W 完全访问：W	在生产状态下切换 PF_EN
0x0030	SEAL	密封：— 解封：W 完全访问：W	降器件置于 SEALED 模式
0x0082	RESET_PASSQ	密封：W 解封：W 完全访问：W	重置集成的电荷和计时器。电荷重置为 0.5userAh，以便对整数部分进行四舍五入。
0x008A	PTO_RECOVER	密封：W 解封：W 完全访问：W	从预充电超时 (PTO) 安全事件中触发恢复。这也重置了正在进行的预充电周期的超时时器。
0x0090	SET_CFGUPDATE	密封：— 解封：W 完全访问：W	进入 CONFIG_UPDATE 模式
0x0092	EXIT_CFGUPDATE	密封：W 解封：W 完全访问：W	退出 CONFIG_UPDATE 模式。这也会清除 <i>Battery Status()</i> [POR] 和 <i>Battery Status()</i> [WD] 位。
0x0093	DSG_PDSG_OFF	密封：W 解封：W 完全访问：W	禁用 DSG 和 PDSG FET 驱动器
0x0094	CHG_PCHG_OFF	密封：W 解封：W 完全访问：W	禁用 CHG 和 PCHG FET 驱动器
0x0095	ALL_FETS_OFF	密封：W 解封：W 完全访问：W	禁用 CHG、DSG、PCHG 和 PDSG FET 驱动器
0x0096	ALL_FETS_ON	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果满足其他安全条件，则允许全部四个 FET 导通。这会清除 DSG_PDSG_OFF、CHG_PCHG_OFF 和 ALL_FETS_OFF 命令设置的状态。
0x0099	SLEEP_ENABLE	密封：W 解封：W 完全访问：W	启用 SLEEP 模式。从数据存储库中加载默认值，之后该命令可以更改设置。
0x009A	SLEEP_DISABLE	密封：W 解封：W 完全访问：W	禁用 SLEEP 模式。从数据存储库中加载默认值，之后该命令可以更改设置。
0x009B	OCDL_RECOVER	密封：W 解封：W 完全访问：W	在下次执行安全引擎时恢复放电过流锁存 (OCDL) (大约 1 秒)
0x009C	SCDL_RECOVER	密封：W 解封：W 完全访问：W	在下次执行安全引擎时恢复放电短路锁存 (SCDL) (大约 1 秒)
009x0D	LOAD_DETECT_RESTART	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已触发负载检测 (LD) 引脚电流源超时，则重新启动该引脚
0x009E	LOAD_DETECT_ON	密封：W 解封：W 完全访问：W	强制开启负载检测 (LD) 引脚电流源。在将该器件配置为自主控制电流源 (Protections:Load Detect:Active Time > 0) 时，该命令无效。
0x009F	LOAD_DETECT_OFF	密封：W 解封：W 完全访问：W	强制关闭负载检测 (LD) 引脚电流源。在将该器件配置为自主控制电流源 (Protections:Load Detect:Active Time > 0) 时，该命令无效。
0x2800	CFETOFF_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 CFETOFF 引脚配置为 GPO，则将其驱动为低电平状态

表 12-22. 仅限命令的子命令表 (continued)

命令	名称	访问	说明
0x2801	DFETOFF_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DFETOFF 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为低电平状态
0x2802	ALERT_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 ALERT 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为低电平状态
0x2806	HDQ_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 HDQ 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为低电平状态
0x2807	DCHG_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DCHG 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为低电平状态
0x2808	DDSG_LO	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DDSG 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为低电平状态
0x2810	CFETOFF_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 CFETOFF 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2811	DFETOFF_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DFETOFF 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2812	ALERT_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 ALERT 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2816	HDQ_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 HDQ 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2817	DCHG_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DCHG 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2818	DDSG_HI	密封：W 解封：W 完全访问：W	如果已将 DDSG 引脚配置为 GPIO，则将其驱动为高电平状态
0x2857	PF_FORCE_A	密封：W 解封：W 完全访问：W	用于强制实现基于命令的 PF 的两字命令的第一部分。必须在 4s 内跟随 PF_FORCE_B，中间不能有任何写入
0x29A3	PF_FORCE_B	密封：W 解封：W 完全访问：W	用于强制实现基于命令的 PF 的两字命令的第二部分。必须在 4s 内在前面附加 PF_FORCE_A，中间不能有任何写入
0x29BC	SWAP_COMM_MODE	密封：— 解封：W 完全访问：W	通过更改 CONFIG_UPDATE_MODE 中的 Settings:Configuration:Comm Type 来更改先前配置的通信模式
0x29E7	SWAP_TO_I2C	密封：— 解封：W 完全访问：W	在数据存储单元中选择 I ² C 快速模式 (Settings:Configuration:Comm Type = 8) 并立即开始使用 I ² C
0x7C35	SWAP_TO_SPI	密封：— 解封：W 完全访问：W	在数据存储单元中选择具有 CRC 的 SPI 模式 (Settings:Configuration:Comm Type = 16) 并立即开始使用 SPI
0x7C40	SWAP_TO_HDQ	密封：— 解封：W 完全访问：W	在数据存储单元中选择使用 ALERT 引脚的 HDQ 模式 (Settings:Configuration:Comm Type = 3) 并立即开始使用 HDQ

12.4 带数据的子命令

表 12-23. 子命令表

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0001	DEVICE_NUMBER	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	器件型号	十六进制	U2	报告用于识别产品的器件型号。数据以小端字节格式返回。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0002	FW_VERSION	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	器件型号 (大端字节序)	十六进制	U2	器件编号采用大端字节序格式, 以便与传统产品兼容
			2	固件版本 (大端字节序)	十六进制	U2	器件固件主要和次要版本号 (大端字节序)
			4	构建编号 (大端字节序)	十六进制	U2	固件构建编号采用大端字节序、二进制编码小数格式, 以便与传统产品兼容
0x0003	HW_VERSION	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	硬件版本	十六进制	U2	报告器件硬件版本号。
0x0004	IROM_SIG	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	指令 ROM 签名	十六进制	U2	计算并报告器件指令 ROM 签名。
0x0005	STATIC_CFG_SIG	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	静态配置签名	十六进制	U2	较低的 15 位报告静态 (非校准) 配置数据存储器的签名。如果这与存储的 System Data: Integrity: Config RAM Signature 不匹配, 则设置 MSBit。
0x0007	PREV_MACWRITE	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	上一次 Mac 写入	十六进制	U2	报告之前写入的 MAC 命令。这主要是为了供 TI 软件工具在执行后台操作后恢复任何数据。
0x0009	DROM_SIG	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	数据 ROM 签名	十六进制	U2	计算并报告器件数据 ROM 签名。
0x0035	SECURITY_KEYS	密封: — 解封: — 完全访问: R/W	0	Unseal Key Step 1	十六进制	U2	这是从 SEALED 切换为 UNSEALED 模式时必须发送的安全密钥的第一个字。
			2	Unseal Key Step 2	十六进制	U2	这是从 SEALED 切换为 UNSEALED 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。它必须在密钥的第一个字的 5 秒内发送, 并且中间没有其他命令。
			4	Full Access Key Step 1	十六进制	U2	这是从 UNSEALED 切换到 FULLACCESS 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。
			6	Full Access Key Step 2	十六进制	U2	这是从 UNSEALED 切换到 FULLACCESS 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。它必须在密钥的第一个字的 5 秒内发送, 并且中间没有其他命令。
0x0053	SAVED_PF_STATU S	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	PF Status A	十六进制	U1	保存的永久失效状态 A 有关位说明, 请参阅 PF Status A 寄存器 。
			1	PF Status B	十六进制	U1	保存的永久失效状态 B 有关位说明, 请参阅 PF Status B 寄存器 。
			2	PF Status C	十六进制	U1	保存的永久失效状态 D 有关位说明, 请参阅 PF Status C 寄存器 。
			3	PF Status D	十六进制	U1	保存的永久失效状态 D 有关位说明, 请参阅 PF Status D 寄存器 。
			4	保险丝标志	十六进制	U1	这用于跟踪保险丝是否已经熔断。该字节通常为零, 但在保险丝熔断后设置为 0x72。
0x0057	MANUFACTURING STATUS	密封: R 解封: R 完全访问: R	0	生产状态	十六进制	H2	提供在制造过程中使用的标志。 有关位说明, 请参阅 制造状态寄存器 。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0070	MANU_DATA	密封：R 解封：R 完全访问：R/W	0	制造商数据 0	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			1	制造商数据 1	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			2	制造商数据 2	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			3	制造商数据 3	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			4	制造商数据 4	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			5	制造商数据 5	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			6	制造商数据 6	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			7	制造商数据 7	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			8	制造商数据 8	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			9	制造商数据 9	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			10	制造商数据 10	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			11	制造商数据 11	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			12	制造商数据 12	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			13	制造商数据 13	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			14	制造商数据 14	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			15	制造商数据 15	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			16	制造商数据 16	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			17	制造商数据 17	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			18	制造商数据 18	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			19	制造商数据 19	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			20	制造商数据 20	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0070	MANU_DATA	密封：R 解封：R 完全访问：R/W	21	制造商数据 21	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			22	制造商数据 22	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			23	制造商数据 23	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			24	制造商数据 24	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			25	制造商数据 25	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			26	制造商数据 26	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			27	制造商数据 27	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			28	制造商数据 28	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			29	制造商数据 29	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			30	制造商数据 30	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
			31	制造商数据 31	十六进制	U1	制造商数据暂存器。可以配置为将此数据保存到 OTP。必须处于 FULLACCESS 模式才能写入。
0x0071	DASTATUS1	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 1 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			4	电芯 1 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			8	电芯 2 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			12	电芯 2 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			16	电芯 3 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			20	电芯 3 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			24	电芯 4 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			28	电芯 4 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
0x0072	DASTATUS2	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 5 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			4	电芯 5 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			8	电芯 6 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			12	电芯 6 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			16	电芯 7 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			20	电芯 7 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			24	电芯 8 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			28	电芯 8 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0073	DASTATUS3	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 9 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			4	电芯 9 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			8	电芯 10 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			12	电芯 10 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			16	电芯 11 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			20	电芯 11 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			24	电芯 12 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			28	电芯 12 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
0x0074	DASTATUS4	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 13 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			4	电芯 13 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			8	电芯 14 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			12	电芯 14 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			16	电芯 15 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			20	电芯 15 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
			24	电芯 16 电压计数	—	14	用于电芯电压测量的 32 位 ADC 计数。
			28	电芯 16 电流计数	—	14	用于在电芯电压测量期间进行电流测量的 32 位 ADC 计数。
0x0075	DASTATUS5	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	VREG18	—	12	VREG18 测量的 16 位 ADC 计数，用作检查库仑计数器参考电压的代理。这是出于诊断目的而测量的。
			2	VSS	—	12	VSS 引脚的 16 位 ADC 计数。此测量用于诊断目的，以确保 ADC 输入多路复用器正常工作。
			4	最大电芯电压	mV	12	最大电芯电压
			6	最小电芯电压	mV	12	最小电芯电压
			8	电芯电压总和	userV	12	电芯电压总和 (包括互连)。可将此值与 <i>Stack Voltage()</i> 比较以进行诊断。然而，请注意，这些测量是在不同时间进行的，这可能会导致测量值发生变化。
			10	电芯温度	0.1K	12	根据单个温度阈值报告用于特性的电芯温度。请注意，许多特性反而 (例如保护) 使用最低或最高电芯温度。
			12	FET 温度	0.1K	12	报告由所有测量的 FET 温度的最大值给出的 FET 温度。
			14	最高电芯温度	0.1K	12	报告所有测量的电芯温度的最大值。
			16	最低电芯温度	0.1K	12	报告所有测量的电芯温度的最小值。
			18	平均电芯温度	0.1K	12	报告所有测量的电芯温度的平均值。
			20	CC3 电流	userA	12	报告 CC3 电流，该电流通过对可配置的 CC2 电流测量值进行平均计算而得到的。
			22	CC1 电流	userA	12	报告 CC1 电流，该电流在 NORMAL 模式下每 250ms 更新一次。在 SLEEP 模式下，从电压测量结束后一秒开始，每 4 秒更新一次此值。有关更多详细信息，请参阅有关电源模式的文档。
			24	CC2 计数	—	14	最新 CC2 测量的原始 32 位计数值。
28	CC3 计数	—	14	最新 CC3 测量的原始 32 位计数值。			

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0076	DASTATUS6	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	累积电荷	userAh	I4	报告累计通过的电荷的整数部分（单位为 userAmp 小时）。
			4	累积电荷小数	—	U4	报告累计通过的电荷的小数部分。该小数部分被初始化为 0.5 userAh，以便对整数部分进行适当的四舍五入。
			8	累积时间	s	U4	报告对已通过的电荷进行积分所需秒数。
			12	CFETOFF 计数	—	I4	报告 CFETOFF 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			16	DFETOFF 计数	—	I4	报告 DFETOFF 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			20	警报计数	—	I4	报告 ALERT 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			24	TS1 计数	—	I4	报告 TS1 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			28	TS2 计数	—	I4	报告 TS2 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
0x0077	DASTATUS7	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	TS3 计数	—	I4	报告 TS3 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			4	HDQ 计数	—	I4	报告 HDQ 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			8	DCHG 计数	—	I4	报告 DCHG 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
			12	DDSG 计数	—	I4	报告 DDSG 引脚上最近测量的 32 位 ADC 计数。
0x0080	CUV_SNAPSHOT	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	发生 CUV 事件时的电芯 1 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			2	发生 CUV 事件时的电芯 2 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			4	发生 CUV 事件时的电芯 3 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			6	发生 CUV 事件时的电芯 4 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			8	发生 CUV 事件时的电芯 5 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			10	发生 CUV 事件时的电芯 6 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			12	发生 CUV 事件时的电芯 7 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			14	发生 CUV 事件时的电芯 8 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			16	发生 CUV 事件时的电芯 9 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			18	发生 CUV 事件时的电芯 10 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			20	发生 CUV 事件时的电芯 11 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			22	发生 CUV 事件时的电芯 12 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			24	发生 CUV 事件时的电芯 13 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			26	发生 CUV 事件时的电芯 14 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			28	发生 CUV 事件时的电芯 15 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。
			30	发生 CUV 事件时的电芯 16 电压	mV	I2	记录最近一次 CUV 事件后测得的电芯电压。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0081	COV_SNAPSHOT	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	发生 COV 事件时的电芯 1 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			2	发生 COV 事件时的电芯 2 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			4	发生 COV 事件时的电芯 3 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			6	发生 COV 事件时的电芯 4 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			8	发生 COV 事件时的电芯 5 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			10	发生 COV 事件时的电芯 6 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			12	发生 COV 事件时的电芯 7 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			14	发生 COV 事件时的电芯 8 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			16	发生 COV 事件时的电芯 9 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			18	发生 COV 事件时的电芯 10 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			20	发生 COV 事件时的电芯 11 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			22	发生 COV 事件时的电芯 12 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			24	发生 COV 事件时的电芯 13 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			26	发生 COV 事件时的电芯 14 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			28	发生 COV 事件时的电芯 15 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
			30	发生 COV 事件时的电芯 16 电压	mV	I2	记录最近一次 COV 事件后测得的电芯电压。
0x0083	CB_ACTIVE_CELLS	密封：R/W 解封：R/W 完全访问：R/W	0	运行电芯平衡的电芯	—	U2	执行读取操作后，报告位掩码，其中显示了哪些电芯处于主动平衡状态。写入时，开始对指定的电芯进行平衡。写入 0x0000 以关闭平衡功能。
0x0084	CB_SET_LVL	密封：W 解封：W 完全访问：W	0	电芯平衡设置级别	mV	I2	开始对高于写入电压阈值的电芯进行平衡，相邻电芯或不在编程限制内的电芯将不受影响。
0x0085	CBSTATUS1	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯平衡运行时间	s	U2	报告平衡持续处于活动状态的秒数。
0x0086	CBSTATUS2	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 1 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			4	电芯 2 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			8	电芯 3 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			12	电芯 4 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			16	电芯 5 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			20	电芯 6 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			24	电芯 7 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			28	电芯 8 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。

表 12-23. 子命令表 (continued)

命令	名称	访问	偏移	数据	单位	类型	说明
0x0087	CBSTATUS3	密封：R 解封：R 完全访问：R	0	电芯 9 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			4	电芯 10 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			8	电芯 11 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			12	电芯 12 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			16	电芯 13 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			20	电芯 14 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			24	电芯 15 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
			28	电芯 16 总计平衡时间	s	U4	报告自上次器件复位以来此电芯已进行平衡的累计秒数。
0x0097	FET_CONTROL	密封：W 解封：W 完全访问：W	0	FET 控制	十六进制	H1	允许主机控制单个 FET 驱动器。 有关位说明，请参阅 FET 控制寄存器 。
0x0098	REG12_CONTROL	密封：W 解封：W 完全访问：W	0	REG12 控制	十六进制	H1	更改电压稳压器设置 有关位说明，请参阅 REG12 控制寄存器 。
0x00a0	OTP_WR_CHECK	密封：— 解封：R 完全访问：R	0	OTP 写入检查结果	十六进制	H1	报告是否允许 OTP 编程。 有关位说明，请参阅 OTP 写入检查结果寄存器 。
			1	OTP 写入检查数据失败地址	十六进制	U2	当数据由于没有保留位或位而无法编程到 OTP 时，这将包含第一个无法编程的数据值的地址。
0x00a1	OTP_WRITE	密封：— 解封：R 完全访问：R	0	OTP 写入结果	十六进制	H1	报告是否允许 OTP 编程。 有关位说明，请参阅 OTP 写入结果寄存器 。
			1	OTP 写入数据失败地址	十六进制	U2	当数据由于没有保留位或位而无法编程到 OTP 时，这将包含无法编程的第一个数据值的地址。
0xf081	READ_CAL1	密封：— 解封：R 完全访问：R	0	校准数据计数器	—	I2	更新缓冲区时递增的示例计数器。用于确保在需要求平均值时采集唯一的测量样本。
			2	CC2 计数	—	I4	最近电流测量的 32 位 CC2 计数。
			6	PACK 引脚 ADC 计数	—	I2	PACK 引脚电压上一测量的 16 位 ADC 计数。
			8	电池组顶部电压 ADC 计数	—	I2	上次电池组顶部电压测量中的 16 位 ADC 计数。
			10	LD 引脚 ADC 计数	—	I2	上次电池组顶部电压测量中的 16 位 ADC 计数。
0xf090	CAL_CUV	密封：— 解封：R 完全访问：R	0	CUV 阈值覆盖	十六进制	U2	使用顶部电芯输入校准 CUV，以设置 Calibration:COV:COV Threshold Override 。通过使用此校准命令，可以设置常规 50mV 阶跃之间的阈值水平。仅在 CONFIG_UPDATE 模式下可用。
0xf091	CAL_COV	密封：— 解封：R 完全访问：R	0	COV 阈值覆盖	十六进制	U2	使用顶部电芯输入校准 COV，以设置 Calibration:COV:COV Threshold Override 。通过使用此校准命令，可以设置常规 50mV 阶跃之间的阈值水平。仅在 CONFIG_UPDATE 模式下可用。

12.5 子命令的位字段定义

12.5.1 PF Status A 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CUDEP	SOTF	RSVD_0	SOT	SOCD	SOC	SOV	SUV

说明：保存的永久失效状态 A

表 12-24. PF Status A 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	CUDEP	0 = 未发生铜沉积永久失效 1 = 发生了铜沉积永久失效
6	SOTF	0 = 未发生 FET 过热安全永久失效 1 = 发生了 FET 过热安全永久失效
4	SOT	0 = 未发生电芯过热安全永久失效 1 = 发生了电芯过热安全永久失效
3	SOCD	0 = 未发生放电过流安全永久失效 1 = 发生了放电过流安全永久失效
2	SOCC	0 = 未发生充电过流安全永久失效 1 = 发生了充电过流安全永久失效
1	SOV	0 = 未发生电芯过压安全永久失效 1 = 发生了电芯过压安全永久失效
0	SUV	0 = 未发生电芯欠压安全永久失效 1 = 发生了电芯欠压安全永久失效

12.5.2 PF Status B 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
SCDL	RSVD_0	RSVD_0	VIMA	VIMR	2LVL	DFETF	CFETF

说明：保存的永久失效状态 B

表 12-25. PF Status B 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	SCDL	0 = 未发生放电短路锁存永久失效 1 = 发生了放电短路锁存永久失效
4	VIMA	0 = 未发生活动电压不平衡永久失效 1 = 发生了活动电压不平衡永久失效
3	VIMR	0 = 未发生静止模式电压不平衡永久失效 1 = 发生了静止模式电压不平衡永久失效
2	2LVL	0 = 未发生二级保护器永久失效 1 = 发生了二级保护器永久失效
1	DFETF	0 = 未发生 DSG FET 故障永久失效 1 = 发生了 DSG FET 故障永久失效
0	CFETF	0 = 未发生 CHG FET 故障永久失效 1 = 发生了 CHG FET 故障永久失效

12.5.3 PF Status C 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CMDF	HWMX	VSSF	VREF	LFOF	IRMF	DRMF	OTPF

说明：保存的永久失效状态 D

表 12-26. PF Status C 寄存器字段说明

位	字段	说明
7	CMDF	0 = 未发生命令的永久失效 1 = 发生了命令的永久失效
6	HWMX	0 = 未发生保护比较器多路复用器永久失效 1 = 发生了保护比较器多路复用器永久失效
5	VSSF	0 = 未发生 VSS 永久失效 1 = 发生了 VSS 永久失效
4	VREF	0 = 未发生 VREF 永久失效 1 = 发生了 VREF 永久失效
3	LFOF	0 = 未发生低频振荡器监控器永久失效 1 = 发生了低频振荡器监控器永久失效
2	IRMF	0 = 未发生指令 ROM 永久失效 1 = 发生了指令 ROM 永久失效
1	DRMF	0 = 未发生数据 ROM 永久失效 1 = 发生了数据 ROM 永久失效
0	OTPF	0 = 未发生 OTP 存储器永久失效 1 = 发生了 OTP 存储器永久失效

12.5.4 PF Status D 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TOSF

说明：保存的永久失效状态 D

表 12-27. PF Status D 寄存器字段说明

位	字段	说明
0	TOSF	0 = 未发生电池组顶部电压永久失效 1 = 发生了电池组顶部电压永久失效

12.5.5 制造状态寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
OTPW_EN	PF_EN	PDSG_TEST	FET_EN	RSVD_0	DSG_TEST	CHG_TEST	PCHG_TEST

说明：提供在制造过程中使用的标志。

表 12-28. 制造状态寄存器字段说明

位	字段	说明
7	OTPW_EN	该位在正常操作期间可以启用或禁用对 OTP 的写入。当发生 PF 或保险丝熔断时，该器件对 OTP 中的位进行编程，以在完全复位后保持状态。它还可以根据请求对 MANU_DATA 进行编程（如果处于 FULLACCESS 模式）。该位使器件能够将此运行时数据编程到 OTP 中。仅当电池组电压和温度处于允许的范围内时才会进行编程。如果没有设置该位，可能仍会在 CONFIG_UPDATE 模式下完成编程。 0 = 器件在正常运行期间不会对 OTP 进行编程 1 = 器件可能会在正常运行期间对 OTP 进行编程
6	PF_EN	该位可以启用或禁用永久失效检查。清除此位可防止触发永久失效，这在制造过程中很有用。 0 = 禁用永久失效检查 1 = 启用永久失效检查
5	PDSG_TEST	该位指示 PDSG FET 是否在 FET 测试模式下启用。使用 PDSGTEST() 子命令控制该位。 0 = PDSG FET 未在 FET 测试模式下启用 1 = PDSG FET 在 FET 测试模式下启用
4	FET_EN	该位可以启用或禁用 FET 检测模式。在 FET 测试模式下，FET 状态由 FET 测试子命令控制。这通常是在制造过程中用于测试 FET 电路。请注意，在 FET 测试模式下，安全检查仍可能强制 FET 关断（或对体二极管保护而导通）。 0 = 禁用正常 FET 控制。FET 测试模式已启用。除非 FET 测试子命令指示器件开启 FET，否则器件不会开启 FET 1 = 启用正常 FET 控制。FET 测试模式已禁用。器件将忽略 FET 测试子命令
2	DSG_TEST	该位指示 DSG FET 是否在 FET 测试模式下启用。使用 DSGTEST() 子命令控制该位。 0 = DSG FET 未在 FET 测试模式下启用 1 = DSG FET 在 FET 测试模式下启用
1	CHG_TEST	该位指示 CHG FET 是否在 FET 测试模式下启用。使用 CHGTEST() 子命令控制该位。 0 = CHG FET 未在 FET 测试模式下启用 1 = CHG FET 在 FET 测试模式下启用
0	PCHG_TEST	该位指示 PCHG FET 是否在 FET 测试模式下启用。使用 PCHGTEST() 子命令控制该位。 0 = PCHG FET 未在 FET 测试模式下启用 1 = PCHG FET 在 FET 测试模式下启用

12.5.6 FET 控制寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	PCHG_OFF	CHG_OFF	PDSG_OFF	DSG_OFF

说明：允许主机控制单个 FET 驱动器。

表 12-29. FET 控制寄存器字段说明

位	字段	描述
3	PCHG_OFF	0 = 如果满足其他条件，则允许 PCHG FET 导通 1 = 强制关闭 PCHG FET 驱动器
2	CHG_OFF	0 = 如果满足其他条件，则允许 CHG FET 导通 1 = 强制关闭 CHG FET 驱动器
1	PDSG_OFF	0 = 如果满足其他条件，则允许 PDSG FET 导通 1 = 强制关闭 PDSG FET 驱动器
0	DSG_OFF	0 = 如果满足其他条件，则允许 DSG FET 导通 1 = 强制关闭 DSG FET 驱动器

12.5.7 REG12 控制寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
REG2V_2	REG2V_1	REG2V_0	REG2_EN	REG1V_2	REG1V_1	REG1V_0	REG1_EN

说明：更改电压稳压器设置

表 12-30. REG12 控制寄存器字段说明

位	字段	说明
7-5	REG2V_2 - REG2V_0	选择 REG2 的电压电平 0 - 3 = 1.8V 4 = 2.5V 5 = 3V 6 = 3.3V 7 = 5V
4	REG2_EN	启用或禁用 REG2 0 = REG2 已禁用 1 = REG2 已启用
3-1	REG1V_2 - REG1V_0	选择 REG1 的电压电平 0 - 3 = 1.8V 4 = 2.5V 5 = 3V 6 = 3.3V 7 = 5V
0	REG1_EN	启用或禁用 REG1 0 = REG1 已禁用 1 = REG1 已启用

12.5.8 OTP 写入检查结果寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OK	RSVD_0	LOCK	NOSIG	NODATA	HT	LV	HV

说明：报告是否允许 OTP 编程。

表 12-31. OTP 写入检查结果寄存器字段说明

位	字段	说明
7	正常	只要满足编程条件，就会设置该位。设置该位时，不会设置其他任何位。 0 = 不允许 OTP 编程 1 = 允许 OTP 编程
5	LOCK	该器件未处于 FULLACCESS 和 CONFIG_UPDATE 模式，或已设置 OTP 锁定位以防止进一步修改。 0 = 未锁定 OTP 1 = 已锁定 OTP
4	NOSIG	无法写入 OTP 签名（表明已过多地写入该签名）。 0 = 可以对 OTP 签名进行编程 1 = 无法对 OTP 签名进行编程

表 12-31. OTP 写入检查结果寄存器字段说明 (continued)

位	字段	说明
3	NODATA	无法将数据编程到 OTP 中 (表明已过多地地对数据进行编程; 没有剩余位)。设置该位后, 下述字节将指示第一个故障参数的地址。 0 = 可以将数据编程到 OTP 中 1 = 无法将数据编程到 OTP 中
2	HT	测得的内部温度高于允许的 OTP 编程温度范围。 0 = 温度处于允许的范围之内 1 = 温度过高, 无法对 OTP 进行编程
1	LV	测得的电池组电压低于允许的 OTP 编程电压。 0 = 测得的电池组电压高于最小 OTP 编程电压 1 = 测得的电池组电压低于最小 OTP 编程电压
0	HV	测得的电池组电压高于允许的 OTP 编程电压。 0 = 测得的电池组电压低于最大 OTP 编程电压 1 = 测得的电池组电压高于最大 OTP 编程电压

12.5.9 OTP 写入结果寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
OK	RSVD_0	LOCK	NOSIG	NODATA	HT	LV	HV

说明: 报告是否允许 OTP 编程。

表 12-32. OTP 写入结果寄存器字段说明

位	字段	说明
7	正常	只要满足编程条件, 就会设置该位。设置该位时, 不会设置其他任何位。 0 = 不允许 OTP 编程 1 = 允许 OTP 编程
5	LOCK	该器件未处于 FULLACCESS 和 CONFIG_UPDATE 模式, 或已设置 OTP 锁定位以防止进一步修改。 0 = 未锁定 OTP 1 = 已锁定 OTP
4	NOSIG	无法写入签名 (表明已过多地地写入该签名)。 0 = 可以对 OTP 签名进行编程 1 = 无法对 OTP 签名进行编程
3	NODATA	无法对 OTP 数据进行编程 (表明已过多地地对数据进行编程, 没有剩余位)。设置该位时, 下述字节将指示第一个故障参数的地址。 0 = 可以对数据进行编程 1 = 无法对数据进行编程
2	HT	测得的内部温度高于允许的 OTP 编程温度范围。 0 = 温度处于允许的范围之内 1 = 温度过高, 无法对 OTP 进行编程
1	LV	测得的电池组电压低于允许的 OTP 编程电压。 0 = 测得的电池组电压高于最小 OTP 编程电压 1 = 测得的电池组电压低于最小 OTP 编程电压
0	HV	测得的电池组电压高于允许的 OTP 编程电压。 0 = 测得的电池组电压低于最大 OTP 编程电压 1 = 测得的电池组电压高于最大 OTP 编程电压

13.1 数据存储器访问

BQ76952 中数据存储器值的访问方式与子命令类似，使用数据值的地址，而不使用子命令地址。例如，要将 **Calibration:Voltage:Cell 1 Gain** 写入值 12410 (0x307A)，请从数据存储器汇总表中确定寄存器地址，此表显示该地址为 0x9180。然后按如下所示写入数据：

1. 将地址的低位字节写入 0x3E (本例中为 0x80)。
2. 将地址的高位字节写入 0x3F (本例中为 0x91)。
3. 将数据存储器值以小端字节序的格式写入传输缓冲区 (0x40 至 0x5F)。注意：一次块写入最多可写入 32 字节的数据存储器。在本例中，将 0x7A 写入 0x40，将 0x30 写入 0x41。
4. 将写入数据的校验和 (本例中为 0x44) 写入 0x60，将数据长度 (本例中为 0x06) 写入 0x61。
5. 可以通过读回数据来对其进行验证。将地址的低位字节写入 0x3E (0x80)，将地址的高位字节写入 0x3F (0x91)。
6. 从 0x61 读取响应的长度。传输缓冲区中将填充 32 字节的数据块，因此长度将为 36 字节，在本例中为 0x24。
7. 从 0x40 开始读取数据长度的缓冲区。在 0x40 (0x7A) 和 0x41 (0x30) 中可以看到 **Calibration:Voltage:Cell 1 Gain** 的新值。
8. 读取 0x60 处的校验和并验证其是否与为整个传输缓冲区读取的数据相匹配。

注意：0x61 提供缓冲区数据的长度 + 4 (即缓冲区数据的长度 + 0x3E 和 0x3F 的长度 + 0x60 和 0x61 的长度)。

校验和是通过 0x3E 和 0x3F 以及缓冲区数据计算得出的，其不包括 0x60 和 0x61 中的校验和或长度。

下述各章节显示了 BQ76952 器件的配置设置。

13.2 校准

13.2.1 Calibration:Voltage

13.2.1.1 Calibration:Voltage:Cell 1 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 1 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.2 Calibration:Voltage:Cell 2 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 2 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.3 Calibration:Voltage:Cell 3 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 3 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.4 Calibration:Voltage:Cell 4 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 4 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.5 Calibration:Voltage:Cell 5 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 5 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.6 Calibration:Voltage:Cell 6 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 6 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.7 Calibration:Voltage:Cell 7 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 7 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.8 Calibration:Voltage:Cell 8 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 8 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.9 Calibration:Voltage:Cell 9 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 9 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.10 Calibration:Voltage:Cell 10 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 10 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.11 Calibration:Voltage:Cell 11 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 11 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.12 Calibration:Voltage:Cell 12 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 12 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.13 Calibration:Voltage:Cell 13 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 13 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.14 Calibration:Voltage:Cell 14 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 14 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.15 Calibration:Voltage:Cell 15 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 15 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.16 Calibration:Voltage:Cell 16 Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Cell 16 Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：电芯电压计算使用由该值设置的线性增益。增益进行了出厂校准，但可以通过调整该值进行修改。处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映编程设置。不处于 CONFIG_UPDATE 模式时，该值将反映计算中正在使用的值。

0 = 使用出厂校准值。

所有其他值 = 使用指定的值。

13.2.1.17 Calibration:Voltage:Pack Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	Pack Gain	U2	0	65535	0	—

说明：PACK 引脚电压计算使用由该值设置的线性增益。

13.2.1.18 Calibration:Voltage:TOS Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	TOS Gain	U2	0	65535	0	—

说明：电池组顶部电压计算使用由该值设置的线性增益。

13.2.1.19 Calibration:Voltage:LD Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	LD Gain	U2	0	65535	0	—

说明：LD 引脚电压计算使用由该值设置的线性增益。

13.2.1.20 Calibration:Voltage:ADC Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	ADC Gain	I2	-32767	32767	0	—

说明：配置为 ADCIN 的引脚使用该线性增益值将 ADC 计数转换为毫伏。

13.2.2 Calibration:Current

13.2.2.1 Calibration:Current:CC Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current	CC Gain	F4	1.00E-02	10.00E+02	7.4768	—

说明：该参数设置用于将库仑计原始计数测量值转换为电流。其值为

Calibration:Current:CC Gain = 7.4768 / (以 $m\Omega$ 为单位的 Rsense)

应根据系统中的传感电阻值调整该值，并且可以根据需要进一步校准该值。

13.2.2.2 Calibration:Current:Capacity Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current	Capacity Gain	F4	2.98262E+03	4.193046E+08	2230042.463	—

说明：该参数设置增益因子，用于将库仑计数器的原始计数测量值转换为通过的电荷。该值为

Calibration:Current:Capacity Gain = Calibration:Current:CC Gain x 298261.6178

应根据系统中的传感电阻值调整该值，如果需要，可以进一步校准该值。

13.2.3 Calibration:Vcell Offset

13.2.3.1 Calibration:Vcell Offset:Vcell Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Vcell Offset	Vcell Offset	I2	-32767	32767	0	mV

说明：该偏移是从所有电芯电压测量值中减去的，可用于校准偏移误差。

13.2.4 Calibration:V Divider Offset

13.2.4.1 Calibration:V Divider Offset:Vdiv Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	V Divider Offset	Vdiv Offset	I2	-32767	32767	0	userV

说明：该偏移是从所有 *Stack Voltage()*、*PACK Pin Voltage()* 和 *LD Pin Voltage()* 测量值中减去的，可用于校准偏移误差。

13.2.5 Calibration:Current Offset

13.2.5.1 Calibration:Current Offset:Coulomb Counter Offset Samples

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current Offset	Coulomb Counter Offset Samples	U2	0	65535	64	—

说明：设置 **Calibration:Current Offset:Board Offset** 的规模。该参数定义为在这么多次库仑计数器转换中累积的偏移误差计数。

13.2.5.2 Calibration:Current Offset:Board Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current Offset	Board Offset	I2	-32768	32767	0	—

说明：在电流计算中，从库仑计转换结果中减去该板级偏移。为了实现分辨率更高的校准，该值在使用前除以 **Calibration:Current Offset:Coulomb Counter Offset Samples**。这样就可以减去小数计数偏移。

13.2.6 Calibration:Temperature

13.2.6.1 Calibration:Temperature:Internal Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	Internal Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：该偏移被添加到内部温度测量中以提高精度。

13.2.6.2 Calibration:Temperature:CFETOFF Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	CFETOFF Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.3 Calibration:Temperature:DFETOFF Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	DFETOFF Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.4 Calibration:Temperature:ALERT Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	ALERT Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到在温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.5 Calibration:Temperature:TS1 Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	TS1 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.6 Calibration:Temperature:TS2 Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	TS2 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.7 Calibration:Temperature:TS3 Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	TS3 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.8 Calibration:Temperature:HDQ Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	HDQ Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.9 Calibration:Temperature:DCHG Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	DCHG Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.6.10 Calibration:Temperature:DDSG Temp Offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Temperature	DDSG Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C

说明：当此引脚用作热敏电阻并启用多项式时，该偏移被添加到温度测量中。如果此引脚配置为 ADCIN 或不使用多项式，则该操作不适用。

13.2.7 Calibration:Internal Temp Model

13.2.7.1 Calibration:Internal Temp Model:Int Gain

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Internal Temp Model	Int Gain	I2	-32768	32767	25390	—

说明：内部温度计算使用由该值设置的线性增益。

13.2.7.2 Calibration:Internal Temp Model:Int base offset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Internal Temp Model	Int base offset	I2	-32768	32767	3032	—

说明：应用增益后，内部温度计算将该偏移添加到结果中。

13.2.7.3 Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum AD

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Internal Temp Model	Int Maximum AD	I2	-32768	32767	16383	—

说明：当计数超过一定值时，内部温度计算的精度会受到限制。当计数大于该值时，会报告一个固定值作为内部温度。此参数指定该阈值。通常不应更改该值。

13.2.7.4 Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum Temp

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Internal Temp Model	Int Maximum Temp	I2	0	32767	6379	0.1K

说明：当内部温度 ADC 测量的计数超过 **Calibration:Internal Temp Model:Int Maximum AD** 时，会报告该温度作为内部温度。通常不应更改该值。

13.2.8 Calibration:18K Temperature Model

13.2.8.1 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff a1	I2	-32768	32767	-15524	—

说明：这是第一个温度多项式的第 4 个功率元件的系数。

13.2.8.2 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff a2	I2	-32768	32767	26423	—

说明：这是第一个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.8.3 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff a3	I2	-32768	32767	-22664	—

说明：这是第一个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.8.4 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff a4	I2	-32768	32767	28834	—

说明：这是第一个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.8.5 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a5

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff a5	I2	-32768	32767	672	—

说明：这是第一个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.8.6 Calibration:18K Temperature Model:Coeff b1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff b1	I2	-32768	32767	-371	—

说明：这是第二个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.8.7 Calibration:18K Temperature Model:Coeff b2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff b2	I2	-32768	32767	708	—

说明：这是第二个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.8.8 Calibration:18K Temperature Model:Coeff b3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff b3	I2	-32768	32767	-3498	—

说明：这是第二个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.8.9 Calibration:18K Temperature Model:Coeff b4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Coeff b4	I2	-32768	32767	5051	—

说明：这是第二个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.8.10 Calibration:18K Temperature Model:Adc0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	18K Temperature Model	Adc0	I2	-32768	32767	11703	—

说明：与校准温度下的实际 ADC 测量相对应的温度校正因子，包含比例因子。在校准温度下将热敏电阻连接到 TS1 时，TS1 原始 ADC 计数（采用 32 位格式）除以 256，然后乘以 5/3，并用于该设置。

13.2.9 Calibration:180K Temperature Model

13.2.9.1 Calibration:180K Temperature Model:Coeff a1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff a1	I2	-32768	32767	-17513	—

说明：这是第一个温度多项式的第 4 个功率元件的系数。

13.2.9.2 Calibration:180K Temperature Model:Coeff a2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff a2	I2	-32768	32767	25759	—

说明：这是第一个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.9.3 Calibration:180K Temperature Model:Coeff a3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff a3	I2	-32768	32767	-23593	—

说明：这是第一个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.9.4 Calibration:180K Temperature Model:Coeff a4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff a4	I2	-32768	32767	32175	—

说明：这是第一个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.9.5 Calibration:180K Temperature Model:Coeff a5

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff a5	I2	-32768	32767	2090	—

说明：这是第一个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.9.6 Calibration:180K Temperature Model:Coeff b1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff b1	I2	-32768	32767	-2055	—

说明：这是第二个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.9.7 Calibration:180K Temperature Model:Coeff b2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff b2	I2	-32768	32767	2955	—

说明：这是第二个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.9.8 Calibration:180K Temperature Model:Coeff b3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff b3	I2	-32768	32767	-3427	—

说明：这是第二个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.9.9 Calibration:180K Temperature Model:Coeff b4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Coeff b4	I2	-32768	32767	4385	—

说明：这是第二个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.9.10 Calibration:180K Temperature Model:Adc0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	Adc0	I2	-32768	32767	17246	—

说明：与校准温度下的实际 ADC 测量相对应的温度校正因子，包含比例因子。在校准温度下将热敏电阻连接到 TS1 时，TS1 原始 ADC 计数（采用 32 位格式）除以 256，然后乘以 5/3，并用于该设置。

13.2.10 Calibration:Custom Temperature Model

13.2.10.1 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff a1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff a1	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第一个温度多项式的第 4 个功率元件的系数。

13.2.10.2 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff a2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff a2	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第一个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.10.3 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff a3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff a3	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第一个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.10.4 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff a4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff a4	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第一个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.10.5 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff a5

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff a5	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第一个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.10.6 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff b1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff b1	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第二个温度多项式的第 3 个功率元件的系数。

13.2.10.7 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff b2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff b2	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第二个温度多项式的第 2 个功率元件的系数。

13.2.10.8 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff b3

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff b3	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第二个温度多项式的第 1 个功率元件的系数。

13.2.10.9 Calibration:Custom Temperature Model:Coeff b4

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Coeff b4	I2	-32768	32767	0	—

说明：这是第二个温度多项式的第 0 个功率元件的系数。

13.2.10.10 Calibration:Custom Temperature Model:Rc0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Rc0	I2	-32768	32767	0	—

说明：与校准温度下的理想 ADC 测量相对应的温度校正因子按 5/3 缩放。例如，使用 25C 的校准温度，假设热敏电阻值为 $10k\Omega$ ，上拉电阻为 $18k\Omega$ ，其计算公式为 $R_{thermistor}/(R_{thermistor} + R_{pull-up}) * 32767$ 。

13.2.10.11 Calibration:Custom Temperature Model:Adc0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Custom Temperature Model	Adc0	I2	-32768	32767	0	—

说明：与校准温度下的实际 ADC 测量相对应的温度校正因子，包含比例因子。在校准温度下将热敏电阻连接到 TS1 时，TS1 原始 ADC 计数（采用 32 位格式）除以 256，然后乘以 5/3，并用于该设置。

13.2.11 Calibration:Current Deadband

13.2.11.1 Calibration:Current Deadband:Coulomb Counter Deadband

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current Deadband	Coulomb Counter Deadband	U1	0	255	9	234nV

说明：为了实现准确的电荷累积，使用死区阈值来滤除低于预期本底噪声的信号。当平均库仑计数器输出低于死区阈值时，电荷被丢弃，而不是被累积。通常不应更改该值。

13.2.12 Calibration:CUV

13.2.12.1 Calibration:CUV:CUV Threshold Override

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	CUV	CUV Threshold Override	U2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF	十六进制

说明：默认情况下，CUV 使用根据设置和 TI 出厂微调计算出的阈值代码。如果需要额外的精度，客户校准的值可以覆盖这些微调。CAL_CUV 命令执行此校准并写入该值。

0xffff = 使用基于 **Protections:CUV:Threshold** 的计算值。

所有其他值 = 使用 CAL_CUV 命令中指定的阈值代码。

13.2.13 Calibration:COV

13.2.13.1 Calibration:COV:COV Threshold Override

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	COV	COV Threshold Override	U2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF	十六进制

说明：默认情况下，COV 使用根据设置和 TI 出厂微调计算出的阈值代码。如果需要额外的精度，客户校准的值可以覆盖这些微调。CAL_COV 命令执行此校准并写入该值。

0xffff = 使用基于 **Protections:COV:Threshold** 的计算值。

所有其他值 = 使用 CAL_COV 命令中指定的阈值代码。

13.3 设置

13.3.1 Settings:Fuse

13.3.1.1 Settings:Fuse:Min Blow Fuse Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Fuse	Min Blow Fuse Voltage	I2	0	32767	500	10mV

说明：通常情况下,仅当电池组电压高于此阈值时,器件才会尝试熔断保险丝。如果设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[PACK_FUSE]**, 则使用电池包电压而非电池组电压。但是, 如果检测到 FET 失败 (CFETF 或 DFETF) 并且设置了 **Settings:Protection:Protection Configuration[FETF_FUSE]**, 此电压阈值会被忽略。

13.3.1.2 Settings:Fuse:Fuse Blow Timeout

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Fuse	Fuse Blow Timeout	U1	0	255	30	s

说明：熔断保险丝时, 器件将在此期间置位保险丝熔断输出。

0 = 无限期驱动保险丝熔断输出 (无超时)

所有其他值 = 熔断保险丝时驱动保险丝熔断输出持续这么多秒

13.3.2 Settings:Configuration

13.3.2.1 Settings:Configuration:Power Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	Power Config	H2	0x0000	0xFFFF	0x2982	十六进制
15	14	13	12	11	10	9	8
RSVD_0	RSVD_0	DPSLP_OT	SHUT_TS2	DPSLP_PD	DPSLP_LDO	DPSLP_LFO	睡眠
7	6	5	4	3	2	1	0
OTSD	FASTADC	CB_LOOP_SL OW_1	CB_LOOP_SL OW_0	LOOP_SLOW_ 1	LOOP_SLOW_ 0	WK_SPD_1	WK_SPD_0

表 13-1. Power Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
13	DPSLP_OT	1	根据片上过热检测, 实现从 DEEPSLEEP 到 SHUTDOWN 的切换。 0 = 处于 DEEPSLEEP, 禁用片上 OT 1 = 在 DEEPSLEEP 下启用片上 OT, 允许切换到 SHUTDOWN
12	SHUT_TS2	0	当 TS2 用作热敏电阻或有其他外部下拉时, 无法使用 SHUTDOWN 模式。如果 TS2 被外部拉低, 则该位应设置为防止器件在某些情况下立即退出 SHUTDOWN 模式。当设置了该位且满足 SHUTDOWN 条件时, 器件将转而进入低功耗状态, 等待 LD 引脚上的上升沿。 0 = 选择标准 SHUTDOWN 模式行为 1 = SHUTDOWN 模式由等待 LD 引脚上升沿的低功耗状态取代
11	DPSLP_PD	1	根据充电器连接, 允许从 DEEPSLEEP 唤醒。清除时, 必须通过主机命令退出 DEEPSLEEP 模式。 0 = 在 LD 引脚的上升沿未退出 DEEPSLEEP 1 = LD 引脚的上升沿退出 DEEPSLEEP

表 13-1. Power Config 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
10	DPSLP_LDO	0	确定在 DEEPSLEEP 模式下是否禁用 REG1 和 REG2 0 = 进入 DEEPSLEEP 模式时禁用 REG1 和 REG2 1 = 进入 DEEPSLEEP 时，让 REG1 和 REG2 保持当前状态
9	DPSLP_LFO	0	确定是否在 DEEPSLEEP 模式下禁用低频振荡器以节省功耗。 0 = 在 DEEPSLEEP 模式下禁用低频振荡器 (推荐) 1 = 在 DEEPSLEEP 模式下启用低频振荡器
8	SLEEP	1	设置 <i>BatteryStatus()</i> [SLEEP_EN] 的值以启用或禁用 SLEEP 模式。初始化后，SLEEP_EN 仍然可以通过 SLEEP_ENABLE 和 SLEEP_DISABLE 子命令进行更改。 0 = 默认禁用 SLEEP 模式 1 = 默认启用 SLEEP 模式
7	OTSD	1	启用或禁用片上过热检测电路，以在片上过热严重时关闭器件。 0 = 禁止通过片上过热检测电路关闭 (不推荐) 1 = 检测到片上过热情况时进入关断模式
6	FASTADC	0	选择用于电压和同时电流测量的 ADC 转换速度。速度越高，精度越低。 0 = 每次转换 3ms 1 = 每次转换 1.5ms
5-4	CB_LOOP_SLOW_1 - CB_LOOP_SLOW_0	0	通过在每个电压和温度扫描环路之后插入仅电流测量值来选择在电芯平衡运行时的 ADC 扫描环路速度。这可用于减慢在平衡时的电压测量以增大占空比，因为在电芯测量期间必须暂停平衡。 0 = 全速 1 = 半速 2 = 四分之一的速度 3 = 八分之一的速度
3-2	LOOP_SLOW_1 - LOOP_SLOW_0	0	通过在每个电压和温度扫描环路之后插入仅电流测量值来选择正常的 ADC 扫描环路速度。在电池平衡未运行时使用此设置。 0 = 全速 1 = 半速 2 = 四分之一的速度 3 = 八分之一的速度
1-0	WK_SPD_1 - WK_SPD_0	2	为当前唤醒比较器功能选择在 SLEEP 模式下使用的库仑计数器转换速度。转换速度越慢，噪声越低。设置 0x2 可能会出现较大的偏移，应避免。设置 0x3 会导致 ~100 μ V (1sigma) 噪声电平，因此仅应在唤醒比较器电流设置为 $ V_{SRP} - V_{SRN} > 1000 \mu$ V 时使用。 0x0 = 48ms 转换速率 0x1 = 24ms 转换速率 0x2 = 12ms 转换速率 0x3 = 6ms 转换速率

13.3.2.2 Settings: Configuration: REG12 Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	REG12 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				REG2V_2	REG2V_1	REG2V_0	REG2_EN	REG1V_2	REG1V_1	REG1V_0	REG1_EN

说明：电压稳压器输出的配置选项

表 13-2. REG12 Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-5	REG2V_2 - REG2V_0	0	为 REG2 选择电压电平。启用 REG2 时，不应更改此设置。 0 - 3 = 1.8V 4 = 2.5V 5 = 3V 6 = 3.3V 7 = 5V
4	REG2_EN	0	配置 REG2 输出的默认状态。在复位或深睡眠模式后进行初始化时，将重新应用此设置。 0 = REG2 已禁用 1 = REG2 已启用
3-1	REG1V_2 - REG1V_0	0	为 REG1 选择电压电平。启用 REG1 时，不应更改此设置。 0 - 3 = 1.8V 4 = 2.5V 5 = 3V 6 = 3.3V 7 = 5V
0	REG1_EN	0	配置 REG1 输出的默认状态。在复位或深睡眠模式后进行初始化时，将重新应用此设置。 0 = REG1 已禁用 1 = REG1 已启用

13.3.2.3 Settings: Configuration: REG0 Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	REG0 Config	H1	0x00	0x03	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD	REG0_EN

说明：可以使用此配置选项启用 REG0（前置稳压器）。如果使用稳压器输出且未从外部提供 REGIN，则必须启用此功能。

表 13-3. REG0 Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
0	REG0_EN	0	启用或禁用 REG1 和 REG2 的前置稳压器 0 = 禁用前置稳压器 1 = 启用前置稳压器

13.3.2.4 Settings: Configuration: HWD Regulator Options

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	HWD Regulator Options	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	TOGGLE_OPT_1	TOGGLE_OPT_0	TOGGLE_TIME_3	TOGGLE_TIME_2	TOGGLE_TIME_1	TOGGLE_TIME_0

说明：配置触发主机看门狗保护时要执行的操作。这可以配置为关闭和打开 REG1 和 REG2 输出，以可能复位已停止通信的主机微控制器。

表 13-4. HWD Regulator Options 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
5-4	TOGGLE_OPT_1 - TOGGLE_OPT_0	0	触发 HWD 保护时要执行的操作 0 = 不对 REG1 和 REG2 稳压器采取任何措施 1 = 关闭 REG1 和 REG2 稳压器 2 = 在配置时段内关闭 REG1 和 REG2 稳压器，然后再次打开 3 = 保留。请勿使用。
3 - 0	TOGGLE_TIME_3 - TOGGLE_TIME_0	0	配置为切换时保持 REG1 和 REG2 稳压器关闭多长时间 0 = 关闭 REG1 和 REG2 稳压器，且不再次打开 1 - 15 = 在这么多秒后再次打开 REG1 和 REG2 稳压器

13.3.2.5 Settings:Configuration:Comm Type

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	Comm Type	U1	0x00	0x1F	0	—

说明：选择主动通信模式。在复位或收到 SWAP_COMM_MODE 命令时应用此模式。对于 bq769x2，默认模式是 I²C 快速。对于 bq769x201，默认模式是带 CRC 的 SPI。

0x00 = 默认

0xff = 默认值

0x03 = HDQ (使用 ALERT 引脚)

0x04 = HDQ (使用 HDQ 引脚)

0x07 = I²C (用于高达 100kHz 的总线速度)

0x08 = I²C 快速 (用于高于 100kHz 的总线速度)

0x09 = I²C 快速，带超时 (用于高于 100kHz 的总线速度)

0x0f = SPI

0x10 = SPI，带 CRC

0x11 = I²C，带 CRC (使用高达 100kHz 的总线速度)

0x12 = I²C 快速，带 CRC (使用高于 100kHz 的总线速度)

0x1e = I²C，带超时 (使用高达 100kHz 的总线速度)

所有其他值 = 保留。请勿使用

13.3.2.6 Settings:Configuration:I2C Address

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	I2C Address	U1	0x00	0xFF	0	—

说明：为基于 I²C 的通信模式设置器件地址。在复位或收到 SWAP_COMM_MODE 子命令时应用此地址。

0 = 使用默认的 I²C 器件地址 (0x10)

所有其他值 = 使用指定的 I²C 器件地址

13.3.2.7 Settings:Configuration:SPI Configuration

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	SPI Configuration	H1	0x00	0x7F	0x20	—

7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	MISO_REG1	FILT	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

表 13-5. SPI Configuration 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
6	MISO_REG1	0	配置 SPI MISO 引脚以使用 REG1 输出驱动电平 0 = SPI MISO 使用 1.8V 输出电平 1 = SPI MISO 使用 REG1 输出电平
5	FILT	1	在 SPI 输入引脚上配置数字滤波器 0 = 禁用 SPI 输入引脚上的数字滤波器 (推荐用于高频操作) 1 = 在 SPI 输入引脚上启用数字滤波器

13.3.2.8 Settings:Configuration:Comm Idle Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	Comm Idle Time	U1	0	255	0	s

说明：配置通信后保持启用高频振荡器的秒数。请注意，一秒计时器与通信是异步的，因此振荡器可能在此延迟一秒后关闭。对于 I²C，这能够减少时钟延长，但代价是增加了功耗。对于 SPI，将此参数设置为非零值可以缩短芯片选择置位和第一次事务后的首个时钟边沿之间的时间。

0 = 高频振荡器在通信后未保持启用额外时间。

所有其他值 = 高频振荡器在通信后保持启用最多这么多秒。

13.3.2.9 Settings:Configuration:CFETOFF Pin Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	CFETOFF Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制

7	6	5	4	3	2	1	0
OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 CFETOFF 引脚功能。根据所选的引脚功能，OPT 位域的含义会发生变化。

表 13-6. CFETOFF Pin Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	这些位配置所选引脚功能的选项。 OPT[5] : --- 配置为 CFETOFF 时的极性 (不影响 GPO 模式) --- 0 = 选择高电平有效 --- 1 = 选择低电平有效 OPT[4] : --- 未使用 OPT[3] : --- 0 = 输出高电平驱动使用 REG18 --- 1 = 输出高电平驱动使用 REG1 OPT[2] : --- 0 = 禁止弱上拉至 REG1 --- 1 = 允许弱上拉至 REG1 --- 注意 - 如果 OPT3=1, 不应选择此选项 OPT[1] : --- 0 = 当控制驱动为“hi”时, 引脚驱动三态 (设置了 OPT[3] 时不可用) --- 1 = 当控制被驱动为“hi”时, 引脚驱动高电平有效 OPT[0] : --- 0 = 禁止弱下拉至 VSS --- 1 = 允许弱下拉至 VSS 当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时, 将使用 OPT[5:0] 位, 如下所示。 OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能) OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数 OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = SPI_CS 或未使用 1 = 通用输出 2 = CFETOFF 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.10 Settings: Configuration: DFETOFF Pin Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	DFETOFF Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
				7	6	5	4
				3	2	1	0

OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0
------	------	------	------	------	------	----------	----------

说明：此参数配置 DFETOFF 引脚功能。根据所选的引脚功能，OPT 位域的含义会发生变化。

表 13-7. DFETOFF Pin Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	<p>这些位配置所选引脚功能的选项。</p> <p>OPT[5]：</p> <p>--- 配置为 DFETOFF 时的极性 (不影响 GPO 模式)</p> <p>--- 0 = 选择高电平有效</p> <p>--- 1 = 选择低电平有效</p> <p>OPT[4]：</p> <p>--- 0 = 选择 DFETOFF 功能</p> <p>--- 1 = 选择 BOTHOFF 功能</p> <p>OPT[3]：</p> <p>--- 0 = 输出高电平驱动使用 REG18</p> <p>--- 1 = 输出高电平驱动使用 REG1</p> <p>OPT[2]：</p> <p>--- 0 = 禁止弱上拉至 REG1</p> <p>--- 1 = 允许弱上拉至 REG1</p> <p>--- 注意 - 如果 OPT3=1，不应选择此选项</p> <p>OPT[1]：</p> <p>--- 0 = 当控制驱动为“hi”时，引脚驱动三态 (设置了 OPT[3] 时不可用)</p> <p>--- 1 = 当控制被驱动为“hi”时，引脚驱动高电平有效</p> <p>OPT[0]：</p> <p>--- 0 = 禁止弱下拉至 VSS</p> <p>--- 1 = 允许弱下拉至 VSS</p> <p>当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时，将使用 OPT[5:0] 位，如下所示。</p> <p>OPT[5:4]</p> <p>--- 上拉控制</p> <p>--- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻</p> <p>--- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻</p> <p>--- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能)</p> <p>OPT[3:2]</p> <p>--- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式</p> <p>--- 00 = 选择 18K 温度模型</p> <p>--- 01 = 选择 180K 温度模型</p> <p>--- 10 = 选择自定义温度模型</p> <p>--- 11 = 不使用多项式，报告原始 ADC 计数</p> <p>OPT[1:0]</p> <p>--- 测量类型</p> <p>--- 00 = 通用 ADC 输入</p> <p>--- 01 = 热敏电阻温度测量，用于电芯温度保护</p> <p>--- 10 = 热敏电阻温度测量，报告但不用于电芯温度保护</p> <p>--- 11 = 热敏电阻温度测量，用于 FET 温度保护</p>
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	<p>这些位配置此引脚用于哪项功能。</p> <p>0 = 未使用</p> <p>1 = 通用输出</p> <p>2 = DFETOFF 或 BOTHOFF</p> <p>3 = ADC 输入或热敏电阻</p>

13.3.2.11 Settings:Configuration:ALERT Pin Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	ALERT Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 ALERT 引脚功能。根据所选的引脚功能，OPT 位域的含义会发生变化。

表 13-8. ALERT Pin Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	这些位配置所选引脚功能的选项。 OPT[5] : --- 配置为 ALERT 时的极性 (不影响 GPO 模式) --- 0 = 选择高电平有效 --- 1 = 选择低电平有效 OPT[4] : --- 未使用 OPT[3] : --- 0 = 输出高电平驱动使用 REG18 --- 1 = 输出高电平驱动使用 REG1 OPT[2] : --- 0 = 禁止弱上拉至 REG1 --- 1 = 允许弱上拉至 REG1 --- 注意 - 如果 OPT3=1, 不应选择此选项 OPT[1] : --- 0 = 当控制驱动为“hi”时, 引脚驱动三态 (设置了 OPT[3] 时不可用) --- 1 = 当控制被驱动为“hi”时, 引脚驱动高电平有效 OPT[0] : --- 0 = 禁止弱下拉至 VSS --- 1 = 允许弱下拉至 VSS 当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时, 将使用 OPT[5:0] 位, 如下所示。 OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能) OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数 OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护

表 13-8. ALERT Pin Config 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = HDQ 或未使用 1 = 通用输出 2 = ALERT 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.12 Settings: Configuration: TS1 Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	TS1 Config	H1	0x00	0xFF	0x07	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 TS1 引脚功能。

表 13-9. TS1 Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	1	OPT[5:0] 位配置 TS1 引脚功能的选项。 OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能) OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数 OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	3	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = 未使用 1 = 未使用 2 = 未使用 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.13 Settings: Configuration: TS2 Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	TS2 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 TS2 引脚功能。

表 13-10. TS2 Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	OPT[5:0] 位配置 TS2 引脚功能的选项。 OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能) OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数 OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = 未使用 1 = 未使用 2 = 未使用 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.14 Settings: Configuration: TS3 Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	TS3 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 TS3 引脚功能。

表 13-11. TS3 Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	<p>OPT[5:0] 位配置 TS3 引脚功能的选项。</p> <p>OPT[5:4]</p> <p>--- 上拉控制</p> <p>--- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻</p> <p>--- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻</p> <p>--- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能)</p> <p>OPT[3:2]</p> <p>--- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式</p> <p>--- 00 = 选择 18K 温度模型</p> <p>--- 01 = 选择 180K 温度模型</p> <p>--- 10 = 选择自定义温度模型</p> <p>--- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数</p> <p>OPT[1:0]</p> <p>--- 测量类型</p> <p>--- 00 = 通用 ADC 输入</p> <p>--- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护</p> <p>--- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护</p> <p>--- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护</p>
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	<p>这些位配置此引脚用于哪项功能。</p> <p>0 = 未使用</p> <p>1 = 未使用</p> <p>2 = 未使用</p> <p>3 = ADC 输入或热敏电阻</p>

13.3.2.15 Settings: Configuration: HDQ Pin Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	HDQ Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0

说明：此参数配置 HDQ 引脚功能。根据所选的引脚功能，OPT 位域的含义会发生变化。

表 13-12. HDQ Pin Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	这些位配置所选引脚功能的选项。 OPT[5] : --- 配置为 HDQ 时的极性 (不影响 GPO 模式) --- 0 = 选择高电平有效 --- 1 = 选择低电平有效 OPT[4] : --- 未使用 OPT[3] : --- 0 = 输出高电平驱动使用 REG18 --- 1 = 输出高电平驱动使用 REG1 OPT[2] : --- 0 = 禁止弱上拉至 REG1 --- 1 = 允许弱上拉至 REG1 --- 注意 - 如果 OPT3=1, 不应选择此选项 OPT[1] : --- 0 = 当控制驱动为 “hi” 时, 引脚驱动三态 (设置了 OPT[3] 时不可用) --- 1 = 当控制被驱动为 “hi” 时, 引脚驱动高电平有效 OPT[0] : --- 0 = 禁止弱下拉至 VSS --- 1 = 允许弱下拉至 VSS 当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时, 将使用 OPT[5:0] 位, 如下所示。 OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能) OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式, 报告原始 ADC 计数 OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量, 用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量, 报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量, 用于 FET 温度保护
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = HDQ 或 SPI_MOSI 或未使用 1 = 通用输出 2 = 未使用 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.16 Settings: Configuration: DCHG Pin Config

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Configuration	DCHG Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0

OPT5	OPT4	OPT3	OPT2	OPT1	OPT0	PIN_FXN1	PIN_FXN0
------	------	------	------	------	------	----------	----------

说明：此参数配置 DCHG 引脚功能。根据所选的引脚功能，OPT 位域的含义会发生变化。

表 13-13. DCHG Pin Config 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7-2	OPT5 - OPT0	0	<p>这些位配置所选引脚功能的选项。</p> <p>OPT[5]： --- 配置为 DCHG 时的极性 (不影响 GPO 模式) --- 0 = 选择高电平有效 (禁用 CHG 时，DCHG 为高电平) --- 1 = 选择低电平有效 (禁用 CHG 时，DCHG 为低电平)</p> <p>OPT[4]： --- 未使用</p> <p>OPT[3]： --- 0 = 输出高电平驱动使用 REG18 --- 1 = 输出高电平驱动使用 REG1</p> <p>OPT[2]： --- 0 = 禁止弱上拉至 REG1 --- 1 = 允许弱上拉至 REG1 --- 注意 - 如果 OPT3=1，不应选择此选项</p> <p>OPT[1]： --- 0 = 当控制驱动为“hi”时，引脚驱动三态 (设置了 OPT[3] 时不可用) --- 1 = 当控制被驱动为“hi”时，引脚驱动高电平有效</p> <p>OPT[0]： --- 0 = 禁止弱下拉至 VSS --- 1 = 允许弱下拉至 VSS</p> <p>当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时，将使用 OPT[5:0] 位，如下所示。</p> <p>OPT[5:4] --- 上拉控制 --- 00 = 选择 18kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 01 = 选择 180kOhm 上拉电阻测量热敏电阻 --- 10 = 选择不上拉 (用于 ADCIN 功能)</p> <p>OPT[3:2] --- 选择用于热敏电阻温度测量的多项式 --- 00 = 选择 18K 温度模型 --- 01 = 选择 180K 温度模型 --- 10 = 选择自定义温度模型 --- 11 = 不使用多项式，报告原始 ADC 计数</p> <p>OPT[1:0] --- 测量类型 --- 00 = 通用 ADC 输入 --- 01 = 热敏电阻温度测量，用于电芯温度保护 --- 10 = 热敏电阻温度测量，报告但不用于电芯温度保护 --- 11 = 热敏电阻温度测量，用于 FET 温度保护</p>
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	<p>这些位配置此引脚用于哪项功能。</p> <p>0 = 未使用 1 = 通用输出 2 = DCHG 3 = ADC 输入或热敏电阻</p>

表 13-14. DDSG Pin Config 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
1 - 0	PIN_FXN1 - PIN_FXN0	0	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = 未使用 1 = 通用输出 2 = DDSG 3 = ADC 输入或热敏电阻

13.3.2.18 Settings:Configuration:DA Configuration

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	DA Configuration	H1	0x00	0xFF	0x05	十六进制

7 6 5 4 3 2 1 0

RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TINT_FETT	TINT_EN	USER_VOLTS_ CV	USER_AMPS_ 1	USER_AMPS_ 0
--------	--------	--------	-----------	---------	-------------------	-----------------	-----------------

表 13-15. DA Configuration 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
4	TINT_FETT	0	TINT_FETT 使内部温度源可用作“FET 温度”。还必须设置 TINT_EN 才能应用此设置。当 TINT_EN = 0 时，忽略该位。当针对 FET 温度进行配置时，它不计入最小、最大和平均电芯温度计算中。 0 = 内部温度不用于“FET 温度” 1 = 如果也设置了 TINT_EN，则内部温度用于“FET 温度”
3	TINT_EN	0	TINT_EN 使内部温度源可被用作“电芯温度”，用于使用最低、最高或平均温度的保护和逻辑。 0 = 内部温度不用于“电芯温度” 1 = 内部温度用于“电芯温度”
2	USER_VOLTS_CV	1	部分 BQ769x2 系列器件支持高电压。为确保电池组顶部、PACK 和 LD 引脚电压适合带符号的 16 位整数类型，其单位是可配置的。这种可配置的单位称为用户伏特，可以设置为厘伏或毫伏。对于不超过 32 伏的应用，可以使用毫伏。其他应用应使用厘伏以避免在 32767mV 处饱和。 0 = 为用户伏特选择毫伏 (1mV) 单位 1 = 为用户伏特选择厘伏 (10mV) 单位
1 - 0	USER_AMPS_1 - USER_AMPS_0	1	为了支持广泛的应用，该器件允许其电流单位可配置。这个可配置的单位称为用户安培，可以映射到不同的电流单位。这扩展了报告的 16 位电流的范围，使其能够随预期负载进行调节。 0 = 为用户安培选择分毫安 (0.1mA) 单位。 1 = 为用户安培选择毫安 (1mA) 单位。 2 = 为用户安培选择百安 (10mA) 单位。 3 = 为用户安培选择分安 (100mA) 单位。

13.3.2.19 Settings:Configuration:Vcell Mode

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	Vcell Mode	H2	0x0000	0xFFFF	0x0000	十六进制

15 14 13 12 11 10 9 8

Cell 16 Mode	Cell 15 Mode	Cell 14 Mode	Cell 13 Mode	Cell 12 Mode	Cell 11 Mode	Cell 10 Mode	Cell 9 Mode
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

7 6 5 4 3 2 1 0

Cell 8 Mode	Cell 7 Mode	Cell 6 Mode	Cell 5 Mode	Cell 4 Mode	Cell 3 Mode	Cell 2 Mode	Cell 1 Mode
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

说明：并非每个系统都会使用所有电芯输入引脚。如果系统的电芯数少于器件支持的数量，一些 VC 输入引脚可能会短接在一起或用于测量电芯之间的互连电阻。为防止在短接或用于测量互连电阻的引脚上针对电芯欠压采取措施，应清除相应的 Vcell Mode 位。如果所有 Vcell Mode 位都被清除，则所有输入都被视为电芯连接。

表 13-16. Vcell Mode 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
15	Cell 16 Mode	0	0 = VC16 和 VC15 之间电芯未连接。禁用 电芯 16 上的保护。 1 = VC16 和 VC15 之间电芯已连接。启用 电芯 16 上的保护。
14	Cell 15 Mode	0	0 = VC15 和 VC14 之间电芯未连接。禁用 电芯 15 上的保护。 1 = VC15 和 VC14 之间电芯已连接。启用 电芯 15 上的保护。
13	Cell 14 Mode	0	0 = VC14 和 VC13 之间电芯未连接。禁用 电芯 14 上的保护。 1 = VC14 和 VC13 之间电芯已连接。启用 电芯 14 上的保护。
12	Cell 13 Mode	0	0 = VC13 和 VC12 之间电芯未连接。禁用 电芯 13 上的保护。 1 = VC13 和 VC12 之间电芯已连接。启用 电芯 13 上的保护。
11	Cell 12 Mode	0	0 = VC12 和 VC11 之间电芯未连接。禁用 电芯 12 上的保护。 1 = VC12 和 VC11 之间电芯已连接。启用 电芯 12 上的保护。
10	Cell 11 Mode	0	0 = VC11 和 VC10 之间电芯未连接。禁用 电芯 11 上的保护。 1 = VC11 和 VC10 之间电芯已连接。启用 电芯 11 上的保护。
9	Cell 10 Mode	0	0 = VC10 和 VC9 之间电芯未连接。禁用 电芯 10 上的保护。 1 = VC10 和 VC9 之间电芯已连接。启用 电芯 10 上的保护。
8	Cell 9 Mode	0	0 = VC9 和 VC8 之间电芯未连接。禁用 电芯 9 上的保护。 1 = VC9 和 VC8 之间电芯已连接。启用 电芯 9 上的保护。
7	Cell 8 Mode	0	0 = VC8 和 VC7 之间电芯未连接。禁用 电芯 8 上的保护。 1 = VC8 和 VC7 之间电芯已连接。启用 电芯 8 上的保护。
6	Cell 7 Mode	0	0 = VC7 和 VC6 之间电芯未连接。禁用 电芯 7 上的保护。 1 = VC7 和 VC6 之间电芯已连接。启用 电芯 7 上的保护。
5	Cell 6 Mode	0	0 = VC6 和 VC5 之间电芯未连接。禁用 电芯 6 上的保护。 1 = VC6 和 VC5 之间电芯已连接。启用 电芯 6 上的保护。
4	Cell 5 Mode	0	0 = VC5 和 VC4 之间电芯未连接。禁用 电芯 5 上的保护。 1 = VC5 和 VC4 之间电芯已连接。启用 电芯 5 上的保护。
3	Cell 4 Mode	0	0 = VC4 和 VC3 之间电芯未连接。禁用 电芯 4 上的保护。 1 = VC4 和 VC3 之间电芯已连接。启用 电芯 4 上的保护。
2	Cell 3 Mode	0	0 = VC3 和 VC2 之间电芯未连接。禁用 电芯 3 上的保护。 1 = VC3 和 VC2 之间电芯已连接。启用 电芯 3 上的保护。
1	Cell 2 Mode	0	0 = VC2 和 VC1 之间电芯未连接。禁用 电芯 2 上的保护。 1 = VC2 和 VC1 之间电芯已连接。启用 电芯 2 上的保护。
0	Cell 1 Mode	0	0 = VC1 和 VC0 之间电芯未连接。禁用 电芯 1 上的保护。 1 = VC1 和 VC0 之间电芯已连接。启用 电芯 1 上的保护。

13.3.2.20 Settings: Configuration: CC3 Samples

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	CC3 Samples	U1	2	255	80	数字

说明：该器件根据可配置数量的 CC2 电流样本提供平均电流读数 (CC3)。此参数定义在计算新平均值之前累积的样本数。

13.3.3 Settings:Protection

13.3.3.1 Settings:Protection:Protection Configuration

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	Protection Configuration	H2	0x0000	0x07FF	0x0002	十六进制
15	14	13	12	11	10	9	8
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	SCDL_CURR_RECOV	OCDL_CURR_RECOV	FETF_FUSE
7	6	5	4	3	2	1	0
PACK_FUSE	RSVD_0	PF_OTP	PF_FUSE	PF_DPSLP	PF_REGS	PF_FETS	RSVD_0

表 13-17. Protection Configuration 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
10	SCDL_CURR_RECOV	0	可以根据 LD 引脚上的负载移除检测, 或通过主机命令或充电电流恢复 SCD 锁存器故障。当不需要基于电流的恢复机制时, 可以通过清除此位来禁用该机制。 0 = SCDL 不会根据充电电流进行恢复。 1 = 当电流大于或等于 Protections:SCDL:Recovery Threshold 的持续时间达到 Protections:SCDL:Recovery Time 时, SCDL 会恢复。
9	OCDL_CURR_RECOV	0	可以根据 LD 引脚上的负载移除检测, 或通过主机命令或充电电流恢复 OCD 锁存器故障。当不需要基于电流的恢复机制时, 可以通过清除此位来禁用该机制。 0 = OCDL 不会根据充电电流进行恢复。 1 = 当电流大于或等于 Protections:OCDL:Recovery Threshold 的持续时间达到 Protections:OCDL:Recovery Time 时, OCDL 会恢复。
8	FETF_FUSE	0	当检测到永久失效时, 可以将器件配置为熔断保险丝。这通常要求电压高于 Settings:Fuse:Min Blow Fuse Voltage 。如果设置了此位且发生了 FET 故障 (CFETF 或 DFETF), 说明电压要求被绕过。 0 = 当 CFETF 或 DFETF 跳变时, 电压必须高于阈值才能熔断保险丝。 1 = 如果配置为熔断保险丝, 并且发生 CFETF 或 DFETF, 则无论电压如何, 都会尝试熔断保险丝。
7	PACK_FUSE	0	保险丝通常位于 FET 的 BAT 侧, 因此该器件会监控电池组顶部电压, 以确定保险丝是否可能熔断。然而, 一些系统可能会将保险丝放在 PACK 侧, 在这种情况下, 应监控 PACK 引脚电压, 以确定保险丝是否可能熔断。设置此位会使器件使用 PACK 引脚电压, 而不是 Top of Stack 引脚电压进行此比较。 0 = 电池组顶部电压必须高于 Settings:Fuse:Min Blow Fuse Voltage 才能熔断保险丝。 1 = PACK 电压必须高于 Settings:Fuse:Min Blow Fuse Voltage 才能熔断保险丝。
5	PF_OTP	0	由于器件将永久失效状态存储在 RAM 中, 因此在器件复位时该状态将丢失。为了缓解这种情况, 当设置此位时, 器件可以将永久失效状态写入 OTP。在低电压和高温条件下, OTP 编程可能会延迟, 直到 OTP 编程能够可靠地完成。请注意, 只有在设置了 Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_ENJ] 时, 才允许在操作期间写入 OTP。如果设置了此位, 但清除了 Settings:Manufacturing:Mfg Status Init[OTPW_ENJ] , 永久失效状态将保存到 RAM 中, 该 RAM 在部分复位期间被保留, 但不会被编程到 OTP。如果未设置此位, 任何复位时永久失效状态都将丢失, 包括通过 RST_SHUT 引脚进行的部分复位。 0 = 复位时永久失效状态丢失。 1 = 尽可能在复位过程中保留永久失效状态。
4	PF_FUSE	0	当发生永久失效时, 可将器件配置为在满足电压条件时熔断保险丝。 0 = 永久失效不会导致器件熔断保险丝。 1 = 永久失效会导致器件熔断保险丝。

表 13-17. Protection Configuration 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
3	PF_DPSP	0	通常，永久失效会导致 FET 无限期地保持关闭，并且保险丝可能会熔断。在这种情况下，不需要对进一步的监控操作采取进一步的行动。此外，将无法再进行充电。为避免快速耗尽电池电量，可以将器件配置为在发生永久失效时进入 DEEPSLEEP 模式。如果启用了这些选项，进入 DEEPSLEEP DEEPSLEEP 模式仍将延迟到保险丝熔断和 OTP 编程完成后。 0 = 当发生永久失效时，器件不会自动进入 DEEPSLEEP 模式。 1 = 当发生永久失效时，器件会自动进入 DEEPSLEEP 模式。
2	PF_REGS	0	当发生永久失效时，可以将器件配置为关闭稳压器或使其保持当前状态。一旦被禁用，仍会通过命令重新启用。 0 = 永久失效不会导致器件关闭稳压器。 1 = 永久失效会导致器件关闭稳压器。
1	PF_FETS	1	当发生永久失效时，器件通常会关闭 FET。如果主机希望保持更大的控制，则提供了一个选项来禁用此行为。 0 = 永久失效不会导致器件关闭 FET。 1 = 永久失效会导致器件关闭 FET。

13.3.3.2 Settings:Protection:Enabled Protections A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Protection	Enabled Protections A	U1	0x00	0xFF	0x88	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				SCD	OCD2	OCD1	OCC	COV	CUV	RSVD_0	RSVD_0

说明：此位字段可以启用或禁用各种保护。启用的保护将设置其相应的安全状态标志。请注意，必须适当配置 **Settings:Protection:CHG FET Protections A** 和 **Settings:Protection:DSG FET Protections A**，以控制检测到这些故障时所采取的 FET 操作。

表 13-18. Enabled Protections A 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	SCD	1	放电短路保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
6	OCD2	0	放电过流 2 级保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
5	OCD1	0	放电过流 1 级保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	OCC	0	充电过流保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
3	COV	1	电芯过压保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	CUV	0	电芯欠压保护 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.3.3 Settings:Protection:Enabled Protections B

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	Enabled Protections B	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
OTF	OTINT	OTD	OTC	RSVD_0	UTINT	UTD	UTC

说明：此位字段可以启用或禁用各种保护。启用的保护将设置其相应的安全状态标志。请注意，必须适当配置 **Settings:Protection:CHG FET Protections B** 和 **Settings:Protection:DSG FET Protections B**，以控制检测到这些故障时所采取的 FET 操作。

表 13-19. Enabled Protections B 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OTF	0	FET 过热 0 = 已禁用 1 = 已启用
6	OTINT	0	内部过热 0 = 已禁用 1 = 已启用
5	OTD	0	放电过热 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	OTC	0	充电过热 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	UTINT	0	内部欠温 0 = 已禁用 1 = 已启用
1	UTD	0	放电欠温 0 = 已禁用 1 = 已启用
0	UTC	0	充电欠温 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.3.4 Settings:Protection:Enabled Protections C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	Enabled Protections C	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
OCD3	SCDL	OCDL	COVL	RSVD	PTO	HWDF	RSVD_0

说明：此位字段可以启用或禁用各种保护。启用的保护将设置其相应的安全状态标志。请注意，必须适当配置 **Settings:Protection:CHG FET Protections C** 和 **Settings:Protection:DSG FET Protections C**，以控制检测到这些故障时所采取的 FET 操作。

表 13-20. Enabled Protections C 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OCD3	0	放电过流 3 级保护 0 = 已禁用 1 = 已启用
6	SCDL	0	放电短路锁存 0 = 已禁用 1 = 已启用
5	OCDL	0	放电过流锁存 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	COVL	0	电芯过压锁存 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	PTO	0	预充电超时 0 = 已禁用 1 = 已启用
1	HWDF	0	主机看门狗故障 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.3.5 Settings:Protection:CHG FET Protections A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Protection	CHG FET Protections A	U1	0x00	0xFF	0x98	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				SCD	RSVD_0	RSVD_0	OCC	COV	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 CHG FET。注意 - 为了在检测到故障时立即发生 CHG FET 关闭操作，该值只能设置为 0x98 或 0x18。将其设置为其他值可能会导致 FET 关断操作在 NORMAL 模式下延迟 250ms 或在 SLEEP 模式下延迟 1 秒。

表 13-21. CHG FET Protections A 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	SCD	1	放电短路保护 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
4	OCC	1	充电过流保护 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
3	COV	1	电芯过压保护 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。

13.3.3.6 Settings:Protection:CHG FET Protections B

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Protection	CHG FET Protections B	U1	0x00	0xFF	0xD5	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0

OTF	OTINT	RSVD_0	OTC	RSVD_0	UTINT	RSVD_0	UTC
-----	-------	--------	-----	--------	-------	--------	-----

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 CHG FET。可以单独选择任何非保留位的 CHG FET 操作。

表 13-22. CHG FET Protections B 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OTF	1	FET 过热 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
6	OTINT	1	内部过热 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
4	OTC	1	充电过热 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
2	UTINT	1	内部欠温 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
0	UTC	1	充电欠温 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。

13.3.3.7 Settings:Protection:CHG FET Protections C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Protection	CHG FET Protections C	U1	0x00	0xFF	0x56	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	SCDL	RSVD_0	COVL	RSVD_0	PTO	HWDF	RSVD_0

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 CHG FET。可以单独选择任何非保留位的 CHG FET 操作。

表 13-23. CHG FET Protections C 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
6	SCDL	1	放电短路锁存 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
4	COVL	1	电芯过压锁存 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
2	PTO	1	预充电超时 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。
1	HWDF	1	主机看门狗故障 0 = 触发保护时，不禁用 CHG FET。 1 = 触发保护时，禁用 CHG FET。

13.3.3.8 Settings:Protection:DSG FET Protections A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	DSG FET Protections A	U1	0x00	0xFF	0xE4	十六进制

7	6	5	4	3	2	1	0
SCD	OCD2	OCD1	RSVD_0	RSVD_0	CUV	RSVD_0	RSVD_0

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 DSG FET。注意 - 为了在检测到故障时立即发生 DSG FET 关闭操作，应将该值仅设置为 0x80 或 0xE4。将其设置为其他值可能会导致 FET 关断操作在 NORMAL 模式下延迟 250ms 或在 SLEEP 模式下延迟 1 秒

表 13-24. DSG FET Protections A 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	SCD	1	放电短路保护 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
6	OCD2	1	放电过流 2 级保护 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
5	OCD1	1	放电过流 1 级保护 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
2	CUV	1	电芯欠压保护 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。

13.3.3.9 Settings:Protection:DSG FET Protections B

类别	子类	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	DSG FET Protections B	U1	0x00	0xFF	0xE6	十六进制

7	6	5	4	3	2	1	0
OTF	OTINT	OTD	RSVD_0	RSVD_0	UTINT	UTD	RSVD_0

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 DSG FET。可以单独选择任何非保留位的 DSG FET 操作。

表 13-25. DSG FET Protections B 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OTF	1	FET 过热 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
6	OTINT	1	内部过热 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
5	OTD	1	放电过热 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
2	UTINT	1	内部欠温 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
1	UTD	1	放电欠温 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。

13.3.3.10 Settings:Protection:DSG FET Protections C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Protection	DSG FET Protections C	U1	0x00	0xFF	0xE2	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
		OCD3		SCDL	OCDL	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	HWDF	RSVD_0	

说明：此位字段可以配置哪些保护将禁用 DSG FET。可以单独选择任何非保留位的 DSG FET 操作。

表 13-26. DSG FET Protections C 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OCD3	1	放电过流 3 级保护 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
6	SCDL	1	放电短路锁存 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
5	OCDL	1	放电过流锁存 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。
1	HWDF	1	主机看门狗故障 0 = 触发保护时，不禁用 DSG FET。 1 = 触发保护时，禁用 DSG FET。

13.3.3.11 Settings:Protection:Body Diode Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Protection	Body Diode Threshold	I2	0	32767	50	mA

说明：为了最大程度地减少 FET 体二极管中的功耗，当检测到反向电流且另一个 FET 开启时，则启用此 FET。当测量的放电电流大于 **Settings:Protection:Body Diode Threshold** 并且 DSG FET 或 PDSG FET 开启时，会开启 CHG FET，关闭 PCHG FET。当测量的充电电流大于 **Settings:Protection:Body Diode Threshold** 并且 CHG FET 或 PCHG FET 开启时，会开启 DSG FET，关闭 PDSG FET。当处于并联 FET 模式 (**Settings:FET:FET Options[SFET] = 0**) 时，体二极管保护被禁用，并且 FET 不会为响应反向电流而开启。

13.3.4 Settings:Alarm

13.3.4.1 Settings:Alarm:Default Alarm Mask

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Alarm	Default Alarm Mask	H2	0x0000	0xFFFF	0xF800	十六进制				
				15	14	13	12	11	10	9	8
		SSBC		SSA	PF	MSK_SFALERT	MSK_PFALERT	INITSTART	INITCOMP	RSVD_0	
				7	6	5	4	3	2	1	0
		FULLSCAN		XCHG	XDSG	SHUTV	FUSE	CB	ADSCAN	WAKE	

说明：此参数设置 *AlarmEnable()* 寄存器的默认值。默认值在重置和退出 CONFIG_UPDATE 模式时重新加载。

表 13-27. Default Alarm Mask 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
15	SSBC	1	当 <i>Safety Status B()</i> 或 <i>Safety Status C()</i> 中设置了某个位时, 会设置该位。
14	SSA	1	当 <i>Safety Status A()</i> 中设置了某个位时, 会设置该位。
13	PF	1	当触发启用的永久失效故障时, 会设置该位。
12	MSK_SFALERT	1	当安全警报被触发, 并且在相应的 Settings:Alarm:SF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:SF Alert Mask B 或 Settings:Alarm:SF Alert Mask C 寄存器中也被启用时会设置该位。
11	MSK_PFALERT	1	当永久失效警报被触发, 并且在相应的 Settings:Alarm:PF Alert Mask A 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask B 、 Settings:Alarm:PF Alert Mask C 或 Settings:Alarm:PF Alert Mask D 寄存器中也被启用时会设置该位。
10	INITSTART	0	初始化已启动 (器件上电后快速设置)。
9	INITCOMP	0	初始化已完成 (在器件通电并完成一次测量扫描后设置)。
7	FULLSCAN	0	完整电压扫描完成。已完成必需的多次 ADC 扫描来收集完整的电压测量环路数据 (包括电芯电压、引脚或热敏电阻电压等)。每次完成完整扫描时, 都会设置该位 (启用时)。
6	XCHG	0	当 CHG FET 关断时会设置该位。
5	XDSG	0	当 DSG FET 关断时会设置该位。
4	SHUTV	0	电池组电压低于 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage 。
3	FUSE	0	驱动 FUSE 引脚。FUSE 引脚由器件或次级保护器驱动。
2	CB	0	当电芯平衡处于活动状态时会设置该位。
1	ADSCAN	0	电压 ADC 扫描完成。已完成一次 ADC 扫描 (每次扫描时都测量电芯电压)。每次完成扫描时, 都会设置该位 (启用时)。
0	WAKE	0	当器件从 SLEEP 模式唤醒时会设置该位。

13.3.4.2 Settings:Alarm:SF Alert Mask A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Alarm	SF Alert Mask A	U1	0x00	0xFF	0xFC	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				SCD	OCD2	OCD1	OCC	COV	CUV	RSVD_0	RSVD_0

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:SF Alert Mask A** 和 *SafetyAlertA()* 的按位与为非零时, 设置 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]*。

13.3.4.3 Settings:Alarm:SF Alert Mask B

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Alarm	SF Alert Mask B	U1	0x00	0xFF	0xF7	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				OTF	OTINT	OTD	OTC	RSVD_0	UTINT	UTD	UTC

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:SF Alert Mask B** 和 *SafetyAlertB()* 的按位与为非零时, 设置 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]*。

13.3.4.4 Settings:Alarm:SF Alert Mask C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Alarm	SF Alert Mask C	U1	0x00	0xFF	0xF4	十六进制

7	6	5	4	3	2	1	0
OCD3	SCDL	OCDL	COVL	RSVD_0	PTO	RSVD_1	RSVD_0

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:SF Alert Mask C** 和 *SafetyAlertC()* 的按位与为非零时，设置 *AlarmRawStatus()[MSK_SFALERT]*。

13.3.4.5 Settings:Alarm:PF Alert Mask A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Alarm	PF Alert Mask A	U1	0x00	0xFF	0x5F	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
CUDEP	SOTF	RSVD_0	SOT	SOCD	SOC	SOV	SUV

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:PF Alert Mask A** 和 *PFAlertA()* 的按位与为非零时，设置 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]*。

13.3.4.6 Settings:Alarm:PF Alert Mask B

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Alarm	PF Alert Mask B	U1	0x00	0xFF	0x9F	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
SCDL	RSVD_0	RSVD_0	VIMA	VIMR	2LVL	DFETF	CFETF

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:PF Alert Mask B** 和 *PFAlertB()* 的按位与为非零时，设置 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]*。

13.3.4.7 Settings:Alarm:PF Alert Mask C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Alarm	PF Alert Mask C	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	HWMX	VSSF	VREF	LFOF	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:PF Alert Mask C** 和 *PFAlertC()* 的按位与为非零时，设置 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]*。

13.3.4.8 Settings:Alarm:PF Alert Mask D

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Alarm	PF Alert Mask D	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TOSF

说明：此参数用于选择哪些保护会影响 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]* 的设置。当 **Settings:Alarm:PF Alert Mask D** 和 *PFAlertD()* 的按位与为非零时，设置 *AlarmRawStatus()[MSK_PFALERT]*。

13.3.5 Settings:Permanent Failure

13.3.5.1 Settings:Permanent Failure:Enabled PF A

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Permanent Failure	Enabled PF A	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
				7	6	5	4
				3	2	1	0
				CUDEP	SOTF	RSVD_0	SOT
				SOCD	SOC	SOV	SUV

表 13-28. Enabled PF A 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	CUDEP	0	铜沉积永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
6	SOTF	0	FET 过热安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	SOT	0	过热安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
3	SOCD	0	放电过流安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	SOC	0	充电过流安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
1	SOV	0	电芯过压安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
0	SUV	0	电芯欠压安全永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.5.2 Settings:Permanent Failure:Enabled PF B

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Permanent Failure	Enabled PF B	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
				7	6	5	4
				3	2	1	0
				SCDL	RSVD_0	RSVD_0	VIMA
				VIMR	2LVL	DFETF	CFETF

表 13-29. Enabled PF B 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	SCDL	0	放电短路锁存永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	VIMA	0	激活模式电压不平衡永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用

表 13-29. Enabled PF B 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
3	VIMR	0	静态模式电压不平衡永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	2LVL	0	二级保护器永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
1	DFETF	0	放电 FET 永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
0	CFETF	0	充电 FET 永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.5.3 Settings:Permanent Failure:Enabled PF C

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Permanent Failure	Enabled PF C	U1	0x00	0xFF	0x07	十六进制
				7	6	5	4
				3	2	1	0
				CMDF	HWMX	VSSF	VREF
				LFOF	IRMF	DRMF	OTPF

表 13-30. Enabled PF C 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	CMDF	0	命令的永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
6	HWMX	0	内部阻塞硬件多路复用器永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
5	VSSF	0	内部 VSS 测量永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
4	VREF	0	内部电压基准永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
3	LFOF	0	内部 LFO 永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
2	IRMF	1	指令 ROM 永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
1	DRMF	1	数据 ROM 永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用
0	OTPF	1	OTP 存储器永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.5.4 Settings:Permanent Failure:Enabled PF D

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	Permanent Failure	Enabled PF D	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	TOSF

表 13-31. Enabled PF D 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
0	TOSF	0	比较电池组顶部电压与电芯电压和永久失效 0 = 已禁用 1 = 已启用

13.3.6 Settings:FET

13.3.6.1 Settings:FET:FET Options

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	FET	FET Options	H1	0x00	0xFF	0x0D	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	FET_INIT_OFF	PDSG_EN	FET_CTRL_EN	HOST_FET_EN	SLEEPCHG	SFET

表 13-32. FET Options 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
5	FET_INIT_OFF	0	主机可以选择发送命令以关断或允许导通 FET。该位可设置为使器件在导通 FET 之前等待主机命令。 0 = 默认主机 FET 控制状态允许 FET 导通 1 = 默认主机 FET 控制状态强制 FET 关断
4	PDSG_EN	0	为了减少 DSG FET 导通时的浪涌电流，可以先启用 PDSG FET 一小段时间，以通过较高电阻路径为负载充电。该位启用此操作。 0 = 未使用 PDSG FET 1 = DSG 之前导通 PDSG FET
3	FET_CTRL_EN	1	在不使用器件的 FET 驱动器的系统中，应在 Settings:FET:Chg Pump Control 中禁用电荷泵，并且应清除该位以防止器件尝试导通 FET。 0 = FET 不会导通 1 = FET 由器件控制
2	HOST_FET_EN	1	一些系统需要能够覆盖器件的 FET 控制并通过命令强制 FET 关断。如果不需要该功能，可以禁用它以防止命令关断 FET。 0 = 忽略主机 FET 控制命令 1 = 允许主机 FET 控制命令
1	SLEEPCHG	0	CHG FET 可以在 SLEEP 模式下禁用以节省电力。该位配置是否允许在 SLEEP 模式下启用 CHG FET。 0 = CHG FET 在 SLEEP 模式下关断 1 = CHG FET 可以在 SLEEP 模式下启用
0	SFET	1	该器件支持串联和并联 FET 配置。如果 CHG 和 DSG FET 串联，当启用其中一个 FET 时，电流可以流过另一 FET 的体二极管。在这种配置中，当检测到高于阈值的电流流过上述 FET 时，体二极管保护用于导通该 FET。当系统具有单独的 DSG 和 CHG 路径以及并联 FET 时，不需要并且应该禁用体二极管保护。 0 = 并联 FET 模式：禁用体二极管保护 1 = 串联 FET 模式：启用体二极管保护

13.3.6.2 Settings:FET:Chg Pump Control

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Settings	FET	Chg Pump Control	U1	0x00	0xFF	0x01	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	SFMODE_SLEEP	LVEN	CPEN

表 13-33. Chg Pump Control 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
2	SFMODE_SLEEP	0	为了在 SLEEP 模式下节省电力, DSG FET 驱动器可以配置为进入源极跟随器模式。通常仅在 Settings:FET:FET Options[SLEEPCHG] 设置为零时才会使用。当 CC2 唤醒比较器检测到电流时, 源极跟随器模式被禁用, FET 驱动器正常工作。当通过其他方式退出 SLEEP 模式时, 也会禁用源极跟随器模式。 0 = DSG FET 驱动器上未启用源极跟随器模式 1 = 在 SLEEP 模式下, DSG FET 驱动器上未启用源极跟随器模式
1	LVEN	0	该位选择电荷泵过驱动电平。 0 = 选择电荷泵高过驱动电平 (11V) 1 = 选择电荷泵低过驱动电平 (5.5V)
0	CPEN	1	该位可以启用或禁用 FET 驱动器的电荷泵。如果根本不使用 FET 驱动器, 则 Settings:FET:FET Options[FET_CTRL_EN] 也应设置为零。 0 = 禁用 FET 驱动器的电荷泵 1 = 启用 FET 驱动器的电荷泵

13.3.6.3 Settings:FET:Precharge Start Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	FET	Precharge Start Voltage	I2	0	32767	0	mV

说明: PRECHARGE 模式可用于通过 PCHG FET 而不是 CHG FET 为欠压电池提供低电流充电。当最小电芯电压小于该阈值时, 激活 PRECHARGE 模式。要禁用 PRECHARGE 模式, 请将此值设置为 0。

13.3.6.4 Settings:FET:Precharge Stop Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	FET	Precharge Stop Voltage	I2	0	32767	0	mV

说明: PRECHARGE 模式可用于通过 PCHG FET 而不是 CHG FET 为欠压电池提供低电流充电。当最小电芯电压大于等于该阈值时, 将禁用 PRECHARGE 模式。要禁用 PRECHARGE 模式, 请将此值设置为 0。

13.3.6.5 Settings:FET:Predischarge Timeout

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	FET	Predischarge Timeout	U1	0	255	5	10ms

说明: 当启用 PREDISCHARGE 模式时, 可以以 10ms 为增量设置 PREDISCHARGE 模式的最长持续时间。

0 = 无超时。满足电压条件时退出预放电模式。

所有其他值 = 配置超时后, 退出预放电模式并打开 DSG。

13.3.6.6 Settings:FET:Predischarge Stop Delta

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	FET	Predischarge Stop Delta	U1	0	255	50	10mV

说明：如果处于预放电模式，器件每 250 毫秒检查一次最后测得的 LD 引脚和电池组顶部电压。如果 LD 引脚上的电压大于或等于电池组顶部电压减去此差值，则退出预放电模式。

0 = 禁用预放电电压检查。超时退出预放电模式。

所有其他值 = 当在电池组顶部电压的此差值内测量 LD 引脚电压时退出预放电模式。

13.3.7 Settings:Current Thresholds

13.3.7.1 Settings:Current Thresholds:Dsg Current Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Current Thresholds	Dsg Current Threshold	I2	0	32767	100	userA

说明：某些器件功能取决于系统是否处于放电状态。当测得的负电流幅度大于此阈值时，系统被认为正在放电。

13.3.7.2 Settings:Current Thresholds:Chg Current Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Current Thresholds	Chg Current Threshold	I2	0	32767	50	userA

说明：某些器件功能取决于系统是否处于充电状态。当测得的正电流幅度大于此阈值时，系统被认为正在充电。

13.3.8 Settings:Cell Open-Wire

13.3.8.1 Settings:Cell Open-Wire:Check Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Open-Wire	Check Time	U1	0	255	5	s

说明：如果电芯与器件的连接断开，则节点上的电容可能会维持该电压一段时间。为了检测这种情况，器件可以定期在每个电芯连接上启用一个连接到 VSS 的电流源，以耗尽节点上的电荷。当电芯断开连接时，该节点电压被放电，并且将在该电芯或相邻电芯差分测量中触发过压或欠压事件。在 ADC 测量期间（默认为 3ms），电流源在此参数定义的间隔内启用一次。较长的时间间隔会以检测时间为代价降低平均电流消耗。使用此特性时，还应考虑电芯平衡，因为电流从电芯引脚流向 VSS，从而导致从较低的电芯汲取的平均电流更高。

0 = 禁用电芯开路检查。

所有其他值 = 在此时间间隔内，每个电芯都会短暂地启用电芯开路来检查电流源。

13.3.9 Settings:Interconnect Resistances

13.3.9.1 Settings:Interconnect Resistances:Cell 1 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 1 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.2 Settings:Interconnect Resistances:Cell 2 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 2 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.3 Settings:Interconnect Resistances:Cell 3 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 3 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.4 Settings:Interconnect Resistances:Cell 4 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 4 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.5 Settings:Interconnect Resistances:Cell 5 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 5 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.6 Settings:Interconnect Resistances:Cell 6 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 6 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.7 Settings:Interconnect Resistances:Cell 7 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 7 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值精确来计算电芯电压。

13.3.9.8 Settings:Interconnect Resistances:Cell 8 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 8 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.9 Settings:Interconnect Resistances:Cell 9 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 9 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.10 Settings:Interconnect Resistances:Cell 10 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 10 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.11 Settings:Interconnect Resistances:Cell 11 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 11 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.12 Settings:Interconnect Resistances:Cell 12 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 12 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.13 Settings:Interconnect Resistances:Cell 13 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 13 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.14 Settings:Interconnect Resistances:Cell 14 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 14 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.15 Settings:Interconnect Resistances:Cell 15 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 15 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.9.16 Settings:Interconnect Resistances:Cell 16 Interconnect

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	Cell 16 Interconnect	I2	0	32767	0	mΩ

说明：当电芯之间存在较大的互连电阻时，该参数可用于在电芯电压测量中表示该电阻。电芯电压计算利用同步电流测量和该电阻值来精确计算电芯电压。

13.3.10 Settings:Manufacturing

13.3.10.1 Settings:Manufacturing:Mfg Status Init

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Manufacturing	Mfg Status Init	H2	0x0000	0xFFFF	0x0040	十六进制
15	14	13	12	11	10	9	8
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0
7	6	5	4	3	2	1	0
OTPW_EN	PF_EN	RSVD_0	FET_EN	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0

说明：这是器件复位或收到 SEAL 或 SET_CFGUPDATE 命令时加载到制造状态的初始值。

表 13-34. Mfg Status Init 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
7	OTPW_EN	0	此位可启用或禁用操作期间向 OTP 的写入。当发生 PF 或保险丝熔断时,该器件可以在 OTP 中编程诊断信息,以在完全复位后保留状态。该器件还可以根据请求对 MANU_DATA 进行编程 (如果处于 FULLACCESS 模式)。该位使器件能够将此运行时数据编程到 OTP 中。仅当电池组电压和温度处于允许的范围内时才会进行编程。如果不设置该位,仍然可以在 CONFIG_UPDATE 模式下进行编程。 0 = 器件在操作期间不会对 OTP 进行编程。 1 = 器件在操作期间可能会对 OTP 进行编程。
6	PF_EN	1	该位可以启用或禁用永久失效检查。清除此位可防止触发永久失效,这在制造过程中很有用。 0 = 禁用永久失效检查。 1 = 启用永久失效检查。
4	FET_EN	0	该位可以启用或禁用 FET 检测模式。在 FET 测试模式下,FET 状态由 FET 测试子命令控制。这通常在制造过程中用于测试 FET 电路。请注意,在 FET 测试模式下,安全检查仍可能强制 FET 关断 (或为了体二极管保护而导通)。 0 = 禁用正常 FET 控制。FET 测试模式已启用。除非 FET 测试子命令指示器件开启 FET,否则器件不会开启 FET。 1 = 启用正常 FET 控制。FET 测试模式已禁用。器件将忽略 FET 测试子命令。

13.3.11 Settings:Cell Balancing Config

13.3.11.1 Settings:Cell Balancing Config:Balancing Configuration

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Balancing Configuration	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	CB_NO_CMD	CB_NOSLEEP	CB_SLEEP	CB_RLX	CB_CHG

表 13-35. Balancing Configuration 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
4	CB_NO_CMD	0	如果不需要主机控制的平衡,该位允许阻止电芯平衡命令。 0 = 接受主机控制型平衡命令。 1 = 忽略主机控制型平衡命令。
3	CB_NOSLEEP	0	该位将器件配置为退出睡眠模式以执行电芯平衡。设置此位时,也应设置 CB_SLEEP。 0 = 电芯平衡处于运行状态时允许 SLEEP 模式。 1 = 电芯平衡处于运行状态时阻止 SLEEP 模式。

表 13-35. Balancing Configuration 寄存器字段说明 (continued)

位	字段	默认值	说明
2	CB_SLEEP	0	该位配置是否允许器件在 SLEEP 模式下执行电芯平衡。 0 = 在 SLEEP 模式下不执行电芯平衡。 1 = 在 SLEEP 模式下可以执行电芯平衡。
1	CB_RLX	0	当电流低于 Settings:Current Thresholds:Chg Current Threshold 并高于 Settings:Current Thresholds:Dsg Current Threshold 时, 该位启用电芯平衡。请注意, 这仅适用于自动电芯平衡。主机控制型平衡不受该位影响。 0 = 在放松条件下不允许电芯平衡。 1 = 在放松条件下不允许电芯平衡。
0	CB_CHG	0	当电流高于 Settings:Current Thresholds:Chg Current Threshold 时, 此位会启用电芯平衡。请注意, 这仅适用于自动电芯平衡。主机控制型平衡不受该位影响。 0 = 充电时不允许电芯平衡。 1 = 充电时允许电芯平衡。

13.3.11.2 Settings:Cell Balancing Config:Min Cell Temp

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Min Cell Temp	I1	-128	127	-20	°C

说明: 当最低电芯温度低于此值时, 不允许电芯平衡。这会同时影响主机控制型平衡和自动电芯平衡。

13.3.11.3 Settings:Cell Balancing Config:Max Cell Temp

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Max Cell Temp	I1	-128	127	60	°C

说明: 当最高电芯温度高于此值时, 不允许电芯平衡。这会同时影响主机控制型平衡和自动电芯平衡。

13.3.11.4 Settings:Cell Balancing Config:Max Internal Temp

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Max Internal Temp	I1	-128	127	70	°C

说明: 当内部温度高于此值时, 不允许电芯平衡。这会同时影响主机控制型平衡和自动电芯平衡。

13.3.11.5 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Interval

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Interval	U1	1	255	20	s

说明: 在此数秒后, 电芯平衡算法重新计算要平衡的电芯。一旦选择了电芯, 该电芯将在此时间间隔内持续进行平衡, 除非存在阻止平衡的条件。此时间间隔也用于主机控制型平衡命令。平衡电芯的命令将在这段时间内保持平衡有效。主机可以在计时器到期之前再次发送命令以将其复位并继续平衡。

13.3.11.6 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Max Cells

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Max Cells	U1	0	16	1	数字

说明: 这限制了并行自动平衡或通过 CB_SET_LVL 命令平衡的电芯数量。使用主机控制型平衡, 主机可以指定比此数量更多的电芯, 并且忽略限制。

13.3.11.7 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Cell V (Charge)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Min Cell V (Charge)	I2	0	5000	3900	mV

说明：在充电时，如果最小电芯电压低于此阈值，则会禁用自动电芯平衡。

13.3.11.8 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Delta (Charge)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Min Delta (Charge)	U1	0	255	40	mV

说明：充电时，最大和最小电芯电压之间的差值必须大于此值，才能开始自动进行电芯平衡。

13.3.11.9 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Stop Delta (Charge)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Stop Delta (Charge)	U1	0	255	20	mV

说明：在充电时进行平衡时，该值用作要平衡的目标电压差值。一旦最小和最大电芯电压之间的差值低于该阈值，平衡就会停止。这为差值阈值附近提供了一些迟滞。请注意，为防止平衡耗尽电池包，停止阈值是在平衡开始时计算的，并且不会在最小电芯电压下降时降低。这意味着在某些情况下，平衡将在差值比这更大时停止。

13.3.11.10 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Cell V (Relax)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Min Cell V (Relax)	I2	0	5000	3900	mV

说明：在不充电或放电时，如果最小电芯电压低于此阈值，则会禁用自动电芯平衡。

13.3.11.11 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Min Delta (Relax)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Min Delta (Relax)	U1	0	255	40	mV

说明：未充电或放电时，最大和最小电芯电压之间的差值必须大于此值，才能开始自动进行电芯平衡。

13.3.11.12 Settings:Cell Balancing Config:Cell Balance Stop Delta (Relax)

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Cell Balancing Config	Cell Balance Stop Delta (Relax)	U1	0	255	20	mV

说明：在静止模式下进行平衡时，该值用作要平衡的目标电压差值。一旦最小和最大电芯电压之间的差值低于该阈值，平衡就会停止。这为差值阈值附近提供了一些迟滞。请注意，为防止平衡耗尽电池包，停止阈值是在平衡开始时计算的，并且不会在最小电芯电压下降时降低。这意味着在某些情况下，平衡将在差值比这更大时停止。

13.4 功率

13.4.1 Power:Shutdown

13.4.1.1 Power:Shutdown:Shutdown Cell Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Shutdown Cell Voltage	I2	0	32767	0	mV

说明：配置器件将进入 SHUTDOWN 模式的电芯电压阈值。此阈值不适用于配置为互连的 VC 引脚。

注意：如果启用了电芯开路功能，请考虑将此参数设置为零，因为开路会导致断开的电芯上出现低电压，并且器件可能会在记录开路事件之前关闭。

0 = 禁用基于电芯电压的关断

所有其他值 = 电芯电压关断阈值

13.4.1.2 Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Shutdown Stack Voltage	I2	0	32767	600	10mV

说明：配置器件将进入 SHUTDOWN 模式的电池包电压阈值

13.4.1.3 Power:Shutdown:Low V Shutdown Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Low V Shutdown Delay	U1	0	63	1	s

说明：配置器件测得的电压必须低于 **Power:Shutdown:Shutdown Stack Voltage** 或 **Power:Shutdown:Shutdown Cell Voltage** 才能进入 SHUTDOWN 模式的秒数。值为 0 表示将使用单个低电压样本进入关闭状态。

13.4.1.4 Power:Shutdown:Shutdown Temperature

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Shutdown Temperature	U1	0	150	85	°C

说明：配置器件将关断的内部温度阈值

0 = 禁用基于测量的内部温度的关断

所有其他值 = 关断内部温度阈值

13.4.1.5 Power:Shutdown:Shutdown Temperature Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Shutdown Temperature Delay	U1	0	254	5	s

说明：配置器件测得的内部温度必须高于 **Power:Shutdown:Shutdown Temperature** 才能进入 SHUTDOWN 模式的连续秒数。

13.4.1.6 Power:Shutdown:FET Off Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	FET Off Delay	U1	0	127	0	0.25s

说明：当接收到 SHUTDOWN 命令或检测到 RST_SHUT 引脚为高电平长达一秒钟时，FET 在此延迟后关闭。

13.4.1.7 Power:Shutdown:Shutdown Command Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Shutdown Command Delay	U1	0	254	0	0.25s

说明：当接收到 SHUTDOWN 命令或检测到 RST_SHUT 引脚为高电平长达一秒钟时，器件将在此延迟后进入 SHUTDOWN。如果在此延迟之后 LD 引脚电压仍然很高，则器件将进一步延迟进入 SHUTDOWN，直到该电压不再存在。

13.4.1.8 Power:Shutdown:Auto Shutdown Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	Auto Shutdown Time	U1	0	250	0	min

说明：作为从 SHUTDOWN 意外唤醒的对策，可以将器件配置为在此参数定义的几分钟后再自动进入 SHUTDOWN。如果在第一秒之后发生通信，或者如果检测到充电电流，或如果在 1 分钟后检测到放电电流高于 SLEEP 电流阈值的情况，系统会取消自动关断。如果这些事件均未发生，则在此分钟数之后，FET 将关闭最多五秒钟。在这 5 秒内，如果 PACK 和 LD 引脚电压下降，器件将进入关断状态。如果这些引脚上的电压仍然高于各自的阈值，则会根据充电器存在的结论取消自动关断。

0 = 禁用自动关断功能。

所有其他值 = 如果未取消，则在此数分钟后自动关闭。

13.4.1.9 Power:Shutdown:RAM Fail Shutdown Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Shutdown	RAM Fail Shutdown Time	U1	0	255	5	s

说明：该器件定期进行 RAM 完整性检查，并在检测到损坏时强制执行看门狗复位。为避免在发生故障时出现不必要的复位循环，如果在看门狗复位的这几秒内检测到 RAM 错误，器件将进入 SHUTDOWN 模式而不是复位。

13.4.2 Power:Sleep

13.4.2.1 Power:Sleep:Sleep Current

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Sleep Current	I2	0	32767	20	mA

说明：配置电流阈值，超过该阈值，器件不会进入睡眠模式。如果在 SLEEP 模式下的周期性测量期间测得的电流高于此值，则将退出 SLEEP 模式。

13.4.2.2 Power:Sleep:Voltage Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Voltage Time	U1	1	255	5	s

说明：此参数设置器件在睡眠模式下唤醒以测量电压和温度的频率。在睡眠模式下，器件在测量电压和温度一秒后开始 4 秒电流测量。这些测量会中断 4 秒的电流测量并重新开始。这意味着将此参数设置为小于 5 秒的值将导致在睡眠状态下无法完成 4 秒的电流测量。此参数最常见的设置是 1 秒、5 秒或 $(4 * n + 1)$ 秒。

13.4.2.3 Power:Sleep:Wake Comparator Current

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Wake Comparator Current	I2	500	32767	500	mA

说明：配置睡眠模式下的电流唤醒比较器阈值。请注意，默认的唤醒比较器转换速度 (12ms) 会导致转换精度低于正常电流测量。此速度下推荐的最小阈值为 500mA。

13.4.2.4 Power:Sleep:Sleep Hysteresis Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Sleep Hysteresis Time	U1	0	255	10	s

说明：切换到 NORMAL 模式后，在时间未经过该秒数之前，器件不会再次进入 SLEEP 模式。

13.4.2.5 Power:Sleep:Sleep Charger Voltage Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Sleep Charger Voltage Threshold	I2	0	32767	2000	10mV

说明：电池组顶部电压必须低于此阈值才能根据充电器的存在来阻止 SLEEP 模式。

13.4.2.6 Power:Sleep:Sleep Charger PACK-TOS Delta

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Power	Sleep	Sleep Charger PACK-TOS Delta	I2	10	8500	200	10mV

说明：如果 PACK 引脚电压高于电池组顶部电压（高出此阈值以上）且电池组顶部电压低于 **Power:Sleep:Sleep Charger Voltage Threshold**，则不允许采用睡眠模式。当延迟基于电压的关断时，该阈值也用于充电器检测。

13.5 系统数据

13.5.1 System Data:Integrity

13.5.1.1 System Data:Integrity:Config RAM Signature

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
System Data	Integrity	Config RAM Signature	U2	0x0000	0x7FFF	0	十六进制

说明：应将静态配置选项签名的较低 15 位（由 STATIC_CFG_SIG 子命令返回）编程到此参数中。发送 STATIC_CFG_SIG 子命令时，将根据该值检查响应。如果值不匹配，将在返回的响应中设置最高位。这使得系统能够在不知道签名本身的情况下验证静态配置签名。

13.6 保护功能

13.6.1 Protections:CUV

13.6.1.1 Protections:CUV:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	CUV	Threshold	U1	20	80	50	50.6mV

说明：该参数设置电芯欠压保护阈值,单位为 50.6mV。

13.6.1.2 Protections:CUV:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	CUV	Delay	U2	1	2047	74	3.3ms

说明：该参数设置电芯欠压保护延迟,单位为 3.3ms，偏移值为 6.6ms。这意味着设置 1 得到 10ms，2 得到 13.3ms，依此类推。

13.6.1.3 Protections:CUV:Recovery Hysteresis

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	CUV	Recovery Hysteresis	U1	2	20	2	50.6mV

说明：该参数设置电芯欠压保护迟滞阈值,单位为 50.6mV。最小电芯电压必须大于或等于 CUV 阈值加上该迟滞长达 **Protections:Recovery:Time** 才能从 CUV 条件恢复。

13.6.2 Protections:COV

13.6.2.1 Protections:COV:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COV	Threshold	U1	20	110	86	50.6mV

说明：该参数设置电芯过压保护阈值单位为 50.6mV。

13.6.2.2 Protections:COV:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COV	Delay	U2	1	2047	74	3.3ms

说明：该参数设置电芯过压保护延迟，单位为 3.3ms，偏移值为 6.6ms。这意味着设置 1 得到 10ms，2 得到 13.3ms，依此类推。

13.6.2.3 Protections:COV:Recovery Hysteresis

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COV	Recovery Hysteresis	U1	2	20	2	50.6mV

说明：该参数设置电芯过压保护迟滞阈值,单位为 50.6mV。最大电芯电压必须小于或等于 COV 阈值减去该迟滞长达 **Protections:Recovery:Time**，才能从 COV 条件恢复。

13.6.3 Protections:COVL

13.6.3.1 Protections:COVL:Latch Limit

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COVL	Latch Limit	U1	0	255	0	—

说明：每当 COV 事件发生时，COV 锁存器计数器都会递增。如果锁存计数器达到此限制，则触发电芯过压锁存保护。当 COV 事件重复发生时，这种保护允许更长的恢复时间，因为关闭 CHG FET 的操作会导致电压下降到足以恢复。

13.6.3.2 Protections:COVL:Counter Dec Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COVL	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s

说明：每当 COV 事件发生时，COV 锁存器计数器都会递增。当计数器为非零时，将在此参数设置的延迟后递减。此参数应设置为大于 **Protections:Recovery:Time** 的值，以确保重复的 COV 事件可以更快地递增计数器，而不是递减计数器。此参数应设置为小于 **Protections:COVL:Recovery Time** 的值，以确保锁存计数器在恢复前递减。否则，保护将再次触发，因为锁存计数器仍处于限制状态。

13.6.3.3 Protections:COVL:Recovery Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	COVL	Recovery Time	U1	0	255	15	s

说明：此参数设置电芯过压锁存保护恢复的延迟时间。此参数应设置为长于 **Protections:COVL:Counter Dec Delay** 的值，以确保锁存计数器在恢复前递减。否则，保护将再次触发，因为锁存计数器仍处于限制状态。

13.6.4 Protections:OCC

13.6.4.1 Protections:OCC:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCC	Threshold	U1	2	62	2	2mV

说明：此参数检测电阻电压设置充电过流保护阈值,单位为 2mV。

13.6.4.2 Protections:OCC:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCC	Delay	U1	1	127	4	3.3ms

说明：该参数设置触发故障之前的延迟，单位为 3.3ms，偏移值为 6.6ms。这意味着设置 1 得到 10ms，2 得到 13.3ms，依此类推。

13.6.4.3 Protections:OCC:Recovery Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCC	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	-200	mA

说明：这设置了充电过流保护恢复阈值。如果测得的电流小于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time**，则进行恢复。

13.6.4.4 Protections:OCC:PACK-TOS Delta

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCC	PACK-TOS Delta	I2	10	8500	200	10mV

说明：此参数配置充电过流的备用恢复机制。如果在 **Protections:Recovery:Time** 秒内 PACK 引脚电压小于等于电池顶部电压减去该差值，会进行恢复。

13.6.5 Protections:OCD1

13.6.5.1 Protections:OCD1:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD1	Threshold	U1	2	100	4	2mV

说明：此参数为检测电阻电压设置放电过流 1 级保护阈值,单位为 2mV。

13.6.5.2 Protections:OCD1:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD1	Delay	U1	1	127	1	3.3ms

说明：该参数设置触发故障之前的延迟，单位为 3.3ms，偏移值为 6.6ms。这意味着设置 1 得到 10ms，2 得到 13.3ms，依此类推。

13.6.6 Protections:OCD2

13.6.6.1 Protections:OCD2:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD2	Threshold	U1	2	100	3	2mV

说明：此参数为检测电阻电压设置放电过流 2 级保护阈值,单位为 2mV。

13.6.6.2 Protections:OCD2:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD2	Delay	U1	1	127	7	3.3ms

说明：该参数设置触发故障之前的延迟，单位为 3.3ms，偏移值为 6.6ms。这意味着设置 1 得到 10ms，2 得到 13.3ms，依此类推。

13.6.7 Protections:SCD

13.6.7.1 Protections:SCD:Threshold

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	—

说明：此参数为检测电阻电压设置放电短路保护阈值。

0 = 10mV

1 = 20mV

2 = 40mV

3 = 60mV

4 = 80mV

5 = 100mV

6 = 125mV

7 = 150mV

8 = 175mV

9 = 200mV

10 = 250mV

11 = 300mV

12 = 350mV

13 = 400mV

14 = 450mV

15 = 500mV

13.6.7.2 Protections:SCD:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCD	Delay	U1	1	31	2	15 μ s

说明：该参数设置触发故障之前的延迟，单位为 15 μ s。

1 = 已启用保护，没有延迟。

所有其他值 = 已启用，延迟为 (值 - 1) * 15 μ s

13.6.7.3 Protections:SCD:Recovery Time

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

说明：此参数用于配置放电保护短路恢复的延迟时间。如果不希望从 SCD 进行基于时间的恢复，放电短路锁存保护可使用 **Protections:SCDL:Latch Limit 1**。

13.6.8 Protections:OCD3

13.6.8.1 Protections:OCD3:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD3	Threshold	I2	-32768	0	-4000	userA

说明：此参数设置放电过流 3 级保护阈值。所报告电流的单位是可配置的。此参数使用与所报告电流相同的单位，因此以用户安培为单位。

13.6.8.2 Protections:OCD3:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD3	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置放电过流 3 级延迟,单位为秒。

13.6.9 Protections:OCD

13.6.9.1 Protections:OCD:Recovery Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA

说明：此参数设置放电过流 1 级、2 级和 3 级保护恢复阈值。测得的电流必须大于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 才能恢复。配置该参数时注意电流符号；默认情况下，其要求充电电流高于此阈值。

13.6.10 Protections:OCDL

13.6.10.1 Protections:OCDL:Latch Limit

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCDL	Latch Limit	U1	0	255	0	—

说明：无论何时发生 OCD 事件，OCD 锁存计数器都会递增。如果锁存计数器达到此限制，则会触发过流锁存保护。当放电过流事件重复发生时，此保护允许备用的恢复条件。

13.6.10.2 Protections:OCDL:Counter Dec Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCDL	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s

说明：无论何时发生 OCD 事件，OCD 锁存计数器都会递增。当计数器为非零时，将在此参数设置的延迟后递减。此参数应设置为大于 **Protections:Recovery:Time** 的值，以确保重复的 OCD 事件可以更快地递增计数器，而不是递减计数器。

13.6.10.3 Protections:OCDL:Recovery Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCDL	Recovery Time	U1	0	255	15	s

说明：此参数设置放电过流锁存保护恢复延迟。测得的电流必须大于或等于 **Protections:OCDL:Recovery Threshold** 长达这么多秒，才能通过此机制进行恢复。如果未设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[OCDL_CURR_RECOV]**，则禁用此恢复机制。

13.6.10.4 Protections:OCDL:Recovery Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCDL	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA

说明：此参数设置放电过流锁存保护恢复阈值。测得的电流必须大于或等于此值长达 **Protections:OCDL:Recovery Time** 秒，才能通过此机制进行恢复。如果未设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[OCDL_CURR_RECOV]**，则禁用此恢复机制。

13.6.11 Protections:SCDL

13.6.11.1 Protections:SCDL:Latch Limit

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCDL	Latch Limit	U1	0	255	0	—

说明：无论何时发生 SCD 事件，SCD 锁存器计数器都会递增。如果锁存计数器达到此限制，则触发放电短路锁存保护。当放电短路事件重复发生时，此保护允许备用的恢复条件。

13.6.11.2 Protections:SCDL:Counter Dec Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCDL	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s

说明：无论何时发生 SCD 事件，SCD 锁存器计数器都会递增。当计数器为非零时，将在此参数设置的延迟后递减。此参数应设置为大于 **Protections:SCD:Recovery Time** 的值，以确保重复的 SCD 事件可以更快地递增计数器，而不是递减计数器。

13.6.11.3 Protections:SCDL:Recovery Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCDL	Recovery Time	U1	0	255	15	s

说明：此参数设置放电短路锁存保护恢复延迟。测得的电流必须大于或等于 **Protections:SCDL:Recovery Threshold** 这么多秒，才能通过此机制进行恢复。如果未设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[SCDL_CURR_RECOV]**，则禁用此恢复机制。

13.6.11.4 Protections:SCDL:Recovery Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	SCDL	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA

说明：此参数设置放电短路锁存保护恢复阈值。测得的电流必须大于或等于此值长达 **Protections:SCDL:Recovery Time** 秒，才能通过此机制进行恢复。如果未设置 **Settings:Protection:Protection Configuration[SCDL_CURR_RECOV]**，则禁用此恢复机制。

13.6.12 Protections:OTC

13.6.12.1 Protections:OTC:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTC	Threshold	I1	-40	120	55	°C

说明：此参数设置充电过热保护阈值。当最大电芯温度大于或等于此阈值长达 **Protections:OTC:Delay** 秒时，将触发保护。请注意，无需进行充电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许充电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生充电。

13.6.12.2 Protections:OTC:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTC	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置充电过热保护延迟。当最大电芯温度大于或等于 **Protections:OTC:Threshold** 长达这么多秒时，将触发保护。请注意，无需进行充电即可触发此保护。该参数旨在作为不应允许充电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生充电。

13.6.12.3 Protections:OTC:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTC	Recovery	I1	-40	120	50	°C

说明：此参数设置充电过热保护恢复阈值。当最大电芯温度小于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.13 Protections:OTD

13.6.13.1 Protections:OTD:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTD	Threshold	I1	-40	120	60	°C

说明：此参数设置放电过热保护阈值。当最大电芯温度大于或等于此阈值长达 **Protections:OTD:Delay** 这么多秒时，将触发保护。请注意，无需进行放电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许放电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生放电。

13.6.13.2 Protections:OTD:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTD	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置放电过热保护延迟。当最大电芯温度大于或等于 **Protections:OTD:Threshold** 长达这么多秒时，将触发保护。请注意，无需进行放电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许放电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生放电。

13.6.13.3 Protections:OTD:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTD	Recovery	I1	-40	120	55	°C

说明：此参数设置放电过热保护恢复阈值。当最大电芯温度小于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.14 Protections:OTF

13.6.14.1 Protections:OTF:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTF	Threshold	U1	0	150	80	°C

说明：此参数设置 FET 过热阈值。当 FET 温度大于或等于此阈值长达 **Protections:OTF:Delay** 秒时，将触发保护。

13.6.14.2 Protections:OTF:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTF	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置 FET 过热保护延迟。当 FET 温度大于或等于此阈值长达 **Protections:OTF:Threshold** 这么多秒时，将触发保护。

13.6.14.3 Protections:OTF:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTF	Recovery	U1	0	150	65	°C

说明：此参数设置 FET 过热保护恢复阈值。当 FET 温度小于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.15 Protections:OTINT

13.6.15.1 Protections:OTINT:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTINT	Threshold	I1	-40	120	85	°C

说明：此参数设置内部过热阈值。当内部温度大于或等于此阈值长达 **Protections:OTINT:Delay** 秒时，将触发保护。

13.6.15.2 Protections:OTINT:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTINT	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置内部过热保护延迟。当内部温度大于或等于 **Protections:OTINT:Threshold** 长达这么多秒时，将触发保护。

13.6.15.3 Protections:OTINT:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OTINT	Recovery	I1	-40	120	80	°C

说明：此参数设置内部过热保护恢复阈值。当内部温度小于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.16 Protections:UTC

13.6.16.1 Protections:UTC:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTC	Threshold	I1	-40	120	0	°C

说明：此参数设置充电欠温保护阈值。当最低电芯温度小于或等于此阈值长达 **Protections:UTC:Delay** 秒时，将触发保护。请注意，无需进行充电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许充电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生充电。

13.6.16.2 Protections:UTC:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTC	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置充电欠温保护延迟。当最低电芯温度小于或等于 **Protections:UTC:Threshold** 这么多秒时，将触发保护。请注意，无需进行充电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许充电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生充电。

13.6.16.3 Protections:UTC:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTC	Recovery	I1	-40	120	5	°C

说明：此参数设置充电欠温保护恢复阈值。当最低电芯温度大于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.17 Protections:UTD

13.6.17.1 Protections:UTD:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTD	Threshold	I1	-40	120	0	°C

说明：此参数设置放电欠温保护阈值。当最低电芯温度小于或等于此阈值 **Protections:UTD:Delay** 秒时，将触发保护。请注意，无需进行放电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许放电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生放电。

13.6.17.2 Protections:UTD:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTD	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置放电欠温保护延迟。当最低电芯温度小于或等于 **Protections:UTD:Threshold** 长达这么多秒时，将触发保护。请注意，无需进行放电即可触发此保护。该参数旨在成为不应允许放电的阈值，而不是指示是否在此温度下发生放电。

13.6.17.3 Protections:UTD:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTD	Recovery	I1	-40	120	5	°C

说明：此参数设置放电欠温保护恢复阈值。当最低电芯温度大于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.18 Protections:UTINT

13.6.18.1 Protections:UTINT:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTINT	Threshold	I1	-40	120	-20	°C

说明：此参数设置内部欠温阈值。如果内部温度小于或等于此阈值长达 **Protections:UTINT:Delay** 秒，则会触发保护。

13.6.18.2 Protections:UTINT:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTINT	Delay	U1	0	255	2	s

说明：此参数设置内部欠温保护延迟。如果内部温度小于或等于 **Protections:UTINT:Threshold** 长达这么多秒，则会触发保护。

13.6.18.3 Protections:UTINT:Recovery

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTINT	Recovery	I1	-40	120	- 15	°C

说明：此参数设置内部欠温保护恢复阈值。当内部温度大于或等于此阈值长达 **Protections:Recovery:Time** 秒时，会进行恢复。

13.6.19 Protections:Recovery

13.6.19.1 Protections:Recovery:Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	Recovery	Time	U1	0	255	3	s

说明：该参数配置多个保护使用的恢复时间，单位为秒。必须满足恢复标准，才能使恢复延迟。

13.6.20 Protections:HWD

13.6.20.1 Protections:HWD:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	HWD	Delay	U2	0	65535	60	s

说明：此参数用于配置主机看门狗超时。如果在这么多秒内未收到通信，则会触发主机看门狗故障。

13.6.21 Protections:Load Detect

13.6.21.1 Protections:Load Detect:Active Time

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	Load Detect	Active Time	U1	0	255	0	s

说明：放电短路锁存和放电过流锁存保护可以配置为在检测到负载移除时恢复。该器件可以启用 LD 引脚上的电流源并检查电压电平是否升至 3V 以上。此参数控制在等待长达 **Protections:Load Detect:Retry Delay** 秒并重试之前启用电流源的时间。这应该设置得比 **Power:Sleep:Voltage Time** 长，以确保在启用电流源时测量电压。

0 = 禁用基于负载检测功能的恢复。

所有其他值 = 负载检测电流源一次启用这么多秒。

13.6.21.2 Protections:Load Detect:Retry Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	Load Detect	Retry Delay	U1	0	255	50	s

说明：放电短路锁存和放电过流锁存保护可以配置为在检测到负载移除时恢复。该器件可以启用 LD 引脚上的电流源并检查电压电平是否升至 3V 以上。仅暂时启用电流源以节省电力。当 LD 电流源被激活时,此参数控制周期之间的延迟。

0 = 负载检测电流源保持开启，直到 **Protections:Load Detect:Timeout** 或恢复。

所有其他值 = 在重试之前禁用负载检测电流源这么多秒。

13.6.21.3 Protections:Load Detect:Timeout

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	Load Detect	Timeout	U2	0	65535	1	小时

说明：为了防止负载检测功能持续运行并耗尽电池，可以配置超时。此超时从首次启用负载检测以检查恢复时开始，以小时为单位。在此超时之后，将不再检查负载检测，直到锁存故障恢复或收到重试命令为止。

13.6.22 Protections:PTO

13.6.22.1 Protections:PTO:Charge Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	PTO	Charge Threshold	I2	-32768	32767	250	mA

说明：此参数设置预充电超时保护的电流阈值。当处于 PRECHARGE 模式但电流小于或等于该阈值时，超时计时器不递增，并且设置预充电超时暂停 (PTOS) 位。

13.6.22.2 Protections:PTO:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	PTO	Delay	U2	0	65535	1800	s

说明：此参数设置预充电超时阈值。当处于 PRECHARGE 模式下的电流高于 **Protections:PTO:Charge Threshold** 时，计时器会递增。如果计时器达到此值，则会触发预充电超时保护。该值应该设置得足够长，足以完成预充电并开始正常充电。

13.6.22.3 Protections:PTO:Reset

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	PTO	Reset	I2	0	10000	2	userAh

说明：当发生如此大容量的连续放电时，预充电超时保护的计时器将复位。此放电的幅度必须大于 **Settings:Current Thresholds:Dsg Current Threshold** 足够长的时间才能累积此电荷量。

备注

此参数的单位与所报告电流的选定单位（用户安培）成比例。

13.7 Permanent Fail

13.7.1 Permanent Fail:CUDEP

13.7.1.1 Permanent Fail:CUDEP:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	CUDEP	Threshold	I2	0	32767	1500	mV

说明：当电芯过度放电严重时，会发生铜沉积，从而导致非常高的阻抗。通常，在电芯达到此低电压之前器件会关闭，但在某些配置中，器件可能会在连接充电器时被唤醒。如果此时导通 FET，电压会急剧上升，并且由于流过较高的充电电流，电芯看起来状况良好。启用时，铜沉积检查会保持 FET 关闭，直到电压大于等于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒。如果电压低于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒，则触发 CUDEP 永久失效。

13.7.1.2 Permanent Fail:CUDEP:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	CUDEP	Delay	U1	0	255	2	s

说明：当电芯过度放电严重时，会发生铜沉积，从而导致非常高的阻抗。通常，在电芯达到此低电压之前器件会关闭，但在某些配置中，器件可能会在连接充电器时被唤醒。如果此时导通 FET，电压会急剧上升，并且由于流过较高的充电电流，电芯看起来状况良好。启用时，铜沉积检查会保持 FET 关闭，直到电压大于等于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒。如果电压低于 **Permanent Fail:CUDEP:Threshold Permanent Fail:CUDEP:Delay** 秒，则触发 CUDEP 永久失效。

13.7.2 Permanent Fail:SUV

13.7.2.1 Permanent Fail:SUV:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SUV	Threshold	I2	0	32767	2200	mV

说明：此参数设置欠压安全永久失效阈值。当最小电芯电压小于等于 **Permanent Fail:SUV:Threshold** **Permanent Fail:SUV:Delay** 秒，则触发 SUV 永久失效。

13.7.2.2 Permanent Fail:SUV:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SUV	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置欠压安全永久失效延迟。当最小电芯电压小于等于 **Permanent Fail:SUV:Threshold** **Permanent Fail:SUV:Delay** 秒，则触发 SUV 永久失效。

13.7.3 Permanent Fail:SOV

13.7.3.1 Permanent Fail:SOV:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOV	Threshold	I2	0	32767	4500	mV

说明：此参数设置过压安全永久失效阈值。当最大电芯电压大于等于 **Permanent Fail:SOV:Threshold** **Permanent Fail:SOV:Delay** 秒，则触发 SOV 永久失效。

13.7.3.2 Permanent Fail:SOV:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOV	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置欠压安全永久失效延迟。当最大电芯电压大于等于 **Permanent Fail:SOV:Threshold** **Permanent Fail:SOV:Delay** 秒，则触发 SOV 永久失效。

13.7.4 Permanent Fail:TOS

13.7.4.1 Permanent Fail:TOS:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	TOS	Threshold	I2	0	32767	500	mV

说明：此参数设置比较电池组顶部电压与电芯电压和永久失效阈值。该阈值基于电芯电压，因此在比较之前需乘以已使用的电芯数量。该器件将测得的电池组顶部电压与单独测得的电芯电压之和进行比较。当差值的绝对值大于等于已用电芯数乘以 **Permanent Fail:TOS:Threshold** **Permanent Fail:TOS:Delay** 秒时，将触发 TOSF 永久失效。当任何此类电压测量期间的电流读数高于 **Power:Sleep:Sleep Current** 时，将跳过此检查，以避免由于负载变化而导致错误的触发。

13.7.4.2 Permanent Fail:TOS:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	TOS	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置比较电池组顶部电压与电芯电压和永久失效阈值。该器件将测得的电池组顶部电压与单独测得的电芯电压之和进行比较。当差值的绝对值大于等于已用电芯数乘以 **Permanent Fail:TOS:Threshold** **Permanent Fail:TOS:Delay** 秒时，将触发 TOSF 永久失效。当任何此类电压测量期间的电流读数高于 **Power:Sleep:Sleep Current** 时，将跳过此检查，以避免由于负载变化而导致错误的触发。

13.7.5 Permanent Fail:SOCC

13.7.5.1 Permanent Fail:SOCC:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOCC	Threshold	I2	-32768	32767	10000	userA

说明：此参数设置充电过流安全永久失效阈值。当测得的电流大于等于 **Permanent Fail:SOCC:Threshold** **Permanent Fail:SOCC:Delay** 秒，则触发 SOCC 永久失效。

13.7.5.2 Permanent Fail:SOCC:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOCC	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置充电过流安全永久失效延迟。当测得的电流大于等于 **Permanent Fail:SOCC:Threshold** **Permanent Fail:SOCC:Delay** 秒，则触发 SOCC 永久失效。

13.7.6 Permanent Fail:SOCD

13.7.6.1 Permanent Fail:SOCD:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOCD	Threshold	I2	-32768	32767	-32000	userA

说明：此参数设置放电过流安全永久失效阈值。当测得的电流大于等于 **Permanent Fail:SOCD:Threshold** **Permanent Fail:SOCD:Delay** 秒，则触发 SOCD 永久失效。

13.7.6.2 Permanent Fail:SOCD:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOCD	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置放电过流安全永久失效延迟。当测得的电流大于等于 **Permanent Fail:SOCD:Threshold** **Permanent Fail:SOCD:Delay** 秒，则触发 SOCD 永久失效。

13.7.7 Permanent Fail:SOT

13.7.7.1 Permanent Fail:SOT:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOT	Threshold	I1	-40	120	65	°C

说明：此参数设置过热安全永久失效阈值。当最大电芯温度大于等于 **Permanent Fail:SOT:Threshold** **Permanent Fail:SOT:Delay** 秒，则触发 SOT 永久失效。

13.7.7.2 Permanent Fail:SOT:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOT	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置过热安全永久失效延迟。当最大电芯温度大于等于 **Permanent Fail:SOT:Threshold** **Permanent Fail:SOT:Delay** 秒，则触发 SOT 永久失效。

13.7.8 Permanent Fail:SOTF

13.7.8.1 Permanent Fail:SOTF:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOTF	Threshold	U1	0	150	85	°C

说明：此参数设置 FET 过热安全永久失效阈值。当 FET 温度大于等于 **Permanent Fail:FET:Threshold** **Permanent Fail:SOTF:Delay** 秒，则触发 SOTF 永久失效。

13.7.8.2 Permanent Fail:SOTF:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	SOTF	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置 FET 过热安全永久失效延迟。当 FET 温度大于等于 **Permanent Fail:FET:Threshold** **Permanent Fail:SOTF:Delay** 秒，则触发 SOTF 永久失效。

13.7.9 Permanent Fail:VIMR

13.7.9.1 Permanent Fail:VIMR:Check Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMR	Check Voltage	I2	0	5500	3500	mV

说明：当最大电芯电压小于该阈值时，不检查静态模式电压不平衡永久失效。这是因为在较低的充电状态下，较小的不平衡的电压差被放大了。

13.7.9.2 Permanent Fail:VIMR:Max Relax Current

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMR	Max Relax Current	I2	10	32767	10	mA

说明：当测得电流的绝对值大于等于该阈值时，不检查静态电压不平衡永久失效。

13.7.9.3 Permanent Fail:VIMR:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMR	Threshold	I2	0	5500	500	mV

说明：此参数设置静态电压不平衡永久失效阈值。当满足 VIMR 检查条件时，最大和最小电芯电压之间的差值大于等于 **Permanent Fail:VIMR:Threshold** **Permanent Fail:VIMR:Delay** 秒，则触发 VIMR 永久失效。

13.7.9.4 Permanent Fail:VIMR:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMR	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置静态模式电压不平衡永久失效延迟。当满足 VIMR 检查条件时，最大和最小电芯电压之间的差值大于等于 **Permanent Fail:VIMR:Threshold** **Permanent Fail:VIMR:Delay** 秒，则触发 VIMR 永久失效。

13.7.9.5 Permanent Fail:VIMR:Relax Min Duration

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMR	Relax Min Duration	U2	0	65535	100	s

说明：除非在此时段内满足 **Permanent Fail:VIMR:Check Voltage** 和 **Permanent Fail:VIMR:Max Relax Current** 条件，否则不会检查静态电压不平衡永久失效。

13.7.10 Permanent Fail:VIMA

13.7.10.1 Permanent Fail:VIMA:Check Voltage

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMA	Check Voltage	I2	0	5500	3700	mV

说明：当最大电芯电压小于该阈值时，不检查活动电压不平衡永久失效。这是因为在较低的充电状态下，较小的不平衡的电压差被放大了。

13.7.10.2 Permanent Fail:VIMA:Min Active Current

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMA	Min Active Current	I2	10	32767	50	mA

说明：当测得电流的绝对值小于该阈值时，不检查活动电压不平衡永久失效。

13.7.10.3 Permanent Fail:VIMA:Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMA	Threshold	I2	0	5500	200	mV

说明：此参数设置活动电压不平衡永久失效阈值。当满足 VIMA 检查条件时，最大和最小电芯电压之间的差值大于等于 **Permanent Fail:VIMA:Threshold Permanent Fail:VIMA:Delay** 秒，则触发 VIMA 永久失效。

13.7.10.4 Permanent Fail:VIMA:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VIMA	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置活动电压不平衡永久失效延迟。当满足 VIMA 检查条件时，最大和最小电芯电压之间的差值大于等于 **Permanent Fail:VIMA:Threshold Permanent Fail:VIMA:Delay** 秒，则触发 VIMA 永久失效。

13.7.11 Permanent Fail:CFETF

13.7.11.1 Permanent Fail:CFETF:OFF Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	CFETF	OFF Threshold	I2	10	5000	20	mA

说明：此参数设置充电 FET 永久失效电流阈值。当 CHG FET 关闭时，测得的电流大于等于 **Permanent Fail:CFETF:OFF Threshold Permanent Fail:CFETF:OFF Delay** 秒，则触发 CFETF 永久失效。

13.7.11.2 Permanent Fail:CFETF:OFF Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	CFETF	OFF Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置充电 FET 永久失效延迟。当 CHG FET 关闭时，测得的电流大于等于 **Permanent Fail:CFETF:OFF Threshold Permanent Fail:CFETF:OFF Delay** 秒，则触发 CFETF 永久失效。

13.7.12 Permanent Fail:DFETF

13.7.12.1 Permanent Fail:DFETF:OFF Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	DFETF	OFF Threshold	I2	-5000	-10	-20	mA

说明：此参数设置放电 FET 永久失效电流阈值。当 DSG FET 关闭时，测得的电流小于（负电流低于）等于 **Permanent Fail:DFETF:OFF Threshold Permanent Fail:DFETF:OFF Delay** 秒，则触发 DFETF 永久失效。

13.7.12.2 Permanent Fail:DFETF:OFF Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	DFETF	OFF Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置放电 FET 永久失效延迟。当 DSG FET 关闭时，在 DSG FET 关断时测得的电流小于（负电流低于）等于 **Permanent Fail:DFETF:OFF Threshold Permanent Fail:DFETF:OFF Delay** 秒，则触发 DFETF 永久失效。

13.7.13 Permanent Fail:VSSF

13.7.13.1 Permanent Fail:VSSF:Fail Threshold

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VSSF	Fail Threshold	I2	1	32767	100	—

说明：此参数设置内部 VSS 测量永久失效阈值。当内部 VSS 通道测得的 ADC 计数值大于等于 **Permanent Fail:VSSF:Fail Threshold Permanent Fail:VSSF:Delay** 秒，则触发 VSSF 永久失效。

13.7.13.2 Permanent Fail:VSSF:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	VSSF	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置内部 VSS 测量永久失效延迟。当内部 VSS 通道测得的 ADC 计数值大于等于 **Permanent Fail:VSSF:Fail Threshold Permanent Fail:VSSF:Delay** 秒，则触发 VSSF 永久失效。

13.7.14 Permanent Fail:2LVL

13.7.14.1 Permanent Fail:2LVL:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	2LVL	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置二级保护器永久失效延迟。器件每秒钟都检查一次 FUSE 引脚，如果二级保护器将其置位 **Permanent Fail:2LVL:Delay** 秒，则触发 2LVL PF。

13.7.15 Permanent Fail:LFOF

13.7.15.1 Permanent Fail:LFOF:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	LFOF	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置内部 LFO 永久失效延迟。该器件监控其低频振荡器完整性检查的输出。如果错误位设置为 **Permanent Fail:LFOF:Delay** 秒，则触发 LFOF 永久失效。如果 **Permanent Fail:LFOF:Delay = 0**，当检测到 LFO 故障时，FET 会自动关断，这与无论 **Settings:Permanent Failure:Enabled PF C[LFOF]** 设置无关。

13.7.16 Permanent Fail:HWMX

13.7.16.1 Permanent Fail:HWMX:Delay

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	HWMX	Delay	U1	0	255	5	s

说明：此参数设置硬件多路复用器永久失效延迟。该器件定期对硬件保护比较器子系统的输入多路复用器进行完整性检查，该子系统用于 OV、UV、OCC、OCD1 和 OCD2 初级保护。如果此检查失败长达 **Permanent Fail:HWMX:Delay** 秒，则触发硬件多路复用器永久失效。

13.8 安全性

13.8.1 Security:Settings

13.8.1.1 Security:Settings:Security Settings

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位				
Security	Settings	Security Settings	H1	0x00	0x07	0x00	十六进制				
				7	6	5	4	3	2	1	0
				RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	RSVD_0	PERM_SEAL	LOCK_CFG	SEAL

说明：此参数包含与安全相关的配置选项。

表 13-36. Security Settings 寄存器字段说明

位	字段	默认值	说明
2	PERM_SEAL	0	设置该位可防止器件在密封后解封。如果未将其编程为 OTP，则此设置将在完全复位时丢失，并且器件将再次能够解封。 0 = 可以通过发送正确的安全密钥来解封器件。 1 = 无法解封器件。
1	LOCK_CFG	0	设置该位可防止进入 CONFIG_UPDATE 和 FULLACCESS 模式。这可以防止在退出 CONFIG_UPDATE 模式后对器件配置进行进一步修改。 0 = 可以在 CONFIG_UPDATE 模式下更改配置参数。 1 = 无法更改配置参数。
0	SEAL	0	设置该位会使器件在复位或退出 CONFIG_UPDATE 和 DEEPSLEEP 模式时进入 SEALED 模式。在生产系统中，为了安全起见，应设置此位。 0 = 器件没有默认为 SEALED 模式。 1 = 器件默认状态为 SEALED。

13.8.2 Security:Keys

13.8.2.1 Security:Keys:Unseal Key Step 1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Security	Keys	Unseal Key Step 1	U2	0x0100	0xFFFF	0x0414	十六进制

说明：这是从 SEALED 转换为 UNSEALED 模式时必须发送的安全密钥的第一个字。

13.8.2.2 Security:Keys:Unseal Key Step 2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Security	Keys	Unseal Key Step 2	U2	0x0100	0xFFFF	0x3672	十六进制

说明：这是从 SEALED 转换为 UNSEALED 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。该字必须在密钥的第一个字的 5 秒内发送，并且中间没有其他命令。

13.8.2.3 Security:Keys:Full Access Key Step 1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Security	Keys	Full Access Key Step 1	U2	0x0100	0xFFFF	0xFFFF	十六进制

说明：这是从 UNSEALED 转换到 FULLACCESS 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。

13.8.2.4 Security:Keys:Full Access Key Step 2

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Security	Keys	Full Access Key Step 2	U2	0x0100	0xFFFF	0xFFFF	十六进制

说明：这是从 UNSEALED 转换到 FULLACCESS 模式时必须发送的安全密钥的第二个字。该字必须在密钥的第一个字的 5 秒内发送，并且中间没有其他命令。

13.9 数据存储器汇总

表 13-37. 数据存储器表

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	0x9180	Cell 1 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9182	Cell 2 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9184	Cell 3 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9186	Cell 4 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9188	Cell 5 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x918A	Cell 6 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x918C	Cell 7 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x918E	Cell 8 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9190	Cell 9 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9192	Cell 10 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9194	Cell 11 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9196	Cell 12 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x9198	Cell 13 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x919A	Cell 14 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x919C	Cell 15 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x919E	Cell 16 Gain	I2	-32767	32767	0	—
Calibration	Voltage	0x91A0	Pack Gain	U2	0	65535	0	—
Calibration	Voltage	0x91A2	TOS Gain	U2	0	65535	0	—
Calibration	Voltage	0x91A4	LD Gain	U2	0	65535	0	—
Calibration	Voltage	0x91A6	ADC Gain	I2	-32767	32767	0	—

表 13-37. 数据存储器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Current	0x91A8	CC Gain	F4	1.00E - 02	10.00E+02	7.4768	—
Calibration	Current	0x91AC	Capacity Gain	F4	2.98262E+03	4.193046E+08	2230042.463	—
Calibration	Vcell Offset	0x91B0	Vcell Offset	I2	-32767	32767	0	mV
Calibration	V Divider Offset	0x91B2	Vdiv Offset	I2	-32767	32767	0	userV
Calibration	Current Offset	0x91C6	Coulomb Counter Offset Samples	U2	0	65535	64	—
Calibration	Current Offset	0x91C8	Board Offset	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Temperature	0x91CA	Internal Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91CB	CFETOFF Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91CC	DFETOFF Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91CD	ALERT Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91CE	TS1 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91CF	TS2 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91D0	TS3 Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91D1	HDQ Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91D2	DCHG Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x91D3	DDSG Temp Offset	I1	-128	127	0	0.1°C
Calibration	Internal Temp Model	0x91E2	Int GainGain	I2	-32768	32767	25390	—
Calibration	Internal Temp Model	0x91E4	Int base offset	I2	-32768	32767	3032	—
Calibration	Internal Temp Model	0x91E6	Int Maximum AD	I2	-32768	32767	16383	—
Calibration	Internal Temp Model	0x91E8	Int Maximum Temp	I2	0	32767	6379	0.1K
Calibration	18K Temperature Model	0x91EA	Coeff a1	I2	-32768	32767	-15524	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91EC	Coeff a2	I2	-32768	32767	26423	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91EE	Coeff a3	I2	-32768	32767	-22664	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91F0	Coeff a4	I2	-32768	32767	28834	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91F2	Coeff a5	I2	-32768	32767	672	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91F4	Coeff b1	I2	-32768	32767	-371	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91F6	Coeff b2	I2	-32768	32767	708	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91F8	Coeff b3	I2	-32768	32767	-3498	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91FA	Coeff b4	I2	-32768	32767	5051	—
Calibration	18K Temperature Model	0x91FE	Adc0	I2	-32768	32767	11703	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9200	Coeff a1	I2	-32768	32767	-17513	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9202	Coeff a2	I2	-32768	32767	25759	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9204	Coeff a3	I2	-32768	32767	-23593	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9206	Coeff a4	I2	-32768	32767	32175	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9208	Coeff a5	I2	-32768	32767	2090	—

表 13-37. 数据存储寄存器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	180K Temperature Model	0x920A	Coeff b1	I2	-32768	32767	-2055	—
Calibration	180K Temperature Model	0x920C	Coeff b2	I2	-32768	32767	2955	—
Calibration	180K Temperature Model	0x920E	Coeff b3	I2	-32768	32767	-3427	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9210	Coeff b4	I2	-32768	32767	4385	—
Calibration	180K Temperature Model	0x9214	Adc0	I2	-32768	32767	17246	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9216	Coeff a1	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9218	Coeff a2	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x921A	Coeff a3	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x921C	Coeff a4	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x921E	Coeff a5	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9220	Coeff b1	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9222	Coeff b2	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9224	Coeff b3	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9226	Coeff b4	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x9228	Rc0	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Custom Temperature Model	0x922A	Adc0	I2	-32768	32767	0	—
Calibration	Current Deadband	0x922D	Coulomb Counter Deadband	U1	0	255	9	234nV
Calibration	CUV	0x91D4	CUV Threshold Override	U2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF	十六进制
Calibration	COV	0x91D6	COV Threshold Override	U2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF	十六进制
Settings	Fuse	0x9231	Min Blow Fuse Voltage	I2	0	32767	500	10mV
Settings	Fuse	0x9233	Fuse Blow Timeout	U1	0	255	30	s
Settings	Configuration	0x9234	Power Config	H2	0x0000	0xFFFF	0x2982	十六进制
Settings	Configuration	0x9236	REG12 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9237	REG0 Config	H1	0x00	0x03	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9238	HWD Regulator Options	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9239	Comm Type	U1	0x00	0x1F	0	—
Settings	Configuration	0x923A	I2C 地址	U1	0x00	0xFF	0	—
Settings	Configuration	0x923C	SPI 配置	H1	0x00	0x7F	0x20	—
Settings	Configuration	0x923D	Comm Idle Time	U1	0	255	0	s
Settings	Configuration	0x92FA	CFETOFF Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x92FB	DFETOFF Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x92FC	ALERT Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x92FD	TS1 Config	H1	0x00	0xFF	0x07	十六进制
Settings	Configuration	0x92FE	TS2 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x92FF	TS3 Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9300	HDQ Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9301	DCHG Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9302	DDSG Pin Config	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x9303	DA Configuration	H1	0x00	0xFF	0x05	十六进制

表 13-37. 数据存储表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Configuration	0x9304	Vcell Mode	H2	0x0000	0xFFFF	0x0000	十六进制
Settings	Configuration	0x9307	CC3 Samples	U1	2	255	80	Num
Settings	Protection	0x925F	Protection Configuration	H2	0x0000	0x07FF	0x0002	十六进制
Settings	Protection	0x9261	启用保护功能 A	U1	0x00	0xFF	0x88	十六进制
Settings	Protection	0x9262	Enabled Protections B	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Protection	0x9263	Enabled Protections C	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Protection	0x9265	CHG FET Protections A	U1	0x00	0xFF	0x98	十六进制
Settings	Protection	0x9266	CHG FET Protections B	U1	0x00	0xFF	0xD5	十六进制
Settings	Protection	0x9267	CHG FET Protections C	U1	0x00	0xFF	0x56	十六进制
Settings	Protection	0x9269	DSG FET Protections A	U1	0x00	0xFF	0xE4	十六进制
Settings	Protection	0x926A	DSG FET Protections B	U1	0x00	0xFF	0xE6	十六进制
Settings	Protection	0x926B	DSG FET Protections C	U1	0x00	0xFF	0xE2	十六进制
Settings	Protection	0x9273	Body Diode Threshold	I2	0	32767	50	mA
Settings	Alarm	0x926D	Default Alarm Mask	H2	0x0000	0xFFFF	0xF800	十六进制
Settings	Alarm	0x926F	SF Alert Mask A	U1	0x00	0xFF	0xFC	十六进制
Settings	Alarm	0x9270	SF Alert Mask B	U1	0x00	0xFF	0xF7	十六进制
Settings	Alarm	0x9271	SF Alert Mask C	U1	0x00	0xFF	0xF4	十六进制
Settings	Alarm	0x92C4	PF Alert Mask A	U1	0x00	0xFF	0x5F	十六进制
Settings	Alarm	0x92C5	PF Alert Mask B	U1	0x00	0xFF	0x9F	十六进制
Settings	Alarm	0x92C6	PF Alert Mask C	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Alarm	0x92C7	PF Alert Mask D	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x92C0	Enabled PF A	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x92C1	Enabled PF B	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x92C2	Enabled PF C	U1	0x00	0xFF	0x07	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x92C3	Enabled PF D	U1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	FET	0x9308	FET Options	H1	0x00	0xFF	0x0D	十六进制
Settings	FET	0x9309	Chg Pump Control	U1	0x00	0xFF	0x01	十六进制
Settings	FET	0x930A	Precharge Start Voltage	I2	0	32767	0	mV
Settings	FET	0x930C	Precharge Stop Voltage	I2	0	32767	0	mV
Settings	FET	0x930E	Predischarge Timeout	U1	0	255	5	10ms
Settings	FET	0x930F	Predischarge Stop Delta	U1	0	255	50	10mV
Settings	Current Thresholds	0x9310	Dsg Current Threshold	I2	0	32767	100	userA
Settings	Current Thresholds	0x9312	Chg Current Threshold	I2	0	32767	50	userA
Settings	Cell Open-Wire	0x9314	Check Time	U1	0	255	5	s
Settings	Interconnect Resistances	0x9315	Cell 1 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9317	Cell 2 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9319	Cell 3 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x931B	Cell 4 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x931D	Cell 5 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x931F	Cell 6 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9321	Cell 7 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9323	Cell 8 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9325	Cell 9 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω

表 13-37. 数据存储器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Settings	Interconnect Resistances	0x9327	Cell 10 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9329	Cell 11 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x932B	Cell 12 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x932D	Cell 13 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x932F	Cell 14 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9331	Cell 15 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	Interconnect Resistances	0x9333	Cell 16 Interconnect	I2	0	32767	0	m Ω
Settings	制造	0x9343	Mfg Status Init	H2	0x0000	0xFFFF	0x0040	十六进制
Settings	Cell Balancing Config	0x9335	Balancing Configuration	H1	0x00	0xFF	0x00	十六进制
Settings	Cell Balancing Config	0x9336	Min Cell Temp	I1	-128	127	-20	$^{\circ}$ C
Settings	Cell Balancing Config	0x9337	Max Cell Temp	I1	-128	127	60	$^{\circ}$ C
Settings	Cell Balancing Config	0x9338	Max Internal Temp	I1	-128	127	70	$^{\circ}$ C
Settings	Cell Balancing Config	0x9339	Cell Balance Interval	U1	1	255	20	s
Settings	Cell Balancing Config	0x933A	Cell Balance Max Cells	U1	0	16	1	Num
Settings	Cell Balancing Config	0x933B	Cell Balance Min Cell V (Charge)	I2	0	5000	3900	mV
Settings	Cell Balancing Config	0x933D	Cell Balance Min Delta (Charge)	U1	0	255	40	mV
Settings	Cell Balancing Config	0x933E	Cell Balance Stop Delta (Charge)	U1	0	255	20	mV
Settings	Cell Balancing Config	0x933F	Cell Balance Min Cell V (Relax)	I2	0	5000	3900	mV
Settings	Cell Balancing Config	0x9341	Cell Balance Min Delta (Relax)	U1	0	255	40	mV
Settings	Cell Balancing Config	0x9342	Cell Balance Stop Delta (Relax)	U1	0	255	20	mV
Power	Shutdown	0x923F	Shutdown Cell Voltage	I2	0	32767	0	mV
Power	Shutdown	0x9241	Shutdown Stack Voltage	I2	0	32767	600	10mV
Power	Shutdown	0x9243	Low V Shutdown Delay	U1	0	63	1	s
Power	Shutdown	0x9244	Shutdown Temperature	U1	0	150	85	$^{\circ}$ C
Power	Shutdown	0x9245	Shutdown Temperature Delay	U1	0	254	5	s
Power	Shutdown	0x9252	FET Off Delay	U1	0	127	0	0.25s
Power	Shutdown	0x9253	Shutdown Command Delay	U1	0	254	0	0.25s
Power	Shutdown	0x9254	Auto Shutdown Time	U1	0	250	0	min
Power	Shutdown	0x9255	RAM Fail Shutdown Time	U1	0	255	5	s
Power	Sleep	0x9248	休眠电流	I2	0	32767	20	mA
Power	Sleep	0x924A	Voltage Time	U1	1	255	5	s
Power	Sleep	0x924B	Wake Comparator Current	I2	500	32767	500	mA
Power	Sleep	0x924D	Sleep Hysteresis Time	U1	0	255	10	s
Power	Sleep	0x924E	Sleep Charger Voltage Threshold	I2	0	32767	2000	10mV
Power	Sleep	0x9250	Sleep Charger PACK-TOS Delta	I2	10	8500	200	10mV
System Data	完整性	0x91E0	Config RAM Signature	U2	0x0000	0x7FFF	0	十六进制

表 13-37. 数据存储寄存器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	CUV	0x9275	阈值	U1	20	90	50	50.6mV
Protections	CUV	0x9276	Delay (延迟)	U2	1	2047	74	3.3ms
Protections	CUV	0x927B	Recovery Hysteresis	U1	2	20	2	50.6mV
Protections	COV	0x9278	阈值	U1	20	110	86	50.6mV
Protections	COV	0x9279	Delay (延迟)	U2	1	2047	74	3.3ms
Protections	COV	0x927C	Recovery Hysteresis	U1	2	20	2	50.6mV
Protections	COVL	0x927D	Latch Limit	U1	0	255	0	—
Protections	COVL	0x927E	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s
Protections	COVL	0x927F	Recovery Time	U1	0	255	15	s
Protections	OCC	0x9280	阈值	U1	2	62	2	2mV
Protections	OCC	0x9281	Delay (延迟)	U1	1	127	4	3.3ms
Protections	OCC	0x9288	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	-200	mA
Protections	OCC	0x92B0	PACK-TOS Delta	I2	10	8500	200	10mV
Protections	OCD1	0x9282	阈值	U1	2	100	4	2mV
Protections	OCD1	0x9283	Delay (延迟)	U1	1	127	1	3.3ms
Protections	OCD2	0x9284	阈值	U1	2	100	3	2mV
Protections	OCD2	0x9285	Delay (延迟)	U1	1	127	7	3.3ms
Protections	SCD	0x9286	阈值	U1	0	15	0	—
Protections	SCD	0x9287	Delay (延迟)	U1	1	31	2	15µs
Protections	SCD	0x9294	Recovery Time	U1	0	255	5	s
Protections	OCD3	0x928A	阈值	I2	-32768	0	-4000	userA
Protections	OCD3	0x928C	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	OCD	0x928D	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA
Protections	OCDL	0x928F	Latch Limit	U1	0	255	0	—
Protections	OCDL	0x9290	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s
Protections	OCDL	0x9291	Recovery Time	U1	0	255	15	s
Protections	OCDL	0x9292	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA
Protections	SCDL	0x9295	Latch Limit	U1	0	255	0	—
Protections	SCDL	0x9296	Counter Dec Delay	U1	0	255	10	s
Protections	SCDL	0x9297	Recovery Time	U1	0	255	15	s
Protections	SCDL	0x9298	Recovery Threshold	I2	-32768	32767	200	mA
Protections	OTC	0x929A	阈值	I1	-40	120	55	°C
Protections	OTC	0x929B	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	OTC	0x929C	恢复	I1	-40	120	50	°C
Protections	OTD	0x929D	阈值	I1	-40	120	60	°C
Protections	OTD	0x929E	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	OTD	0x929F	恢复	I1	-40	120	55	°C
Protections	OTF	0x92A0	阈值	U1	0	150	80	°C
Protections	OTF	0x92A1	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	OTF	0x92A2	恢复	U1	0	150	65	°C
Protections	OTINT	0x92A3	阈值	I1	-40	120	85	°C
Protections	OTINT	0x92A4	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	OTINT	0x92A5	恢复	I1	-40	120	80	°C
Protections	UTC	0x92A6	阈值	I1	-40	120	0	°C
Protections	UTC	0x92A7	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	UTC	0x92A8	恢复	I1	-40	120	5	°C
Protections	UTD	0x92A9	阈值	I1	-40	120	0	°C
Protections	UTD	0x92AA	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	UTD	0x92AB	恢复	I1	-40	120	5	°C

表 13-37. 数据存储器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	UTINT	0x92AC	阈值	I1	-40	120	-20	°C
Protections	UTINT	0x92AD	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Protections	UTINT	0x92AE	恢复	I1	-40	120	- 15	°C
Protections	恢复	0x92AF	时间	U1	0	255	3	s
Protections	HWD	0x92B2	Delay (延迟)	U2	0	65535	60	s
Protections	Load Detect	0x92B4	Active Time	U1	0	255	0	s
Protections	Load Detect	0x92B5	Retry Delay	U1	0	255	50	s
Protections	Load Detect	0x92B6	超时	U2	0	65535	1	小时
Protections	PTO	0x92BA	Charge Threshold	I2	-32768	32767	250	mA
Protections	PTO	0x92BC	Delay (延迟)	U2	0	65535	1800	s
Protections	PTO	0x92BE	复位	I2	0	10000	2	userAh
Permanent Fail	CUDEP	0x92C8	阈值	I2	0	32767	1500	mV
Permanent Fail	CUDEP	0x92CA	Delay (延迟)	U1	0	255	2	s
Permanent Fail	SUV	0x92CB	阈值	I2	0	32767	2200	mV
Permanent Fail	SUV	0x92CD	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	SOV	0x92CE	阈值	I2	0	32767	4500	mV
Permanent Fail	SOV	0x92D0	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	TOS	0x92D1	阈值	I2	0	32767	500	mV
Permanent Fail	TOS	0x92D3	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	SOCC	0x92D4	阈值	I2	-32768	32767	10000	userA
Permanent Fail	SOCC	0x92D6	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	S OCD	0x92D7	阈值	I2	-32768	32767	-32000	userA
Permanent Fail	S OCD	0x92D9	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	SOT	0x92DA	阈值	I1	-40	120	65	°C
Permanent Fail	SOT	0x92DB	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	SOTF	0x92DC	阈值	U1	0	150	85	°C
Permanent Fail	SOTF	0x92DD	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	VIMR	0x92DE	Check Voltage	I2	0	5500	3500	mV
Permanent Fail	VIMR	0x92E0	Max Relax Current	I2	10	32767	10	mA
Permanent Fail	VIMR	0x92E2	阈值	I2	0	5500	500	mV
Permanent Fail	VIMR	0x92E4	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	VIMR	0x92E5	Relax Min Duration	U2	0	65535	100	s
Permanent Fail	VIMA	0x92E7	Check Voltage	I2	0	5500	3700	mV
Permanent Fail	VIMA	0x92E9	Min Active Current	I2	10	32767	50	mA
Permanent Fail	VIMA	0x92EB	阈值	I2	0	5500	200	mV
Permanent Fail	VIMA	0x92ED	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	CFETF	0x92EE	OFF Threshold	I2	10	5000	20	mA
Permanent Fail	CFETF	0x92F0	OFF Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	DFETF	0x92F1	OFF Threshold	I2	-5000	- 10	-20	mA
Permanent Fail	DFETF	0x92F3	OFF Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	VSSF	0x92F4	Fail Threshold	I2	1	32767	100	—
Permanent Fail	VSSF	0x92F6	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	2LVL	0x92F7	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	LFOF	0x92F8	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	HWMX	0x92F9	Delay (延迟)	U1	0	255	5	s
安全性	Settings	0x9256	Security SettingsSettings	H1	0x00	0x07	0x00	十六进制
安全性	密钥	0x9257	Unseal Key Step 1	U2	0x0100	0xFFFF	0x0414	十六进制
安全性	密钥	0x9259	Unseal Key Step 2	U2	0x0100	0xFFFF	0x3672	十六进制

表 13-37. 数据存储器表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
安全性	密钥	0x925B	Full Access Key Step 1	U2	0x0100	0xFFFF	0xFFFF	十六进制
安全性	密钥	0x925D	Full Access Key Step 2	U2	0x0100	0xFFFF	0xFFFF	十六进制

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (April 2021) to Revision B (May 2022)	Page
• 介绍了 ADC 饱和度的效应.....	19
• 更正了计算中使用的 VREF1 值	21
• 阐明了发送 <i>RESET_PASSQ()</i> 的要求.....	21
• 更正了引脚原始计数条目的名称.....	23
• 更正了 VREF1 电压电平和相关计算	27
• 更正了 CC 增益公式.....	28
• 建议完全复位以清除 PF.....	47
• 更新了说明.....	55
• 明确了在转换到 FULLACCESS 模式之前首先从 SEALED 模式转换到 UNSEALED 模式的要求.....	69
• 删除了 <i>PF_RESET()</i> 子命令，不再推荐使用该子命令。	74
• 更新了位说明.....	103
• 删除了 <i>PF_RESET()</i> 子命令，不再推荐使用该子命令。	104
Changes from Revision * (September 2020) to Revision A (April 2021)	Page
• 新增了有关保留位的阐述.....	15
• 更正了近似 ADC 饱和电压.....	19
• 阐明了测量环路减慢功能.....	19
• 阐明了 ADC 计数的单位.....	22
• 阐明了 ADC 计数的单位.....	23
• 将“CC Offset”更改为“Board Offset”	28
• 删除了对零延迟设置的引用.....	42
• 更新了 VREF PF 阈值.....	50
• 阐明了电芯开路检查的时序.....	51
• 删除了有关使用命令禁用 FET 的信息.....	60
• 新增了 FET 导通时序说明.....	61
• 介绍了唤醒比较器速度的设置.....	64
• 阐明了子命令在 UNSEALED 模式和 FULLACCESS 模式下的用法，还阐明了 Auto Shutdown Time 的工作方式.....	66
• 阐明了与命令和子命令相关的延迟，并且更新了术语.....	71
• 更新了术语.....	73
• 更新了命令/子命令时序表以及术语.....	74
• 更新了术语.....	81
• 阐明了 <i>CB_ACTIVE_CELLS()</i> 的时序，新增了更多与电芯平衡相关的详细信息.....	83
• 更新了 VREF PF 条件.....	87
• 将 reserved 位更改为 WK_SPD 位.....	131

This page intentionally left blank.

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