

BQ28Z610-R2

Technical Reference Manual



Literature Number: ZHCUA95
APRIL 2022



请先阅读	9
关于本手册	9
表示法约定	9
商标	9
术语表	9
1 引言	11
2 保护功能	13
2.1 引言	13
2.2 电芯欠压保护	13
2.3 电芯过压保护	13
2.4 充电过流保护	14
2.5 放电过流保护	15
2.6 基于硬件的保护	15
2.6.1 放电过载保护	15
2.6.2 充电短路保护	15
2.6.3 放电短路保护	16
2.7 温度保护	16
2.8 充电过热保护	16
2.9 放电过热保护	17
2.10 充电欠温保护	17
2.11 放电欠温保护	17
2.12 预充电超时保护	17
2.13 快速充电超时保护	18
3 永久失效	19
3.1 引言	19
3.2 电芯过压安全永久失效	19
3.3 静止时电压不平衡永久失效	20
3.4 有效运行时电压不平衡永久失效	20
3.5 充电 FET 永久性故障	20
3.5.1 说明	20
3.5.2 功能启用/禁用	20
3.6 放电 FET 永久性故障	20
3.6.1 说明	20
3.6.2 功能启用/禁用	21
3.7 指令闪存 (IF) 校验和永久失效	21
3.8 数据闪存 (DF) 永久失效	21
4 高级充电算法	23
4.1 引言	23
4.2 充电温度范围	23
4.3 电压范围	24
4.4 充电电流	24
4.5 充电电压	25
4.6 有效充电终止	25
4.7 充电和放电警报	26
4.8 终止充电和放电警报	27
4.9 预充电	27

4.10 充电维护.....	28
4.11 BROADCAST 模式.....	28
4.12 充电禁用和放电禁用.....	28
4.13 充电禁止.....	29
4.14 充电暂停.....	29
5 功率模式.....	31
5.1 引言.....	31
5.2 NORMAL 模式.....	31
5.3 SLEEP 模式.....	31
5.3.1 器件睡眠.....	31
5.3.2 IN SYSTEM SLEEP 模式.....	31
5.3.3 MACSubcmd() MAC 睡眠.....	32
5.3.4 唤醒功能.....	32
5.4 SHUTDOWN 模式.....	32
5.4.1 基于电压的关断.....	32
5.4.2 MACSubcmd() MAC 关断.....	32
5.4.3 基于时间的关断.....	33
5.4.4 紧急 FET 关断.....	33
6 监测.....	35
6.1 引言.....	35
6.2 Impedance Track 配置.....	35
6.3 电量监测计模式.....	36
6.4 QMax 和 Ra.....	38
6.4.1 QMax 初始值.....	38
6.4.2 QMax 更新条件.....	39
6.4.3 快速 QMax 更新条件.....	39
6.4.4 QMax 和快速 QMax 更新边界检查.....	39
6.4.5 Ra 表初始值.....	40
6.4.6 Ra 表更新条件.....	40
6.5 FullChargeCapacity (FCC)、RemainingCapacity (RemCap) 和 RelativeStateOfCharge (RSOC).....	41
6.6 Impedance Track (IT) 配置选项.....	41
6.7 运行状况 (SOH).....	42
7 电芯平衡.....	43
7.1 引言.....	43
7.2 电芯平衡设置.....	43
7.3 电芯平衡操作.....	47
8 寿命数据收集.....	51
8.1 说明.....	51
9 器件安全性.....	53
9.1 说明.....	53
9.2 SHA-1 说明.....	53
9.3 HMAC 说明.....	53
9.4 身份验证.....	54
9.5 安全模式.....	54
9.5.1 SEALING 和 UNSEALING 数据闪存.....	54
9.5.2 SEALED 转 UNSEALED.....	55
9.5.3 UNSEALED 转 FULL ACCESS.....	55
10 制造生产.....	57
10.1 制造测试.....	57
10.2 校准.....	57
11 校准.....	59
11.1 电芯电压校准.....	59
11.2 VC2 (BAT) 电压校准.....	60
11.3 PACK 电压校准.....	60
11.4 电流校准.....	61
11.4.1 CC Offset 校准.....	61

11.4.2 电路板失调校准.....	62
11.4.3 CC 增益/容量增益校准.....	62
11.5 温度校准.....	63
11.5.1 内部温度传感器校准.....	63
11.5.2 TS1 校准.....	63
12 I2C 命令.....	65
12.1 标准数据命令.....	65
12.1.1 0x00/01 ManufacturerAccess() 和 ControlStatus().....	66
12.1.2 0x02/03 AtRate().....	67
12.1.3 0x04/05 AtRateTimeToEmpty().....	67
12.1.4 0x06/07 Temperature().....	67
12.1.5 0x08/09 Voltage().....	67
12.1.6 0x0A/0B BatteryStatus().....	67
12.1.7 0x0C/0D Current().....	68
12.1.8 0x0E/0F MaxError().....	68
12.1.9 0x10/11 RemainingCapacity().....	68
12.1.10 0x12/13 FullChargeCapacity().....	68
12.1.11 0x14/15 AverageCurrent().....	69
12.1.12 0x16/17 AverageTimeToEmpty().....	69
12.1.13 0x18/19 AverageTimeToFull().....	69
12.1.14 0x1A/1B StandbyCurrent().....	69
12.1.15 0x1C/1D StandbyTimeToEmpty().....	69
12.1.16 0x1E/1F MaxLoadCurrent().....	69
12.1.17 0x20/21 MaxLoadTimeToEmpty().....	69
12.1.18 0x22/23 AveragePower().....	69
12.1.19 0x28/29 InternalTemperature().....	70
12.1.20 0x2A/2B CycleCount().....	70
12.1.21 0x2C/2D RelativeStateOfCharge().....	70
12.1.22 0x2E/2F State-of-Health (SOH).....	70
12.1.23 0x30/31 ChargingVoltage().....	70
12.1.24 0x32/33 ChargingCurrent().....	70
12.1.25 0x3C/3D DesignCapacity().....	70
12.1.26 0x3E/3F MACSubcmd().....	70
12.1.27 0x40/0x5F MACData().....	71
12.1.28 0x60 MACDataChecksum().....	71
12.1.29 0x61 MACDataLength().....	71
12.2 制造商访问控制 (MAC).....	71
12.2.1 MACSubcmd() 0x0001 器件类型.....	73
12.2.2 MACSubcmd() 0x0002 固件版本.....	73
12.2.3 MACSubcmd() 0x0003 固件版本.....	73
12.2.4 MACSubcmd() 0x0004 指令闪存签名.....	73
12.2.5 MACSubcmd() 0x0005 静态 DF 签名.....	74
12.2.6 MACSubcmd() 0x0006 化学物质 ID.....	74
12.2.7 MACSubcmd() 0x0007 Pre_MACWrite.....	74
12.2.8 MACSubcmd() 0x0008 静态化学物质 DF 签名.....	74
12.2.9 MACSubcmd() 0x0009 所有 DF 签名.....	74
12.2.10 MACSubcmd() 0x0010 SHUTDOWN 模式.....	74
12.2.11 MACSubcmd() 0x0011 SLEEP 模式.....	75
12.2.12 MACSubcmd() 0x0012 器件复位.....	75
12.2.13 MACSubcmd() 0x001F CHG FET.....	75
12.2.14 MACSubcmd() 0x0020 DSG FET.....	75
12.2.15 MACSubcmd() 0x0021 电量监测.....	76
12.2.16 MACSubcmd() 0x0022 FET 控制.....	76
12.2.17 MACSubcmd() 0x0023 寿命数据收集.....	76
12.2.18 MACSubcmd() 0x0024 永久性故障.....	76
12.2.19 MACSubcmd() 0x0028 寿命数据复位.....	76
12.2.20 MACSubcmd() 0x0029 永久失效数据复位.....	76
12.2.21 MACSubcmd() 0x002D CALIBRATION 模式.....	76
12.2.22 MACSubcmd() 0x0030 密封器件.....	77

12.2.23	MACSubcmd() 0x0035 安全密钥.....	77
12.2.24	MACSubcmd() 0x0037 身份验证密钥.....	77
12.2.25	MACSubcmd() 0x0041 器件复位.....	77
12.2.26	MACSubcmd() 0x0050 SafetyAlert.....	78
12.2.27	MACSubcmd() 0x0051 SafetyStatus.....	79
12.2.28	MACSubcmd() 0x0052 PFAlert.....	80
12.2.29	MACSubcmd() 0x0053 PFStatus.....	81
12.2.30	MACSubcmd() 0x0054 OperationStatus.....	82
12.2.31	MACSubcmd() 0x0055 ChargingStatus.....	84
12.2.32	MACSubcmd() 0x0056 GaugingStatus.....	85
12.2.33	MACSubcmd() 0x0057 ManufacturingStatus.....	87
12.2.34	MACSubcmd() 0x0058 AFE 寄存器.....	87
12.2.35	MACSubcmd() 0x0060 寿命数据块 1.....	88
12.2.36	MACSubcmd() 0x0070 ManufacturerInfo.....	88
12.2.37	MACSubcmd() 0x0071 DAStatus1.....	88
12.2.38	MACSubcmd() 0x0072 DAStatus2.....	89
12.2.39	MACSubcmd() 0x0073 ITStatus1.....	89
12.2.40	MACSubcmd() 0x0074 ITStatus2.....	89
12.2.41	MACSubcmd() 0x0075 ITStatus3.....	90
12.2.42	MACSubcmd() 0x0076 CB 状态.....	90
12.2.43	MACSubcmd() 0x0077 运行状况.....	91
12.2.44	MACSubcmd() 0x0F00 ROM 模式.....	91
12.2.45	Data Flash Access() 0x4000 - 0x5FFF.....	91
12.2.46	MACSubcmd() 0xF080 退出校准输出模式.....	92
12.2.47	MACSubcmd() 0xF081 输出 CC 和 ADC 以用于校准.....	92
12.2.48	MACSubcmd() 0xF082 输出短路 CC 和 ADC 以用于校准.....	92
13	数据闪存值.....	93
13.1	数据格式.....	93
13.1.1	无符号整数.....	93
13.1.2	整数.....	93
13.1.3	浮点.....	93
13.1.4	十六进制.....	94
13.1.5	字符串.....	94
13.2	校准.....	94
13.2.1	电压.....	94
13.2.2	电流.....	94
13.2.3	电流失调.....	94
13.2.4	电流死区.....	95
13.2.5	温度.....	95
13.2.6	内部温度模型.....	95
13.2.7	电芯温度模型.....	95
13.3	设置.....	96
13.3.1	配置.....	96
13.3.2	Charger.....	98
13.3.3	保护.....	99
13.3.4	永久性故障.....	99
13.3.5	AFE.....	100
13.3.6	制造.....	100
13.4	高级充电算法.....	100
13.4.1	温度范围.....	100
13.4.2	低温充电.....	101
13.4.3	标准充电温度.....	101
13.4.4	高温充电.....	101
13.4.5	Rec 温度充电.....	101
13.4.6	预充电.....	102
13.4.7	充电维护.....	102
13.4.8	电压范围.....	102

13.4.9 终止配置.....	102
13.4.10 电芯平衡配置.....	102
13.5 功率.....	102
13.5.1 功率.....	102
13.5.2 关断.....	103
13.5.3 睡眠模式.....	103
13.5.4 出厂.....	103
13.6 电量监测.....	103
13.6.1 待机.....	103
13.6.2 最大负载.....	103
13.6.3 电流阈值.....	103
13.6.4 设计.....	104
13.6.5 周期.....	104
13.6.6 FD.....	104
13.6.7 FC.....	104
13.6.8 TDA.....	104
13.6.9 TCA.....	104
13.6.10 状态.....	105
13.6.11 IT 配置.....	106
13.6.12 条件标志.....	107
13.6.13 SOH.....	107
13.6.14 最大误差.....	107
13.7 系统数据.....	107
13.7.1 制造商数据.....	107
13.7.2 完整性.....	107
13.8 配置.....	107
13.8.1 数据.....	107
13.9 寿命.....	108
13.9.1 电压.....	108
13.9.2 电流.....	108
13.9.3 温度.....	108
13.10 保护功能.....	108
13.10.1 CUV—电芯欠压.....	108
13.10.2 COV—电芯过压.....	108
13.10.3 OCC—充电过流.....	108
13.10.4 OCD—放电过流.....	109
13.10.5 AOLD—AFE 放电过载.....	109
13.10.6 ASCC—AFE 充电短路.....	109
13.10.7 ASCD—AFE 放电短路.....	109
13.10.8 OTC—充电过热.....	109
13.10.9 OTD—放电过热.....	109
13.10.10 UTC—充电欠温.....	110
13.10.11 UTD—放电欠温.....	110
13.10.12 PTO—预充电模式超时.....	110
13.10.13 CTO—快速充电模式超时.....	110
13.11 永久失效.....	110
13.11.1 SOV—电芯过压安全.....	110
13.11.2 VIMR—静止时电压不平衡.....	110
13.11.3 VIMA—有效运行时的电压不平衡.....	111
13.12 PF 状态.....	111
13.12.1 器件状态数据.....	111
13.12.2 器件电压数据.....	112
13.12.3 器件电流数据.....	112
13.12.4 器件温度数据.....	112
13.12.5 器件电量监测数据.....	113
13.12.6 AFE 寄存器.....	113
13.13 RA 表.....	113

13.13.1 R_a0.....	113
13.13.2 R_a1.....	114
13.13.3 R_a0x.....	114
13.13.4 R_a1x.....	115
14 数据闪存汇总.....	117
14.1 数据闪存表.....	117
15 AFE 阈值和延迟设置.....	127
15.1 放电过载保护 (AOLD).....	127
15.2 充电短路 (ASCC).....	128
15.3 放电短路 (ASCD1 和 ASCD2)	128
16 修订历史记录.....	130



关于本手册

本技术参考手册讨论了 BQ28Z610-R2 器件的模块和外设，以及如何使用它们来构建完整的电池组电量监测计和保护解决方案。有关 BQ28Z610-R2 电气规格，请参阅 [BQ28Z610-R1 1 至 2 芯串联锂离子电池组管理器数据表](#)。

表示法约定

如果文本块中涉及 SBS 命令和数据闪存 (DF) 值，则使用以下表示法：

- SBS 命令：斜体，带圆括号和不间断空格；例如 *RemainingCapacity()*
- 数据闪存：斜体、粗体，带可间断空格；例如 ***Design Capacity***
- 寄存器位和标志：斜体，带方括号；例如 *[TDA]*
- 数据闪存位：斜体和粗体；例如 ***[LED1]***
- 模式和状态：全部大写；例如 UNSEALED

商标

Impedance Track® is a registered trademark of Texas Instruments.

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.



BQ28Z610-R2 器件为 1 至 2 芯串联电池组应用提供功能丰富的电量监测解决方案。该器件具有扩展功能，其中包括：

- 完全集成的 1 至 2 芯锂离子或锂聚合物电池组管理器和保护功能
- 获得专利的新一代 **Impedance Track**® 技术可准确测量锂离子和锂聚合物电池中的可用电量
- 高侧 N 沟道保护 FET 驱动器
- 集成式充电或者静止状态下的电芯平衡功能
- 电源模式
 - NORMAL 模式
 - SLEEP 模式
 - SHUTDOWN 模式
- 全面的可编程保护功能
 - 电压
 - 电流
 - 温度
 - 充电超时
 - CHG/DSG FET
 - 电芯不平衡
 - BROADCAST 模式 (通过 [Ti.com](https://www.ti.com) 上的 BQ28Z610-R2 固件提供)
- 精密的充电算法
 - JEITA
 - 增强型充电
 - 自适应充电
 - 电芯平衡
- 诊断寿命数据监控器
- 支持双线制 I²C 接口
- SHA-1 身份验证
- 超紧凑封装：12 引线 SON

This page intentionally left blank.



2.1 引言

本章介绍了电量监测计的可恢复保护功能。当该保护功能被触发时，充电和/或放电被禁用。当放电被禁用 (DSG FET 关断) 时，这由 `OperationStatus()[XDSG] = 1` 进行指示，当充电被禁用 (CHG 和 PCHG FET 关断) 时，这由 `OperationStatus()[XCHG] = 1` 进行指示。该保护功能恢复后，充电和放电会恢复。可以在 **Settings:Enable Protections A** 和 **Settings:Enable Protections B** 下启用或禁用所有保护项目。

为了保护 DSG FET 体二极管，当 `Current() > Charge Detect Current` (包括 `OperationStatus()[XDSG] = 1`) 时 DSG FET 将始终关闭。同样，为了保护 CHG FET 体二极管，当 `Current() ≤ Discharge Detect Current` (包括 `OperationStatus()[XCHG] = 1`) 时 CHG FET 将始终关闭。

2.2 电芯欠压保护

该器件可以检测电芯中的欠压情况，并通过防止进一步放电来保护电芯免受损坏。

状态	条件	操作
正常	最小电芯电压 $1.2 > CUV:Threshold$	<code>SafetyAlert()[CUV] = 0</code> <code>BatteryStatus()[TDA] = 0</code>
警报	最小电芯电压 $1.2 ≤ CUV:Threshold$	<code>SafetyAlert()[CUV] = 1</code> <code>BatteryStatus()[TDA] = 1</code>
跳变	最小电芯电压 $1.2 ≤ CUV:Threshold$ 且持续时间达 <code>CUV:Delay</code>	<code>SafetyAlert()[CUV] = 0</code> <code>SafetyStatus()[CUV] = 1</code> <code>BatteryStatus()[FD] = 1</code> , <code>[TDA] = 0</code> <code>OperationStatus()[XDSG] = 1</code>
恢复	条件 1 : <code>SafetyStatus()[CUV] = 1</code> 且 最小电芯电压 $1.2 ≥ CUV:Recovery$ 且 <code>Protection Configuration[CUV_RECOV_CHG] = 0</code> 条件 2 : <code>SafetyStatus()[CUV] = 1</code> 且 最小电芯电压 $1.2 ≥ CUV:Recovery$ 且 <code>Protection Configuration[CUV_RECOV_CHG] = 1</code> 且 <code>[CUV_RECOV_CHG] = 1</code> 且 检测到正在充电 (即 <code>BatteryStatus[DSG] = 0</code>)	<code>SafetyAlert()[CUV] = 0</code> <code>BatteryStatus()[FD] = 0</code> , <code>[TDA] = 0</code> <code>OperationStatus()[XDSG] = 1</code>

2.3 电芯过压保护

该器件可以检测电芯中的过压情况，并通过防止进一步充电来保护电芯免受损坏。

备注

保护检测阈值可能会受到高级充电算法的温度设置值和测量温度的影响。

状态	条件	操作
正常, <i>ChargingStatus()</i> [UT] 或 [LT] = 1	最大电芯电压 1..2 < COV:Threshold Low Temp	<i>SafetyAlert()</i> [COV] = 0
正常, <i>ChargingStatus()</i> [STL] 或 [STH] = 1	最大电芯电压 1..2 < COV:Threshold Standard Temp	
正常, <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1	最大电芯电压 1..2 < COV:Threshold Rec Temp	
正常, <i>ChargingStatus()</i> [HT] 或 [OT] = 1	最大电芯电压 1..2 < COV:Threshold High Temp	
警报, <i>ChargingStatus()</i> [UT] 或 [LT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Low Temp	<i>SafetyAlert()</i> [COV] = 1 <i>BatteryStatus()</i> [TCA] = 1
警报, <i>ChargingStatus()</i> [STL] 或 [STH] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Standard Temp	
警报, <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Rec Temp	
警报, <i>ChargingStatus()</i> [HT] 或 [OT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold High Temp	
跳变, <i>ChargingStatus()</i> [UT] 或 [LT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Low Temp 且持续时间达 COV:Delay	<i>SafetyAlert()</i> [COV] = 0 <i>SafetyStatus()</i> [COV] = 1 <i>BatteryStatus()</i> [TCA] = 1 <i>OperationStatus()</i> [XCHG] = 1
跳变, <i>ChargingStatus()</i> [STL] 或 [STH] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Standard Temp 且持续时间达 COV:Delay	
跳变, <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold Rec Temp 且持续时间达 COV:Delay	
跳变, <i>ChargingStatus()</i> [HT] 或 [OT] = 1	最大电芯电压 1..2 ≥ COV:Threshold High Temp 且持续时间达 COV:Delay	
恢复, <i>ChargingStatus()</i> [UT] 或 [LT] = 1	<i>SafetyStatus()</i> [COV] = 1 且最大电芯电压 1..2 ≤ COV:Recovery Low Temp	<i>SafetyStatus()</i> [COV] = 0 <i>BatteryStatus()</i> [TCA] = 0 <i>OperationStatus()</i> [XCHG] = 0
恢复, <i>ChargingStatus()</i> [STL] 或 [STH] = 1	<i>SafetyStatus()</i> [COV] = 1 且最大电芯电压 1..2 ≤ COV:Recovery Standard Temp	
恢复, <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1	<i>SafetyStatus()</i> [COV] = 1 且最大电芯电压 1..2 ≤ COV:Recovery Rec Temp	
恢复, <i>ChargingStatus()</i> [HT] 或 [OT] = 1	<i>SafetyStatus()</i> [COV] = 1 且最大电芯电压 1..2 ≤ COV:Recovery High Temp	

2.4 充电过流保护

为了保护电芯免受不安全充电电流造成的损坏，该器件可以检测过流事件并禁用相应的 FET。

状态	条件	操作
正常	<i>Current()</i> < OCC:Threshold	<i>SafetyAlert()</i> [OCC] = 0
警报	<i>Current()</i> ≥ OCC:Threshold	<i>SafetyAlert()</i> [OCC] = 1
跳变	<i>Current()</i> 持续 ≥ OCC:Threshold 达 OCC:Delay	<i>SafetyAlert()</i> [OCC1] = 0 <i>SafetyStatus()</i> [OCC] = 1 <i>BatteryStatus()</i> [TCA] = 1 <i>OperationStatus()</i> [XCHG] = 1
恢复	[<i>SafetyStatus()</i> [OCC] = 1 且 <i>Current()</i> 持续 ≤ OCC:Recovery Threshold 达 OCC:Recovery Delay	<i>SafetyStatus()</i> [OCC] = 0 <i>BatteryStatus()</i> [TCA] = 0 <i>OperationStatus()</i> [XCHG] = 0

2.5 放电过流保护

为了保护电芯免受不安全负载电流造成的损坏，该器件可以检测过流事件并禁用相应的 FET。

状态	条件	操作
正常	$Current() > OCD:Threshold$	$SafetyAlert()[OCD] = 0$
警报	$Current() \leq OCD:Threshold$	$SafetyAlert()[OCD] = 1$
跳变	$Current()$ 持续 $\leq OCD:Threshold$ 达 $OCD:Delay$	$SafetyAlert()[OCD1] = 0$ $SafetyStatus()[OCD] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 0$ $OperationStatus()[XDSG] = 1$
恢复	$[SafetyStatus()[OCD] = 1]$ 且 $Current()$ 持续 $\geq OCD:Recovery Threshold$ 达 $OCD:Recovery Delay$	$SafetyStatus()[OCD] = 0$ $BatteryStatus()[TDA] = 0$ $OperationStatus()[XDSG] = 0$

2.6 基于硬件的保护

BQ28Z610-R2 器件具有三种主要的基于硬件的保护机制，即 AOLD、ASCC 和 ASCD1,2，这些保护机制具有可调电流和延迟时间。通过设置 **AFE Protection Configuration[RSNS]**，可将阈值分为两半。**Threshold** 设置值以 mV 为单位；因此，触发保护机制的实际电流基于原理图设计中使用的 R_{SENSE} （请参阅 [BQ28Z610-R1 1 至 2 芯串联锂离子电池组管理器数据表](#)）。

此外，设置 **AFE Protection Configuration[SCDDx2]** 位提供了一个选项，用于将所有 SCD1,2 延迟时间加倍，从而以最大的灵活度满足应用的需求。

有关如何配置 AFE 硬件保护功能的详细信息，请参阅 [AFE 阈值和延迟设置](#) 中的表。

所有基于硬件的保护功能都提供短期跳变/恢复保护来解决电流尖峰问题。故障保护功能检测电流尖峰，并在一个延迟时间后关断两个 FET。然后在长达 250ms 的延迟后，与故障情况相关的不合适的 FET 将重新开启。恢复方法是在 **Protections** 中设置的基于计时器的恢复模式。

通常，当在 **Delay** 时间后检测到故障时，CHG 和 DSG FET 都将被禁用（跳变阶段）。两个 FET 均关断，因此电流将降至 0mA。在 **Recovery** 时间后，CHG FET 或 DSG FET 将根据故障情况再次开启（恢复阶段）。

以下每个基于硬件的保护相关章节中都介绍了跳变/恢复。

备注

BQ28Z610-R2 器件上没有 **PRES** 引脚。

2.6.1 放电过载保护

该器件提供了基于硬件的放电过载保护，电流和延迟可调。

状态	条件	操作
正常	$Current() > (AOLD Threshold[3:0]/R_{SENSE})$	$SafetyAlert()[AOLD] = 0$
跳变	$Current()$ 持续 $\leq (AOLD Threshold[3:0]/R_{SENSE})$ 达 AOLD Threshold[7:4]	$SafetyStatus()[AOLD] = 1$ $OperationStatus()[XDSG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[AOLD] = 1$ 持续时间达 OLD:Recovery	$SafetyStatus()[AOLD] = 0$ $OperationStatus()[XDSG] = 0$

2.6.2 充电短路保护

该器件提供了基于硬件的充电短路保护，电流和延迟可调。

状态	条件	操作
正常	$Current() > (ASCC Threshold[2:0]/R_{SENSE})$	$SafetyAlert()[ASCC] = 0$

状态	条件	操作
跳变	$Current() \leq (ASCC\ Threshold[2:0]/R_{SENSE})$ 达 ASCC Threshold[7:4]	$SafetyStatus()[ASCC] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $OperationStatus()[XCHG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[ASCC] = 1$ 达 SCC:Recovery	$SafetyStatus()[ASCC] = 0$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $OperationStatus()[XCHG] = 0$

2.6.3 放电短路保护

该器件提供了基于硬件的放电短路保护，电流和延迟可调。

状态	条件	操作
正常	$Current() > (ASCD1\ Threshold[2:0]/R_{SENSE})$ 且 $Current() > (ASCD2\ Threshold[2:0]/R_{SENSE})$	$SafetyAlert()[ASCD] = 0$
跳变	$Current() \leq (ASCD1\ Threshold[2:0]/R_{SENSE})$ 达 SCD1Threshold[7:4] 或 $Current() \leq (ASCD2\ Threshold[2:0]/R_{SENSE})$ 达 ASCD2Threshold[7:4]	$SafetyStatus()[ASCD] = 1$ $OperationStatus()[XD SG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[ASCD] = 1$ 达 SCD:Recovery	$SafetyStatus()[ASCD] = 0$ $OperationStatus()[XD SG] = 0$

2.7 温度保护

该器件提供基于电芯温度测量的过热和欠温保护。基于电芯温度的保护进一步分为充电方向的保护和放电方向的保护。本节详细介绍了每种保护功能。

对于温度报告，该器件最多支持一个外部热敏电阻和一个内部温度传感器。必须通过清除 **Settings:Temperature Enable[TS1][TSInt]** 中的相应标志来禁用未使用的温度传感器。

Settings:DA Configuration[CTEMP] 允许用户使用源温度传感器的最大值 ($[CTEMP] = 0$) 或平均值 ($[CTEMP] = 1$) 进行电芯温度报告。

Temperature() 命令返回电芯温度测量值。MAC 和扩展命令 **DAStatus2()** 还会返回来自内部温度传感器和外部热敏电阻 TS1 的测量值以及电芯温度测量值。

基于电芯温度的过热和欠温安全功能可在充电和放电条件下提供保护。当 $BatteryStatus()[DSG] = 0$ ($Current() > Chg\ Current\ Threshold$) 时电池组处于 CHARGE 模式。在该模式下，充电过热和欠温保护处于活动状态。在 NON-CHARGE 模式条件下 $BatteryStatus()[DSG]$ 设置为 1，该模式条件包含 RELAX 和 DISCHARGE 模式。在这两种模式下，放电过热和欠温保护处于活动状态。有关电量监测计模式的详细说明，请参阅节 6.3。

2.8 充电过热保护

该器件针对电芯充电提供了过热保护功能。

状态	条件	操作
正常	$Temperatures() < OTC:Threshold$ 或未在充电	$SafetyAlert()[OTC] = 0$
警报	$Temperatures() \geq OTC:Threshold$ 且正在充电	$SafetyAlert()[OTC] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$
跳变	$Temperatures() \geq OTC:Threshold$ 且充电持续时间达 OTC:Delay	$SafetyAlert()[OTC] = 0$ $SafetyStatus()[OTC] = 1$ $BatteryStatus()[OTA] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 0$ $OperationStatus()[XCHG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[OTC]$ 且 $Temperatures()$ 中的电芯温度 $\leq OTC:Recovery$	$SafetyStatus()[OTC] = 0$ $BatteryStatus()[OTA] = 0$ $BatteryStatus()[TCA] = 0$ $OperationStatus()[XCHG] = 0$

2.9 放电过热保护

该器件针对处于 DISCHARGE 或 RELAX 状态 (即非充电状态 , $BatteryStatus[DSG] = 1$) 的电芯提供了过热保护功能。

状态	条件	操作
正常	$Temperatures() < OTD:Threshold$ 或正在充电	$SafetyAlert()[OTD] = 0$
警报	$Temperatures() \geq OTD:Threshold$ 且未在充电 (即 $BatteryStatus[DSG] = 1$)	$SafetyAlert()[OTD] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 1$
跳变	$Temperatures()$ 中的电芯温度 $\geq OTD:Threshold$ 且未在充电 (即 $BatteryStatus[DSG] = 1$) 持续时间达 $OTD:Delay$	$SafetyAlert()[OTD] = 0$ $SafetyStatus()[OTD] = 1$ $BatteryStatus()[OTA] = 1$ $OperationStatus()[XDSG] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 0$
恢复	$SafetyStatus()[OTD]$ 且 $Temperatures()$ 中的电芯温度 $\leq OTD:Recovery$	$SafetyStatus()[OTD] = 0$ $BatteryStatus()[OTA] = 0$ $OperationStatus()[XDSG] = 0$ $BatteryStatus()[TDA] = 0$

2.10 充电欠温保护

该器件为电芯在充电方向上提供了欠温保护。

状态	条件	操作
正常	$Temperatures() > UTC:Threshold$ 或未在充电	$SafetyAlert()[UTC] = 0$
警报	$Temperatures() \leq UTC:Threshold$ 且正在充电	$SafetyAlert()[UTC] = 1$
跳变	$Temperatures() \leq UTC:Threshold$ 且充电持续时间达 $UTC:Delay$	$SafetyAlert()[UTC] = 0$ $SafetyStatus()[UTC] = 1$ $OperationStatus()[XCHG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[UTC]$ 且 $Temperatures() \geq UTC:Recovery$	$SafetyStatus()[UTC] = 0$ $OperationStatus()[XCHG] = 0$

2.11 放电欠温保护

该器件针对处于 DISCHARGE 或 RELAX 状态 (即非充电状态 , $BatteryStatus[DSG] = 1$) 的电芯提供了欠温保护功能。

状态	条件	操作
正常	$Temperatures() > UTD:Threshold$ 或正在充电	$SafetyAlert()[UTD] = 0$
警报	$Temperatures() \leq UTD:Threshold$ 且未在充电 (即 $BatteryStatus[DSG] = 1$)	$SafetyAlert()[UTD] = 1$
跳变	$Temperatures() \leq UTD:Threshold$ 且未在充电 (即 $BatteryStatus[DSG] = 1$) 达 $UTD:Delay$	$SafetyAlert()[UTD] = 0$ $SafetyStatus()[UTD] = 1$ $OperationStatus()[XDSG] = 1$
恢复	$SafetyStatus()[UTD]$ 且 $Temperatures() \geq UTD:Recovery$	$SafetyStatus()[UTD] = 0$ $BatteryStatus()[OTA] = 0$ $OperationStatus()[XDSG] = 0$

2.12 预充电超时保护

该器件可以测量预充电时间, 如果超过可调时长, 则停止充电。

状态	条件	操作
启用	$Current() > PTO:Charge Threshold$ 且 $ChargingStatus()[PV] = 1$	启动 PTO 计时器 $SafetyAlert()[PTOS] = 0$
暂停或恢复	$Current() < PTO:Suspend Threshold$	停止 PTO 计时器 $SafetyAlert()[PTOS] = 1$

状态	条件	操作
跳变	PTO 计时器 > PTO:Delay	停止 PTO 计时器 <i>SafetyStatus()[PTO]</i> = 1 <i>OperationStatus()[XCHG]</i> = 1
复位	<i>SafetyStatus()[PTO]</i> = 1 且 (放电量 PTO:Reset)	停止并复位 PTO 计时器 <i>SafetyAlert()[PTOS]</i> = 0 <i>SafetyStatus()[PTO]</i> = 0 <i>BatteryStatus()[TCA]</i> = 0 <i>OperationStatus()[XCHG]</i> = 0

2.13 快速充电超时保护

该器件可以测量充电时间，如果超过可调时长，则停止充电。

状态	条件	操作
启用	<i>Current()</i> > CTO:Charge Threshold 且 (<i>ChargingStatus()[LV]</i> = 1 或 <i>ChargingStatus()[MV]</i> = 1 或 <i>ChargingStatus()[HV]</i> = 1)	启动 CTO 计时器 <i>SafetyAlert()[CTOS]</i> = 0
暂停或恢复	<i>Current()</i> < CTO:Suspend Threshold	停止 CTO 计时器 <i>SafetyAlert()[CTOS]</i> = 1
跳变	CTO 时间 > CTO:Delay	停止 CTO 计时器 <i>SafetyStatus()[CTO]</i> = 1 <i>BatteryStatus()[TCA]</i> = 1 <i>OperationStatus()[XCHG]</i> = 1
复位	<i>SafetyStatus()[CTO]</i> = 1 且 (放电量 CTO:Reset)	停止并复位 CTO 计时器 <i>SafetyAlert()[CTOS]</i> = 0 <i>SafetyStatus()[CTO]</i> = 0 <i>BatteryStatus()[TCA]</i> = 0 <i>OperationStatus()[XCHG]</i> = 0



3.1 引言

如果发生严重故障（例如指令闪存检查 (IFC) 或数据闪存写入 (DFW) 中的错误），那么该器件可能永久禁用电池组。如果在上电复位时签名未能通过验证，那么电量监测计会设置 IFC 故障。如果电量监测计无法成功编程数据闪存更新（读回验证失败），则电量监测计会设置 DFW 故障。当检测到其中一种故障模式时，将依次执行以下操作：

1. 充电和放电 FET 关断。
2. **OperationStatus()[PF] = 1**
3. 以下数据发生变化：**BatteryStatus()[TCA] = 1**、**BatteryStatus()[TDA] = 1**、**ChargingCurrent() = 0** 和 **ChargingVoltage() = 0**。
4. 内部 AFE 硬件寄存器备份被写入数据闪存：**AFE Interrupt Status**、**AFE FET Status**、**AFE RXIN**、**AFE Latch Status**、**AFE Interrupt Enable**、**AFE FET Control**、**AFE RXIEN**、**AFE Cell Balance**、**AFE AD/CC Control**、**AFE ADC Mux**、**AFE State Control**、**Wake Control**、**AFE Protection Control**、**AFE OCD**、**AFE SCC**、**AFE SCD1** 和 **AFE SCD2**。
5. 以下值保存在数据闪存中以进行失效分析：
 - **SafetyAlert()**
 - **SafetyStatus()**
 - **OperationStatus()**
 - **ChargingStatus()**
 - **GaugingStatus()**
 - **DAStatus1()** 中的电压
 - **Current()**
 - **DAStatus2()** 中的 TSINT、TS1
 - 电芯 DOD0 和消耗的电荷
6. 数据闪存写入被禁用。

当该器件处于此 PERMANENT FAIL 模式时，任何新设置的 **SafetyAlert()**、**SafetyStatus()** 标志都会添加到永久失效日志中。

3.2 电芯过压安全永久失效

如果任何一个电芯出现严重过压情况，那么该器件可能永久禁用电池。

状态	条件	操作
正常	DAStatus1() 中的所有电芯电压 < SOV:Threshold	PFAAlert()[SOV] = 0
警报	DAStatus1() 中的任何电芯电压 ≥ SOV:Threshold	PFAAlert()[SOV] = 1 BatteryStatus()[TCA] = 1 BatteryStatus()[OCA] = 1
跳变	DAStatus1() 中的任何电芯电压持续 ≥ SOV:Threshold 达 SOV:Delay	PFAAlert()[SOV] = 0 PFStatus()[SOV] = 1 BatteryStatus()[OCA] = 1 BatteryStatus()[TCA] = 1 BatteryStatus()[TDA] = 1

3.3 静止时电压不平衡永久失效

如果在静止时电芯堆中的电芯之间存在电压差，那么该器件可能永久禁用电池组。

状态	条件	操作
正常	$CellVoltage0..1() < VIMR:Check\ Voltage$ 或 $ Current() > VIMR:Check\ Current$ 或 $\Delta(CellVoltage0..1()) < VIMR:Delta\ Threshold$	$PFAAlert()[VIMR] = 0$
警报	$Any(CellVoltage0..1()) \geq VIMR:Check\ Voltage$ 且 $ Current() < VIMR:Check\ Current$ 达 $VIMR:Duration$ 且 $\Delta(CellVoltage0..1()) \geq VIMR:Delta\ Threshold$	$PFAAlert()[VIMR] = 1$
跳变	$Any(CellVoltage0..1()) \geq VIMR:Check\ Voltage$ 且 $ Current() < VIMR:Check\ Current$ 达 $VIMR:Duration$ 且 $\Delta(CellVoltage0..1()) \geq VIMR:Delta\ Threshold$ 达 $VIMR:Delta\ Delay$	$PFAAlert()[VIMR] = 0$ $PFStatus()[VIMR] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 1$

3.4 有效运行时电压不平衡永久失效

如果在有效运行时电芯堆中的电芯之间存在电压差，那么该器件可能永久禁用电池组。

状态	条件	操作
正常	$CellVoltage0..13() < VIMA:Check\ Voltage$ 或 $ Current() < VIMA:Check\ Current$ 或 $\Delta(CellVoltage0..1()) < VIMA:Delta\ Threshold$	$PFAAlert()[VIMA] = 0$
警报	$Any(CellVoltage0..1()) \geq VIMA:Check\ Voltage$ 且 $ Current() > VIMA:Check\ Current$ 达 $VIMA:Duration$ 且 $\Delta(CellVoltage0..1()) \geq VIMA:Delta\ Threshold$	$PFAAlert()[VIMA] = 1$
跳变	$Any(CellVoltage0..1()) \geq VIMA:Check\ Voltage$ 且 $ Current() > VIMA:Check\ Current$ 达 $VIMA:Duration$ 且 $\Delta(CellVoltage0..1()) \geq VIMA:Delta\ Threshold$ 达 $VIMA:Delay$	$PFAAlert()[VIMA] = 0$ $PFStatus()[VIMA] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 1$

3.5 充电 FET 永久性故障

3.5.1 说明

如果充电 (CHG) FET 无法正常工作，那么该器件将进入 PERMANENT FAILURE 模式。

状态	条件	操作
正常	CHG FET 关断且 $Current() < CFET:OFF\ Threshold$	$PFAAlert()[CFETF] = 0$
警报	CHG FET 关断且 $Current() \geq CFET:OFF\ Threshold$	$PFAAlert()[CFETF] = 1$
跳变	CHG FET 关断且 $Current()$ 持续 $\geq CFET:OFF\ Threshold$ 达 $CFET:OFF\ Delay$	$PFAAlert()[CFETF] = 0$ $PFStatus()[CFETF] = 1$

表 3-1. CFET 数据闪存配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	CFET	OFF Threshold	I2	0	500	5	mA
Permanent Fail	CFET	Delay	U1	0	255	5	s

3.5.2 功能启用/禁用

在 **Enable PF C** 中设置 **CFETF** 时该功能启用。

3.6 放电 FET 永久性故障

3.6.1 说明

如果放电 (DSG) FET 无法正常工作，那么该器件将进入 PERMANENT FAILURE 模式。

状态	条件	操作
正常	DSG FET 关断且 $Current() > DFET:OFF Threshold$	$PFAAlert()[DFETF] = 0$
警报	DSG FET 关断且 $Current() \leq DFET:OFF Threshold$	$PFAAlert()[DFETF] = 1$
跳变	DSG FET 关断且 $Current()$ 持续 $\leq DFET:OFF Threshold$ 达 $DFET:OFF Delay$	$PFAAlert()[DFETF] = 0$ $PFAStatus()[DFETF] = 1$

表 3-2. DFET 数据闪存配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Permanent Fail	DFET	OFF Threshold	I2	- 500	0	- 5	mA
Permanent Fail	DFET	Delay	U1	0	255	5	s

3.6.2 功能启用/禁用

在 **Enable PF C** 中设置 **DFETF** 时该功能启用。

3.7 指令闪存 (IF) 校验和永久失效

如果该器件仅在器件复位后检测到存储的 IF 校验和与计算出的 IF 校验和之间的差异，则该器件可能永久禁用电池。

状态	条件	操作
正常	存储和计算出的 IF 校验和匹配	—
跳变	复位后存储和计算出的 IF 校验和不匹配。	$PFAStatus()[IFC] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 1$

3.8 数据闪存 (DF) 永久失效

如果数据闪存写入失败，那么该器件可能永久禁用电池。

备注

DF 写入失败会导致电量监测计禁用进一步 DF 写入。

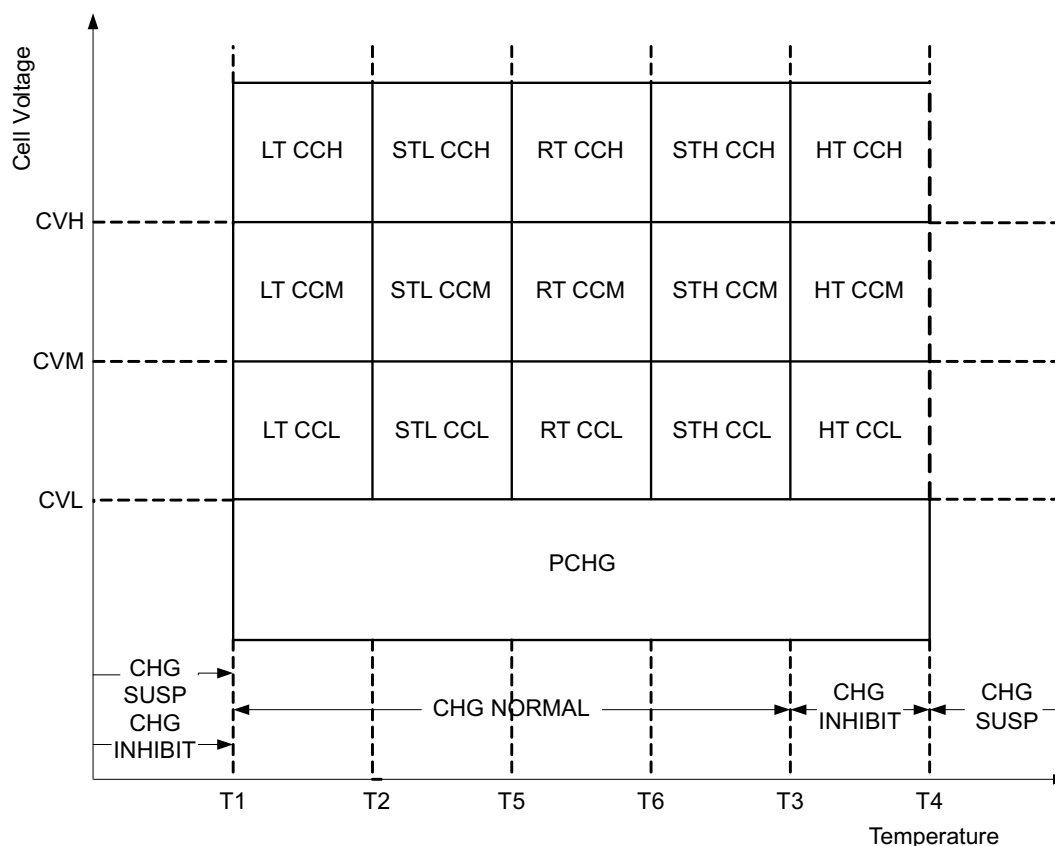
状态	条件	操作
正常	数据闪存写入正常	—
跳变	数据闪存写入不成功	$PFAStatus()[DFW] = 1$ $BatteryStatus()[TCA] = 1$ $BatteryStatus()[TDA] = 1$

This page intentionally left blank.



4.1 引言

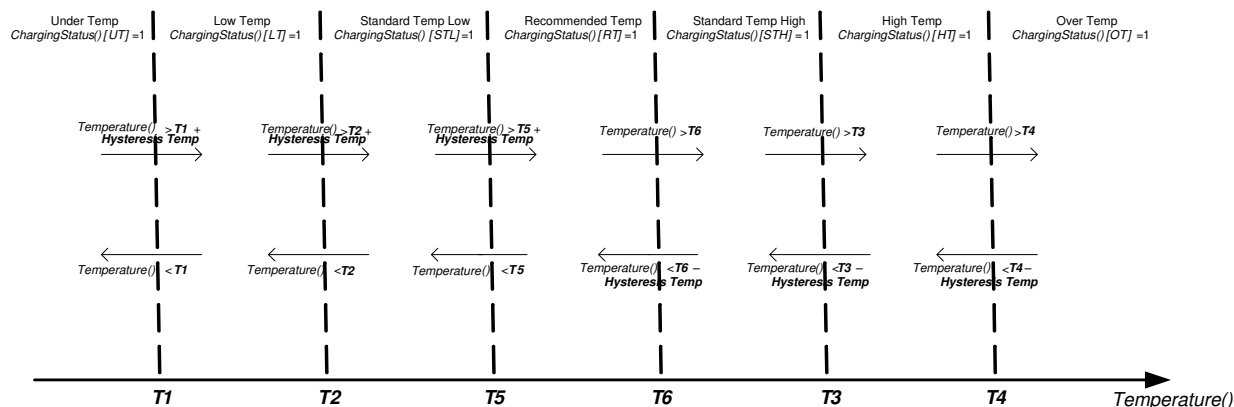
该器件可以根据 *Temperature()* 和 *Cell Voltage1..2()* 更改 *ChargingVoltage()* 和 *ChargingCurrent()* 的值。该器件灵活的充电算法与 JEITA 兼容，还可以满足其他特定电芯制造商的充电要求。*ChargingStatus()* 寄存器可显示充电算法的状态。



4.2 充电温度范围

测量的温度被划分为几个温度范围。充电算法根据温度范围调整 *ChargingCurrent()* 和 *ChargingVoltage()*。数据闪存中设置的温度范围应遵循以下格式：

$$T1 \leq T2 \leq T5 \leq T6 \leq T3 \leq T4$$

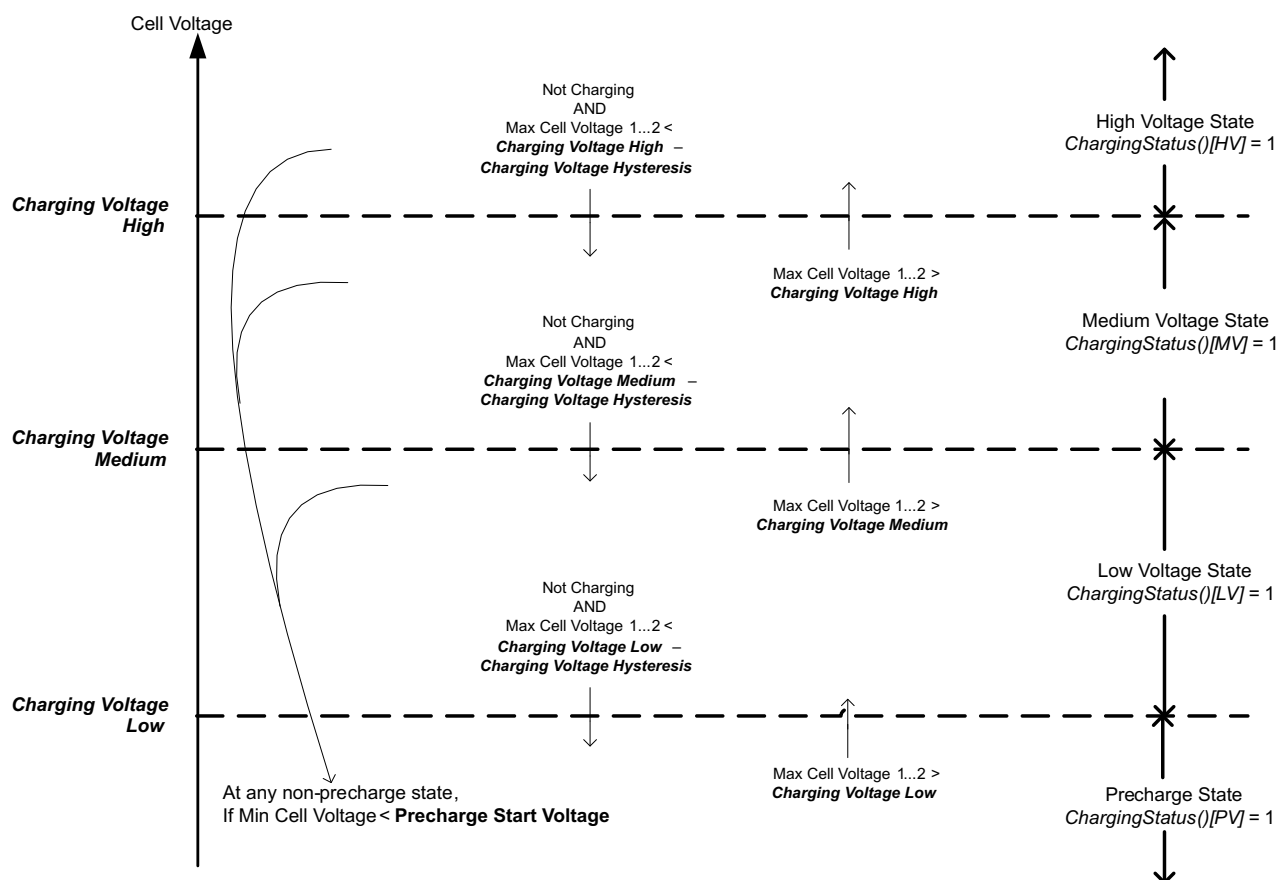


4.3 电压范围

测得的电芯电压被划分为几个电压范围。充电算法根据温度范围和电压范围对 `ChargingCurrent()` 进行调整。数据闪存中设置的电压范围应遵循以下格式：

Charging Voltage Low ≤ Charging Voltage Med ≤ Charging Voltage High ≤ × Temp Charging:Voltage

其中 x 是标准或建议值。**Low Temp Charging:Voltage** 和 **High Temp Charging:Voltage** 不一定为最高设置值，具体取决于特定的充电曲线。



4.4 充电电流

`ChargingCurrent()` 值根据充电算法检测到的温度和电压而变化。

Charging Configuration[CRATE] 标志提供了根据 $FullChargeCapacity()/DesignCapacity()$ 调整 $ChargingCurrent()$ 的选项。

例如，当 **[CRATE] = 1** 时，如果 $FullChargeCapacity()/DesignCapacity() = 90\%$ 且 **Rec Temp Charging: Current Med** 根据充电算法处于活动状态，则 $ChargingCurrent() = Rec\ Temp\ Charging: Current\ Med \times 90\%$ 。

备注

表优先级从上到下依次降低。

Temp Range	Voltage Range	条件	操作
不限	不限	$OperationStatus()[XCHG] = 1$	$ChargingCurrent() = 0$
UT 或 OT	不限	—	$ChargingCurrent() = 0$
不限	PV	—	$ChargingCurrent() = Pre-Charging:Current$
不限	LV、MV 或 HV	$ChargingStatus()[MCHG] = 1$	$ChargingCurrent() = Maintenance\ Charging:Current$
LT	LV	—	$ChargingCurrent() = Low\ Temp\ Charging:Current\ Low$
	MV	—	$ChargingCurrent() = Low\ Temp\ Charging:Current\ Med$
	HV	—	$ChargingCurrent() = Low\ Temp\ Charging:Current\ High$
STL 或 STH	LV	—	$ChargingCurrent() = Standard\ Temp\ Charging:Current\ Low$
	MV	—	$ChargingCurrent() = Standard\ Temp\ Charging:Current\ Med$
	HV	—	$ChargingCurrent() = Standard\ Temp\ Charging:Current\ High$
RT	LV	—	$ChargingCurrent() = Rec\ Temp\ Charging:Current\ Low$
	MV	—	$ChargingCurrent() = Rec\ Temp\ Charging:Current\ Med$
	HV	—	$ChargingCurrent() = Rec\ Temp\ Charging:Current\ High$
HT	LV	—	$ChargingCurrent() = High\ Temp\ Charging:Current\ Low$
	MV	—	$ChargingCurrent() = High\ Temp\ Charging:Current\ Med$
	HV	—	$ChargingCurrent() = High\ Temp\ Charging:Current\ High$

4.5 充电电压

ChargingVoltage() 根据采用充电算法检测到的温度而变化。

备注

表优先级从上到下依次降低。

温度范围	条件	操作
不限	$OperationStatus()[XCHG] = 1$	$ChargingVoltage() = 0$
UT 或 OT	—	$ChargingVoltage() = 0$
LT	—	$ChargingVoltage() = Low\ Temp\ Charging:Voltage \times (DA\ Configuration[Cell\ Count] + 1)$
STL 或 STH	—	$ChargingVoltage() = Standard\ Temp\ Charging:Voltage \times (DA\ Configuration[Cell\ Count] + 1)$
RT	—	$ChargingVoltage() = Rec\ Temp\ Charging:Voltage \times (DA\ Configuration[Cell\ Count] + 1)$
HT	—	$ChargingVoltage() = High\ Temp\ Charging:Voltage \times (DA\ Configuration[Cell\ Count] + 1)$

4.6 有效充电终止

必须满足充电终止条件才能启用有效充电终止。根据标志设置，该器件在充电终止时具有以下操作：

- 如果 **FET Options[CHGFET] = 1** 且 $GaugingStatus()[TC] = 1$ ，则 CHG FET 关断。

- 如果 **Gauging Configuration[CSYNC]** = 1，则 **RemainingCapacity()** = **FullChargeCapacity()**。
- 如果 **Gauging Configuration[RSOCL]** = 1，则 **RelativeStateOfCharge()** 和 **RemainingCapacity()** 在发生充电终止之前一直保持为 99%。仅在进入充电终止时显示为 100%。
- 如果 **Gauging Configuration[RSOCL]** = 0，则 **RelativeStateOfCharge()** 和 **RemainingCapacity()** 直到发生充电终止时才保持为 99%。大于 99% 的百分比将向上舍入以显示为 100%。

状态	条件	操作
正在充电	GaugingStatus()[REST] = 0 且 GaugingStatus()[DSG] = 0	充电算法处于活动状态
有效充电终止	以下所有情况必须出现并持续两个连续的 40s： 正在充电 (即 BatteryStatus[DSG] = 0) 且 AverageCurrent() < Charge Term Taper Current 且 Max (CellVoltage2...1) + Charge Term Voltage ≥ ChargingVoltage() /串联电芯数且 容量的累积变化 > 0.25mAh	ChargingStatus()[VCT] = 1 ChargingStatus()[MCHG] = 1 ChargingVoltage() = 充电算法 ChargingCurrent() = 充电算法 BatteryStatus()[FC] = 1 且 GaugingStatus()[FC] = 1 (如果 SOCFlagConfig A[FCSETVCT] = 1) BatteryStatus()[TCA] = 1 且 GaugingStatus()[TCA] = 1 (如果 SOCFlagConfig B[TCSETVCT] = 1)

4.7 充电和放电警报

可以在充电终止时基于 RSOC 或电芯电压设置 **GaugingStatus()** 中的 **[TC]** 和 **[FC]** 位。如果选择了多个设置和清除条件，则只要满足有效的设置或清除条件，就会设置相应的标志。如果设置和清除条件同时为真，则标志将被清除。相同的功能适用于 **GaugingStatus()** 中的 **[TD]** 和 **[FD]** 位。

备注

GaugingStatus[TC][TD][FC][FD] 是仅基于电量监测条件的状态标志。这些标志基于 **SOCFlagConfigA** 和 **SOCFlagConfigB** 进行设置和清除。

BatteryStatus[TCA][TDA][FC][FD] 标志将根据 **GaugingStatus[TC][TD][FC][FD]** 标志以及安全和永久性故障保护状态进行设置和清除。

下表总结了用于设置和清除 **GaugingStatus()** 中的 **[TC]** 和 **[FC]** 标志的选项。

标志	设置标准	设置条件	启用
[TC]	电芯电压	Max cell voltage1..2 ≥ TC: Set Voltage Threshold	SOCFlagConfigA[TCSetV] = 1
	RSOC	RelativeStateOfCharge() > = TC: Set % RSOC Threshold	SOCFlagConfigA[TCSetRSOC] = 1
	有效充电终止 (默认启用)	当 ChargingStatus[VCT] = 1 时	SOCFlagConfigA[TCSetVCT] = 1
[FC]	电芯电压	Max cell voltage1..2 ≥ FC: Set Voltage Threshold	SOCFlagConfigB[FCSetV] = 1
	RSOC	RelativeStateOfCharge() > = FC: Set % RSOC Threshold	SOCFlagConfigB[FCSetRSOC] = 1
	有效充电终止 (默认启用)	当 ChargingStatus[VCT] = 1 时	SOCFlagConfigA[FCSetVCT] = 1

标志	清除标准	清除条件	启用
[TC]	电芯电压	Max cell voltage1..2 ≤ TC: Clear Voltage Threshold	SOCFlagConfigA[TCClearV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≤ TC: Clear % RSOC Threshold	SOCFlagConfigA[TCClearRSOC] = 1
[FC]	电芯电压	Max cell voltage1..2 ≤ FC: Clear Voltage Threshold	SOCFlagConfigB[FCClearV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≤ FC: Clear % RSOC Threshold	SOCFlagConfigB[FCClearRSOC] = 1

下表总结了用于设置和清除 *BatteryStatus()* 和 *GaugingStatus()* 中的 *[TD]* 和 *[FD]* 标志的各种选项。

标志	设置标准	设置条件	启用
<i>[TD]</i>	电芯电压	Max cell voltage _{1..2} ≤ TD: Set Voltage Threshold	SOCFlagConfigA[TDSetV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≤ TD: Set % RSOC Threshold	SOCFlagConfigA[TDSetRSOC] = 1
<i>[FD]</i>	电芯电压	Max cell voltage _{1..2} ≤ FD: Set Voltage Threshold	SOCFlagConfigB[FDSetV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≤ FD: Set % RSOC Threshold	SOCFlagConfigB[FDSetRSOC] = 1

标志	清除标准	清除条件	启用
<i>[TD]</i>	电芯电压	Max cell voltage _{1..2} ≥ TD: Clear Voltage Threshold	SOCFlagConfigA[TDClearV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≥ TD: Clear % RSOC Threshold	SOCFlagConfigA[TDClearRSOC] = 1
<i>[FD]</i>	电芯电压	Max cell voltage _{1..2} ≥ FD: Clear Voltage Threshold	SOCFlagConfigB[FDClearV] = 1
	RSOC (默认启用)	RelativeStateOfCharge() ≥ FD: Clear % RSOC Threshold	SOCFlagConfigB[FDClearRSOC] = 1

4.8 终止充电和放电警报

触发保护功能时，会根据电量监测状态和安全保护功能设置 *BatteryStatus()*[*TCA*][*TDA*][*FD*][*OCA*][*OTA*] 标志。以下是设置条件及其各种警报标志的汇总：

[TCA] = 1

- *SafetyAlert()*[*OCC*]、*[COV]*、*[OTC]* = 1 或
- *GaugingStatus()*[*TC*] = 1 且处于 CHARGE 模式

[OCA] = 1 (如果

- *SafetyStatus()*[*OC*] = 1 且处于 CHARGE 模式)

[TDA] = 1

- *SafetyAlert()*[*OCD*]、*[COV]*、*[OTC]* = 1 或
- *GaugingStatus()*[*TD*] = 1 且处于 DISCHARGE 模式

[FD] = 1 (如果

- *GaugingStatus()*[*FD*] = 1)

[OTA] = 1 (如果

- *SafetyStatus()*[*OTC*]、*[OTD]* = 1)

4.9 预充电

如果任何电芯电压低于 **Charging Voltage Low**，那么该器件进入 PRECHARGE 模式。可以在 PRECHARGE 模式下使用外部 CHG FET。如果设置 **Pre-Charging: Current** = 0mA，则会通过请求充电器提供 0mA 充电电流来禁用预充电功能。*[PCHG]* = 1。在 PRECHARGE 模式下使用 CHG FET。

该器件还支持 0V 充电。当电池组电压低于该器件的最低工作电压时，该器件会自动启用硬件 0V 充电电路。有关 BQ28Z610-R2 电气规格，请参阅 *BQ28Z610 1 至 2 芯串联锂离子电池组管理器数据表 (SLUSAS3)*。

4.10 充电维护

达到充电终止后，充电维护 **[MCHG]** 功能使得充电能够进行。只有在未设置 **GaugingStatus()[TC]** 时才能进行该操作。这意味着要使用充电维护功能。不应启用 **[TCSETSOC]**，相反，可以使用 **[TCSETV]** 基于电压来停止充电维护功能。此外，应禁用 **[CHGFET]**，以便在检测到有效主要终止时充电 FET 不开启。

状态	条件	操作
设置	ChargingStatus()[IN] = 0 且 ChargingStatus()[SU] = 0 且 ChargingStatus()[PV] = 0 且 GaugingStatus()[TCA] = 1	ChargingStatus()[MCHG] = 1 ChargingVoltage() = 充电算法 ChargingCurrent() = 充电算法
清除	ChargingStatus()[IN] = 1 或 ChargingStatus()[SU] = 1 或 ChargingStatus()[PV] = 1 或 GaugingStatus()[TCA] = 0	ChargingStatus()[MCHG] = 0 ChargingVoltage() = 充电算法 ChargingCurrent() = 充电算法

4.11 BROADCAST 模式

备注

[TI.com](https://www.ti.com) 上 BQ28Z610-R2 产品文件夹中的最新固件版本提供了 BROADCAST 模式。出厂版本中不包含 BROADCAST 模式。

BQ28Z610-R2 电量监测计使智能电池成为 I²C 主机，将充电电压和电流广播到智能电池充电器。这样，充电器和电量监测计就可以自主运行以动态调整充电条件，而无需启动或激活主机或系统。更多相关信息，请参阅 [充电器](#)。

[BCAST] 位可启用对主机或智能充电器的所有广播。当 **[BCAST]** 位启用时，将发送以下广播：

- 向智能充电器 **Device Address** 发送 **ChargingVoltage()** 和 **ChargingCurrent()** 广播，可以在 **Broadcast Pacing** 中设置广播周期。可以分别在数据闪存寄存器 **Voltage Register** 和 **Current Register** 中配置为将 **ChargingVoltage()** 和 **ChargingCurrent()** 值写入充电器器件而访问的目标寄存器。

4.12 充电禁用和放电禁用

如果检测到某些安全条件，BQ28Z610-R2 器件可能会禁用充电，设置 **OperationStatus()[XCHG] = 0**。

状态	条件	操作
正常	SafetyStatus()[COV] = 0 且 SafetyStatus()[OCC] = 0,0 且 SafetyStatus()[ASCC] = 0 且 SafetyStatus()[CTO] = 0 且 SafetyStatus()[PTO] = 0 且 GaugingStatus()[TCA] = 0 (如果 Charging Configuration[CHGFET] = 1)	ChargingVoltage() = 充电算法 ChargingCurrent() = 充电算法 OperationStatus()[XCHG] = 0
跳变	ManufacturingStatus()[FET_EN] = 0 或 SafetyStatus()[COV] = 1 或 SafetyStatus()[OCC] = 1 或 SafetyStatus()[ASCC] = 1 或 SafetyStatus()[CTO] = 1 或 SafetyStatus()[PTO] = 1 或 SafetyStatus()[OC] = 1 或 SafetyStatus()[UTC] = 1 或 SafetyStatus()[OTC] = 1 ChargingStatus()[IN] = 1 (如果 [CHGIN] = 1) 或 ChargingStatus()[SU] = 1 (如果 [CHGSU] = 1) 或 OperationStatus()[SLEEP] = 1 (如果 [SLEEPCHG] = 0) 或 GaugingStatus()[TCA] = 1 (如果 Charging Configuration[CHGFET] = 1)	ChargingVoltage() = 0 ChargingCurrent() = 0 OperationStatus()[XCHG] = 1

同样，如果检测到以下任何条件，那么该器件可能会在某些安全条件下禁用放电，设置 **OperationStatus()[XDSG] = 1**：

- *ManufacturingStatus()*[FET_EN] = 0 或
- 任何 *PFStatus()* 设置或
- *SafetyStatus()*[OCD] 或 [CUV] 或 [AOLD] 或 [ASCD] 或 [UTD] = 1 或
- *SafetyStatus()*[OTD] = 1 或
- *OperationStatus()*[SDM] = 1 且延迟时间 > **FET Off Time** 或
- *OperationStatus()*[SDV] = 1 且低电压时间 ≥ **Shutdown Time**。

4.13 充电禁止

在高温和低温条件下，BQ28Z610-R2 器件可能会禁止充电功能，以防止电芯损坏。该功能可以防止在温度处于禁止范围时开始充电；因此，如果该器件在温度达到禁止范围时已经处于充电状态，则不会检测到禁止状态，在充电停止之前不会发生 FET 操作。相反，在温度处于禁止范围时，必须使用充电暂停功能来停止充电。

状态	条件	操作
正常	<i>ChargingStatus()</i> [LT] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [STL] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [STH] = 1	<i>ChargingStatus()</i> [IN] = 0 <i>ChargingVoltage()</i> = 充电算法 <i>ChargingCurrent()</i> = 充电算法
跳变	未在充电且 (<i>ChargingStatus()</i> [HT] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [OT] = 1) 或 <i>ChargingStatus()</i> [UT] = 1	<i>ChargingStatus()</i> [IN] = 1 <i>ChargingStatus()</i> [SU] = 0 <i>ChargingVoltage()</i> = 0 <i>ChargingCurrent()</i> = 0 <i>ChargingCurrent()</i> [XCHG] = 1 (如果 FET Options [CHGIN] = 1)

4.14 充电暂停

在高温和低温条件下，该器件可能会停止充电，以防电芯损坏。充电暂停功能与充电禁止是互斥的，因此如果在该器件退出充电后设置充电禁止，则充电暂停状态将被清除。

状态	条件	操作
正常	<i>ChargingStatus()</i> [LT] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [STL] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [RT] = 1 或 <i>ChargingStatus</i> [STH] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [HT] = 1 或 <i>ChargingStatus</i> [IN] = 1	<i>ChargingStatus()</i> [SU] = 0 <i>ChargingVoltage()</i> = 充电算法 <i>ChargingCurrent()</i> = 充电算法
跳变	<i>ChargingStatus()</i> [UT] = 1 或 <i>ChargingStatus()</i> [OT] = 1	<i>ChargingStatus()</i> [SU] = 1 <i>ChargingVoltage()</i> = 0 <i>ChargingCurrent()</i> = 0 如果 FET Options [CHGSU] = 1，则不允许充电。

This page intentionally left blank.



5.1 引言

为了延长电池寿命，BQ28Z610-R2 支持多种电源模式，以最大限度地降低运行期间的功耗。

5.2 NORMAL 模式

在 NORMAL 模式下，该器件每 250ms 获取一次电压、电流和温度读数，执行保护和电量监测计算，更新数据，并以 1s 的间隔进行状态选择。在这些活动时间段之间，该器件处于降低功耗状态。

5.3 SLEEP 模式

5.3.1 器件睡眠

当满足睡眠条件时，器件进入 SLEEP 模式并定期唤醒以降低功耗。如果满足任何退出睡眠模式的条件，那么该器件会返回 NORMAL 模式。

状态	条件	操作
激活	Bus Timeout 的 SMBus 为低电平 (如果 [IN_SYSTEM_SLEEP] = 0) 或 Bus Timeout 无通信 (如果 [IN_SYSTEM_SLEEP] = 1) 且 DA Config[SLEEP] = 1 ⁽¹⁾ 且 $ Current() \leq \text{Sleep Current}$ 且 Voltage Time > 0 且 $OperationStatus()[SDM] = 0$ 且 未设置任何 SafetyAlert() 位且 ⁽⁴⁾ SafetyStatus() 中未设置任何 [AOLD] 、 [ASCC] 、 [ASCD]	如果 DA Configuration[SLEEPCHG] = 0，则关断 CHG FET。 该器件进入睡眠状态。 该器件每 Sleep:Voltage Time 唤醒一次，以测量电压和温度。 该器件每 Sleep:Current Time 唤醒一次，以测量电流。
退出	已连接 I ² C ⁽¹⁾ 或 I ² C 总线处于活动状态 ⁽²⁾ 或 DA Config[SLEEP] = 0 ⁽¹⁾ 或 $ Current() > \text{Sleep Current}$ 或 唤醒比较器处于活动状态 ⁽³⁾ 或 Voltage Time = 0 或 $OperationStatus()[SDM] = 1$ 或 已设置 SafetyAlert() 位或 已在 SafetyStatus() 中设置 [AOLD] 、 [ASCC] 、 [ASCD]	返回 NORMAL 模式

- (1) 如果使用 **MACSubcmd()** SLEEP 模式命令进入 SLEEP 模式，则不检查 **DA Config[SLEEP]** 和 I²C 低电平。
- (2) 仅当使用 **MACSubcmd()** SLEEP 模式命令将电量监测计置于睡眠模式或通过 **Bus Timeout** = 0 启用 **[IN_SYSTEM_SLEEP]** 时，I²C 唤醒命令才起作用。否则，电量监测计在连接 I²C (时钟或数据高位) 时唤醒。
- (3) 可以通过 **Power.WakeComparator[WK1,WK0]** 来设置唤醒比较器阈值 (请参阅节 5.3.4)。
- (4) **SafetyAlert()[PTO]**、**[PTOS]**、**[CTO]**、**[CTOS]** 不会阻止电量监测计进入 SLEEP 模式。

5.3.2 IN SYSTEM SLEEP 模式

IN SYSTEM SLEEP 模式对于具有嵌入式电池组的系统很有用，在这些系统中，串行通信线路通常在睡眠情况下保持高电平。设置 **DA Config[IN_SYS_SLEEP]** = 1 将修改 SLEEP 退出条件，使得单独的 SMBus 连接不会触发唤醒，而是需要接收有效的 SMBus 命令。所有其他特性保持不变，并且适用相同的 SLEEP 模式进入标准。

5.3.3 MACSubcmd() MAC 睡眠

睡眠 MAC 命令可以覆盖总线低电平的要求以进入 SLEEP 模式。在这种情况下，退出 SLEEP 模式时忽略器件时钟和数据高电平条件，但如果有任何进一步的通信，也会退出 SLEEP 模式。如果满足特定的睡眠条件，则可以使用 MACSubcmd() 将 BQ28Z610-R2 器件置于睡眠模式。

5.3.4 唤醒功能

如果 SRP 和 SRN 之间存在电压，则 BQ28Z610-R2 器件会退出 SLEEP 模式。可以在 **Power:Wake Comparator** 中对器件从 SLEEP 模式唤醒所需的电压阈值进行编程。

保留 (位 7-4、1-0)：保留。请勿使用。

WK1,0 (位 3-2)：唤醒比较器阈值

WK1	WK0	电压
0	0	±0.625mV
0	1	±1.25mV
1	0	±2.5mV
1	1	±5mV

5.4 SHUTDOWN 模式

5.4.1 基于电压的关断

为了最大限度地降低功耗并避免耗尽电池，该器件可配置为在达到可编程电池组电压阈值时关断。

状态	条件	操作
启用	最小电芯电压 < Shutdown Voltage	OperationStatus()[SDV] = 1
跳变	最小电芯电压持续 < Shutdown Voltage 达 Shutdown Time	关断 DSG FET
关断	PACK 端子上的电压 < Charger Present Threshold 且 Current() ≤ 0	将该器件置于 SHUTDOWN 模式
退出	PACK 端子上的电压 > V _{STARTUP} 或最小电芯电压 > Shutdown Voltage (如果未处于 SHUTDOWN 模式)	OperationStatus()[SDV] = 0 返回 NORMAL 模式

备注

退出 SHUTDOWN 模式时，该器件将进行完全复位，这意味着该器件将重新初始化。上电时，电量监测计会检查某些特殊的存储器位置。如果存储器校验和不正确，或者 AFE 看门狗的电量监测计已被触发，那么电量监测计将执行完全复位。

如果存储器校验和正确（例如在短暂的电源干扰的情况下），电量监测计将进行部分复位。部分复位的初始化速度更快，某些存储器数据不会被重新初始化（例如，所有 SBS 寄存器、已知的上次 FET 状态、上次的 ADC 和 CC 读数等），因此部分复位通常对主机而言是透明的。

5.4.2 MACSubcmd() MAC 关断

在 SHUTDOWN 模式下，该器件在 **FET 关断时间** 后关断 CHG 和 DSG FET，然后在 **延迟** 时间后关闭，以最大限度地减小功耗。**FET 关断时间** 和 **延迟** 时间都以电量监测计接收到命令的时间为基准。因此，必须将 **延迟** 时间设置为长于 **FET 关断时间**。当 PACK 端子上的电压 > V_{Startup} 时该器件返回 NORMAL 模式。可以使用 MACSubcmd()Shutdown 命令将该器件置于此模式。若要使该器件进入 SHIP SHUTDOWN 模式，必须不存在充电器电压。如果存在充电器电压或存在充电电流，则该器件将在等到充电器移除之后才会进入 SHUTDOWN 状态。这是为了防止该器件意外立即唤醒。无法取消 Shutdown() 命令。

备注

如果电量监测计未密封并且连续发送 **MAC Shutdown()** 命令两次，那么电量监测计将立即执行关断序列并跳过正常的延迟序列。

5.4.3 基于时间的关断

该器件可配置为在预设时间间隔（在 **Auto Ship Time** 中指定）内没有通信的情况下保持 **SLEEP** 模式后关断。设置 **PowerConfig[AUTO_SHIP_EN] = 1** 可以启用该功能。与该器件进行任何通信都将使计时器重新启动。当计时器达到 **Auto Ship Time** 时，基于时间的关断会有效地触发 **MAC** 关断命令以启动关断序列。当 **PACK** 端子上的电压 $> V_{Startup}$ 时该器件返回 **NORMAL** 模式。

5.4.4 紧急 FET 关断

紧急 FET 关断功能提供了一个选项，通过在移除嵌入式电池组之前断开 **CHG** 和 **DSG FET** 来禁用系统的电池电源。可以通过设置 **DA Configuration[EMSHUTEN] = 1** 来启用 **EMERGENCY FET SHUTDOWN** 状态。可以通过向 **ManufacturerAccess()** 发送手动 FET 控制 (MFC) 序列来进入该状态。

当电量监测计处于 **EMERGENCY FET SHUTDOWN** 状态时，**OperationStatus()[EMSHUT] = 1**。

将电量监测计置于 **EMERGENCY FET SHUTDOWN** 状态的手动 FET 控制 (MFC) 序列如下所述。

1. 将字 **0x270C** 发送到 **ManufacturerAccess()** (0x00) 以启用 MFC。
2. 在 4s 内将字 **0x043D** 发送到 **ManufacturerAccess()** (0x00) 以关断 **CHG** 和 **DSG FET**。
3. **CHG** 和 **DSG FET** 将被关断。

5.4.4.1 退出紧急 FET 关断模式

在以下任一条件下，电量监测计可通过开启 **CHG** 和 **DSG FET** 退出 **EMSHUT** 模式：

- 将字 **0x23A7** 发送到 **ManufacturerAccess()** (0x00)。
- **Pack** 引脚上的电压 $> \text{Charger Present Threshold}$ 并持续两个采样周期（即大约 500ms）
- 接收到有效的 **I²C** 总线通信。有效的 **I²C** 总线通信是指接收到有效的电量监测计地址和任何命令（即可以是具有有效地址的无效命令）。

在 **EMSHUT** 模式下，为了快速检测 **Pack** 引脚上的电压电平（即便在 **SLEEP** 模式下），**AD** 转换每秒发生一次。

This page intentionally left blank.



6.1 引言

BQ28Z610-R2 测量各个电芯的电压、电池组电压、温度和电流。当电池最后一次充电或放电活动超过 10 分钟后，该器件通过分析各个电芯的电压来确定电池充电状态。

BQ28Z610-R2 通过监测电芯堆负极端子和电池组负极端子之间小阻值串联感测电阻（典型值为 $1\text{m}\Omega$ ）上的稳定电压来测量充电和放电活动。随后在负载或充电器应用期间使用通过电池的积分电荷来调整电池充电状态。该器件能够支持最大 32Ah 的电池组容量。更多详细信息，请参阅 [BQ20zxx 产品系列应用报告](#) 中的“Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现”。

Impedance Track 电量监测的默认设置为关闭。若要启用电量监测功能，请设置 **Manufacturing Status[GAUGE_EN] = 1**。设置复位或密封命令后，电量监测功能将启用。或者，可以使用 MAC 命令 *Gauging()* 来开启和关闭电量监测功能。*Gauging()* 会立即生效，**[GAUGE_EN]** 也会相应地进行更新。

ITStatus1()、*ITStatus2()* 和 *ITStatus3()* 命令返回有关电量监测的各种信息，以为分析问题提供帮助。

6.2 Impedance Track 配置

负载模式 在正常操作期间，如果已知典型负载类型，则 Impedance Track 算法的电池阻抗曲线补偿可以提供更准确的充满电和剩余充电状态信息。两个可选选项是恒定电流 (**Load Mode = 0**) 和恒定功率 (**Load Mode = 1**)。

负载选择 为了补偿接近放电结束时的 $I \times R$ 压降，必须针对未来将流过的任何电流（或功率）配置 BQ28Z610-R2。虽然无法确切知晓电流或功率，但 BQ28Z610-R2 可以使用负载历史记录（例如当前放电的平均电流）做出足够准确的预测。

通过设置 **Load Select** 值，可以将 BQ28Z610-R2 配置为使用多种方法进行这种预测。该估算对剩余容量精度只有二阶影响，因此不同的基于测量的方法（方法 0 至 3 和方法 7）产生的精度差异很小。不过，方法 4 - 6 中的估算值是由用户任意指定的，如果固定估算值与实际负载相差甚远，则会导致显著的误差。对于高度可变的负载，选项 7 提供了最平衡的估算值并且更可取。

Constant Current (Load Mode = 0)	Constant Power (Load Mode = 1)
0 = Avg I Last Run	Avg P Last Run
1 = 当前平均放电电流	当前平均放电功率
2 = Current()	Current() × Voltage()
3 = AverageCurrent()	AverageCurrent() × 平均 Voltage()
4 = Design Capacity/5	Design Energy/5
5 = AtRate() (mA)	AtRate() (10mW)
6 = User Rate-mA	User Rate-mW
7 = Max Avg I (默认)	Max Avg P

脉冲负载补偿和终止电压 为了在计算剩余容量时考虑脉冲负载，直到达到 **Term Voltage** 阈值，BQ28Z610-R2 不仅监测平均负载，而且监测短路负载尖峰。负载尖峰期间的最大电压偏差在放电期间不断更新并存储在 **Delta Voltage** 中，并在 **Min Delta Voltage** 中设置允许的最小值。

备用电池容量 BQ28Z610-R2 允许在 **RemainingCapacity()** 函数报告的零容量的点和绝对最小电池组电压 **Term Voltage** 之间保留一定的容量，该容量以 mAh (**Reserve Cap-mAh**) 和 cWh (**Reserve Cap-cWh**) 为单位。这使系统能够报告零容量/电量，但仍有足够的储备容量/电量来执行受控关断或为主机系统提供延长的睡眠时间。

基于电池组和基于电芯的终止电压 当电池组电压达到 **Term Voltage** 时，BQ28Z610-R2 器件会强制 **RemainingCapacity()** 变为 0mAh。如果 **Impedance Track GaugingConfiguration[CELL_TERM] = 1**，则使用基于电芯的终止电压，并检查 **Term Min Cell V** 阈值以确定是否达到终止条件。基于电芯的终止电压提供了一个选项，用于使电量监测计在器件触发 CUV 之前达到 0mAh，尤其是对于不平衡的电池组。

6.3 电量监测计模式

电阻更新仅在 DISCHARGE 模式下进行，而 OCV 和 QMax 更新仅在 RELAX 模式下进行。每个模式的进入和退出由子类 **Gas Gauging: Current Thresholds** 部分中的数据闪存参数控制。当确定该器件处于 RELAX 模式并获得 OCV 时，会设置 **GaugingStatus[REST]** 标志。在 RELAX 模式或 DISCHARGE 模式下，会设置 **BatteryStatus** 中的 DSG 标志。

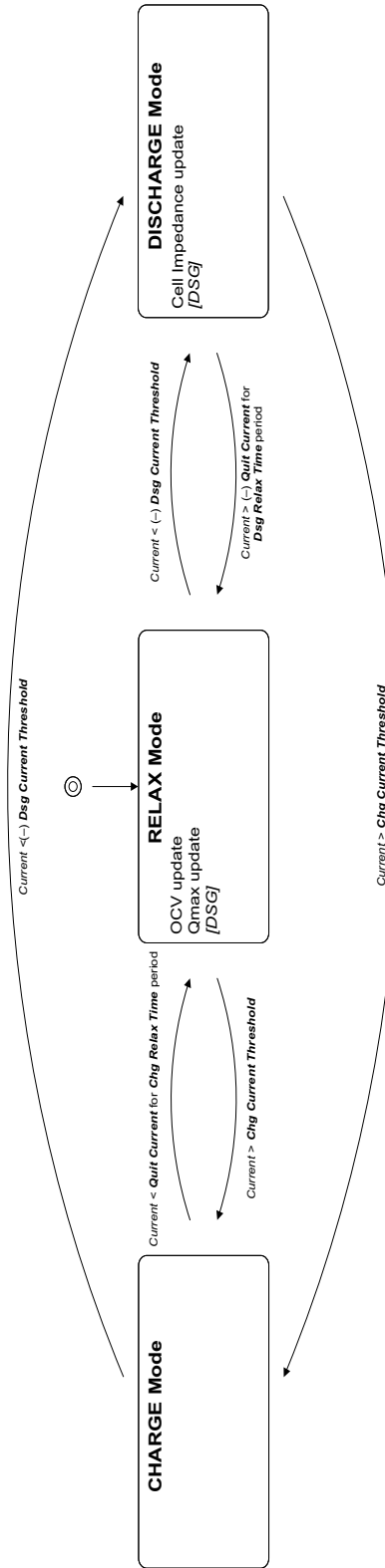


图 6-1. 电量监测计工作模式

当 *Current* 低于 **Quit Current** 的时长达 **Chg Relax Time** 时，器件会退出 CHARGE 模式并进入 RELAX 模式。当 *Current* 低于 **(-)Dsg Current Threshold** 时，器件进入 DISCHARGE 模式。当 *Current* 高于 **(-)Quit**

Current 阈值的时长达 **Dsg Relax Time** 时，器件会退出 DISCHARGE 模式并进入 RELAX 模式。当 **Current** 高于 **Chg Current Threshold** 时，器件进入 CHARGE 模式。

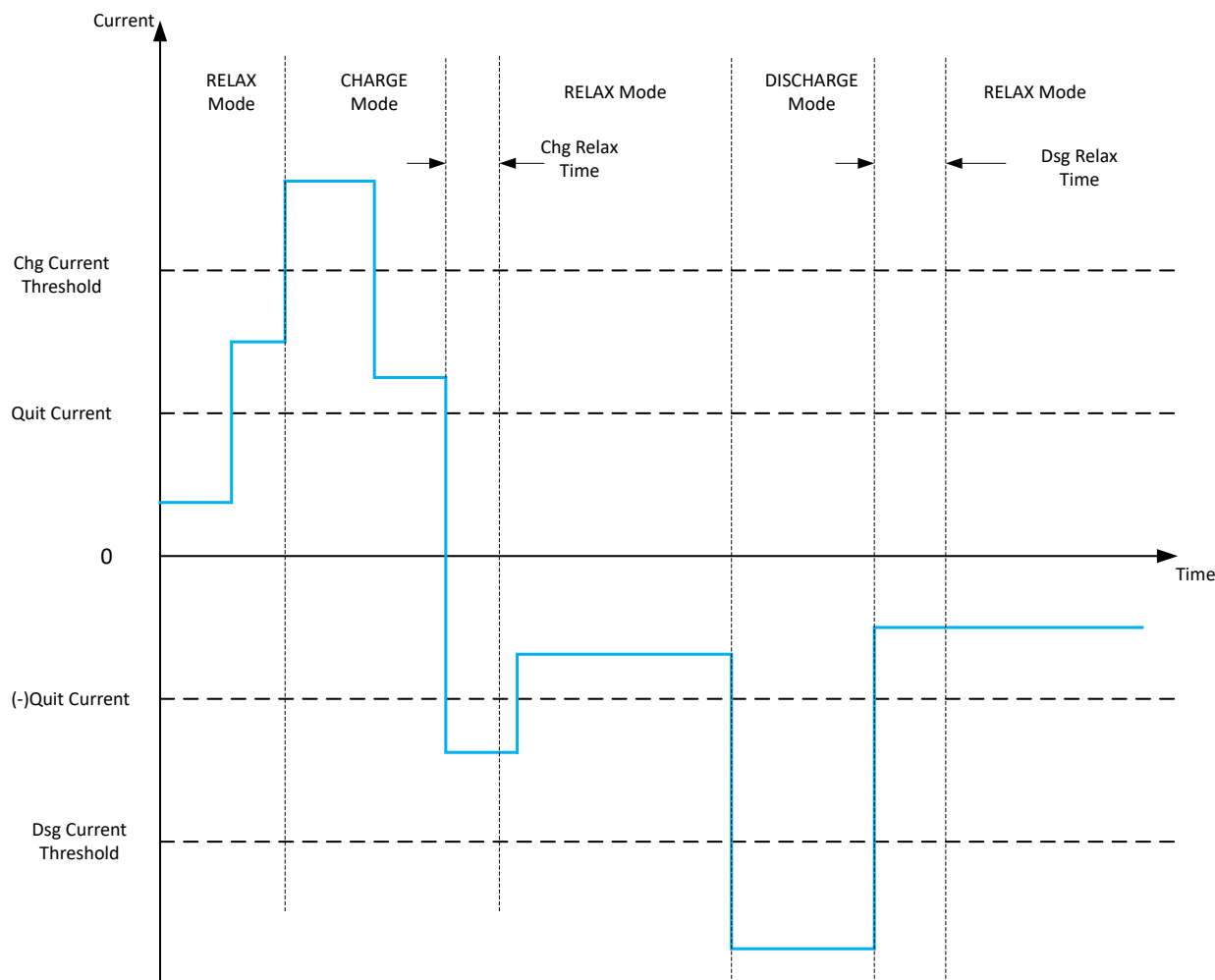


图 6-2. 电量监测计工作模式示例

6.4 QMax 和 Ra

通过比较施加负载（具有消耗的电荷量）前后的充电状态，可以计算出总电池容量。施加应用负载后，通过比较从当前充电状态的预定义函数获得的开路电压 (OCV) 与负载下测得的电压，可以测量每个电芯的阻抗。

OCV 和电荷积分的测量值决定了化学物质充电状态 (SOC) 和化学物质容量 (QMax)。

BQ28Z610-R2 在正常电池使用期间获取并更新电池阻抗曲线。该器件根据此曲线以及充电状态和 QMax 值来确定专门适用于当前负载和温度的 **FullChargeCapacity** 和 **RelativeStateOfCharge**。FullChargeCapacity 报告充满电的电池的容量或电量减去当前负载和温度下的 **Reserve Cap-mAh** 或 **Reserve Cap-cWh**，直到 Voltage 达到 **Term Voltage** 并持续 **Term V Hold Time**。

6.4.1 QMax 初始值

应从电芯制造商的数据表中获取初始 **QMax Pack**、**QMax Cell 0** 和 **QMax Cell 1** 值并将其乘以并联电芯数，这些值也用于 **Design Capacity** 数据闪存中的 **DesignCapacity** 函数值。

更多详细信息，请参阅 [BQ20zxx 产品系列应用报告](#) 中的“Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现”。

6.4.2 QMax 更新条件

启用电量监测时会启用 QMax 更新。这通过 *GaugingStatus[QEN]* 标志进行指示。当获取两个开路电压 (OCV) 读数时, BQ28Z610-R2 会更新空载满容量 (QMax)。这些 OCV 读数是在电池在充电或放电活动之前和之后处于 RELAXED 状态时获取的。如果电池电压的 $dV/dt < 4\mu V/s$, 则达到 RELAXED 状态。通常, 在 CHARGED 状态下需要经过 2 小时, 在 DISCHARGED 状态下需要经过 5 小时才能确保满足 dV/dt 条件。如果超过 5 小时, 即使不满足 dV/dt 条件也会获取读数。获取有效 OCV 读数后会设置 *GaugingStatus[REST]* 标志。如果有效的 DOD0 (在前一次 QMax 更新中获取) 可用, 则在检测到有效的充电终止时也会更新 QMax。

温度 如果温度超出 10°C 至 40°C 范围。

容量差值 如果合适的电池静止时间之间的容量变化小于 37%。

电压 如果 *CellVoltage2..1* 处于平坦电压区域内。(有关其他化学物质的电压范围, 请参阅 [使用 Impedance Track 电量监测计支持多种锂离子化学物质应用报告](#)。)该平坦区域会因化学物质而异。*GaugingStatus[OCVFR]* 标志指示电芯电压是否处于该平坦区域内。

偏移误差 如果在经过的时间内累积的相对于先前 OCV 读数的偏移误差超过设计容量的 1%, 则不会进行更新。偏移误差电流的计算方法为 **CC Deadband**/感测电阻值。

GaugingStatus() 中的多个标志有助于跟踪 QMax 更新条件。*[REST]* 标志指示在 RELAX 模式下获取了 OCV。*[VOK]* 标志指示上次的 OCV 读数符合 QMax 更新条件。当充电或放电开始时, 会设置 *[VOK]*。当发生 QMax 更新、满足 QMax 不合格的偏移错误或完全复位时, 该标志会被清除。当发生 QMax 更新时, *[QMax]* 标志会被切换。*ITStatus2()* 和 *ITStatus3()* 会返回 QMax 和 DOD (放电深度, 对应于 OCV 读数) 数据。

6.4.3 快速 QMax 更新条件

快速 QMax 更新条件与 QMax 更新条件非常相似, 但有以下区别:

- 快速 QMax 更新不需要采用两个 OCV 读数来更新 QMax, 而只需要一个 OCV 读数, 以及
- 电池组应放电 > 10% RSOC。

要求的差异允许快速 QMax 功能在放电结束时更新 QMax (假设一个 OCV 读数已经可用并且放电 < 10% RSOC), 而无需在放电事件后有更长的张弛时间。快速 QMax 更新仍需要满足 QMax 更新的温度、差值容量、电压和失调电压误差要求。

对于减少生产 QMax 学习周期时间或对于主要处于充电或放电状态且很少处于张弛状态的应用而言, 该功能特别有用。设置 *IT Gauging Configuration[FAST_QMax_LRN] = 1* 仅在生产学习期间启用快速 QMax (即 *Update Status = 6*)。

DOD 用于 QMax 处于高充电状态时, 然后在放电期间处于电压曲线的陡峭部分 (85 – 90% DOD) 时。这同样能够对 DOD 进行良好的估计。放电期间的这种 DOD 估计用于立即更新 QMax, 而不是首先需要静止时间。在确认不存在会导致 QMax 更新失败的条件后放电停止时, 会实际更新 QMax。BQ28Z610-R2 具有一个选项, 用于使 DOD@EOC 对 QMax 更新有效, 这意味着可以在完全无静止时段的情况下更新 QMax (方式: 在充电终止后完全放电); 不过, 仅建议对某些新化学物质使用该选项。可以在 LEARN 模式 (*FAST_QMax_LRN*) 或 FIELD 模式 (*FAST_QMax_FLD*) 下启用快速 QMax。LEARN 模式标志意味着快速 QMax 仅在 IT 状态 “06” 下启用, 在达到 0E 后将被禁用。在 “06” 和 “0E” 状态下都可以启用 FIELD 模式。

6.4.4 QMax 和快速 QMax 更新边界检查

BQ28Z610-R2 在将值保存到数据闪存中之前执行 QMax 和快速 QMax 检查。这提高了 QMax 更新的稳健性, 以防在更新过程中存在潜在的 QMax 损坏。

验证过程如下所示:

1. 验证更新 QMax 或 Fast QMax 值是否处于 **QMaxDelta** 范围内, 这是每次更新所允许的最大 QMax 变化。如果更新值超出该数据闪存参数, BQ28Z610-R2 会将变化上限设为 Design Capacity 的 **QMaxDelta**。
2. 限制绝对 QMax 值 **QMax Upper Bound**。这是电池组寿命期间允许的最大 QMax 值。

3. 在保存到数据闪存中之前，确保 QMax 大于 0。

6.4.5 Ra 表初始值

Ra 表是启用电量监测时在放电期间更新的阻抗曲线的一部分。应通过在数据闪存配置期间选择正确的化学物质数据对初始 **Cell0 R_a0...14**、**Cell1 R_a0...14** 值进行编程。化学物质数据库会不断更新，可以从电量监测计化学物质更新器产品网页 (<http://www.ti.com.cn/tool/cn/gasgaugechem-sw>) 下载。初始 **xCell0 R_a0...14**、**xCell1 R_a0...14** 值是不带有“x”标记的数据集的副本。启用电量监测时交替使用两组 Ra 表，以防止数据闪存磨损。

Cell0 R_a Flag、**Cell1 R_a Flag** 以及 **xCell0 R_a Flag** 和 **xCell1 R_a Flag** 指示每个电芯的电芯阻抗表的有效性。固件会更新这些值：不建议手动更改这些值。

高字节		低字节	
0x00	更新了电芯阻抗和 QMax	0x00	未使用表，已更新 QMax
0x05	RELAX 模式，正在进行 QMax 更新	0x05	RSVD
0x55	DISCHARGE 模式，已更新电芯阻抗	0x55	正在使用表
0xFF	从不更新电芯阻抗	0xFF	从不使用表，未进行 QMax 或电芯阻抗更新

6.4.6 Ra 表更新条件

不同 DOD 状态下的阻抗不同。每个电芯有 15 个 Ra 网格点，代表 0% - 100% DOD 的阻抗。通常，Ra 表在放电期间更新。**GaugingStatus[RX]** 标志将在 Ra 网格点更新时切换。如果满足以下任一条件，Ra 更新将被禁用。设置 **GaugingStatus[R_DIS]**，指示 Ra 更新已被禁用。

- 在优化周期中，Ra 更新被禁用，直到 QMax 被更新（即如果 Update Status = 4，那么 Ra 将不会被更新）或
- 如果电荷累积误差 > Design Capacity 的 2%，则禁用 Ra 更新，或
- 在放电期间，计算得出不良 Ra 值：
 - 计算得出负 Ra 或
 - 计算得出不良 RaScale 值。

RELAX 模式下的有效 OCV 读数或未进行 OCV 读取的快速 QMax 更新将清除 **[R_DIS]** 标志。

6.5 FullChargeCapacity (FCC)、RemainingCapacity (RemCap) 和 RelativeStateOfCharge (RSOC)

Impedance Track 算法应用 QMax、阻抗、温度、电压和电流数据来预测运行时 *FullChargeCapacity()*、*RemainingCapacity()* 和 *RelativeStateOfCharge()*。如果满足以下任一条件，则这些值会更新，以实时反映电池容量：

- 发生 QMax 更新
- 发生 Ra 更新
- 开始充电和放电
- 退出放电时
- 在 RELAX 模式下每经过 5 个小时
- 温度变化大于 5°C

6.6 Impedance Track (IT) 配置选项

BQ28Z610-R2 提供多个 Impedance Track 配置选项来微调电量监测性能。可以通过 **Settings: IT Gauging Configuration** 中的相应标志来开启或关闭这些配置。

[LOCK0]：在发生放电事件之后，电芯电压通常会在 RELAX 状态下恢复至稍高的电压。在此期间新的 OCV 读数可能会产生稍高的充电状态。该标志提供了一个选项，用于在放电期间达到 0% 和 FD 后阻止 *RemainingCapacity()* 和 *RelativeStateOfCharge()* 在弛张期间跳回。

[RSOC_HOLD]：IT 仿真将在开始放电时运行。如果充电在低温下终止而放电在高温下发生，则温差可能导致在放电开始时的短时间内 RSOC 小幅上升。此标志选项可阻止 RSOC 在放电期间上升。RSOC 在计算值降至低于实际状态之前将一直保持不变。

[RSOCL]：设置该标志后，在检测到充电终止之前将一直保持为 99%。

[RFACTSTEP]：电量监测计在 Ra 更新期间跟踪旧 (旧 Ra) / (新 Ra) 的 Ra 因子。该因子用于 Ra 调节。该因子的最大值被限制为 3。在 Ra 更新期间，如果 (旧 Ra) / (新 Ra) > 3，则电量监测计可以根据该标志的设置采取两种不同的操作。

如果该标志设置为 1 (默认)，则电量监测计允许 Ra 使用最大因子 3 更新一次，然后禁用 Ra 更新。如果该标志设置为 0，则电量监测计不会更新 Ra，并且也会禁用 Ra 更新。建议保留默认设置。

[OCVFR]：当满足 dV/dt 条件时获取 OCV 读数。如果充电在平坦电压区域内停止，则情况并非如此。该区域中的电芯电压变化很小；因此，相同的电压误差对应于较大的 DOD 误差。默认情况下，会设置该标志。如果充电在 **FlatVoltMax** (最大平坦区域电压) 以下停止，则器件将等待 48 小时，然后再读取 OCV。**FlatVoltMax** 会因化学物质而异。短路放电情况下仍需要等待 48 小时。仅当充电在 **FlatVoltMax** 电平以上停止时才无需等待 48 小时。如果将该标志设置为 0，则无需等待 48 小时，并且只要满足 dV/dt 条件，就会读取 OCV。有时，取消等待 48 小时这一要求有助于减少评估期间的测试时间。

[RSOC_CONV]：该功能也称为快速调节。利用该选项，可以解决在低温和非常高的放电率下 RSOC 收敛到 0% 的问题。在这种情况下，RSOC 可能会下降到 0%，尤其是在具有较高 Ra 网格间隔的 DOD 区域达到终止电压时。为了解决由阻抗网格间隔的高粒度引起的误差，**[RSOC_CONV]** 在启用时会对阻抗应用比例因子，允许将更频繁的阻抗数据更新用于 RemCap 仿真，从而使 RSOC 达到 0%。

[Fast_QMax_LRN] 和 **[Fast_QMax_FLD]**：当 **Update Status** = 06 时，第一个标志可在学习周期内启用快速 QMax。当 **Update Status** ≥ 06 时，第二个标志在现场启用快速 QMax。

如果启用了 **[RSOC_CONV]**，则建议在放电曲线拐点附近启动该功能。这通常是 RSOC 的 10% 左右或 3.3V - 3.5V 左右。该功能检查电芯电压和 RSOC 状态，并在满足任一条件时启动该功能。可以通过 **Fast Scale Start SOC** 或 **Term Voltage** 配置 RSOC 和电芯电压设置。

[FF_NEAR_EDV]：快速滤波器附近 EDV。如果设置了该标志，则电量监测计应用替代滤波器 **Near EDV Ra Param Filter**，用于快速调节区域中的 Ra 更新 (从 105 RSOC 左右开始)。该标志应保持在 1 (默认值)。当该

标志为 0 时，电量监测计使用常规 Ra 滤波器 **Resistance Parameter Filter**。不应将两个 DF 滤波器更改为默认值以外的值。

[SMOOTH]：温度或电流速率的变化会导致剩余容量 (RemCap) 发生显著变化，因此会导致相对充电状态 (RSOC) 的跳跃或下降。此功能提供了一个选项来防止在充电和放电期间发生 RSOC 跳跃或下降。

如果发生 RSOC 跳跃或下降，那么该器件会检查 RSOC 的跳跃或下降量与预期终点（即充电情况下的充电终止或放电情况下的 EDV）并自动平滑处理 RSOC 变化，始终与滤波（或平滑处理）值收敛至实际充电终止或 EDV 点。实际值和滤波值始终可用。**[SMOOTH]** 标志选择实际值或滤波值作为返回的 SBS 命令。

[RELAX_JUMP_OK]：如果设置为 1，那么该标志使 RSOC 在 RELAX 模式下跳跃。否则，RSOC 在 RELAX 模式下保持不变，任何 RSOC 跳跃都将进入充电或放电阶段的开端。

[CELL_TERM]：该标志提供了一个选项，用于在设置了该位时根据电芯电压（而不是电池组电压）计算放电终止。如果最小电芯电压达到 **Term Min Cell V**，那么 **RemainingCapacity()** 将被强制设置为 0mAh。

[CSYNC]：如果设置为 1，则该标志会在有效充电终止时同步 **FullChargeCapacity()**。

[CCT]：该标志提供了一个选项，用于使用 **FullChargeCapacity()**（当 **[CCT] = 1** 时）或 **DesignCapacity()**（当 **[CCT] = 0** 时）进行周期计数阈值计算。即使为周期计数阈值计算选择了 **FullChargeCapacity()**，最小周期计数阈值始终为设计容量的 10%。这有助于避免由极低的 **FullChargeCapacity()** 引起的任何错误的周期计数递增。

6.7 运行状况 (SOH)

器件现在实现了电池运行状况 (SOH) 的更新版本，由 **StateofHealth()** 命令报告。在前一版本中，**StateofHealth()** 是使用特殊的 25°C 版本 **FullChargeCapacity** 占 **Design Capacity** 的比例计算得出的。不过，该计算仍然包含一些在运行期间根据电池的负载和使用情况更新的参数，独立于电池状态本身。这可能会导致针对同一电池的运行状况得出不同的计算结果，具体取决于电池在系统中的使用方式。更新版本的 **StateofHealth()** 可以使用 **SOH Load Rate** 指定的电流负载以及热模型参数 **SOH Temp a** 和 **SOH Temp k** 来计算初始环境温度固定在 25°C 时的特殊 SOH 满充容量，从而解决该问题。

SOH Load Rate 可以设置为应用的典型电流，以时率为单位（即 **Design Capacity/SOH Load Rate** 将是用于 SOH 仿真的电流）。**SOH Temp a** 和 **SOH Temp k** 可以设置为运行期间系统的预期值。这些数据闪存设置值仅用于 **StateofHealth()** 计算。每当更新 ASOC 和 RSOC 时，都会更新该 SOH 满充容量。该实现消除了负载电流、温度和学习参数的变化，因此能够更好地表示电池的运行状况。可以通过 MAC 命令 **FCC_SOH()** 获取 SOH 满充容量。



7.1 引言

BQ28Z610-R2 可以使用 **Impedance Track** 算法来确定每个电芯的化学物质充电状态。该器件中使用的电芯平衡算法可逐渐减小充满电状态下不平衡电芯的差异，以防止充满电的电芯过度充电，进而防止性能过度下降。这可以通过防止过早充电终止来增加电池组的整体电量。

该算法可确定将每个电芯充满电所需的电量。连接到电量监测计的每个电芯都并联了一个旁路 FET。会针对每节电量大于最低充电电芯的电芯启用该 FET，以减小通过这些电芯的充电电流。每个 FET 以预先计算的时长启用，该时长是采用电芯平衡算法计算得出的。当任何旁路 FET 开启时，会设置 **OperationStatus()[CB]** 标志；否则会清除 **[CB]** 标志。

电量监测计通过平衡 SOC 差异来平衡各个电芯。因此，每当尝试计算电芯平衡时间之前都需要现场更新 QMax (**Update Status = 0E**)。这可以确保为电芯平衡操作计算准确的 SOC 差值。如果 QMax 更新仅发生一次 (**Update Status = 06**)，则电量监测计将仅在达到充满电状态 (**GaugingStatus()[FC] = 1**) 时尝试计算电芯平衡时间。

如果 **Settings:Balancing Configuration [CB] = 1**，则电芯平衡启用。可以通过设置 **Balancing Configuration [CBR] = 1** 单独启用静止状态下的电芯平衡。如果 **Settings:Balancing Configuration [CB] = 0**，则充电和静止状态下的电芯平衡都会被禁用。

可以通过确定数据闪存 **Min Start Balance Delta**、**Relax Balance Interval** 和 **Min RSOC for Balancing** 来配置静止状态下的电芯平衡。有关数据闪存设置说明，请参阅 [Cell Balancing Config](#)。电量监测计通过绕过电量来平衡各个电芯。建议在电池组有容量的情况下进行静止状态下的电芯平衡。

7.2 电芯平衡设置

BQ28Z610-R2 需要处于 RELAX 模式才能检查电芯是否不平衡以及需要的平衡程度。在满足以下条件时，BQ28Z610-R2 进入 RELAX 模式：

在要进入 CHARGE 模式时，如果退出 DISCHARGE 模式达 **Chg Relax Time**，**Current() < Quit Current** 且持续时间至少为 **Dsg Relax Time**

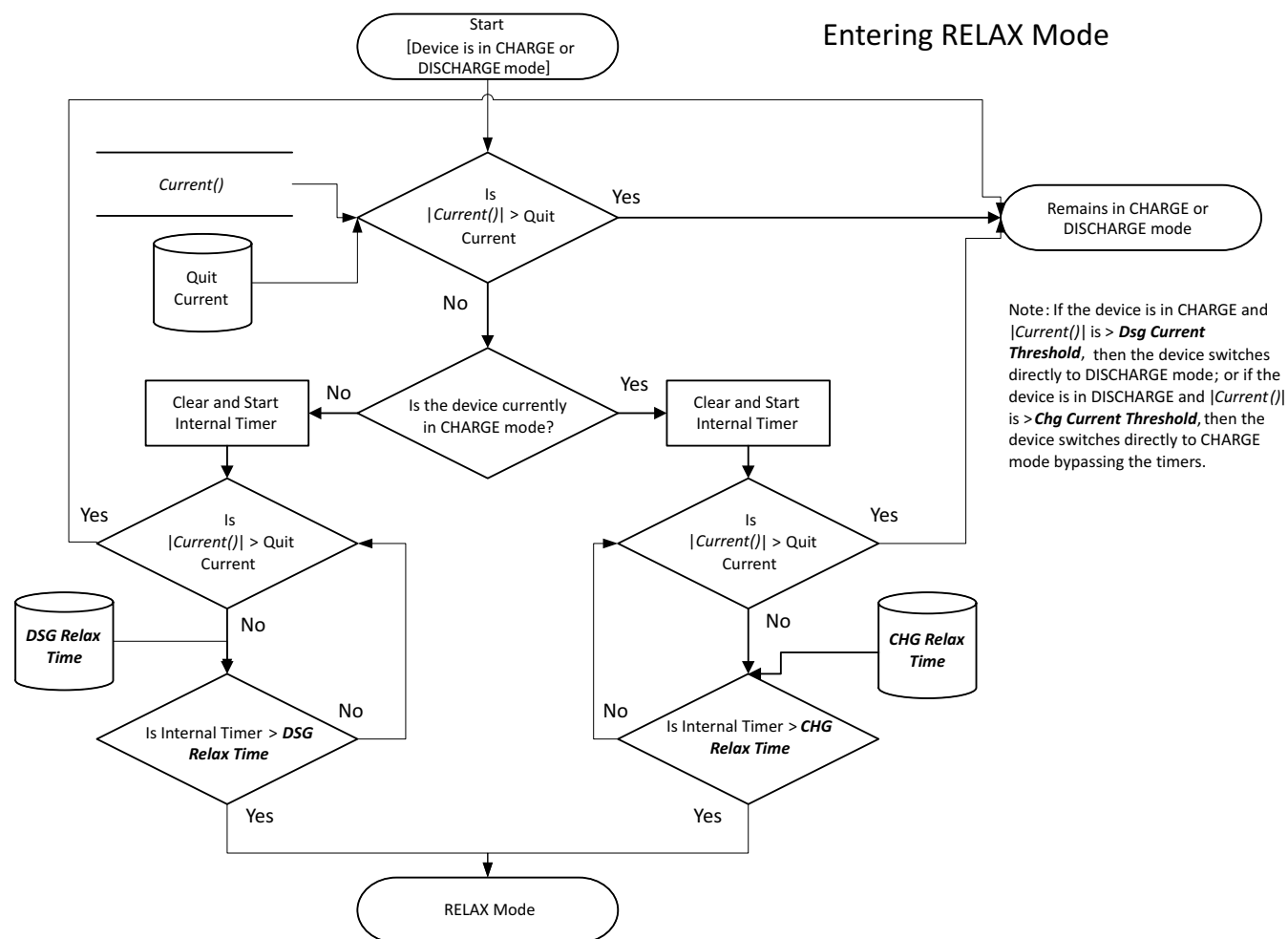


图 7-1. 进入 CHARGE 或 RELAX 模式

进入 RELAX 模式后，BQ28Z610-R2 会等待进行 OCV 测量，该测量在满足以下条件时发生：

1. 满足 $dV/dt < 4\ \mu V/s$ 的条件，
2. $Current() < Quit\ Current$ 已持续了 5 个小时，
3. 电量监测计复位，
4. 已发出 IT 启用命令。

确定何时更新 OCV 数据是正常 Impedance Track 算法的一部分，并不特定于电芯平衡算法。

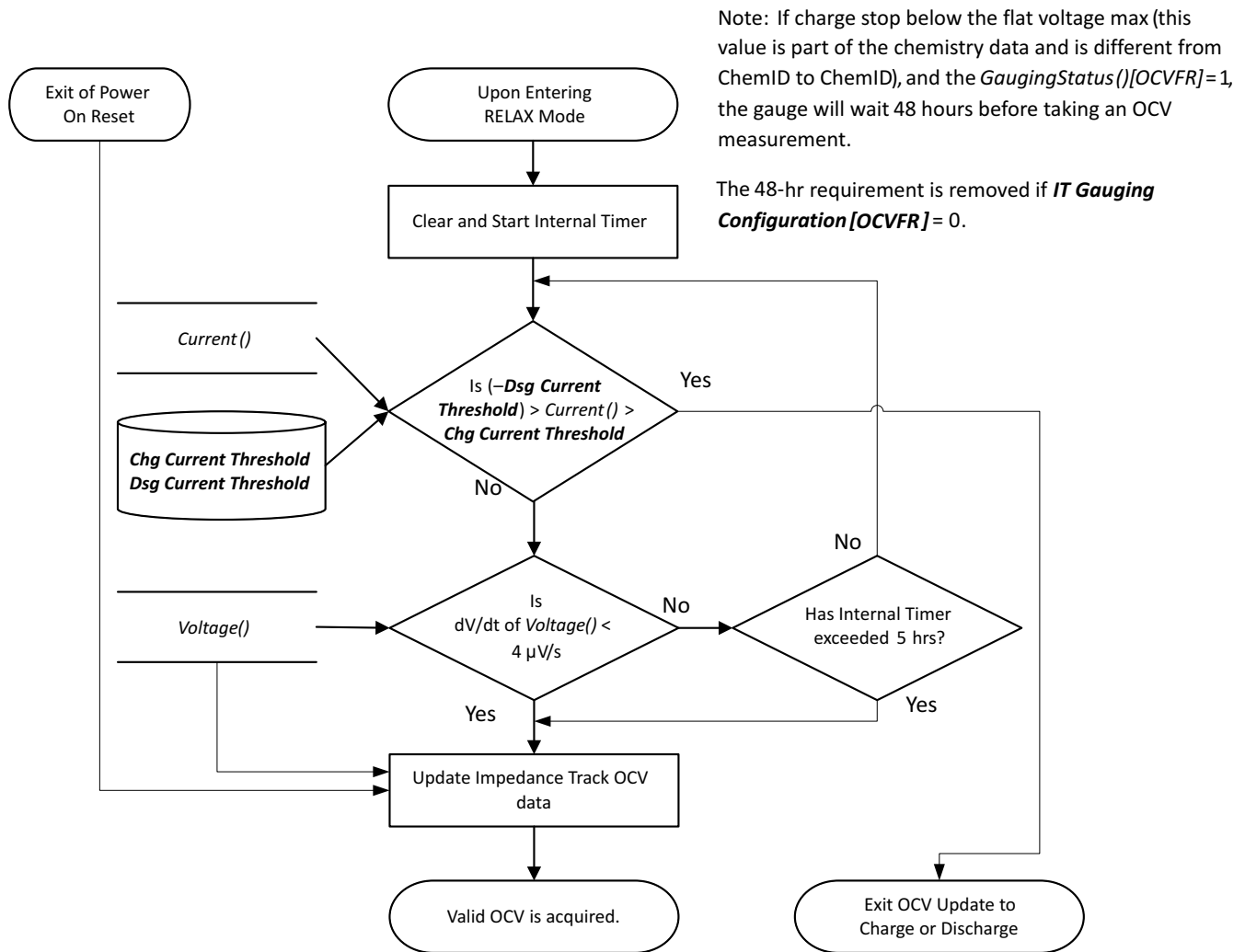


图 7-2. OCV 测量

然后，BQ28Z610-R2 计算充电状态高于最低电芯 SOC 的电芯之间的电量差异。通过使用温度补偿 DOD 与 OCV 之间的关系查找表将测得的 OCV 转换为放电深度 (DOD) 百分比来确定每个电芯的 dQ 值。如果测得的 OCV 与特定表条目不一致，则 DOD 值从各个表相邻 OCV 的两个相邻 DOD 线性内插。

将每个电芯和具有最低 SOC 的电芯之间的 DOD% 差值乘以各个电芯 QMax 以创建 dQ：例如， $dQ = \text{CellInDOD} - \text{CellLowest_SOC DOD} \times \text{CellInQMax (mAh)}$ 。

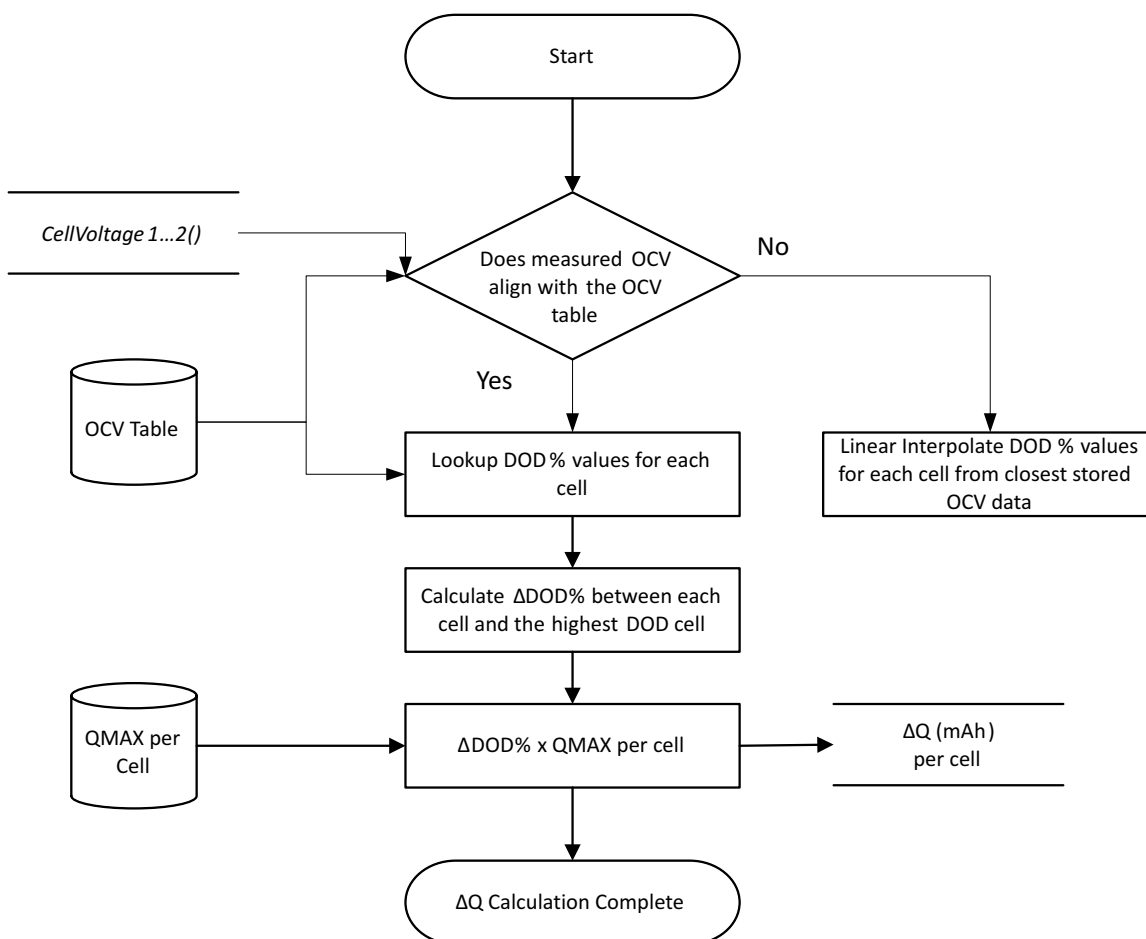


图 7-3. ΔQ 计算

BQ28Z610-R2 使用 dQ 和 **Bal Time/mAh Cell 1** (对于电芯 1) 或 **Bal Time/mAh Cell 2** 计算所需的平衡时间。可以根据关键系统因素来确定 **Bal Time/mAh Cell 1** 和 **Bal Time/mAh Cell 2** 的值，其计算方法为：

$$\text{Bal Time/mAh Cell } x = 3600\text{mAs}/(\text{DUTY} \times (1000\text{mV}/1\text{V}) \times V_{\text{CELL}}/(R_{\text{VCx}} + R_{\text{cb}}))$$

其中：

V_{CELL} = 平均电芯电压 (例如，对于大多数化学物质该电压为 3.7V)

R_{VCx} = 电芯和 BQ28Z610-R2 的引脚之间的串联外部电阻。在参考原理图中， $R_{\text{VC2}} = 105\Omega$ ， $R_{\text{VC1}} = 100\Omega$ 。

R_{cb} = 电芯平衡 FET R_{dson} ，其大小为 150Ω 。

DUTY = 电芯平衡占空比，其典型值为 68.75%。

可以通过以下方法来计算每个要平衡的电芯的电芯平衡时间： $dQ_{\text{Celln}} \times \text{Bal Time/mAh Cell 1}$ (对于电芯 1) 或 $dQ_{\text{Celln}} \times \text{Bal Time/mAh Cell 2}$ 。电芯平衡时间存储在 16 位 RAM 寄存器 **CellnBalanceTimer** 中，该寄存器可提供的最大计算时间为 65535s (或 18.2 小时)。仅当进行了有效的 QMax 更新时才会发生该更新；否则，它们都被设置为 0。

CellnBalanceTimer 寄存器被钳制在 0xFFFF，无法翻转。

7.3 电芯平衡操作

Note: Cell balancing is called every 1 s.

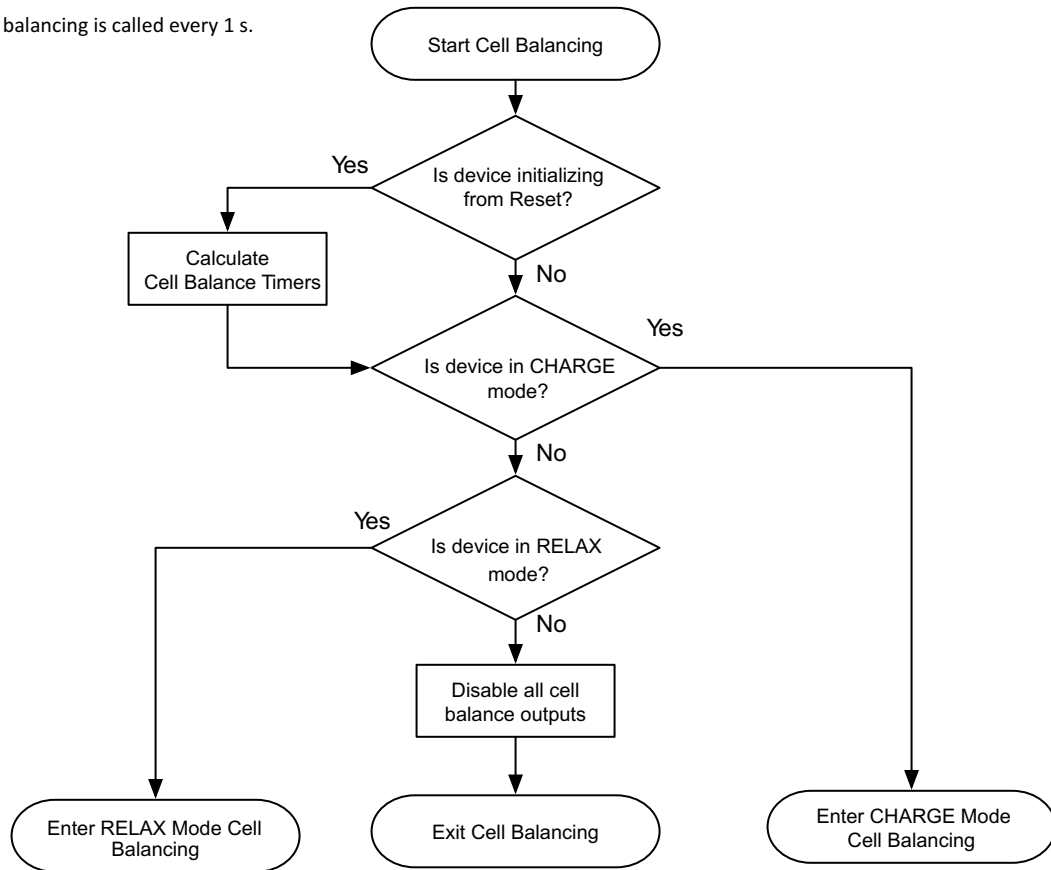


图 7-4. 电芯平衡模式检测

在正常运行期间，BQ28Z610-R2 每 1s 调用一次电芯平衡算法。当该器件处于 SLEEP 模式时，不会调用电芯平衡算法。所有算法选择都是在同一个 1s 计时器上进行的。

在 RELAX 模式下，如果启用了静止状态下的电芯平衡计算，则 **Balancing Configuration[CBR] = 1**。电量监测计将验证在进入 RELAX 模式时是否满足 dv/dt 条件。如果满足，那么当满足以下所有条件时，将启动静止状态下的电芯平衡计算：

- 任何预先计算的电芯平衡计时器都是非零的且
- **RelativeStateofCharge() > Min RSOC for Balancing**

电量监测计将尝试在 RELAX 模式下每隔 **Relax Balance Interval** 重新计算一次电芯平衡时间。如果满足以下所有条件，则更新电芯平衡时间：

- 已超过 Relax Balance Interval 且
- 已进行 OCV 测量且
- 最大电芯电压差值 > **Min Start Balance Delta**

退出 RELAX 模式时，只要存在有效的 OCV 更新，就会重新计算电芯平衡时间。

备注

电芯平衡在 OCV 测量期间暂停。

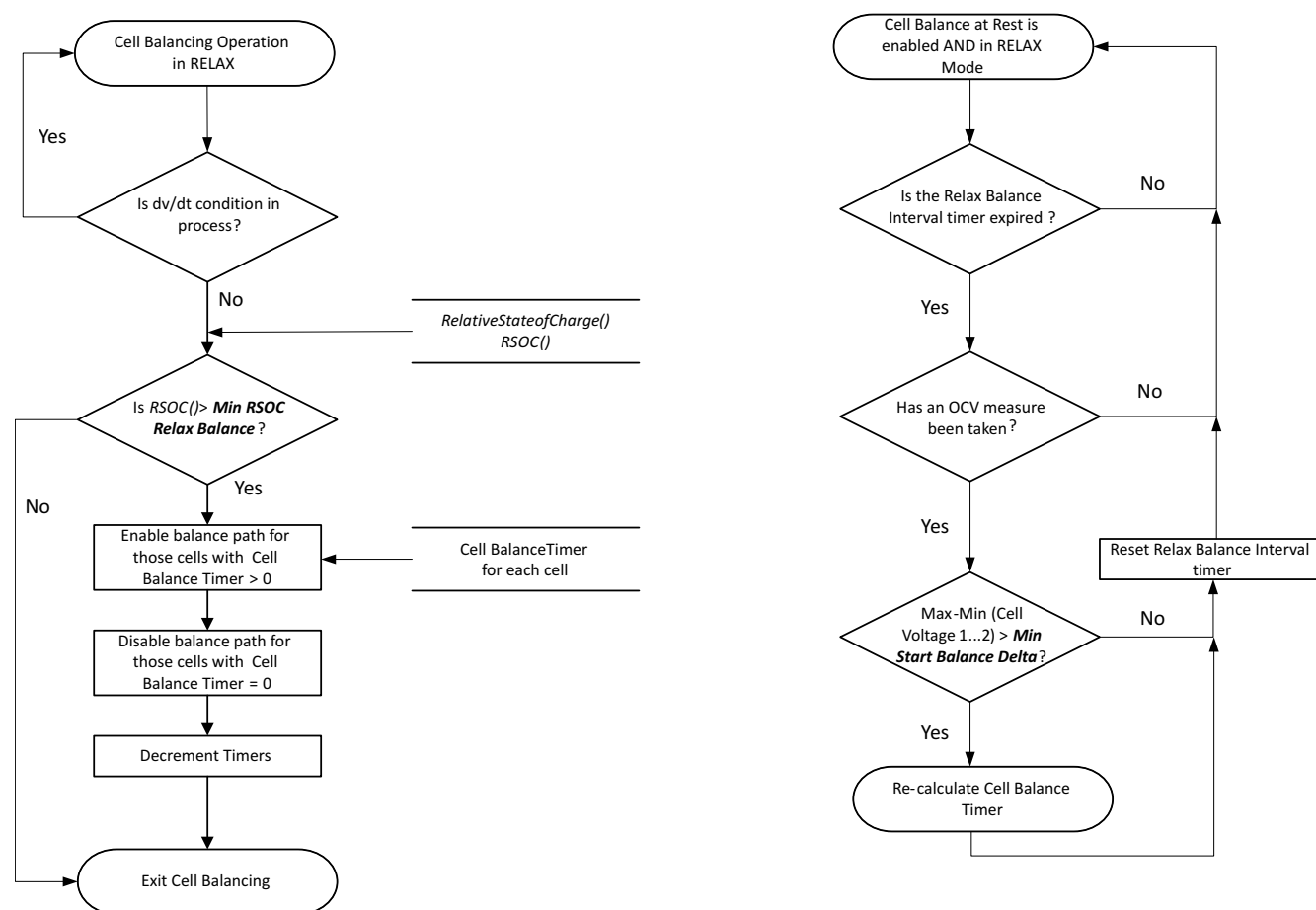


图 7-5. RELAX 模式下的电芯平衡操作

当 BQ28Z610-R2 处于 CHARGE 模式时，该器件会在电芯平衡期间执行以下步骤：

1. 检查是否有任何预先计算的电芯平衡计时器大于 0。
2. 对于不等于 0 的相应电芯平衡计时器，电芯平衡 FET 开启。

备注

在 CHARGE 模式下，不存在会控制电芯平衡启用的 SOC 限制条件。

Note: Cell balancing is called every 1 s so this loop will execute every 1 s as long as the appropriate conditions exist.

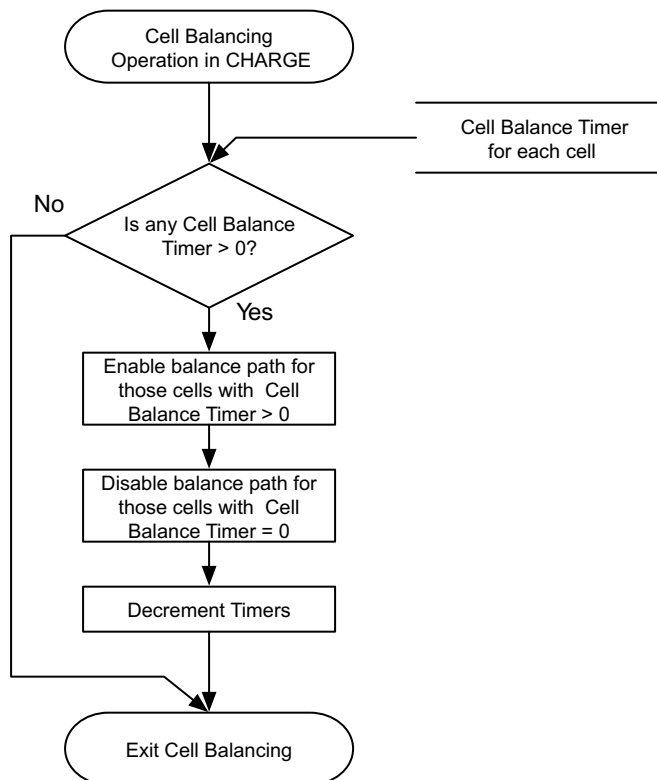


图 7-6. CHARGE 模式下的电芯平衡操作

This page intentionally left blank.



8.1 说明

该器件具有记录在电池寿命期间所发生的事件的广泛功能，这对于分析很有用。可以通过设置 **ManufacturingStatus[LF_EN] = 1** 来启用寿命数据收集。数据收集在 RAM 中，仅在以下条件下写入 DF，以避免数据闪存磨损：

- 如果 RAM 内容与闪存不同，则每 10 小时进行一次。
- 在永久失效情况下，在禁用数据闪存更新之前。
- 复位计数器递增。
- 接收到 *LifetimeDataFlush* MAC 命令。

在以下情况下停止收集寿命数据：

- 在永久失效之后
- 可以通过设置 **ManufacturingStatus[LF_EN] = 0** 来禁用寿命数据收集。

总固件运行时在寿命数据启用时开始。

- 电压
 - 每个电芯的最大电芯电压
- 电流
 - 最大充电/放电电流
- 温度
 - 最大/最小电芯温度

This page intentionally left blank.



9.1 说明

该器件有三个安全操作级别。若要在各个级别之间进行切换，需要使用不同的密钥进行不同的操作。这三个级别分别是 SEALED、UNSEALED 和 FULL ACCESS。该器件还支持对主机系统进行 SHA-1 HMAC 身份验证。

9.2 SHA-1 说明

截至 2012 年 3 月，最新版本是 FIPS 180-4。SHA-1 或安全哈希算法用于计算消息或数据的压缩表示，也称哈希。对于小于 2^{64} 的消息，SHA-1 算法产生一个被称为摘要的 160 位输出。

在 SHA-1 单向哈希函数中，没有已知的用于计算给定输入的数学方法，只能计算输出。FIPS 180-4 定义的 SHA-1 规范规定输入由总输入长度小于 264 位的 512 位块组成。对于不符合 512 位块整数倍的输入，会在任何块输入到哈希函数之前对其进行填充。SHA-1 算法输出 160 位摘要。

该器件生成一个 288 位的 SHA-1 输入块（总输入 = 160 位消息 + 128 位密钥）。为了满足 SHA-1 函数的 512 位块大小要求，该器件用一个 1 来填充密钥和消息，后跟 159 个 0，然后是 288 (000...00100100000) 的 64 位值，这符合 FIPS 180-4 规定的填充要求。

有关 SHA-1 算法的详细信息，请访问以下链接：

1. <http://www.nist.gov/itl/>
2. <http://csrc.nist.gov/publications/fips>
3. www.faqs.org/rfcs/rfc3174.html

9.3 HMAC 说明

SHA-1 引擎会计算修改后的 HMAC 值。使用的是公共消息和密钥，HMAC 输出被视为可验证用于生成 HMAC 的器件的安全指纹。

若要计算 HMAC：让 H 指定 SHA-1 哈希函数，M 指定发送到器件的消息，KD 指定器件唯一的 128 位解封/完全访问/身份验证密钥。HMAC(M) 定义为：

$H[KD \parallel H(KD \parallel M)]$ ，其中 \parallel 表示附加操作。

消息 M 被附加到解封/完全访问/身份验证密钥 KD 中，并进行填充以成为 SHA-1 哈希的输入。然后将第一次计算的输出附加到解封/完全访问/身份验证密钥 KD，再次进行填充，并第二次循环通过 SHA-1 哈希。输出是 HMAC 摘要值。

9.4 身份验证

应按照以下步骤实施身份验证：

1. MAC 命令 0x0000：命令 = 0x0000，将 20 个字节写入 0x40，然后将校验和 + 长度写入 0x60。
响应将作为 MAC 响应提供，因此 0x3E/0x3F 将为 0x0000，0x40 将具有 SHA1 结果，0x60/0x61 将具有校验和及长度。
2. 使用符合 FIPS PUB 140 - 2 中所述已批准的随机数生成器要求的随机数生成器生成 160 位消息 M。
3. 生成 512 字节的 SHA-1 输入块 B1 (总输入 = 128 位身份验证密钥 KD + 160 位消息 M + 1 + 159 个 0 + 100100000)。
4. 使用 B1 生成 SHA-1 哈希 HMAC1。
5. 生成 512 字节的 SHA-1 输入块 B2 (总输入 = 128 位身份验证密钥 KD + 160 位哈希 HMAC1 + 1 + 159 个 0 + 100100000)。
6. 使用 B2 生成 SHA-1 哈希 HMAC2。
7. 在没有活动 *MACData()* 数据等待的情况下，以 0xAABBCCDDEEFFGGHHIIJJKLLMMNNOOPPPQRRSSTT 的格式将 160 位消息 M 写入 *MACData()*，其中 AA 是 LSB。
8. 等待 250ms，然后为 HMAC3 读取 *MACData()*。
9. 将主机 HMAC 2 与器件 HMAC 3 进行比较，如果匹配，则主机和器件具有相同的密钥 KD，此时器件通过身份验证。

9.5 安全模式

更改安全密钥需要使用更改 MAC 命令；可以将用于解封该器件的代码发送到 0x3E、0x3F。数据的顺序为小端字节序。若要更改密钥，必须通过 *MACSubcmd()* 0x3E、0x3F 发送写入操作，*SecurityKey()* 后跟密钥信息。必须以小端字节序格式发送每个参数条目。0x3E 写入块应在“0xCD”之后结束。校验和和长度是从 0x60 开始的第二条命令。

示例：

将解封密钥更改为 0x0123、0x4567 并将完全访问密钥更改为 0x89AB、0xCDEF：

写入块：命令 = 0x3E，块 = 0x35 + 0x00 + 0x23 + 0x01 + 0x67 + 0x45 + 0xAB + 0x89 + 0xEF + 0xCD + 1 字节 (用于校验和) + 1 字节 (用于数据长度)。注意：校验和和长度是从 0x60 开始的第二条命令。

从地址 0x3E 开始的数据块 (十六进制) 为 [35 00 23 01 67 45 ab 89 EF CD]，然后从地址 0x60 开始的数据块 (十六进制) 为 [0A 0C] (校验和，后跟长度) 校验和 = 0x0A = ~(0x35 + 0x00 + 0x23 + 0x01 + 0x67 + 0x45 + 0xAB + 0x89 + 0xEF + 0xCD)。最终的校验和是结果的按位取反。

字节 0：解封密钥 LSB

字节 1：解封密钥 MSB

字节 2：完全访问密钥 LSB

字节 3：完全访问密钥 MSB

对于该活动，必须在发送第一个密钥后 4s 内发送第二个密钥；否则，请求将不被接受。

9.5.1 SEALING 和 UNSEALING 数据闪存

电量监测计具有一个密钥访问机制，可在 SEALED、UNSEALED 和 FULL ACCESS 模式之间进行转换。每次转换都需要通过 *MACSubcmd()* 命令将唯一的一组密钥 (包含两个) 发送到电量监测计。必须连续发送这些密钥，并且不得向 *MACSubcmd()* 寄存器写入其他数据。*Seal Device* 命令用于指示该器件限制对寄存器、函数和数据闪存空间的访问，并设置 [SEC1][SEC0] 标志。在 SEALED 模式下，可以访问标准寄存器信息。扩展 MAC 命令函数和数据闪存不可访问。一旦进入 SEALED 模式，该器件就永远无法返回 UNSEALED 或 FULL ACCESS 模式。

节 12.2.30 (*OperationStatus()* 寄存器) 使用 [SEC1][SEC0] 位显示了该器件的状态。

9.5.2 SEALED 转 UNSEALED

SEALED 转 UNSEALED 指示该器件扩展对标准和扩展寄存器和数据闪存空间的访问，并清除 *[SEC1][SEC0]* 标志。在 UNSEALED 模式下，所有数据、标准和扩展寄存器以及 DF 都具有读取/写入访问权限。解封是一条两步命令，首先将解封密钥的第一个字写入 *MACSubcmd()* (MAC)，然后将解封密钥的第二个字写入 *MACSubcmd()*。在 FULL ACCESS 模式下，可以通过 *MAC SecurityKey()* 命令读取和更改解封密钥。若要返回 SEALED 模式，需要执行硬件复位，或者需要执行 *MAC Seal Device()* 命令从 FULL ACCESS 或 UNSEALED 转换为 SEALED。

9.5.3 UNSEALED 转 FULL ACCESS

UNSEALED 转 FULL ACCESS 指示该器件允许对所有标准和扩展寄存器和数据闪存进行完全访问。TI 发货时该器件处于该模式。在 FULL ACCESS 模式下，可以通过 MAC 命令 *SecurityKey()* 读取和更改 UNSEALED 转 FULL ACCESS 的密钥。可以使用 *MACSubcmd()* 命令执行 UNSEALED 到 FULL ACCESS 的转换，方法是将完全访问密钥的第一个字写入 *MACSubcmd()*，然后将完全访问密钥的第二个字写入 *MACSubcmd()*。在 FULL ACCESS 模式下，可以发送进入引导 ROM 的命令。

This page intentionally left blank.



10.1 制造测试

为了改进制造测试流程，电量监测计器件允许通过 **MACSubcmd()** 命令开启或关闭某些功能。例如 **CHG FET()**、**DSG FET()**、**Lifetime Data Collection()**、**Calibration()** 等。仅启用被测功能可以避免任何功能干扰，从而简化生产中的测试流程。这些切换命令只会设置 RAM 数据，这意味着如果向电量监测计发出复位或密封命令，那么这些命令设置的条件将被清除。**ManufacturingStatus()** 跟踪每个功能的状态（启用或禁用）。

数据闪存 **Manufacturing Status** 提供了启用或禁用单个功能以进行正常操作的选项。在发送复位或密封命令时，**ManufacturingStatus()** 将从 **Manufacturing Status** 中重新加载。这也意味着如果对 **ManufacturingStatus()** 进行更新以启用或禁用某个功能，则只有在发送复位或密封命令时，电量监测计才会采用新设置。

10.2 校准

该器件集成了支持电流、电压和温度读数校准的例程，当 **ManufacturingStatus()[CAL_EN]** 位开启时可在向 **MACSubcmd()** 写入 0xF081 或 0xF082 后访问这些例程。当校准处于活动状态时，可在 **MACData()** 上获取原始 ADC 数据。如果发送任何其他 MAC 命令或该器件被复位或密封，那么该器件将停止在 **MACData()** 上报告校准数据。

备注

校准完成后必须关闭 **ManufacturingStatus()[CAL_EN]** 位。该位在复位或密封后清除。

表 10-1. MACSubcmd() 说明

MACSubcmd()	说明
0x002D	启用/禁用 ManufacturingStatus()[CAL_EN]
0xF080	禁用 MACData() 上的原始 ADC 数据输出
0xF081	在 MACData() 上输出电压、电流和温度的原始 ADC 数据
0xF082	在 MACData() 上输出电压、电流和温度的原始 ADC 数据。该模式支持库仑计数器输入（SRP、SRN）内部短路。

MACData() 输出格式为：ZZYYaaAAbbBBccCCddDDeeEEffFFggGGhhHHiilJjJJkkKK，

其中：

表 10-2. MACData() 格式说明

值	格式	说明
ZZ	字节	8 位计数器，在刷新原始 ADC 值时递增（每 250ms 递增一次）
YY	字节	输出状态 MACSubcmd() = 0xF081 : 1 MACSubcmd() = 0xF082 : 2
AAaa	二进制补码	电流（库仑计数器）
BBbb	二进制补码	电芯电压 1
CCcc	二进制补码	电芯电压 2
FFff	二进制补码	BAT 电压

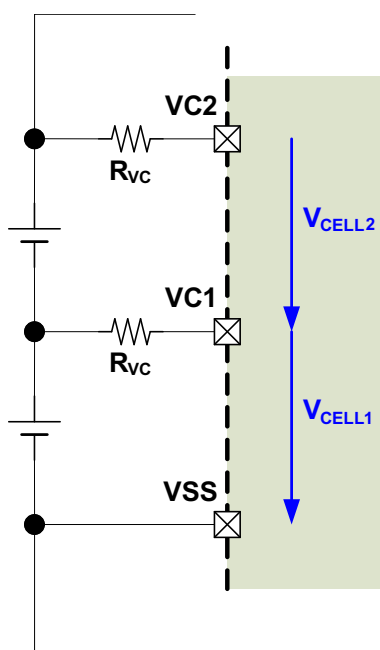
表 10-2. MACData() 格式说明 (continued)

值	格式	说明
GGgg	二进制补码	电池组电压
HHhh	二进制补码	电芯电流 1
IIii	二进制补码	电芯电流 2

备注

需要访问 *MACData()* 上的数据的所有校准步骤必须从 *MACSubcmd()* 开始执行读取操作，以确保根据预期的 *MACSubcmd()* 子命令（在本例中为 0xF081 或 0xF082）正确刷新块的数据部分。返回的前两个字节是 *MACSubcmd()* 子命令，后跟计数器、状态和原始 ADC 值，如表 10-1 所示。

11.1 电芯电压校准



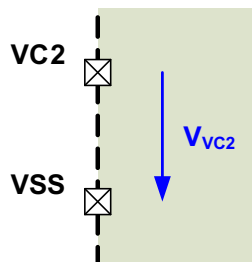
- 向电芯电压输入端施加已知的电压（以 mV 为单位）：
 - 在 VC1 端子和 VSS 端子之间施加 V_{CELL1}
 - 在 VC2 端子和 VC1 端子之间施加 V_{CELL2}
- 如果 *ManufacturerStatus()*[*CAL_EN*] = 0，则向 *MACSubcmd()* 发送 0x002D 以启用 [*CAL_EN*] 标志。
- 向 *MACSubcmd()* 发送 0xF081 或 0xF082 以在 *MACData()* 上启用原始电芯电压输出。
- 在读取数据之前轮询 *MACData()*，直到 8 位计数器值递增 2。
- 从 *MACData()* 获取电芯电压的 ADC 转换读数：
 - $ADC_{CELL1} = \text{MACData}()$ 的 AAaa
 - $ADC_{CELL2} = \text{MACData}()$ 的 BBbb
- 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 *MACData()*，直到 ZZ 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{CELLx} = [ADC_{CELLx}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{CELLx}(\text{读数 } 1)] / n$
- 计算增益值：

$$\text{Cell Gain} = \left\{ \left[\frac{V_{CELL1}}{ADC_{CELL1}} + \frac{V_{CELL2}}{ADC_{CELL2}} \right] \times 2^{16} \right\} / N$$

其中 N = 电芯数。

8. 将新的 **Cell Gain** 值写入数据闪存。
9. 重新检查电压读数，如果读数不准确，则重复执行步骤 5 和 6。
10. 如果所有校准都已完成，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以清除 `[CAL_EN]` 标志。

11.2 VC2 (BAT) 电压校准

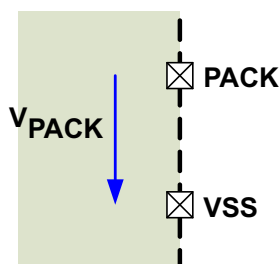


该器件没有 BAT 端子，因此 VC2 输入为 BAT 端子：

1. 向电压输入端施加已知的电压（以 mV 为单位）：
 - 在 VC2 端子和 VSS 端子之间施加 V_{BAT}
2. 如果 `ManufacturerStatus()[CAL_EN] = 0`，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以启用 `[CAL_EN]` 标志。
3. 向 `MACSubcmd()` 发送 0xF081 或 0xF082 以在 `MACData()` 上启用原始电芯电压输出。
4. 在读取数据之前轮询 `MACData()`，直到 8 位计数器值递增 2。
5. 从 `MACData()` 获取电芯堆电压的 ADC 转换读数：
 - $ADC_{BAT} = \text{MACData}()$ 的 LLLI
6. 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 `MACData()`，直到 ZZ 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{BAT} = [ADC_{BAT}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{BAT}(\text{读数 } 1)]/n$
7. 计算增益值：

$$BAT\ Gain = \frac{V_{BAT}}{ADC_{BAT}} \times 2^{16}$$
8. 将新的 **BAT Gain** 值写入数据闪存。
9. 重新检查电压读数，如果读数不准确，则重复执行步骤 4 至 6。
10. 如果所有校准都已完成，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以清除 `[CAL_EN]` 标志。

11.3 PACK 电压校准

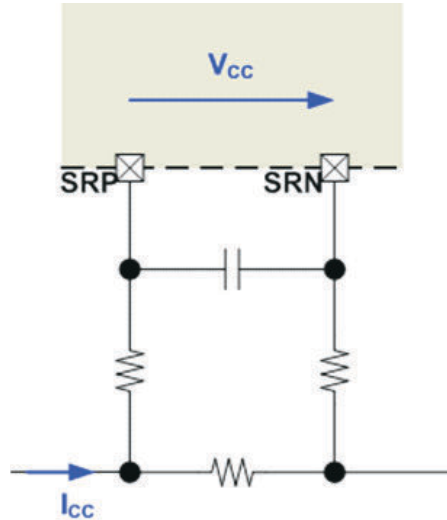


1. 向电压输入端施加已知的电压（以 mV 为单位）：
 - 在 PACK 端子和 VSS 端子之间施加 V_{PACK}
2. 如果 `ManufacturerStatus()[CAL_EN] = 0`，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以启用 `[CAL_EN]` 标志。
3. 向 `MACSubcmd()` 发送 0xF081 或 0xF082 以在 `MACData()` 上启用原始电芯电压输出。
4. 在读取数据之前轮询 `MACData()`，直到 8 位计数器值递增 2。
5. 从 `MACData()` 获取电池组电压的 ADC 转换读数：
 - $ADC_{PACK} = \text{MACData}()$ 的 KKkk
6. 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 `MACData()`，直到 ZZ 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{PACK} = [ADC_{PACK}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{PACK}(\text{读数 } 1)]/n$
7. 计算增益值：

$$PACK\ Gain = \frac{V_{PACK}}{ADC_{PACK}} \times 2^{16}$$

8. 将新的 **PACK Gain** 值写入数据闪存。
9. 重新检查电压读数，如果读数不准确，则重复执行步骤 4 至 6。
10. 如果所有校准都已完成，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以清除 `[CAL_EN]` 标志。

11.4 电流校准



11.4.1 CC Offset 校准

备注

由于该器件硬件的改进，**CC Offset** 校准不是必需的。只有在观察到失调电流时才运行 **CC Offset** 校准程序。

1. 施加 0mA 的已知电流，并确保没有电流流过连接在 **SRP** 和 **SRN** 引脚之间的感测电阻。
2. 如果 `ManufacturerStatus()[CAL_EN] = 0`，则向 `MACSubcmd()` 发送 0x002D 以启用 `[CAL_EN]` 标志。
3. 向 `MACSubcmd()` 发送 0xF082 以在 `MACData()` 上启用原始电芯电压输出。
4. 在读取数据之前轮询 `MACData()`，直到 `ZZ` 递增 2。
5. 从 `MACData()` 获取电流的 ADC 转换读数：
 - $ADC_{CC} = MACData()$ 的 AAaa

ADC_{CC} 是否小于 0x8000？如果是，则使用 ADC_{CC} ；否则 $ADC_{CC} = -(0xFFFF - AAaa + 0x0001)$ 。
6. 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 `MACData()`，直到 `ZZ` 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{CC} = [ADC_{CC}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{CC}(\text{读数 } 1)]/n$
7. 从数据闪存中读取 库伦计数器失调取样数。

8. 计算失调值：
 - **CC Offset** = $ADC_{CC} \times (\text{Coulomb Counter Offset Samples})$
9. 将新的 **CC Offset** 值写入数据闪存。
10. 重新检查电流读数，如果读数不准确，则重复执行以上步骤。
11. 如果所有校准都已完成，则向 **MACSubcmd()** 发送 0x002D 以清除 **[CAL_EN]** 标志。

11.4.2 电路板失调校准

备注

由于该器件硬件的改进，电路板失调校准不是必需的。只有在观察到电路板失调电流时才运行电路板失调校准程序。

1. 确保首先执行失调校准。
2. 施加 0mA 的已知电流，并确保没有电流流过连接在 **SRP** 和 **SRN** 引脚之间的感测电阻。
3. 如果 **ManufacturerStatus()[CAL_EN]** = 0，则向 **MACSubcmd()** 发送 0x002D 以启用 **[CAL_EN]** 标志。
4. 向 **MACSubcmd()** 发送 0xF081 以在 **MACData()** 上启用原始电芯电压输出。
5. 在读取数据之前轮询 **MACData()**，直到 **ZZ** 递增 2。
6. 从 **MACData()** 获取电流的 ADC 转换读数：
 - $ADC_{CC} = \text{MACData() 的 AAaa}$

ADC_{CC} 是否小于 0x8000？如果是，则使用 ADC_{CC} ；否则 $ADC_{CC} = -(0xFFFF - AAaa + 0x0001)$ 。
7. 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 **MACData()**，直到 **ZZ** 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{CC} = [ADC_{CC}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{CC}(\text{读数 } 1)]/n$
8. 从数据闪存中读取 **库伦计数器失调取样数**。
9. 计算失调值：
 - **电路板失调值** = $(ADC_{CC} \times \text{库伦计数器失调取样数}) - \text{CC Offset}$
10. 将新的 **B 电路板失调值** 写入数据闪存。
11. 重新检查电流读数。如果读数不准确，则重复执行以上步骤。
12. 如果所有校准都已完成，则向 **MACSubcmd()** 发送 0x002D 以清除 **[CAL_EN]** 标志。

11.4.3 CC 增益/容量增益校准

1. 施加已知电流（通常为 1A 至 2A），并确保 I_{CC} 流过连接在 **SRP** 和 **SRN** 引脚之间的感测电阻。
2. 如果 **ManufacturerStatus()[CAL_EN]** = 0，则向 **MACSubcmd()** 发送 0x002D 以启用 **[CAL_EN]** 标志。
3. 向 **MACSubcmd()** 发送 0xF081 以在 **MACData()** 上启用原始 CC 输出。
4. 在读取数据之前轮询 **MACData()**，直到 **ZZ** 递增 2。
5. 通过 **MACData()** 检查 ADC 转换电流输出：
 - $ADC_{CC} = \text{MACData() 的 AAaa}$

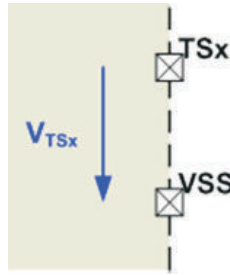
ADC_{CC} 是否小于 0x8000？如果是，则使用 ADC_{CC} ；否则 $ADC_{CC} = -(0xFFFF - AAaa + 0x0001)$ 。
6. 取多个读数的平均值以实现更高的精度。轮询 **MACData()**，直到 **ZZ** 递增以指示更新的值可用：
 - $ADC_{CC} = [ADC_{CC}(\text{读数 } n) + \dots + ADC_{CC}(\text{读数 } 1)]/n$
7. 从数据闪存中读取 **库伦计数器失调取样数**。
8. 计算增益值：

$$CC\ Gain = \frac{I_{CC}}{ADC_{CC} - \frac{Board\ Offset + CC\ Offset}{Coulomb\ Counter\ Offset\ Samples}}$$

$$Capacity\ Gain = CC\ Gain \times 298261.6178$$

9. 将新的 **CC 增益** 和 **容量增益** 值写入数据闪存。
10. 重新检查电流读数。如果读数不准确，则重复执行以上步骤。
11. 如果所有校准都已完成，则向 **MACSubcmd()** 发送 0x002D 以清除 **[CAL_EN]** 标志。

11.5 温度校准



11.5.1 内部温度传感器校准

1. 以 0.1°C 为单位应用已知温度，确保对器件应用温度 $\text{Temp}_{\text{TINT}}$ 。
2. 从 **Internal Temp Offset** 中读取 $\text{TINT offset}_{\text{old}}$ 。
3. 从 *DAStatus2()* 中读取报告的温度：
 - $\text{TINT} = \text{DAStatus2() 的 AAaa}$

TINT 是否大于 0？如果是，则 $\text{TINT} = \text{AAaa} - 2732$ 。

4. 计算温度偏差：

$$\text{TINT offset} = \text{TEMP}_{\text{TINT}} - \text{TINT} + \text{TINT offset}_{\text{old}}$$

5. 将新的 **Internal Temp Offset** 值写入数据闪存。
6. 重新检查 *DAStatus2()* 读数。如果读数不准确，则重复执行以上步骤。

11.5.2 TS1 校准

1. 以 0.1°C 为单位应用已知温度，确保对连接到 TSx 端子的热敏电阻应用温度 TEMP_{TSx} 。“TSx”指 TS1。
2. 从 **External × Temp Offset** 中读取 $\text{TSx offset}_{\text{old}}$ ，其中 \times 为 1。
3. 从 *DAStatus2()* 块中读取相应的温度作为 TSx 。
4. 计算温度偏移：

$$\text{TSx offset} = \text{TEMP}_{\text{TSx}} - \text{TSx} + \text{TSx offset}_{\text{old}}$$

其中 \times 为 1。

5. 将新的 **External × Temp Offset** (其中 \times 为 1) 值写入数据闪存。
6. 重新检查 *DAStatus2()* 读数。如果读数不准确，则重复执行以上步骤。

This page intentionally left blank.



12.1 标准数据命令

为了使系统能够读取和写入电池信息，BQ28Z610-R2 使用一系列 2 字节标准 I²C 命令，并采用 7 位器件地址 0x55 (8 位 = 0xAA，用于写入；0xAB，用于读取)。每条标准命令都有一个相关的命令代码对，如表 12-1 标准命令所示。每个协议都采用特定的方法来访问每个命令代码处的数据。数据 RAM 由电量监测计每秒更新和读取一次。

表 12-1. 标准命令

名称	寄存器代码 (LSB/MSB)	说明
<i>ManufacturerAccess/ControlStatus()</i>	CNTL	控制寄存器 (请参阅下面的内容)
<i>AtRate()</i>	AR	读取/写入。该值为有符号整数，其中负值表示放电电流值。默认值为 0，强制 <i>AtRateTimeToEmpty()</i> 返回 65,535。
<i>AtRateTimeToEmpty()</i>	ARTTE	该只读函数返回一个无符号整数，以根据电池在 <i>AtRate()</i> 值下的放电情况来预测剩余运行时间，以分钟为单位，范围为 0 至 65,534。值 65,535 表示 <i>AtRate()</i> = 0。电量监测计在系统设置 <i>AtRate()</i> 值后的 1s 内更新 <i>AtRateTimeToEmpty()</i> 。电量监测计每 1s 更新一次这些参数。这些命令在 NORMAL 模式下使用。
<i>Temperature()</i>	TEMP	该只读函数返回一个无符号整数温度值，以 0.1k 为单位，通过电量监测计进行测量，用于电量测量算法。该函数报告 <i>InternalTemperature()</i> 或外部热敏电阻温度，具体取决于电池组配置中的 [TEMPS] 位设置。
<i>Voltage()</i>	VOLT	该只读函数返回一个无符号整数，该值以 mV 为单位表示测量的电池组，范围为 0 至 12000mV。
<i>BatteryStatus()</i>	FLAGS	请参阅 Flags 寄存器。
<i>Current()</i>	INSTCURR	该只读函数返回一个有符号整数，该值表示流过感测电阻的瞬时电流。该值每 1s 更新一次。单位为 mA。
<i>RemainingCapacity()</i>	RM	该只读命令根据速率 (由配置的 Load Select 决定)、温度、当前放电深度和存储的阻抗返回预测的剩余容量。以 mAh 为单位报告值。
<i>FullChargeCapacity()</i>	FCC	该只读命令根据速率 (由配置的 Load Select 决定)、温度、当前放电深度和存储的阻抗返回充满电时的预测电池容量。以 mAh 为单位报告值。
<i>AverageCurrent</i>	AI	该只读函数返回一个有符号整数，该值表示流过感测电阻的平均电流。该值每 1s 更新一次。单位为 mA。
<i>AverageTimeToEmpty</i>	TTE	该方法使用时间常数为 15s 的平均电流值。值 65535 意味着电池未在放电。
<i>AverageTimeToFull</i>	TTF	该只读函数返回一个无符号整数，根据 <i>AverageCurrent()</i> 以分钟为单位预测电池达到充满电状态的剩余时间。该计算考虑了基于固定 <i>AverageCurrent()</i> 电荷累积速率的线性 TTF 计算的收尾电流时间扩展。值 65,535 表示电池未在充电。
<i>StandbyCurrent</i>	SI	该只读函数返回一个有符号整数，该值表示通过感测电阻测得的待机电流。 <i>StandbyCurrent()</i> 是自适应测量值。最初它将在初始待机模式下报告经过编程的待机电流，在待机模式下几秒钟后将报告测得的待机电流。当测得的电流高于死区且小于或等于初始待机电流的 2 倍时，寄存器值每 1s 更新一次。符合这些标准的第一个值和最后一个值不用于求取平均值，因为它们可能不是稳定的值。为了接近 1 分钟的时间常数， <i>StandbyCurrent()</i> 的每个新值通过取最后一个待机电流的大约 93% 的权重和当前测得的平均电流的约 7% 来计算。
<i>StandbyTimeToEmpty</i>	STTE	该只读函数返回一个无符号整数，以分钟为单位预测待机放电率下的剩余电池寿命。采用标称可用容量 (NAC) 进行计算。值 65,535 表示电池未在放电。
<i>MaxLoadCurrent</i>	MLI	该只读函数返回一个最大负载情况下的有符号整数，以 mA 为单位。 <i>MaxLoadCurrent()</i> 是自适应测量值，最初报告为在初始 Max Load Current 寄存器中进行编程的最大负载电流。如果测得的电流大于初始 Max Load Current，则 <i>MaxLoadCurrent()</i> 更新为新电流。每当电池在前一次放电至低于 50% 的 SOC 后充满电时， <i>MaxLoadCurrent()</i> 就会减小至前一个值和初始 Max Load Current 的平均值。这可以防止报告的值保持在异常高的水平。
<i>MaxLoadTimeToEmpty</i>	MLTTE	该只读函数返回一个无符号整数，以分钟为单位预测最大放电负载电流速率下的剩余电池寿命。值 65,535 表示电池未在放电。
<i>AveragePower</i>	AP	该只读函数返回一个有符号整数，该值表示电池充电和放电期间的平均功率。放电期间值为负，充电期间值为正。值 0 表示电池未在放电。报告该值时采用的单位为 mW。
<i>InternalTemperature</i>	INT_TEMP	该只读函数返回一个无符号整数温度值，该值以 0.1k 为单位表示通过电量监测计测得的器件内部温度。
<i>CycleCount</i>	CC	该只读函数返回一个无符号整数，该值表示电池已经历的放电周期数 (范围为 0 至 65535)。当累积的放大于或等于 CC 阈值时产生一个周期。
<i>RelativeStateOfCharge</i>	SOC	该只读函数返回一个无符号整数，该值以 <i>FullChargeCapacity()</i> 的百分比表示预测的剩余电池容量，范围为 0% 至 100%。
<i>StateOfHealth</i>	SOH	该只读函数返回一个无符号整数，该值表示为预测的 FCC (25C SoH Load Rate) 与 <i>DesignCapacity()</i> 之比 (百分比形式)。范围为 0x00 至 0x64，表示 0% 至 100%。

表 12-1. 标准命令 (continued)

名称	寄存器代码 (LSB/MSB)	说明
ChargeVoltage	CV	0x30/0x31 返回充电器所需的充电电压，以 mV 为单位
ChargeCurrent	CC	0x32/0x33 返回充电器所需的充电电流，以 mA 为单位
DesignCapacity		0x3C/0x3D 在 SEALED 和 UNSEALED 访问中：该命令返回 Design Capacity 中存储的值，以 mAh 为单位。这旨在用作新电池组的理论或标称容量，但不应影响电量监测计功能的运行。
MACSubcmd		0x3E/0x3F MAC 数据块命令
MACData		0x40/0x5F MAC 数据块
MACDataSum		0x60 MAC 数据块校验和
MACDataLen		0x61 MAC 数据块长度

12.1.1 0x00/01 ManufacturerAccess() 和 ControlStatus()

对该寄存器进行写入与对 **MACSubcmd()** 进行写入是相同的。有关 MAC 子命令的说明，请参阅节 12.2。

读取该寄存器会返回控制位。

该控制寄存器是一个 I²C 寄存器，控制位在寄存器 0x00/0x01 上回读。提供这些控制位是为了实现向后兼容性和易用性。

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD	SEC1	SEC0	AUTH CALM	RSVD	RSVD	Check Sum Valid	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	LDMD	R_DIS	VOK	QMax

RSVD (位 15) : 保留

SEC1、SEC0 (位 14、13) : SECURITY 模式

- 0、0 = 保留
- 0、1 = 完全访问
- 1、0 = 解封
- 1、1 = 密封

AUTHCALM (位 12) : 自动 CALIBRATION 模式

- 1 = 启用
- 0 = 禁用

RSVD (位 11 - 10) : 保留

ChecksumValid (位 9) : 校验和有效。

- 1 = 已启用闪存写入。
- 0 = 由于低电压或 PF 情况，已禁用闪存写入。

RSVD (位 8 - 7) : 保留

RSVD (位 6 - 4) : 保留

LDMD (位 3) : LOAD 模式

- 1 = 恒定功率
- 0 = 恒定电流

R_DIS (位 2) : 电阻更新

- 1 = 禁用
- 0 = 启用

VOK (位 1) : 电压满足 QMax 更新条件

1 = 检测到
0 = 未检测到

QMax (位 0) : QMax 更新。该位在每次 QMax 更新后切换。

12.1.2 0x02/03 AtRate()

该读取/写入字函数设置用于计算 *AtRateTimeToFull()* 和 *AtRateTimeToEmpty()* 的值。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值	单位
		SE	US	FA						
0x02/03	<i>AtRate()</i>	R/W			字	I2	- 32768	32767	0	mA

12.1.3 0x04/05 AtRateTimeToEmpty()

该读取字函数返回电池组完全放电的剩余时间。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x04/05	<i>AtRateTimeToEmpty()</i>	R			字	U2	0	65535	分钟	65535 表示未在充电

12.1.4 0x06/07 Temperature()

该读取字函数返回以 0.1K 为单位的温度。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x06/07	<i>Temperature()</i>	R			字	U2	0	65535	0.1K

12.1.5 0x08/09 Voltage()

该读取字函数返回测得的电芯电压之和。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x08/09	<i>Voltage()</i>	R			字	U2	0	65535	mV

12.1.6 0x0A/0B BatteryStatus()

该读取字函数返回各种电池状态信息。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	注释
		SE	US	FA					
0x0A	<i>BatteryStatus()</i>	R	R	R	字	H2			位 3:0 : EC3、EC2、EC1、EC0 错误代码 0x00 = 正常 0x1 = 繁忙 0x2 = 保留命令 0x3 = 不受支持的命令 0x4 = 拒绝访问 0x5 = 溢出/下溢 0x6 = 错误的大小 0x7 = 未知错误 位 4 : FD - 完全放电 0 = 电池正常 1 = 电池完全耗尽 位 5 : FC - 完全充电 0 = 电池未完全充电 01 = 电池完全充电 位 6 : DSG - 正在放电 0 = 电池正在放电。 1 = 电池正在放电。 位 7 : INIT - 初始化 0 = 不活动 1 = 活动 位 8 : RTA - 剩余时间警报 0 = 不活动 1 = 活动

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	注释
		SE	US	FA					
0x0B	BatteryStatus()	R	R	R	字	H2			位 9 : RCA - 剩余容量警报 0 = 不活动 1 = 活动 位 10 : 保留 未定义 位 11 : TDA - 终止放电警报 0 = 不活动 1 = 活动 位 12 : OTA - 过热警报 0 = 不活动 1 = 活动 位 13 : 保留 未定义 位 14 : TCA - 终止充电警报 0 = 不活动 1 = 活动 位 15 : OCA - 过度充电警报 0 = 不活动 1 = 活动

12.1.7 0x0C/0D Current()

该读取字函数返回通过库仑计数器测得的电流。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x0C/0D	Current()		R		字	I2	- 32767	32768	mA

12.1.8 0x0E/0F MaxError()

该读取字函数返回充电状态计算中以 % 为单位的预期误差幅度，范围为 1% 至 100%。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x0E/0F	MaxError()		R		字	U1	0	100	%

条件	操作
器件已完全复位	MaxError() = 100%
仅更新了 RA 表	MaxError() = 5%
仅更新了 QMax	MaxError() = 3%
更新了 RA 表和 QMax	MaxError() = 1%
在最后一次有效的 QMax 更新后的每次 CycleCount() 递增	MaxError() 递增 0.05%
自上次有效 QMax 更新以来已经过 Configuration:Max Error Time Cycle Equivalent 时长	MaxError() 递增 0.05%

12.1.9 0x10/11 RemainingCapacity()

该读取字函数返回预测的剩余电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x10/11	RemainingCapacity()		R		字	U2	0	65535	mAh

12.1.10 0x12/13 FullChargeCapacity()

该读取字函数返回预测的充满电时的电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x12/13	FullChargeCapacity()		R		字	U2	0	65535	mAh

12.1.11 0x14/15 AverageCurrent()

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x14/15	AverageCurrent()	R			字	I2	- 32767	32768	mA

12.1.12 0x16/17 AverageTimeToEmpty()

该读取字函数根据 *AverageCurrent()* 返回预测的剩余电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x16/17	AverageTimeToEmpty()	R			字	U2	0	65535	分钟	65535 = 电池未在放电。

12.1.13 0x18/19 AverageTimeToFull()

该读取字函数根据 *AverageCurrent()* 返回预计的完全充电时间。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x18/19	AverageTimeToFull()	R			字	U2	0	65535	分钟	65535 = 电池未在放电。

12.1.14 0x1A/1B StandbyCurrent()

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x1A/1B	StandbyCurrent()	R			字	I2	- 32767	32768	mA

12.1.15 0x1C/1D StandbyTimeToEmpty()

该读取字函数根据放电的最小负载率返回预测的剩余电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x1C/1D	StandbyTimeToEmpty()	R			字	U2	0	65535	分钟	65535 = 电池未在放电。

12.1.16 0x1E/1F MaxLoadCurrent()

该读取字函数使用初始最大负载电流寄存器中的值和测得的最大负载电流，根据自适应测量值返回最大负载条件。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x1E/1F	MaxLoadCurrent()	R			字	I2	- 32767	32768	mA

12.1.17 0x20/21 MaxLoadTimeToEmpty()

该读取字函数根据放电的最大负载率返回预测的剩余电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x20/21	MaxLoadTimeTimeToEmpty()	R	R	R	字	U2	0	65535	分钟	65535 = 电池未在放电。

12.1.18 0x22/23 AveragePower()

该读取字函数返回电池充电或放电期间的平均功率。放电时功率为负，充电时功率为正。零值表示电池未在放电。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x22/23	AveragePower()	R			字	I2	- 32767	32768	mW

12.1.19 0x28/29 InternalTemperature()

该读取字函数返回以 0.1K 为单位的内部裸片温度。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x28/29	InternalTemperature()	R			字	U2	0	65535	0.1K

12.1.20 0x2A/2B CycleCount()

该读取字函数返回电池已经历的放电周期数。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x2A/2B	CycleCount()	R	R/W	R/W	字	U2	0	65535	个周期

12.1.21 0x2C/2D RelativeStateOfCharge()

该读取字函数以 FullChargeCapacity() 百分比的形式返回预测的剩余电池容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x2C/2D	RelativeStateOfCharge()	R			字	U1	0	100	%

12.1.22 0x2E/2F State-of-Health (SOH)

该命令以设计容量百分比的形式返回电池的运行状况 (SOH) 信息。这是一条只读命令。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位
		SE	US	FA					
0x2E/2F	State-of-Health()	R			字	U1	0	100	%

12.1.23 0x30/31 ChargingVoltage()

该读取字函数返回所需的充电电压。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x30/31	ChargingVoltage()	R	R	R	字	U2	0	65535	mV	65535 = 请求最大电压

12.1.24 0x32/33 ChargingCurrent()

该读取字函数返回所需的充电电流。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	单位	注释
		SE	US	FA						
0x32/33	ChargingCurrent()	R	R	R	字	U2	0	65535	mA	65535 = 请求最大电流

12.1.25 0x3C/3D DesignCapacity()

该读取字函数返回理论最大电池组容量。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值		单位
		SE	US	FA							
0x3C/3D	DesignCapacity()	R	R/W	R/W	字	U2	0	65535	4400		mAh
									6336		

12.1.26 0x3E/3F MACSubcmd()

对该命令进行写入将设置 MAC 子命令并可与 ManufacturerAccess() 互换。提供该命令是为了能够在单个事务中执行完整的 MAC 子命令，并提供带有 MACData() 响应的子命令读回验证。有关 MAC 子命令的说明，请参阅节 12.2。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值	单位
		SE	US	FA						
0x3E/3F	MACSubcmd()	R	R	R	字	—	—	—	—	—

12.1.27 0x40/0x5F MACData()

这是 *MACSubcmd()* 或 *MACSubcmd()* 命令的数据块。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值	单位
		SE	US	FA						
0x40/5F	MACData()	R	R	R	块	—	—	—	—	—

12.1.28 0x60 MACDataChecksum()

这是 *MACSubcmd()* 和 *MACData()* 字节的校验和。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值	单位	注释
		SE	US	FA							
0x60	MACDataChecksum()	R	R	R	字节	—	—	—	—	—	

校验和是命令的 MSB 和 LSB 以及缓冲区中 (命令长度) 字节的 8 位和。最终的和是结果的按位取反。长度是校验和的一部分，因此只有在写入长度之后才能进行验证。校验和与长度必须作为一个字一同写入才能有效。

12.1.29 0x61 MACDataLength()

这是 *MACSubcmd()* 和 *MACData()* 的长度。

SBS 命令	名称	访问			协议	类型	最小值	最大值	默认值	单位	注释
		SE	US	FA							
0x61	MACDataLength()	R	R	R	字节	—	—	—	—	—	

所有 MAC 命令的长度字节将包括 2 字节命令、1 字节校验和、1 字节长度和 1 到 32 字节的数据。这意味着有效块的最小长度值为 5 (没有将长度或校验和用于仅命令写入，因此不需要大小为零的块)。为了正确地验证写入命令，必须按顺序写入校验和与长度 (触发字访问)。

12.2 制造商访问控制 (MAC)

制造商访问控制 (MAC) 系统提供了一种访问子命令以读取和写入数据以及控制器件状态的方法。

子命令可通过对 *ManufacturerAccess()* 或 *MACSubcmd()* 命令的有效字访问进行设置。对于没有数据参数的子命令，单独设置子命令将触发执行。对于带有数据的子命令，*MACData()*、*MACDataChecksum()* 和 *MACDataLength()* 用于写入子命令参数并触发子命令执行，或在设置子命令后读取并验证响应。可以在单个 I2C 事务中访问这些子命令，也可以将其拆分到多个事务中，只要访问从最低地址开始并在最高地址结束即可，无需交错其他不相关的命令。

对于带有数据响应的子命令，建议读回 *MACSubcmd()* 寄存器以确认 *MACData()* 信息是否来自预期的命令。对于在执行时不采用任何数据参数的子命令，没有读回验证。

示例：发送 *MAC Gauging()* 以通过 *MACSubcmd()* 启用 IT。

- 在禁用 Impedance Track 的情况下，将 *Gauging()* (0x0021) 发送至 *MACSubcmd()*。
 - I²C 写入，起始地址 = 0x3E (或 0x00)。数据 = 21 00 (必须以小端字节序发送数据)。
- 已启用 IT，*ManufacturingStatus()*[GAUGE_EN] = 1。

示例：通过 *MACSubcmd()* 读取 *Chemical ID()* (0x0006)。

- 将 *Chemical ID()* 发送至 *MACSubcmd()*。
 - I²C 写入，起始地址 = 0x3E (或 0x00)。发送的数据 = 06 00 (必须以小端字节序发送数据)。
- 通过 *MACSubcmd()* 和 *MfgMACData()* 读取结果。
 - I²C 读取，起始地址 = 0x3E，长度 = 36 个字节。响应的前 4 个字节将是 06 00 10 12。

- b. 前两个字节“06 00”是 MAC 命令 (用于验证)。
- c. 后两个字节“10 12”是采用小端字节序的化合物 ID。即 0x1210, 表示 ChemID 1210。
- d. 36 字节块的最后两个字节将是校验和与长度。在本例中, 长度将为 6。校验和为 0xFF - (第一个长度之和 - 2 个字节)。长度和校验和用于验证块响应。

建议在 0x00 和 0x01 上向 **ManufacturerAccess()** 发送“仅命令”操作, 因为这适用于旧器件和新器件, 并且还可以重置任何有效的旧兼容性选项; 然而, 一些旧器件将 0x3E 和 0x3F 用于其他目的。0x3E 和 0x3F 始终可以用于读取。当预计不存在旧器件时, 可以安全地使用 0x3E 和 0x3F **MACSubcmd()** 来优化命令执行。

为了支持检测旧器件, 写入 0x00 和 0x01 的 MAC 子命令 DEV 和 VERSION 请求会使 **ControlStatus()** 读取报告 0xFFA5。该令牌表示器件在 0x3E - 0x61 命令范围内支持 MAC 并前往该范围获取响应。此外, **MACDataLengh()** 最小有效值为 5, 允许某些器件在将 0 - 4 的其他值写入该命令时具有旧支持触发器。

表 12-2. MACSubcmd() 命令列表

命令	函数	访问	格式	MACData() 上的数据读取	在 SEALED 模式下不可用	类型	单位
0x0001	DeviceType	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0002	FirmwareVersion	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0003	HardwareVersion	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0004	IFChecksum	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0005	StaticDFSignature	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0006	ChemID	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0007	Prev_MacWrite	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0008	StaticChemDFSSignature	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0009	AlIDFSSignature	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0010	ShutdownMode	W	—	—	—	十六进制	—
0x0011	SleepMode	W	—	—	—	十六进制	—
0x0012	Reset	W	—	—	—	十六进制	—
0x0013	Auto_CAL_MAC	W	—	—	—	十六进制	—
0x001F	ChargeFET	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0020	DischargeFET	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0021	Gauging (IT Enable)	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0022	FETControl	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0023	LifetimeDataCollection	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0024	PermanentFailure	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0028	LifetimeDataReset	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0029	PermanentFailureDataReset	W	—	—	✓	十六进制	—
0x002D	CalibrationMode	W	—	—	✓	十六进制	—
0x002E	LifetimeDataFlush	W	—	—	✓	十六进制	—
0x002F	LifetimeDataTest	W	—	—	✓	十六进制	—
0x0030	SealDevice	W	—	—	—	十六进制	—
0x0035	SecurityKeys	R/W	块	✓	✓	十六进制	—
0x0037	AuthenticationKey	W	块	—	✓	十六进制	—
0x0041	Reset	W	—	—	—	十六进制	—
0x004A	Device Name	R/W	块	✓	—	十六进制	—
0x004B	Device Chem	R/W	块	✓	—	十六进制	—
0x004C	Manufacturer Name	R/W	块	✓	—	十六进制	—
0x004D	Manufacturer Date	R/W	块	✓	—	十六进制	—
0x004E	Serial Number	R/W	—	✓	—	十六进制	—
0x0050	SafetyAlert	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0051	SafetyStatus	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0052	PFAAlert	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0053	PFSStatus	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0054	OperationStatus	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0055	ChargingStatus	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0056	GaugingStatus	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0057	ManufacturingStatus	R	块	✓	—	十六进制	—

表 12-2. MACSubcmd() 命令列表 (continued)

命令	函数	访问	格式	MACData() 上的数据读取	在 SEALED 模式下不可用	类型	单位
0x0058	AFERegister	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0060	LifetimeDataBlock1	R	块	✓	—	混合	混合
0x0070	ManufacturerData	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0071	DAStatus1	R	块	✓	—	混合	混合
0x0072	DAStatus2	R	块	✓	—	混合	混合
0x0073	ITStatus1	R	块	✓	—	混合	混合
0x0074	ITStatus2	R	块	✓	—	混合	混合
0x0075	ITStatus3	R	块	✓	—	混合	混合
0x0076	CB 状态	R	块	✓	—	十六进制	—
0x0077	FCC_SOH	R	块	✓	—	十六进制	—
0x01yy	DFAccessRowAddress	R/W	块	—	✓	十六进制	—
0x0F00	ROMMode	W	—	—	✓	十六进制	—
0xF080	ExitCalibrationOutput	R/W	块	✓	✓	十六进制	—
0xF081	OutputCCandADCforCalibration	R/W	块	✓	✓	十六进制	—
0xF082	OutputShortedCCandADCforCalibration	R/W	块	✓	✓	十六进制	—

12.2.1 MACSubcmd() 0x0001 器件类型

可以检查该器件以获知 IC 器件型号。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0001	以 aaAA 格式在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回 IC 器件型号，其中： aaAA：器件类型

12.2.2 MACSubcmd() 0x0002 固件版本

可以检查该器件以获知 IC 的固件版本。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0002	按以下格式在 <i>MACData()</i> 上返回固件版本： ddDDvvVVbbBBTTzzZZRREE，其中： ddDD：器件型号 vvVV：版本 bbBB：内部版本号 ttTT：固件类型 zzZZ：Impedance Track 版本 RR：保留 EE：保留

12.2.3 MACSubcmd() 0x0003 固件版本

可以检查该器件以获知 IC 的硬件版本。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0003	在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回硬件修订版

12.2.4 MACSubcmd() 0x0004 指令闪存签名

该器件可以返回指令闪存签名。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0004	在 250ms 的等待时间之后，在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回 IF 签名

12.2.5 MACSubcmd() 0x0005 静态 DF 签名

该器件可以返回数据闪存校验和。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0005	在 250ms 的等待时间之后，在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回所有静态 DF 的签名。如果计算得出的签名与存储在 DF 中的签名不匹配，则将 MSB 设置为 1。

12.2.6 MACSubcmd() 0x0006 化学物质 ID

该命令返回电量监测算法中使用的 OCV 表的化学物质 ID。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0006	在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回化学物质 ID

12.2.7 MACSubcmd() 0x0007 Pre_MACWrite

该命令用于启用将最后一条 MAC 复制到 2 字节块中。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0007	将最后一条 MAC 信息复制到 2 字节块 <i>MACData()</i> 中

12.2.8 MACSubcmd() 0x0008 静态化学物质 DF 签名

该器件可以返回数据闪存校验和。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0008	在 250ms 的等待时间之后，在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回所有静态化学物质 DF 的签名。如果计算得出的签名与存储在 DF 中的签名不匹配，则将 MSB 设置为 1。

12.2.9 MACSubcmd() 0x0009 所有 DF 签名

该器件可以返回数据闪存校验和。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0009	在 250ms 的等待时间之后，在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回所有 DF 参数的签名。如果计算得出的签名与存储在 DF 中的签名不匹配，则将 MSB 设置为 1。通常预计该签名将由于寿命、电量监测和其他信息的更新而发生变化。

12.2.10 MACSubcmd() 0x0010 SHUTDOWN 模式

可以在发货之前将该器件置于 SHUTDOWN 模式，以将功耗降至最低。向电池组施加电压时，器件将唤醒。电池组密封时，该功能要求连续发送两次命令以确保安全。启用 SHUTDOWN 模式后，不进入 SHUTDOWN 模式就无法清除它。

状态	条件	操作
正常	<i>OperationStatus()[SDM]</i> = 0	关断功能在内部为执行做好准备。
为执行做好准备	<i>OperationStatus()[SEC1, SEC0]</i> = [1, 1] 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0010	关断功能在内部为执行做好准备。
启用	当 <i>OperationStatus()[SEC1, SEC0]</i> = [1, 1] 时向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0010 或 当关断功能为执行做好准备时向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0010。	<i>OperationStatus()[SDM]</i> = 1
跳变	<i>Current()</i> = 0 且 电池组上的电压 < Power。充电器存在且 <i>OperationStatus()[SDM]</i> = 1	不允许充电或放电。器件关断。

状态	条件	操作
恢复	电池组端子上的电压和器件处于 SHUTDOWN 模式。	器件上电 (复位)

12.2.11 MACSubcmd() 0x0011 SLEEP 模式

如果满足睡眠条件，则可以使用 `MACSubcmd()` 将该器件置于 SLEEP 模式。

状态	条件	操作
启用	向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x0011	<code>OperationStatus()[SLEEP] = 1</code>
激活	<code> Current() < Power:Sleep Current</code>	关断 DSG FET 关断 CHG FET (如果 <code>DA Configuration[SLEEPCHG] = 0</code>) 该器件进入睡眠状态 该器件每隔 <code>Power:Sleep Voltage Time</code> 时长唤醒一次以测量电压和温度 该器件每隔 <code>Power:Sleep Current Time</code> 时长唤醒一次以测量电流
退出	<code> Current() > Configuration:Sleep Current</code>	<code>OperationStatus()[SLEEP] = 0</code> 返回 NORMAL 模式
退出	Wake Comparator 跳变	<code>OperationStatus()[SLEEP] = 0</code> 返回 NORMAL 模式
退出	设置 <code>SafetyAlert()</code> 标志或 <code>PFAAlert()</code> 标志	<code>OperationStatus()[SLEEP] = 0</code> 返回 NORMAL 模式

12.2.12 MACSubcmd() 0x0012 器件复位

该命令复位器件。

状态	条件	操作
启用	向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x0012	复位器件

备注

命令 0x0041 也用于复位器件。

12.2.13 MACSubcmd() 0x001F CHG FET

该命令用于开启/关闭 CHG FET 驱动功能，以简化制造过程中的测试。

状态	条件	操作
禁用	<code>ManufacturingStatus()[FET,CHG] = 0,1</code> 且 向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x001F	<code>ManufacturingStatus()[FET,CHG] = 0,0</code> CHG FET 关断
启用	<code>ManufacturingStatus()[FET,CHG] = 0,0</code> 且 向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x001F	<code>ManufacturingStatus()[FET,CHG] = 0,1</code> 如果没有安全条件覆盖，CHG FET 将开启。

12.2.14 MACSubcmd() 0x0020 DSG FET

该命令用于开启/关闭 DSG FET 驱动功能，以简化制造过程中的测试。

状态	条件	操作
禁用	<code>ManufacturingStatus()[FET,DSG] = 0,1</code> 且 向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x0020	<code>ManufacturingStatus()[FET,DSG] = 0,0</code> DSG FET 关断 <code>ManufacturingStatus()[FET,DSG] = 0,0</code> 且向 <code>MACSubcmd()</code> 输入 0x0020
启用		<code>ManufacturingStatus()[FET,DSG] = 0,1</code> 如果没有安全条件覆盖，DSG FET 将开启。

12.2.15 MACSubcmd() 0x0021 电量监测

该命令用于启用或禁用电量监测功能，以简化制造过程中的测试。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()</i> [Gauge] = 1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0021	<i>ManufacturingStatus()</i> [Gauge] = 0 禁用电量监测功能
启用	<i>ManufacturingStatus()</i> [Gauge] = 0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0021	<i>ManufacturingStatus()</i> [Gauge] = 1 启用电量监测功能

12.2.16 MACSubcmd() 0x0022 FET 控制

此命令用于禁用/启用固件对 CHG、DSG 和 PCHG FET 的控制。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()</i> [FET] = 1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0022	<i>ManufacturingStatus()</i> [FET] = 0 CHG 和 DSG FET 禁用并保持关断。
启用	<i>ManufacturingStatus()</i> [FET] = 0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0022	<i>ManufacturingStatus()</i> [FET] = 1 CHG 和 DSG FET 由固件进行控制。

12.2.17 MACSubcmd() 0x0023 寿命数据收集

该命令用于禁用/启用寿命数据收集，以便于制造。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()</i> [LF] = 1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0023	<i>ManufacturingStatus()</i> [LF] = 0 寿命数据收集功能禁用。
启用	<i>ManufacturingStatus()</i> [LF] = 0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0023	<i>ManufacturingStatus()</i> [LF] = 1 寿命数据收集功能启用。

12.2.18 MACSubcmd() 0x0024 永久性故障

该命令用于禁用/启用永久性故障，以便于制造。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()</i> [PF] = 1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0024	<i>ManufacturingStatus()</i> [PF] = 0 永久性故障功能禁用。
启用	<i>ManufacturingStatus()</i> [PF] = 0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0024	<i>ManufacturingStatus()</i> [PF] = 1 永久性故障功能启用。

12.2.19 MACSubcmd() 0x0028 寿命数据复位

该命令用于复位数据闪存中的寿命数据，以便于制造。

状态	条件	操作
复位	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0028	清除 DF 中的寿命数据

12.2.20 MACSubcmd() 0x0029 永久失效数据复位

该命令用于复位数据闪存中的 PF 数据，以便于制造。

状态	条件	操作
复位	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0029	清除 DF 中的 PF 数据

12.2.21 MACSubcmd() 0x002D CALIBRATION 模式

该命令用于禁用/启用 CALIBRATION 模式进入。状态由 *ManufacturingStatus()*[CAL_EN] 标志指示。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()</i> [CAL_EN] = 1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x002D	<i>ManufacturingStatus()</i> [CAL_EN] = 0 禁用 <i>ManufacturingData()</i> 上的 ADC 和 CC 原始数据输出
启用	<i>ManufacturingStatus()</i> [CAL_EN] = 0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x002D	<i>ManufacturingStatus()</i> [CAL_EN] = 1 启用 <i>ManufacturingData()</i> 上的 ADC 和 CC 原始数据输出，可在 <i>MACSubcmd()</i> 上使用 0xF081 和 0xF082 进行控制

12.2.22 MACSubcmd() 0x0030 密封器件

该命令用于现场密封器件，从而禁用某些命令和对 DF 的访问。

状态	条件	操作
密封	<i>OperationStatus()</i> [SEC1, SEC0] = 0,1 或 1,0 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0030	<i>OperationStatus()</i> [SEC1, SEC0] = 1,1 某些命令不可用。详细信息，请参阅表 12-1。

12.2.23 MACSubcmd() 0x0035 安全密钥

这是一条用于更改解封和完全访问密钥的读取/写入命令。若要读取这些密钥，请向 *MACSubcmd()* 0x00 或 0x3E 发送 *SecurityKeys()* 命令，后跟从 *MACSubcmd()* 读取的内容。

要更改这些密钥，必须通过 *MACSubcmd()* 0x3E 发送写入操作，*SecurityKeys()* 后跟密钥。必须以小端字节序格式发送每个参数条目。

示例：

将解封密钥更改为 0x0123、0x4567 并将完全访问密钥更改为 0x89AB、0xCDEF：

字节 0：解封密钥 LSB

字节 1：解封密钥 MSB

字节 2：完全访问密钥 LSB

字节 3：完全访问密钥 MSB

写入块：命令通过 *MACSubcmd()* 起始地址 0x3E，数据块（十六进制）= [35 00 23 01 67 45 AB 89 EF CD]。

起始地址 0x60，数据块（十六进制）= [0A 0C]（校验和后跟长度）

校验和 = 0x0A = ~(0x35 + 0x00 + 0x23 + 0x01 + 0x67 + 0x45 + 0xAB + 0x89 + 0xEF + 0xCD)。校验和是命令的 MSB 和 LSB 以及缓冲区中（命令长度）字节的 8 位和。最终的和是结果的按位取反。

12.2.24 MACSubcmd() 0x0037 身份验证密钥

此命令将新的身份验证密钥输入到器件中。

状态	条件	操作
启动	<i>OperationStatus()</i> [SEC1, SEC0] = 0,1 且 向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0037	<i>OperationStatus()</i> [AUTH] = 1 <i>MACData()</i> 提供 160 位随机数
输入密钥	以 0xAABBCCDDEEFFGGHHIIJJKLLMMNNOOPP 的格式将正确的 128 位密钥写入 <i>MACData()</i> ，其中 AA 是 LSB。除该信息之外，还需要校验和 + 长度数据块。	等待 250ms 的时间 <i>OperationStatus()</i> [AUTH] = 0 该器件按以下格式在 <i>MACData()</i> 中返回 160 位 HMAC 摘要： 0xAABBCCDDEEFFGGHHIIJJKLLMMNNOOPPQQRRSSTT，其中 AA 是 LSB。HMAC 摘要是使用全零挑战 + 密钥计算得出的。 结果可用于验证密钥，不允许纯文本读回。

12.2.25 MACSubcmd() 0x0041 器件复位

该命令用于复位器件。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0041	复位器件

备注

命令 0x0012 也用于复位器件。

12.2.26 MACSubcmd() 0x0050 SafetyAlert

该命令在 *MACSubcmd()* 或 *MACData()* 上返回 *SafetyAlert()* 标志。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0050	在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>SafetyAlert()</i> 标志

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	UTD	UTC	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	CTOS	RSVD	PTOS	RSVD	RSVD	RSVD
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD	RSVD	OTD	OTC	RSVD	ASCD	RSVD	ASCC	RSVD	AOLD	RSVD	OCD	RSVD	OCC	COV	CUV

UTD (位 27) : 放电期间发生欠温

1 = 检测到

0 = 未检测到

UTC (位 26) : 充电期间发生欠温

1 = 检测到

0 = 未检测到

0 = 未检测到

CTOS (位 21) : 充电超时暂停

1 = 检测到

0 = 未检测到

PTOS (位 19) : 预充电超时暂停

1 = 检测到

0 = 未检测到

OTD (位 13) : 放电期间发生过热

1 = 检测到

0 = 未检测到

OTC (位 12) : 充电期间发生过热

1 = 检测到

0 = 未检测到

ASCD (位 10) : 放电期间发生短路

1 = 检测到

0 = 未检测到

ASCC (位 8) : 充电期间发生短路

1 = 检测到

0 = 未检测到

AOLD (位 6) : 放电期间发生过载

1 = 检测到

0 = 未检测到

OCD (位 4) : 放电期间发生过流

1 = 检测到

0 = 未检测到

OCC (位 2) : 充电期间发生过流

1 = 检测到

0 = 未检测到

COV (位 1) : 电芯过压

1 = 检测到

0 = 未检测到

CUV (位 0) : 电芯欠压

1 = 检测到

0 = 未检测到

12.2.27 MACSubcmd() 0x0051 SafetyStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *SafetyStatus()* 标志。

状态		条件										操作			
激活		向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0051										在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>SafetyStatus()</i> 标志			
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	UTD	UTC	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	CTO	RSVD	PTO	RSVD	RSVD
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD	RSVD	OTD	OTC	RSVD	ASCD	RSVD	ASCC	RSVD	AOLD	RSVD	OCD	RSVD	OCC	COV	CUV

UTD (位 27) : 放电期间发生欠温

1 = 检测到

0 = 未检测到

UTC (位 26) : 充电期间发生欠温

1 = 检测到

0 = 未检测到

CTO (位 20) : 充电超时

1 = 检测到

0 = 未检测到

PTO (位 18) : 预充电超时

1 = 检测到

0 = 未检测到

OTD (位 13) : 放电期间发生过热

1 = 检测到

0 = 未检测到

OTC (位 12) : 充电期间发生过热

1 = 检测到
0 = 未检测到

ASCD (位 10) : 放电期间发生短路

1 = 检测到
0 = 未检测到

ASCC (位 8) : 充电期间发生短路

1 = 检测到
0 = 未检测到

AOLD (位 6) : 放电期间发生过载

1 = 检测到
0 = 未检测到

OCD (位 4) : 放电期间发生过流

1 = 检测到
0 = 未检测到

OCC (位 2) : 充电期间发生过流

1 = 检测到
0 = 未检测到

COV (位 1) : 电芯过压

1 = 检测到
0 = 未检测到

CUV (位 0) : 电芯欠压

1 = 检测到
0 = 未检测到

12.2.28 MACSubcmd() 0x0052 PFAIert

该命令在 *MACData()* 上返回 *PFAIert()* 标志。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0052	在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>PFAIert()</i> 标志

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16

RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	DFET F	CFET F
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----------	-----------

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

RSVD	RSVD	RSVD	VIMA	VIMR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	SOV	RSVD
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------

RSVD (位 31 - 18) : 保留

DFETF (位 17) : 放电 FET 故障

1 = 检测到
0 = 未检测到

CFETF (位 16) : 充电 FET 故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

RSVD (位 15 - 13) : 保留

VIMA (位 12) : 电池组有效运行时的电压不平衡故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

VIMR (位 11) : 电池组处于静止状态时的电压不平衡故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

RSVD (位 10 - 2) : 保留

SOV (位 1) : 电芯过压安全故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

RSVD (位 0) : 保留

12.2.29 MACSubcmd() 0x0053 PFStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *PFStatus()* 标志。

状态		条件										操作			
激活		向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0053										在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>PFStatus()</i> 标志			
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	DFET F	CFET F
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD	RSVD	RSVD	VIMA	VIMR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	SOV	RSVD

RSVD (位 31 - 18) : 保留

DFETF (位 17) : 放电 FET 故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

CFETF (位 16) : 充电 FET 故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

RSVD (位 15 - 13) : 保留

VIMR (位 12) : 电池组处于静止状态时的电压不平衡故障

1 = 检测到

0 = 未检测到

VIMA (位 11) : 电池组有效运行时的电压不平衡故障

1 = 检测到
0 = 未检测到

RSVD (位 10 - 2) : 保留

SOV (位 1) : 电芯过压安全故障

1 = 检测到
0 = 未检测到

RSVD (位 0) : 保留

12.2.30 MACSubcmd() 0x0054 OperationStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *OperationStatus()* 标志。

状态				条件					操作						
激活				向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0054					在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>OperationStatus()</i> 标志						
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RSVD	RSVD	EM SHUT	CB	SLP CC	SLP AD	SMBL CAL	INIT	SLEEP M	XL	CAL OFF SET	CAL	AUTO CALM	AUTH	RSVD	SDM
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SLEEP	SEC1	SEC0	PF	SS	SDV	SEC1	SEC0	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	CHG	DSG	RSVD

RSVD (位 31 - 30) : 保留

EMSHUT (位 29) : 紧急 FET 关断

1 = 活动
0 = 不活动

CB (位 28) : 电芯平衡

1 = 活动
0 = 不活动

SLPCC (位 27) : SLEEP 模式下的 CC 测量

1 = 活动
0 = 不活动

SLPAD (位 26) : SLEEP 模式下的 ADC 测量

1 = 活动
0 = 不活动

SMBL CAL (位 25) : 检测到总线低电平时自动进行失调电压校准。

1 = 活动
0 = 不活动

INIT (位 24) : 完全复位后进行初始化

1 = 活动
0 = 不活动

SLEEP M (位 23) : SLEEP 模式

1 = 活动
0 = 不活动

XL (位 22) : 400kHz 模式

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

CAL_OFFSET (位 21) : 校准输出 (原始 **CC Offset** 数据)

- 1 = 发送 **MAC OutputShortedCCADCCal()** 后处于活动状态, 此时可获取用于校准的原始短路 CC 数据。
- 0 = 用于校准的原始短路 CC 数据不可用。

CAL (位 20) : 校准输出 (原始 ADC 和 CC 数据)

- 1 = 发送 **MAC OutputCCADCCal()** 或 **OutputShortedCCADCCal()** 后处于活动状态, 此时可获取用于校准的原始 CC 和 ADC 数据。
- 0 = 用于校准的原始 CC 和 ADC 数据不可用。

AUTHCALM (位 19) : **MAC AutoCCOffset()** 自动进行 CC 失调电压校准

- 1 = 电量监测计接收 **MAC AutoCCOffset()** 并开始自动 CC 偏移电压校准。
- 0 = 在校准完成时清除。

AUTH (位 18) : 正在进行身份验证

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

RSVD (位 17) : 保留

SDM (位 16) : 通过命令触发 SHUTDOWN

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

SLEEP (位 15) : 满足 SLEEP 模式条件

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

SEC1、SEC0 (位 14、13) : SECURITY 模式

- 0、0 = 保留
- 0、1 = 完全访问
- 1、0 = 解封
- 1、1 = 密封

PF (位 12) : PERMANENT FAILURE 模式状态

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

SS (位 11) : SAFETY 模式状态

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

SDV (位 10) : 通过低电池组电压触发 SHUTDOWN

- 1 = 活动
- 0 = 不活动

SEC1、SEC0 (位 9 - 8) : SECURITY 模式

- 0、0 = 保留
- 0、1 = 完全访问
- 1、0 = 解封
- 1、1 = 密封

RSVD (位 7 - 3) : 保留

CHG (位 2) : CHG FET 状态

1 = 活动

0 = 不活动

DSG (位 1) : DSG FET 状态

1 = 活动

0 = 不活动

RSVD (位 0) : 保留

12.2.31 MACSubcmd() 0x0055 ChargingStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *ChargingStatus()* 标志。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0055	在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>ChargingStatus()</i> 标志

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

VCT	MCHG	SU	IN	HV	MV	LV	PV	RSVD	OT	HT	STH	RT	STL	LT	UT
-----	------	----	----	----	----	----	----	------	----	----	-----	----	-----	----	----

VCT (位 15) : 充电终止

1 = 活动

0 = 不活动

MCHG (位 14) : 充电维护

1 = 活动

0 = 不活动

SU (位 13) : 充电暂停

1 = 活动

0 = 不活动

IN (位 12) : 充电禁止

1 = 活动

0 = 不活动

HV (位 11) : 高压区

1 = 活动

0 = 不活动

MV (位 10) : 中压区

1 = 活动

0 = 不活动

LV (位 9) : 低压区

1 = 活动

0 = 不活动

PV (位 8) : 预充电电压区

1 = 活动

0 = 不活动

OT (位 6) : 过热区

1 = 活动

0 = 不活动

HT (位 5) : 高温区

1 = 活动
0 = 不活动

STH (位 4) : 标准温度高区

1 = 活动
0 = 不活动

RT (位 3) : 室温区

1 = 活动
0 = 不活动

STL (位 2) : 标准温度低区

1 = 活动
0 = 不活动

LT (位 1) : 低温区

1 = 活动
0 = 不活动

UT (位 0) : 欠温区

1 = 活动
0 = 不活动

12.2.32 MACSubcmd() 0x0056 GaugingStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *GaugingStatus()* 标志。

备注

[Battery Management Studio \(bqStudio\)](#) 工具将 *GaugingStatus()* 的返回值拆分到两个单独的寄存器中：*GaugingStatus* = 最低字节，*ITStatus* = 第 2 个和第 3 个字节，保留第 4 个字节。

状态				条件				操作							
激活				向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0056				在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>GaugingStatus()</i> 标志							
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	OCV FR	LDMD	RX	QMax	VDQ
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
NSFM	RSVD	SLPQ Max	QEN	VOK	RDIS	RSVD	REST	CF	DSG	EDV	BAL_ EN	TC	TD	FC	FD

OCVFR (位 20) : 平坦区域的开路电压 (RELAX 期间)

1 = 检测到
0 = 未检测到

LDMD (位 19) : LOAD 模式

1 = 恒定功率
0 = 恒定电流

RX (位 18) : 电阻更新 (每次电阻更新后切换)

QMax (位 17) : QMax 更新 (每次 QMax 更新后切换)

VDQ (位 16) : 放电符合学习标准 (基于 RU 标志)

NSFM (位 15) : 负比例因子模式

1 = 检测到负 Ra 比例因子

0 = 未检测到负 Ra 比例因子

SLPQMax (位 13) : 睡眠期间的 QMax 更新

1 = 活动

0 = 不活动

QEN (位 12) : Impedance Track 电量监测 (启用 Ra 和 QMax 更新。)

1 = 启用

0 = 禁用

VOK (位 11) : 电压满足 QMax 更新条件

1 = 检测到

0 = 未检测到

RDIS (位 10) : 电阻更新

1 = 禁用

0 = 启用

REST (位 9) : 静止

1 = 已获取 OCV 读数

0 = 未获取 OCV 读数或未处于张弛状态

1 = 检测到

0 = 未检测到

CF (位 7) : 条件标志

1 = $MaxError() > Max\ Error\ Limit$ (需要条件周期。)

0 = $MaxError() < Max\ Error\ Limit$ (不需要条件周期。)

DSG (位 6) : 放电/张弛

1 = 未检测到充电

0 = 检测到充电

EDV (位 5) : 充电结束终止电压

1 = 在放电期间达到终止电压

0 = 未达到终止电压或未处于 DISCHARGE 模式

BAL_EN (位 4) : 电芯平衡

1 = 如果启用, 则可以进行电芯平衡。

0 = 不允许进行电芯平衡。

TC (位 3) : 终止充电

1 = 检测到

0 = 未检测到

TD (位 2) : 终止放电

1 = 检测到

0 = 未检测到

FC (位 1) : 充满电

1 = 检测到

0 = 未检测到

FD (位 0) : 完全放电

1 = 检测到

0 = 未检测到

12.2.33 MACSubcmd() 0x0057 ManufacturingStatus

该命令在 *MACData()* 上返回 *ManufacturingStatus()* 标志。

状态	条件		操作				
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0057		在 <i>MACData()</i> 上输出 <i>ManufacturingStatus()</i> 标志				
15	14	13	12	11	10	9	8
CAL_EN	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD
7	6	5	4	3	2	1	0
RSVD	PF_EN	LF_EN	FET_EN	GAUGE_EN	DSG_TEST	CHG_TEST	RSVD

CAL_EN (位 15) : CALIBRATION 模式

1 = 启用

0 = 禁用

RSVD (位 14 – 7) : 保留

PF_EN (位 6) : 永久性故障

1 = 启用

0 = 禁用

LF_EN (位 5) : 寿命数据收集

1 = 启用

0 = 禁用

FET_EN (位 4) : 所有 FET 操作

1 = 启用

0 = 禁用

GAUGE_EN (位 3) : 电量监测

1 = 启用

0 = 禁用

DSG_TEST (位 2) : 放电 FET 测试

1 = 激活放电 FET 测试

0 = 禁用

CHG_TEST (位 1) : 充电 FET 测试

1 = 激活充电 FET 测试

0 = 禁用

RSVD (位 0) : 保留

12.2.34 MACSubcmd() 0x0058 AFE 寄存器

该命令在 *MACData()* 上返回 *AFERegister()* 值。这些是 AFE 硬件寄存器，仅用于内部调试。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0058	在 <i>MACData()</i> 上按照以下格式输出 AFE 寄存器值： AABBCDDDEEFFGGHHIIJJKLLMMNNOOPPQQRRSSTTUU，其中： AA：AFE Interrupt Status。AFE 硬件中断状态（例如唤醒时间、按钮等） BB：AFE FET Status。AFE FET 状态（例如 CHG FET、DSG FET、输入等） CC：AFE RXIN。AFE I/O 端口输入状态 DD：AFE Latch Status。AFE 保护锁存状态 EE：AFE Interrupt Enable。AFE 中断控制设置 FF：AFE Control。AFE FET 控制启用设置 GG：AFE RXIEN。AFE I/O 输入启用设置 HH： II： JJ： KK：AFE Cell Balance。AFE 电芯平衡启用设置和状态 LL：AFE ADC/CC Control。AFE ADC/CC Control 设置 MM：AFE ADC Mux。AFE ADC 通道选择 NN： OO：AFE Control。各种基于硬件的功能的 AFE 控制 PP：AFE Timer Control。AFE 比较器和计时器控制 QQ：AFE Protection。AFE 保护延迟时间控制 RR：AFE OCD。AFE OCD 设置 SS：AFE SCC。AFE SCC 设置 TT：AFE SCD1。AFE SCD1 设置 UU：AFE SCD2。AFE SCD2 设置

12.2.35 MACSubcmd() 0x0060 寿命数据块 1

该命令在 *MACData()* 上返回寿命数据。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0060	在 <i>MACData()</i> 上输出电压、电流、功率和温度的寿命数据值

12.2.36 MACSubcmd() 0x0070 ManufacturerInfo

该命令在 *MACData()* 上返回 *ManufacturerInfo*。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0070	在 <i>MACData()</i> 上按照以下格式输出 32 字节的 <i>ManufacturerInfo</i> ： AABBCDDDEEFFGGHHIIJJKLLMMNN OOPPQQRRSSTTUUVVWWXXVZZ112233 445566

12.2.37 MACSubcmd() 0x0071 DStatus1

该命令在 *MACData()* 上返回 CellVoltages、PackVoltage、BatVoltage、CellCurrents、CellPowers、Power 和 AveragePower。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0071	<p>按照以下格式在 <i>MACData()</i> 上输出 32 字节的数据： aaAAbbBBccCCddDDeeEEffFFggGGhhHHiiIJJkkKKllLmmMMnn NNooOOppPP，其中：</p> <p>AAaa：电芯电压 1 BBbb：电芯电压 2 CCcc： DDdd： EEee：BAT 电压。VC2 (BAT) 端子上的电压 FFff：电池组电压 GGgg：电芯电流 1。电芯电压 1 测量期间同时测量的电流 HHhh：电芯电流 2。电芯电压 2 测量期间同时测量的电流 Iiii： JJjj： KKkk：电芯功率 1。使用电芯电压 1 和电芯电流 1 数据进行计算 LLll：电芯功率 2。使用电芯电压 2 和电芯电流 2 数据进行计算 MMmm： NNnn： OOoo：通过 <i>Voltage() × Current()</i> 计算的功率 PPpp：平均功率。通过 <i>Voltage() × AverageCurrent()</i> 进行计算</p>

12.2.38 MACSubcmd() 0x0072 DStatus2

该命令返回内部温度传感器、TS1*MACData()*。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0072	<p>按照以下格式在 <i>MACData()</i> 上输出 14 字节的温度数据值： aaAAbbBBccCCddDDeeEEffFFggGG，其中：AAaa：内部温度 BBbb：TS1 温度 CCcc： DDdd： EEee： FFff： GGgg：</p>

12.2.39 MACSubcmd() 0x0073 ITStatus1

该命令指示器件在 *MACData()* 上返回与 Impedance Track 相关的电量监测信息。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0073	<p>按照以下格式在 <i>MACData()</i> 上输出 24 字节的 IT 数据值： aaAAbbBBccCCddDDeeEEffFFggGGhhHHiiIJJkkKKllL，其中：</p> <p>AAaa：True Rem Q。在执行任何滤波或平滑处理功能之前由 IT 仿真的真实剩余容量（以 mAh 为单位）。该值可以为负值或高于 FCC。 BBbb：True Rem E。在执行任何滤波或平滑处理功能之前由 IT 仿真的真实剩余电量（以 cWh 为单位）。该值可以为负值或高于 FCC。 CCcc：Initial Q。通过 IT 仿真计算得出的初始容量 DDdd：Initial E。通过 IT 仿真计算得出的初始电量 EEee：TrueFullChgQ。真实充满电时的容量 FFff：TrueFullChgE。真实充满电时的电量 GGgg：T_{sim}。上次仿真运行期间的温度（以 0.1K 为单位） HHhh：T_{ambient}。IT 算法用于热建模的当前估算环境温度 Iiii：RaScale 0。电芯 1 的 Ra 表比例因子 JJjj：RaScale 1。电芯 2 的 Ra 表比例因子 KKkk：CompRes1。上次计算出的电芯 1 的电阻 LLll：CompRes2。上次计算出的电芯 2 的电阻</p>

12.2.40 MACSubcmd() 0x0074 ITStatus2

该命令指示器件在 *MACData()* 上返回与 Impedance Track 相关的电量监测信息。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0074	<p>在 <i>MACData()</i> 上按照以下格式输出 24 字节的 IT 数据值： AABBCCDDEEFFggGGhhHHiiiJJkkKKILLmmMMnnNnoOO，其中：</p> <p>AA：电池组网格。活动的电池组网格点（仅在放电时有效） BB：LStatus - 学习到的电阻表状态 位 3 位 2 位 1 位 0 QMax ITEN CF1 CF0 CF1、CF0：QMax 状态 0、0 = 电池正常 0、1 = QMax 在学习周期中首次更新。 1、0 = QMax 和电阻表在学习周期中更新 ITEN：IT 启用 0 = 禁用 IT 1 = 启用 IT QMax：QMax 现场更新 0 = QMax 不在现场更新。 1 = QMax 在现场更新。 CC：电芯网格 1。电芯 1 活动网格点 DD：电芯网格 2。电芯 2 活动网格点 EE：不适用。RSVD FF：不适用。RSVD HHhhGGgg：状态时间。自上次状态更改（放电、充电、静止）以来经过的时间 Iiii：DOD0_1。电芯 1 的放电深度 JJjj：DOD0_2。电芯 2 的放电深度 KKkk：DOD0 消耗的 Q。自 DOD0 以来消耗的电荷 LLll：DOD0 消耗的电量。自上次 DOD0 更新以来消耗的电量 MMmm：DOD0 时间。自上次 DOD0 更新以来经过的时间 NNnn：DODEOC_1。电芯 1 DOD@EOC OOoo：DODEOC_2。电芯 2 DOD@EOC</p>

12.2.41 MACSubcmd() 0x0075 ITStatus3

该命令指示器件在 *MACData()* 上返回与 Impedance Track 相关的电量监测信息。

状态	条件	操作
激活	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0075	<p>按照以下格式在 <i>MACData()</i> 上输出 20 字节的 IT 数据值： aaAAbBBccCCddDDeeEEffFGggGGhhHHiiiJJ，其中：</p> <p>AAaa：QMax 1。电芯 1 的 QMax BBbb：QMax 2。电芯 2 的 QMax CCcc：QMaxDOD0_1。电芯 1 Qmax 的 DOD DDdd：QMaxDOD0_2。电芯 2 Qmax 的 DOD EEee：QMaxPassedQ。自记录 Qmax 的 DOD 以来消耗的电荷 (mAh) FFff：QMaxTime。自记录 Qmax 的 DOD 以来经过的时间（小时/16 单位） GGgg：Tk。热模型“k” HHhh：Ta。热模型“a” Iiii：RawDOD0_1：电芯 1 原始 DOD0 测量值 JJjj：RawDOD0_2：电芯 2 原始 DOD0 测量值</p>

12.2.42 MACSubcmd() 0x0076 CB 状态

该命令返回正在进行平衡的电芯的状态。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0076	在 <i>MACData()</i> 上按照以下格式输出 10 字节的 IT 数据值： aaAAbbBBccCCddDDeeEE AAaa : CBTime1。电芯 1 的剩余平衡时间 BBbb : CBTime2。电芯 2 的剩余平衡时间 CCcc : CBDOD_1。计算出的平衡时电芯 1 DOD DDdd : CBDOD_2。计算出的平衡时电芯 2 DOD EEee : CBTotalDODChg。计算出的平衡时总 DOD 电荷

12.2.43 MACSubcmd() 0x0077 运行状况

该命令返回运行状况百分比。

状态	条件	操作
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0077	在后续读取时在 <i>MACData()</i> 上返回运行状况百分比

12.2.44 MACSubcmd() 0x0F00 ROM 模式

此命令将该器件置于 ROM 模式，为重新编程做好准备。

状态	条件	操作
ROM 模式	<i>OperationStatus()[SEC1,SEC0]</i> = 0,1 且向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0x0F00	该器件进入 ROM 模式，为更新做好准备。ROM 命令 0x08 将使系统返回固件模式。(注意：ROM 命令通过 SMB 协议被发送至地址 0x16。)

12.2.45 Data Flash Access() 0x4000 – 0x5FFF

MACSubcmd() 仅支持通过物理寻址来访问数据闪存 (DF)。

若要对 DF 进行写入，应发送起始地址，后跟 DF 数据块。DF 数据块是要对 DF 进行更新的预期修订 DF 数据。DF 数据块的大小范围为 1 字节至 32 字节。必须以小端字节序格式发送所有单独的数据。

DF 写入示例：

假设：data1 位于地址 0x4000，data2 位于地址 0x4002。

data1 和 data2 都是 U2 类型。

若要更新 data1 和 data2，请使用 command = 0x3E 发送块写入

块 = 起始地址 + DF 数据块

= 0x00 + 0x40 + data1_LowByte + data1_HighByte + data2_LowByte + data2_HighByte

若要读取 DF，请向 *MACSubcmd()* 发送块写入，后跟起始地址，然后向 *MACSubcmd()* 发送块读取。返回数据包包含起始地址，后跟 32 字节的小端字节序 DF 数据。

DF 读取示例：

采用 DF 读取示例中的相同假设，读取 DF：

a. 使用命令 0x3E 发送写入块，块 = 0x00 + 0x40

b. 使用命令 0x3E 发送读取块

返回的块 = 起始地址 + 32 字节的 DF 数据

= 0x00 + 0x40 + data1_LowByte + data1_HighByte + data2_LowByte + data2_HighByte.... data32_LowByte + data32_HighByte

该电量监测计支持在 DF 读取期间地址自动递增。这可以极大地减少读取整个 DF 所需的时间。继续 DF 读取示例。如果使用命令 0x3E 发送另一个读取块，则该电量监测计从地址 0x4020 开始返回另外 32 字节的 DF 数据。

12.2.46 MACSubcmd() 0xF080 退出校准输出模式

该命令用于停止向 *MACData()* 命令输出校准数据。

状态	条件	操作
激活	<i>MACData()</i> = 1 且向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0xF080	停止在 <i>MACData()</i> 上输出 ADC 或 CC 数据

12.2.47 MACSubcmd() 0xF081 输出 CC 和 ADC 以用于校准

该命令指示器件在 *MACData()* 上输出用于校准目的的原始值。所有值每 250ms 更新一次，每个值的格式为二进制补码，MSB 在前。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 1 且向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0xF080	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 0 停止在 <i>MACData()</i> 上输出 ADC 和 CC 数据
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0xF081	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 1 在 <i>MACData()</i> 上输出原始 CC 和 AD 值，其格式为 ZZYYaaAAbbBBccCCddDDeeEEffFF ggGGhhHHiiIJJkkKKK : ZZ : 8 位滚动计数器，在刷新值时递增。 YY : 状态，当 <i>MACSubcmd()</i> = 0xF081 时为 1，当 <i>MACSubcmd()</i> = 0xF082 时为 2 AAaa : 电流 (库仑计) BBaa : 电芯电压 1 CCaa : 电芯电压 2 DDaa : EEee : FFff : PACK 电压 GGgg : VC2 (BAT) 电压 HHhh : 电芯电流 1 IIii : 电芯电流 2 JJjj : KKkk :

12.2.48 MACSubcmd() 0xF082 输出短路 CC 和 ADC 以用于校准

该命令指示器件在 *MACSubcmd()* 或 *MACData()* 上输出用于校准目的的原始值。所有值每 250ms 更新一次，每个值的格式为二进制补码，MSB 在前。该模式支持用于测量失调电压的库伦计数器输入内部短路。

状态	条件	操作
禁用	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 1 且向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0xF080	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 0 停止在 <i>MACSubcmd()</i> 或 <i>MACData()</i> 上输出 ADC 和 CC 数据
启用	向 <i>MACSubcmd()</i> 输入 0xF082	<i>ManufacturingStatus()[CAL_EN]</i> = 1 在 <i>MACSubcmd()</i> 或 <i>MACData()</i> 上输出原始 CC 和 AD 值，其格式为 ZZYYaaAAbbBBccCCddDDeeEEffFF ggGGhhHHiiIJJkkKKK : ZZ : 8 位滚动计数器，在刷新值时递增。 YY : 状态，当 <i>MACSubcmd()</i> = 0xF081 时为 1，当 <i>MACSubcmd()</i> = 0xF082 时为 2 AAaa : 电流 (库仑计) BBaa : 电芯电压 1 CCaa : 电芯电压 2 DDaa : EEee : FFff : PACK 电压 GGgg : VC2 (BAT) 电压 HHhh : 电芯电流 1 IIii : 电芯电流 2 JJjj : KKkk :

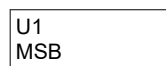


13.1 数据格式

13.1.1 无符号整数

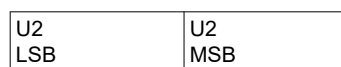
无符号整数以小端字节序的顺序存储为 1 字节、2 字节或 4 字节值，不进行任何更改。

0



0

1



0

1

2

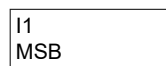
3



13.1.2 整数

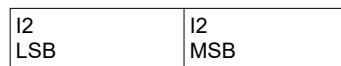
整数值采用二进制补码格式以小端字节序的顺序存储为 1 字节、2 字节或 4 字节值。

0



0

1

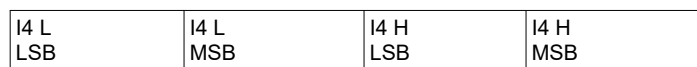


0

1

2

3



13.1.3 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 这两个值具有特殊的含义。

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特殊情况：

- 如果指数为 FF 且小数为零，则表示 +/- 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。

13.1.4 十六进制

位寄存器定义以无符号整数格式存储。

13.1.5 字符串

字符串值首先存储长度字节，后跟使用长度字节定义的多个数据字节。

0	1	...	N
长度	数据 0	...	数据 N

13.2 校准

13.2.1 电压

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Voltage	Cell Gain	I2	-32768	32767	12101 ⁽¹⁾	—	VC[n] - VC[n-1] 增益
Calibration	Voltage	PACK Gain	U2	0	65535	49669 ⁽¹⁾	—	PACK - VSS 增益
Calibration	Voltage	VC2 (BAT) Gain	U2	0	65535	48936 ⁽¹⁾	—	VC2 (BAT) - VSS 增益

(1) 如果将该值设置为 0，那么电量监测计将使用内部出厂校准默认值。

13.2.2 电流

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Calibration	Current	CC Gain	F4	1.00E-001	4.00E+000	3.58422	Coulomb Counter Gain
Calibration	Current	Capacity Gain	F4	2.98E+004	1.19E+006	106903.5	Capacity Gain

13.2.3 电流失调

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Current Offset	CC Offset	I2	-32768	32767	0	—	Coulomb Counter Offset
Calibration	Current Offset	Coulomb Counter Offset Samples	U2	0	65535	64	—	用于计算平均值的库伦计数器失调取样数
Calibration	Current Offset	Board Offset	I2	-32768	32767	0	—	PCB 板失调电压
Calibration	Current Offset	CC Auto Config	H1	00	07	03	十六进制	位 0：AUTO_CAL_EN：自动 CC Offset 校准启用 0 = 禁用自动 CC 校准失调电压 1 = 固件将在进入 SLEEP 模式时执行自动 CC 校准。最小自动 CC 校准间隔设置为 10 小时，以防止错误磨损。结果保存到 CC Auto Offset 中。 位 1：AUTO_NESTON：NEST 电路开启 0 = 硬件 NEST 电路始终开启。单个电芯电流测量值相对于 Current() 可能存在误差，但 Current() 精度不受影响。 1 = 当 [OFFSET_TAKEN] = 1 时，固件自动控制硬件 NEST 电路以实现的理想电流和电芯电流测量。 位 2：OFFSET_TAKEN：已获取 CC Auto Offset 。 0 = 尚未测量 CC Auto Offset 。 1 = 已测量 CC Auto Offset 。 位 3 至位 7：保留
Calibration	Current Offset	CC Auto Offset	I2	-10000	10000	0	—	通过 CC Auto Calibration 收集的 CC Offset 。用于电芯电流测量，与 CC Offset 不同。

13.2.4 电流死区

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Current Deadband	Deadband	U1	0	255	3	mA	报告 0mA 的基于电池组的死区
Calibration	Current Deadband	Coulomb Counter Deadband	U1	0	255	9	116nV	报告 0 电荷的库仑计数器死区 (不应修改此设置值。)

13.2.5 温度

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Temperature	Internal Temp Offset	I1	- 128	127	0	0.1°C	内部温度传感器读数偏移
Calibration	Temperature	External 1 Temp Offset	I1	- 128	127	0	0.1°C	TS1 温度传感器读数偏移

13.2.6 内部温度模型

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Internal Temp Model	Int Gain	I2	- 32768	32768	- 12143	—	内部温度增益
Calibration	Internal Temp Model	Int Base Offset	I2	- 32768	32768	6232	—	内部温度基准偏移
Calibration	Internal Temp Model	Int Minimum AD	I2	- 32768	32768	0	—	用于计算的最小 AD 计数
Calibration	Internal Temp Model	Int Maximum Temp	I2	- 32768	32768	6232	0.1°K	最大温度边界

13.2.7 电芯温度模型

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient a1	I2	- 32768	32768	- 11130	—	电芯温度计算多项式 a1
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient a2	I2	- 32768	32768	19142	—	电芯温度计算多项式 a2
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient a3	I2	- 32768	32768	- 19262	—	电芯温度计算多项式 a3
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient a4	I2	- 32768	32768	28203	—	电芯温度计算多项式 a4
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient a5	I2	- 32768	32768	892	—	电芯温度计算多项式 a5
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient b1	I2	- 32768	32768	328	—	电芯温度计算多项式 b1
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient b2	I2	- 32768	32768	- 605	—	电芯温度计算多项式 b2
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient b3	I2	- 32768	32768	- 2443	—	电芯温度计算多项式 b3
Calibration	Cell Temp Model	Coefficient b4	I2	- 32768	32768	4969	—	电芯温度计算多项式 b4
Calibration	Cell Temp Model	Rc0	I2	- 32768	32768	11703	Ω	25°C 时的电阻
Calibration	Cell Temp Model	Adc0	I2	- 32768	32768	11703	—	25°C 时的 ADC 读数
Calibration	Cell Temp Model	Rpad	I2	- 32768	32768	0 ⁽¹⁾	Ω	焊盘电阻 (0 表示使用出厂校准)
Calibration	Cell Temp Model	Rint	I2	- 32768	32768	0 ⁽¹⁾	Ω	上拉电阻器电阻 (0 表示使用出厂校准)

(1) 如果将该值设置为 0，那么电量监测计将使用内部出厂校准默认值。

13.3 设置

13.3.1 配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Configuration	FET Options	H1	0x00	0xFF	0x20	位 0 : 保留 位 1 : 保留 位 2 : OTFET - OVERTEMPERATURE 模式下的 FET 操作 0 = 过热条件下无 FET 操作 (默认) 1 = CHG 和 DSG FET 将在过热条件下关闭。 位 3 : CHGSU - CHARGE SUSPEND 模式下的 FET 操作 0 = FET 活动 (默认) 1 = 充电或预充电禁用, FET 关闭 位 4 : CHGIN - CHARGE INHIBIT 模式下的 FET 操作 0 = FET 活动 (默认) 1 = 充电或预充电禁用, FET 关闭 位 5 : CHGFET - 有效充电终止时的 FET 操作 0 = FET 活动 (默认) 1 = 充电或预充电禁用, FET 关闭 位 6 : SLEEPCHG - 睡眠期间 CHG FET 启用 0 = 睡眠期间 CHG FET 关闭 (默认) 1 = 睡眠期间 CHG FET 保持导通 位 7 : 保留
Settings	Configuration	Gauging Configuration	H1	0x00	0x0F	0x04	位 0 : RSOC - 充电结束时的 <i>RelativeStateOfCharge()</i> 和 <i>RemainingCapacity()</i> 行为 0 = 显示实际值 (默认) 1 = 在有效充电终止之前一直保持为 99%。在有效充电终止时更新为 100% 位 1 : RSOC_HOLD - 在放电期间阻止 RSOC 增加 0 = RSOC 不受限制 1 = 在放电期间不允许 RSOC 增加 位 2 : LOCK0 - 在放电期间达到 0 后, 阻止 <i>RemainingCapacity()</i> 和 <i>RelativeStateOfCharge()</i> 在弛张期间跳回。 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7:3 : 保留
Settings	Configuration	I2C Configuration	H1	0x00	0xFF	0x01	位 0 : BCAST - 启用从器件到智能充电器的充电广播 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 1 : 保留 位 2 : 保留 位 3 : XL - 启用 400kHz COM 模式 0 = 正常总线速度 (默认) 1 = 400kHz 总线速度 (从器件模式) 位 5:4 : 保留 位 6 : TO_STRETCH_EN - 启用总线超时 (15ms 时钟高电平和 25ms 时钟低电平) 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7 : FLASH_BUSY_WAIT - 在闪存编程或擦除操作期间启用时钟延展 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用
Settings	Configuration	Power Configuration	H1	0x00	0x01	0x00	位 0 : AUTO_SHIP_EN - 发货时自动关闭 0 = 禁用自动关闭功能 (默认) 1 = 支持器件在处于 SLEEP 模式且无通信达一段时间后自动关闭。 位 3: 1 : 保留 位 4 : SLP_ACCUM - 启用睡眠电荷累积功能 1 = 启用睡眠电荷累积功能 0 = 禁用睡眠电荷累积功能 (默认) 位 5 : SLEEPWKCHG - 启用睡眠唤醒充电功能 1 = 启用睡眠唤醒充电功能 0 = 禁用睡眠唤醒充电功能 (默认) 位 7: 6 : 保留

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Configuration	SOC Flag Config A	H2	0x0000	0xFFFF	0x0C8C	位 0 : TDSETV - 启用通过电芯电压阈值设置 TD 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 1 : TDCLEARV - 启用通过电芯电压阈值清除 TD 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 2 : TDSETRSOC - 启用通过 RSOC 阈值设置 TD 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 3 : TDCLEARRSOC - 启用通过 RSOC 阈值清除 TD 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 4 : TCSETV - 启用通过电芯电压阈值设置 TC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 5 : TCCLEARV - 启用通过电芯电压阈值清除 TC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 6 : TCSETRSOC - 启用通过 RSOC 阈值设置 TC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7 : TCCLEARRSOC - 启用通过 RSOC 阈值清除 TC 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 8 : 保留 位 9 : 保留 位 10 : FCSETVCT - 启用通过主要充电终止设置 FC 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 11 : TCSETVCT - 启用通过主要充电终止设置 TC 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 15: 12 : 保留
Settings	Configuration	SOC Flag Config B	H1	0x0000	0x00FF	0x008C	位 0 : FDSETV - 启用通过电芯电压阈值设置 FD 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 1 : FDCLEARV - 启用通过电芯电压阈值清除 FD 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 2 : FDSETRSOC - 启用通过 RSOC 阈值设置 FD 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 3 : FDCLEARRSOC - 启用通过 RSOC 阈值清除 FD 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 4 : FCSETV - 启用通过电芯电压阈值设置 FC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 5 : FCCLEARV - 启用通过电芯电压阈值清除 FC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 6 : FCSETRSOC - 启用通过 RSOC 阈值设置 FC 标志 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7 : FCCLEARRSOC - 启用通过 RSOC 阈值清除 FC 标志 0 = 禁用 1 = 启用 (默认)
Settings	Configuration	Charging Configuration	H1	0x00	0x3F	0x00	位 0 : CRATE - ChargeCurrent 率 0 = 不调整 <i>ChargingCurrent()</i> (默认) 1 = 根据 <i>FullChargeCapacity()/DesignCapacity()</i> 调整 <i>ChargingCurrent()</i> 位 7:1 : 保留
Settings	Configuration	Temperature Enable	H1	0x00	0x03	0x03	位 0 : 内部 TS - 启用内部 TS 0 = 禁用 TS (默认) 1 = 启用内部 TS 位 1 : TS1 - 启用 TS1 0 = 禁用 TS1 1 = 启用 TS1 (默认) 位 7:2 : 保留

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Configuration	DA Configuration	H1	0x00	0xFF	0x11	位 0 : CC0 - Cell Count 0 = 单芯 1 = 两芯 位 1 : 保留 位 2 : 保留 位 3 : IN_SYSTEM_SLEEP - 系统内 SLEEP 模式 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 4 : SLEEP - SLEEP 模式 0 = 禁用 SLEEP 模式 1 = 启用 SLEEP 模式 (默认) 位 5 : 保留 位 6 : CTEMP - 电芯温度保护源 0 = 最大值 (默认) 1 = 平均值 位 7 : 保留
Settings	Configuration	IT Gauging Configuration	H2	0x0000	0xFFFF	0xD4DE	位 0 : CCT - 周期数阈值 0 = 使用 <i>DesignCapacity()</i> 的 CC 百分比 (默认) 1 = 使用 <i>FullChargeCapacity()</i> 的 CC 百分比 位 1 : CSYNC - 在有效充电终止时将 <i>RemainingCapacity()</i> 与 <i>FullChargeCapacity()</i> 同步 0 = 不同步 1 = 同步 (默认) 位 2 : RFACTSTEP - 在取消进一步更新资格之前允许 Ra 更新至限值 0 = 如果 (新 Ra) / (旧 Ra) > 3, 则 Ra 更新未完成, 并且禁用 Ra 更新。 1 = 如果 (新 Ra) / (旧 Ra) > 3, 则已完成一次 Ra 更新, 限制为因数 3, 禁用 Ra 的进一步更新。 位 3 : OCVFR - 开路电压平坦区域 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 4 : 保留 位 5 : 保留 位 6 : RSOC_CONV - 请参阅节 6.6。 位 7 : FAST_QMax_LRN - 请参阅节 6.6。 位 8 : FAST_Qmax_FLD - 请参阅节 6.6。 位 9 : CELL_TERM - 请参阅节 6.6。 位 10 : FF_NEAR_EDV - 请参阅节 6.6。 位 11 : RELAX_JUMP_OK - 请参阅节 6.6。 位 12 : SMOOTH - 请参阅节 6.6。 位 13 : 保留 位 14 : 保留 位 15 : 保留
Settings	Configuration	Balancing Configuration	H1	0x00	0xFF	0x01	位 0 : CB - 电芯平衡 0 = 禁用电芯平衡 1 = 启用电芯平衡 (默认) 位 1 : 保留 位 2 : CBR - 静止状态时的电芯平衡 0 = 禁用静止状态时的电芯平衡 (默认)。 1 = 启用静止状态时的电芯平衡。 位 7:3 : 保留

13.3.2 Charger

备注

TI.com 上 BQ28Z610-R2 产品文件夹中的最新固件版本提供了 BROADCAST 模式功能：出厂版本中不包含该功能。

可通过以下数据闪存参数来实现 BROADCAST 模式功能配置。默认禁用该功能，因为并非所有主机 MCU/CPU 都与多主器件 I²C 操作兼容，发生的冲突可能会使主机的通信引擎挂起。

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Settings	Charger	Device Address	H1	0	FF	D4	十六进制	为 BROADCAST 模式设置从器件的地址
Settings	Charger	Voltage Register	H1	0	FF	0C	十六进制	BROADCAST 模式：设置要传输到从器件的 2 字节地址和数据信息以进行充电器输出电压设置
Settings	Charger	Current Register	H1	0	FF	0A	十六进制	BROADCAST 模式：设置要传输到从器件的 2 字节地址和数据信息以进行充电器输出电流设置
Settings	Charger	Broadcast Pacing	U1	0	255	15	s	BROADCAST 模式：广播周期

13.3.3 保护

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Protection	Protection Configuration	H1	0x00	0xFF	0x00	位 0 : 保留 位 1 : CUV_RECOV_CHG - 需要充电以恢复 <i>SafetyStatus()</i> [CUV] 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 7:2 : 保留
Settings	Protection	Enabled Protections A	H1	0x00	0xFF	0x57	位 0 : CUV - 电芯欠压 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 1 : COV - 电芯过压 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 2 : OCC - 充电过流 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 3 : 保留 位 4 : OCD - 放电过流 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 5 : 保留 位 6 : 保留 (将为 1) 位 7 : 保留
Settings	Protection	Enabled Protections B	H1	0x00	0xFF	0x35	位 0 : 保留 (将为 1) 位 1 : 保留 位 2 : 保留 (将为 1) 位 3 : 保留 位 4 : OTC - 充电过热 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 5 : OTD - 放电过热 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 7:6 : 保留
Settings	Protection	Enabled Protections C	H1	0x00	0xFF	0x3C	位 0 : 保留 位 1 : 保留 位 2 : PTO - 预充电超时 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 3 : 保留 位 4 : CTO - 充电超时 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 7:5 : 保留
Settings	Protection	Enabled Protections D	H1	0x00	0xFF	0x0C	位 0 : 保留 位 1 : 保留 位 2 : UTC - 充电时欠温 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 3 : UTD - 未充电时欠温 0 = 禁用 1 = 启用 (默认) 位 7:4 : 保留

13.3.4 永久性故障

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Permanent Failure	Enabled PF A	H1	0x00	0xFF	0x00	位 0 : 保留 位 1 : SOV - 电芯过压安全 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7:2 : 保留
Settings	Permanent Failure	Enabled PF B	H1	0x00	0xFF	0x00	位 2:0 : 保留 位 3 : VIMR - 静止时电压不平衡 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 4 : VIMA - 活动时电压不平衡 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7:5 : 保留

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Permanent Failure	Enabled PF C	H1	0x00	0xFF	0x00	位 0 : CFETF - 充电 FET 故障 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 1 : DFETF - 放电 FET 故障 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 7 : 2 : 保留

13.3.5 AFE

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Configuration	AFE	AFE Protection Control	H1	0x00	0xFF	0x00	位 0 : RSNS - AOLD、ASCC、ASCD1、ASCD2 阈值 0 = $0.5 \times$ AFE 保护阈值 (默认值) 1 = 正常 AFE 保护阈值 位 1 : SCDDx2 - 双 SCD 延迟时间 0 = 正常 SCD 延迟时间 (默认值) 1 = $2 \times$ SCD 延迟时间 位 2 - 3 : 保留 位 4 - 7 : RSTRIM - “不支持”的功能。应保留默认设置 0x7。更改该设置可能会导致 AFE 电流保护精度出现错误。
Configuration	AFE	ZVCHG Exit Threshold	I2	0	8000	2200	在将 CFET 用于预充电的情况下电量监测计将退出 ZVCHG 模式时的 Voltage() 阈值 (以 mV 位单位)。

13.3.6 制造

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
Settings	Manufacturing	Manufacturing Status	H2	0x0000	0xFFFF	0x0000	位 0 : 保留 位 1 : 保留 位 2 : 保留 位 3 : GAUGE_EN - 电量监测 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 4 : FET_EN - FET 操作 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 5 : LF_EN - 寿命数据收集 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 6 : PF_EN - 永久性故障 0 = 禁用 (默认) 1 = 启用 位 15:7 : 保留

13.4 高级充电算法

13.4.1 温度范围

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T1	I1	-128	127	0	°C	T1 低温范围下限
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T2	I1	-128	127	12	°C	T2 低温范围至标准温度范围
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T5	I1	-128	127	20	°C	T5 建议的温度范围下限
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T6	I1	-128	127	25	°C	T6 建议的温度范围上限
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T3	I1	-128	127	30	°C	T3 标准温度范围至高温范围
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	T4	I1	-128	127	55	°C	T4 高温范围上限
Advanced Charging Algorithms	Temperature Ranges	Hysteresis	I1	-128	127	1	°C	在温度下降时应用的温度迟滞。

13.4.2 低温充电

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Low Temp Charging	Voltage	I2	0	32767	4000	mV	低温范围 <i>ChargingVoltage()</i>
Advanced Charging Algorithms	Low Temp Charging	Current Low	I2	0	32767	132	mA	低温范围低压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Low Temp Charging	Current Med	I2	0	32767	352	mA	低温范围中压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Low Temp Charging	Current High	I2	0	32767	264	mA	低温范围高压范围 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.3 标准充电温度

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Standard Temp Charging	Voltage	I2	0	32767	4200	mV	标准温度范围 <i>ChargingVoltage()</i>
Advanced Charging Algorithms	Standard Temp Charging	Current Low	I2	0	32767	1980	mA	标准温度范围低压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Standard Temp Charging	Current Med	I2	0	32767	4004	mA	标准温度范围中压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Standard Temp Charging	Current High	I2	0	32767	2992	mA	标准温度范围高压范围 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.4 高温充电

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	High Temp Charging	Voltage	I2	0	32767	4000	mV	高温范围 <i>ChargingVoltage()</i>
Advanced Charging Algorithms	High Temp Charging	Current Low	I2	0	32767	1012	mA	高温范围低压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	High Temp Charging	Current Med	I2	0	32767	1980	mA	高温范围中压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	High Temp Charging	Current High	I2	0	32767	1496	mA	高温范围高压范围 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.5 Rec 温度充电

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Rec Temp Charging	Voltage	I2	0	32767	4100	mV	建议的温度范围 <i>ChargingVoltage()</i>
Advanced Charging Algorithms	Rec Temp Charging	Current Low	I2	0	32767	2508	mA	建议的温度范围低压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Rec Temp Charging	Current Med	I2	0	32767	4488	mA	建议的温度范围中压范围 <i>ChargingCurrent()</i>
Advanced Charging Algorithms	Rec Temp Charging	Current High	I2	0	32767	3520	mA	建议的温度范围高压范围 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.6 预充电

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	PCHG	Current	I2	0	32767	88	mA	预充电 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.7 充电维护

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	MCHG	Current	I2	0	32767	44	mA	维护 <i>ChargingCurrent()</i>

13.4.8 电压范围

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Voltage Range	Threshold for entering precharge state	I2	0	32767	2500	mV	进入 PRECHARGE 模式的最小电芯电压
Advanced Charging Algorithms	Voltage Range	Charging Voltage Low	I2	0	32767	2900	mV	预充电电压范围至低充电电压范围
Advanced Charging Algorithms	Voltage Range	Charging Voltage Med	I2	0	32767	3600	mV	低充电电压范围至中等充电电压范围
Advanced Charging Algorithms	Voltage Range	Charging Voltage High	I2	0	32767	4000	mV	中等充电电压至高充电电压范围
Advanced Charging Algorithms	Voltage Range	Charging Voltage Hysteresis	U1	0	255	0	mV	在电压下降时应用的充电电压迟滞

13.4.9 终止配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Termination Config	Charge Term Taper Current	I2	0	32767	250	mA	有效充电终止收尾电流限定符阈值
Advanced Charging Algorithms	Termination Config	Charge Term Voltage	I2	0	32767	75	mV	有效充电终止电压差值限定符，基于最大电芯

13.4.10 电芯平衡配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Advanced Charging Algorithms	Cell Balancing Config	Balance Time per mAh cell 1	U2	0	65535	367	s/mAh	每 mAh 所需的平衡时间。有关如何计算平衡时间的信息，请参阅节 7.1。
Advanced Charging Algorithms	Cell Balancing Config	Balance Time per mAh cell 2	U2	0	65535	514	s/mAh	每 mAh 所需的平衡时间。有关如何计算平衡时间的信息，请参阅节 7.1。

13.5 功率

13.5.1 功率

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Power	Power	Valid Update Voltage	I2	0	32767	2800	mV	闪存更新的最小电池组电压阈值

13.5.2 关断

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Power	Shutdown	Shutdown Voltage	I2	0	32767	2300	mV	基于电芯的关断电压跳变阈值
Power	Shutdown	Shutdown Time	U2	0	255	10	s	基于电芯的关断电压跳变延迟
Power	Shutdown	Charger Present Threshold	I2	0	32767	3000	mV	电池组端子充电器存在检测阈值

13.5.3 睡眠模式

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Power	Sleep	Sleep Current	I2	0	32767	10	mA	进入 SLEEP 模式的 Current() 阈值
Power	Sleep	Voltage Time	U1	0	255	5	s	SLEEP 模式下的电压采样周期
Power	Sleep	Current Time	U1	0	255	20	s	SLEEP 模式下的电流采样周期
Power	Sleep	Wake Comparator	H1	0x00	0xFF	0x00	—	唤醒比较器配置设置 位 7 - 4 : 保留 位 3 - 2 : Wk1、WK0 - 唤醒比较器阈值 0、0 = $\pm 0.625\text{mV}$ 0、1 = $\pm 1.25\text{mV}$ 1、0 = $\pm 2.5\text{mV}$ 1、1 = $\pm 5\text{mV}$ 位 1 - 0 : 保留

13.5.4 出厂

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Power	Ship	FET OFF Time	U1	0	127	10	s	在进入 SHUTDOWN 模式之前关断 FET 的延迟时间。该设置不应长于 Ship Delay 设置值。
Power	Ship	Delay	U1	0	254	20	s	在 FET 关断后进入 SHUTDOWN 模式的延迟时间
Power	Ship	Auto Ship Time	U2	0	65535	1440	分钟	当 Power Config[AUTO_SHIP_EN] = 1 时，该器件将在保持 SLEEP 模式后自动进入 SHUTDOWN 模式，在这段时间内未发生通信。

13.6 电量监测

13.6.1 待机

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
电量监测	待机	待机电流	I2	-32768	0	- 10	mA	

13.6.2 最大负载

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Max Load	Max Load Current	I2	- 32768	32767	- 500	mA	
Gas Gauging	Max Load	Max Load RSOC	U1	0	100	50	%	

13.6.3 电流阈值

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Current Thresholds	Dsg Current Threshold	I2	- 32768	32767	100	mA	DISCHARGE 模式 Current() 阈值
Gas Gauging	Current Thresholds	Chg Current Threshold	I2	- 32768	32767	50	mA	CHARGE 模式 Current() 阈值
Gas Gauging	Current Thresholds	Quit Current	I2	0	32767	10	mA	进入 REST 模式的 Current() 阈值

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Current Thresholds	Dsg Relax Time	U1	0	255	1	mA	放电至张弛超时
Gas Gauging	Current Thresholds	Chg Relax Time	U1	0	255	60	mA	充电至张弛超时

13.6.4 设计

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Design	Design Capacity mAh	I2	0	32767	4400	mAh	以 mAh 为单位的设计容量
Gas Gauging	Design	Design Capacity cWh	I2	0	32767	6336	cWh	以 cWh 为单位的设计容量
Gas Gauging	Design	Design Voltage	I2	0	32767	7200	mV	设计电压

13.6.5 周期

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Cycle	Cycle Count Percentage	U1	0	100	90	%	Cycle Count Percentage

13.6.6 FD

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	FD	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	3000	mV	<i>BatteryStatus()</i> [FD] 电芯电压设置阈值
Gas Gauging	FD	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	3100	mV	<i>BatteryStatus()</i> [FD] 电芯电压清除阈值
Gas Gauging	FD	Set RSOC % Threshold	U1	0	100	0	%	<i>BatteryStatus()</i> [FD] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 设置阈值
Gas Gauging	FD	Clear RSOC % Threshold	U1	0	100	5	%	<i>BatteryStatus()</i> [FD] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 清除阈值

13.6.7 FC

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	FC	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	4200	mV	<i>BatteryStatus()</i> [FC] 电芯电压设置阈值
Gas Gauging	FC	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	4100	mV	<i>BatteryStatus()</i> [FC] 电芯电压清除阈值
Gas Gauging	FC	Set RSOC % Threshold	U1	0	100	100	%	<i>BatteryStatus()</i> [FC] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 设置阈值
Gas Gauging	FC	Clear RSOC % Threshold	U1	0	100	95	%	<i>BatteryStatus()</i> [FC] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 清除阈值

13.6.8 TDA

根据 智能电池规范版本 1.1，TDA 仅在放电时处于活动状态。

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	TD	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	3200	mV	<i>GaugingStatus</i> [TD] 电芯电压设置阈值
Gas Gauging	TD	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	3300	mV	<i>GaugingStatus</i> [TD] 电芯电压清除阈值
Gas Gauging	TD	Set RSOC % Threshold	U1	0	100	6	%	<i>GaugingStatus</i> [TD] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 设置阈值
Gas Gauging	TD	Clear RSOC % Threshold	U1	0	100	8	%	<i>GaugingStatus</i> [TD] <i>RelativeStateOfCharge()</i> 清除阈值

13.6.9 TCA

根据 智能电池数据规范版本 1.1，TCA 仅在充电时处于活动状态。

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	TC	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	4200	mV	<i>GaugingStatus[TC]</i> 电芯电压设置阈值
Gas Gauging	TC	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	4100	mV	<i>GaugingStatus[TC]</i> 电芯电压清除阈值
Gas Gauging	TC	Set RSOC % Threshold	U1	0	100	100	%	<i>GaugingStatus[TC]RelativeStateOfCharge()</i> 设置阈值
Gas Gauging	TC	Clear RSOC % Threshold	U1	0	100	95	%	<i>GaugingStatus[TC]RelativeStateOfCharge()</i> 清除阈值

13.6.10 状态

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	State	QMax Cell 0	I2	0	32767	4400	mAh	QMax 电芯 0
Gas Gauging	State	QMax Cell 1	I2	0	32767	4400	mAh	QMax 电芯 1
Gas Gauging	State	QMax Pack	I2	0	32767	4400	mAh	整个电池组的 QMax
Gas Gauging	State	QMax Cycle Count	U2	0	65535	0		更新 QMax 后的 <i>CycleCount()</i>
Gas Gauging	State	Update Status	H1	0x00	0xFF	0		位 1:0 : 更新 1、更新 0 更新状态 0、0 = 禁用 Impedance Track 电量监测和寿命更新。 0、1 = 已更新 QMax 1、0 = 已更新 QMax 和 Ra 表 位 2 : Enable - 启用 Impedance Track 电量监测和寿命更新。 0 = 禁用 1 = 启用 位 3 : QMax 现场更新 0 = 不更新 1 = 更新 位 7:4 : 保留
Gas Gauging	State	Cell 0 Chg Voltage at EoC	I2	0	32767	4200	mV	电芯 0 充电结束时的电压值
Gas Gauging	State	Cell 1 Chg Voltage at EoC	I2	0	32767	4200	mV	电芯 1 充电结束时的电压值
Gas Gauging	State	Current at EoC	I2	- 32768	32767	250	mA	充电结束时的电流
Gas Gauging	State	Avg I Last Run	I2	- 32768	32767	- 2000	mA	上一个放电周期的平均电流
Gas Gauging	State	Avg P Last Run	I2	- 32768	32767	- 3022	10mW	上一个放电周期的平均功率
Gas Gauging	State	Delta Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV	正常和短负载尖峰之间的 <i>Voltage()</i> 差值，用于优化运行时间计算
Gas Gauging	State	Temp k	I2	0	32767	100	0.1°C/ 256cW	初始热模型温度因子
Gas Gauging	State	Temp a	I2	0	32767	1000	—	初始热模型温度
Gas Gauging	State	Max I Last Run	I2	- 32768	32767	- 2000	mA	上一个放电周期的最大电流
Gas Gauging	State	Max P Last Run	I2	- 32768	32767	- 3022	10mW	上一个放电周期的最大功率
Gas Gauging	State	Cycle count	U2	0	65535	0	个周期	<i>CycleCount()</i> 报告的值。当累积放电超过 Cycle Count Percentage 设置的阈值时由电量监测计自动更新
Gas Gauging	State	SOH Temp k	I2	0	32767	100	0.1°C/ 256cW	SOH 的初始热模型温度因子
Gas Gauging	State	SOH Temp a	I2	0	32767	1000	—	SOH 的初始热模型温度因子

13.6.11 IT 配置

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	IT Cfg	Pack Resistance	I2	0	32767	30	m Ω	
Gas Gauging	IT Cfg	System Resistance	I2	0	32767	0	m Ω	
Gas Gauging	IT Cfg	Ra Filter	U2	0	999	500	0.1%	Ra 更新中使用的滤波器值, 指定新值 (100% - 设置值) 与旧值 (设置值) 的百分比或 Ra 更新。如果启用了 RSOC_CONV 功能, 则建议的设置值为 80%。否则, 应采用的默认设置值为 50%。
Gas Gauging	IT Cfg	Ra Max Delta	U1	0	255	15	Design Resistance 百分比	允许的 Ra 变化最大值
Gas Gauging	IT Cfg	Reference Grid	UI	0	15	4		Design Resistance 使用的 Reference Grid 点。如果启用了 RSOC_CONV 功能, 则应使用默认设置值。否则, 应使用网格点 11, 以确保在发生放电终止的网格处以足够快的速度更新电阻。
Gas Gauging	IT Cfg	Resistance Parameter Filter	U2	1	65534	65124	—	这是用于电阻更新的滤波器之一。降低该滤波器设置值可以提高高速率下的低温性能。默认设置值为 41s 时间常数。建议将该滤波器保持在 4s (即 DF 设置值 = 61680) 至默认值 41s (即 DF 设置值 = 65142) 的范围内。在尝试提高 RSOC 性能时, 应在扭曲该参数之前检查 Term Voltage Delta 设置值和 Fast Scale Start SOC。 以下是将 DF 设置值转换为实际滤波器时间常数的公式: 滤波器时间常数 = $[0.25 / (1 - (DF_Value / 65536))]$ - 0.25。
Gas Gauging	IT Cfg	Near EDV Ra Param Filter	U2	1	65535	59220	—	[FF_NEAR_EDV] = 1 时快速调节区域中使用的 Ra 滤波器。应使用默认值。
Gas Gauging	IT Cfg	QMax Delta	U1	3	100	5	%	允许 QMax 相对于其前一个值的最大变化。如果相对于前一个 QMax 的差值大于 QMax Delta , 那么该设置将确定 QMax 变化的上限。 QMax Delta 是 Design Capacity 的百分比。
Gas Gauging	IT Cfg	QMax Upper Bound	U1	100	255	130	%	电池组寿命期间的最大 QMax 值。如果更新后的 QMax 值大于该设置值, 则更新后的 QMax 上限为 QMax Upper Bound 。 QMax Upper Bound 是 Design Capacity 的百分比。
Gas Gauging	IT Cfg	Term Voltage	I2	0	32767	9000	mV	用于容量计算的最小电池组电压
Gas Gauging	IT Cfg	Term Voltage Delta	I2	0	32767	300	mV	控制 RSOC_CONV 功能何时激活。建议的设置值为 3.3 - Term Voltage/电芯数。 默认设置值为 300mV, 该设置值假设每个电芯的典型终止电压为 3V。如果使用不同的终止电压, 则应相应地调整该参数。
Gas Gauging	IT Cfg	Max Simulation Iterations	U1	20	50	30		仿真允许的最大迭代次数。
Gas Gauging	IT Cfg	Term Min Cell Voltage	I2	0	32767	2800	mV	[CELL_TERM] = 1 时的最小电芯终止电压 (如果使用)。这是为了使 IT 算法在触发 CUV 之前达到 0%; 因此, 该值应设置为 CUV:Threshold 或以上。
Gas Gauging	IT Cfg	Fast Scale Start SOC	U1	0	100	10	%	[RSOC_CONV] = 1 时基于 RSOC % 的控制收敛的开始。提高此设置值可以改善放电结束时的 RSOC 下降。不过, 为该设置值选择的 RSOC % 必须在放电曲线急剧下降 (放电曲线的拐点) 之后保持不变。
Gas Gauging	IT Cfg	Load Select	U1	0	255	7		定义电量监测算法使用的负载补偿模式
Gas Gauging	IT Cfg	Load Mode	U1	0	255	0		定义电量监测算法使用的单位: 0 = 恒定电流 1 = 恒定功率
Gas Gauging	IT Cfg	Design Resistance						Reference Grid 点处的电芯平均电阻。当 Update Status 设置为 0x6 时由电量监测计自动更新。若要再次自动更新, 请将 Update Status 设置为 0x4 或在 Update Status 设置为 0x6 时手动设置。
Gas Gauging	IT Cfg	User-Rate-mA	I2	- 32768	32768	0	mA	通过 Load Select 选择的用于容量计算的放电速率

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	IT Cfg	User-Rate-mW	I2	- 32768	32768	0	10mW	通过 Load Select 选择的用于容量计算的放电速率
Gas Gauging	IT Cfg	Reserve Cap-mAh	I2	0	9000	0	mAh	当电量监测算法报告 0% 的 <i>RelativeStateOfCharge()</i> 时, 提供保留容量。
Gas Gauging	IT Cfg	Reserve Cap-cWh	I2	0	32000	0	cWh	当电量监测算法报告 0% 的 <i>RelativeStateOfCharge()</i> 时, 提供保留容量。

13.6.12 条件标志

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Condition Flag	Max Error Limit	U1	1	100	100	%	Max Error Limit 百分比

13.6.13 SOH

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	SOH	SOH Load Rate	U1	1	255	50	0.1 时率	SOH 仿真中使用的电流速率

13.6.14 最大误差

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Gas Gauging	Max Error	Time Cycle Equivalent	U1	1	255	12	2h	在有效的 QMax 更新之后, 每个经过的 Time Cycle Equivalent 时间段的 <i>MaxError()</i> 将递增 Cycle Delta。对于每个 Time Cycle Equivalent 时间段, Time Cycle Equivalent 的 Max Error 会在上次 QMax 更新之后递增 0.05%。
Gas Gauging	Max Error	Cycle Delta	U1	0	255	5	0.01%	每次在有效 QMax 更新之后 <i>CycleCount()</i> 的 <i>MaxError()</i> 会递增 Cycle Delta。如果将该参数设置为 0, 则会禁用按时间或周期的 MaxError 递增。

13.7 系统数据

13.7.1 制造商数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	单位	说明
System Data	Manufacturer Data	Manufacturer Info A Length	U1	0	32	—	<i>ManufacturerInfo()</i> 长度
System Data	Manufacturer Data	Manufacturer Info Block A01-A32	U1				<i>ManufacturerInfo()</i> 值

13.7.2 完整性

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
System Data	Integrity	Static DF Signature	H2	0	7FFF	0	十六进制	状态数据闪存签名。使用 MAC <i>StaticDFSSignature()</i> (MSB 设置为 0) 初始化该值。
System Data	Integrity	Static Chem DF Signature	H2	0	7FFF	6C98	十六进制	状态化学物质数据签名。使用 MAC <i>StaticChemDFSSignature()</i> (MSB 设置为 0) 初始化该值。
System Data	Integrity	All DF Signature	H2	0	7FFF	0	十六进制	状态数据闪存签名。使用 MAC <i>AllDFSSignature()</i> (MSB 设置为 0) 初始化该值。

13.8 配置

13.8.1 数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Configuration	Data	Manufacturer Date	U2	0	65535	01/01/80		采用以下格式的 <i>ManufacturerDate()</i> : 一个月中的第几天 + 月份 * 32 + (年份 - 1980) * 512
Configuration	Data	Serial Number	H2	0x0000	0xFFFF	0x0001		<i>SerialNumber()</i> 值
Configuration	Data	Manufacturer Name	S20+1	—	—	德州仪器 (TI)	ASCII	<i>ManufacturerName()</i> 值

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Configuration	Data	Device Name	S20+1	—	—	BQ28Z610-R2	ASCII	<i>DeviceName()</i> 值
Configuration	Data	Device Chemistry	S4+1	—	—	LION	ASCII	<i>DeviceChemistry()</i> 值

13.9 寿命

13.9.1 电压

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Lifetimes	Voltage	Max Voltage Cell 0	I2	0	32767	0	mV	报告的最大电芯电压 0
Lifetimes	Voltage	Max Voltage Cell 1	I2	0	32767	0	mV	报告的最大电芯电压 1

13.9.2 电流

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Lifetimes	Current	Max Chg Current	I2	0	32768	0	200mA	在充电方向上报告的最大 <i>Current()</i>
Lifetimes	Current	Max Dsg Current	I2	- 32768	0	0	200mA	在放电方向上报告的最大 <i>Current()</i>

13.9.3 温度

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Lifetimes	Temperature	Max Temp Cell	I1	- 128	127	- 128	°C	报告的最大电芯温度
Lifetimes	Temperature	Min Temp Cell	I1	- 128	127	127	°C	报告的最小电芯温度

13.10 保护功能

13.10.1 CUV—电芯欠压

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	CUV	Threshold	I2	0	32767	2500	mV	电芯欠压跳变阈值
Protections	CUV	Delay	U1	0	255	2	s	电芯欠压跳变延迟
Protections	CUV	Recovery	I2	0	32767	3000	mV	电芯欠压恢复阈值

13.10.2 COV—电芯过压

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	COV	Threshold Low Temp	I2	0	32767	4300	mV	电芯过压低温范围跳变阈值
Protections	COV	Threshold Standard Temp	I2	0	32767	4300	mV	电芯过压标准温度范围跳变阈值
Protections	COV	Threshold High Temp	I2	0	32767	4300	mV	电芯过压高温范围跳变阈值
Protections	COV	Threshold Rec Temp	I2	0	32767	4300	mV	电芯过压建议温度范围跳变阈值
Protections	COV	Delay	U1	0	255	2	s	电芯过压跳变延迟
Protections	COV	Recovery Low Temp	I2	0	32767	3900	mV	电芯过压低温范围恢复阈值
Protections	COV	Recovery Standard Temp	I2	0	32767	3900	mV	电芯过压标准温度范围恢复阈值
Protections	COV	Recovery High Temp	I2	0	32767	3900	mV	电芯过压高温范围恢复阈值
Protections	COV	Recovery Rec Temp	I2	0	32767	3900	mV	电芯过压建议温度范围恢复阈值

13.10.3 OCC—充电过流

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	OCC	Threshold	I2	- 32768	32767	6000	mA	充电过流跳变阈值

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	OCC	Delay	U1	0	255	0	s	充电过流跳变延迟
Protections	OCC	Recovery Threshold	I2	- 32768	32767	200	mA	充电过流恢复阈值
Protections	OCC	Recovery Delay	U1	0	255	5	s	充电过流恢复延迟

13.10.4 OCD—放电过流

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	OCD	Threshold	I2	- 32768	32767	- 6000	mA	放电过流跳变阈值
Protections	OCD	Delay	U1	0	255	6	s	放电过流跳变延迟
Protections	OCD	Recovery	I2	- 32768	32767	50	mA	放电过流恢复阈值
Protections	OCD	Recovery Delay	U1	0	255	5	s	放电过流恢复延迟

13.10.5 AOLD—AFE 放电过载

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	AOLD	Threshold	H1	0x00	0xFF	0xF4	十六进制	AOLD : Threshold 设置, 位 7 - 4 : OLDD : AOLD 延迟时间 设置, 位 3 - 0 : OLDV : AOLD 阈值
Protections	AOLD	Recovery	U1	0	255	5	s	过载恢复时间

13.10.6 ASCC—AFE 充电短路

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	ASCC	Threshold	H1	0x00	0xFF	0x77	十六进制	ASCC : Threshold 设置, 位 7 - 4 : SCCD : ASCC 延迟时间 设置, 位 3 : 保留 设置, 位 2 - 0 : OLDV : AOLD 阈值设置
Protections	ASCC	Recovery	U1	0	255	5	s	过载恢复时间

13.10.7 ASCD—AFE 放电短路

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	ASCD	Threshold 1	H1	0x00	0xFF	0x77	十六进制	ASCD : Threshold 1 设置, 位 7 - 4 : SCD1D : SCD1 延迟时间 设置, 位 3 : 保留 设置, 位 2 - 0 : SCD1V : SCD1 阈值设置
Protections	ASCD	Threshold 2	H1	0x00	0xFF	0xE7	十六进制	ASCD : Threshold 2 设置, 位 7 - 4 : SCD2D : SCD2 延迟时间 设置, 位 3 : 保留 设置, 位 2 - 0 : SCD2V : SCD2 阈值设置
Protections	ASCD	Recovery	U1	0	255	5	s	过载恢复时间

13.10.8 OTC—充电过热

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	OTC	Threshold	I2	- 400	1500	550	0.1°C	充电过热跳变阈值
Protections	OTC	Delay	U1	0	255	2	s	电芯充电过热跳变延迟
Protections	OTC	Recovery	I2	- 400	1500	500	0.1°C	电芯充电过热恢复阈值

13.10.9 OTD—放电过热

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	OTD	Threshold	I2	- 400	1500	600	0.1°C	放电过热跳变阈值
Protections	OTD	Delay	U1	0	255	2	s	放电过热跳变延迟
Protections	OTD	Recovery	I2	- 400	1500	550	0.1°C	放电过热恢复阈值

13.10.10 UTC—充电欠温

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	UTC	Threshold	I2	- 400	1500	0	0.1°C	充电欠温跳变阈值
Protections	UTC	Delay	U1	0	255	2	s	电芯充电欠温跳变延迟
Protections	UTC	Recovery	I2	- 400	1500	50	0.1°C	电芯充电欠温恢复阈值

13.10.11 UTD—放电欠温

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	UTD	Threshold	I2	- 400	1500	0	0.1°C	放电欠温跳变阈值
Protections	UTD	Delay	U1	0	255	2	s	放电欠温跳变延迟
Protections	UTD	Recovery	I2	- 400	1500	50	0.1°C	放电欠温恢复阈值

13.10.12 PTO—预充电模式超时

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	PTO	Charge Threshold	I2	- 32768	32767	2000	mA	预充电超时电流阈值
Protections	PTO	Suspend Threshold	I2	- 32768	32767	1800	mA	预充电超时暂停阈值
Protections	PTO	Delay	U2	0	65535	1800	s	预充电超时跳变延迟
Protections	PTO	Reset	I2	- 32768	32767	2	mAh	预充电超时复位阈值

13.10.13 CTO—快速充电模式超时

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Protections	CTO	Charge Threshold	I2	- 32768	32767	2500	mA	快速充电超时电流阈值
Protections	CTO	Suspend Threshold	I2	- 32768	32767	2000	mA	快速充电超时暂停阈值
Protections	CTO	Delay	U2	0	65535	54000	s	快速充电超时跳变延迟
Protections	CTO	Reset	I2	- 32768	32767	2	mAh	快速充电超时复位阈值

13.11 永久失效

13.11.1 SOV—电芯过压安全

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Permanent Fail	SOV	Threshold	I2	0	32767	4500	mV	电芯过压安全跳变阈值
Permanent Fail	SOV	Delay	U1	0	255	5	s	电芯过压安全跳变延迟

13.11.2 VIMR—静止时电压不平衡

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Permanent Fail	VIMR	Check Voltage	I2	0	5000	3600	mV	静止时电压不平衡检查电压
Permanent Fail	VIMR	Check Current	I2	0	32767	10	mA	静止时电压不平衡检查电流
Permanent Fail	VIMR	Delta Threshold	I2	0	5000	200	mV	静止时电压不平衡跳变阈值
Permanent Fail	VIMR	Delay	U1	0	255	2	s	静止时电压不平衡检查跳变延迟
Permanent Fail	VIMR	Duration	U2	0	65535	100	s	静止时电压不平衡检查持续时间

13.11.3 VIMA—有效运行时的电压不平衡

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
Permanent Fail	VIMA	Check Voltage	I2	0	5000	3600	mV	有效运行时的电压不平衡检查电压
Permanent Fail	VIMA	Check Current	I2	0	32767	10	mA	有效运行时的电压不平衡检查电流
Permanent Fail	VIMA	Delta Threshold	I2	0	5000	300	mV	有效运行时的电压不平衡跳变阈值
Permanent Fail	VIMA	Delay	U1	0	255	2	s	有效运行时的电压不平衡检查跳变延迟

13.12 PF 状态

在发生 PF 事件时保存该类别的数据。

13.12.1 器件状态数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Safety Alert A	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志
PF Status	Device Status Data	Safety Status A	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志

名称：Safety Alert A 或 Safety Status A

位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	AOLD	RSVD	OCD	RSVD	OCC	COV	CUV

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Safety Alert B	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志
PF Status	Device Status Data	Safety Status B	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志

名称：Safety Alert B 或 Safety Status B

位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	RSVD	OTD	OTC	RSVD	ASCD	RSVD	ASCC

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Safety Alert C	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志
PF Status	Device Status Data	Safety Status C	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志

名称：Safety Alert C 或 Safety Status C

位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	RSVD	CTOS	RSVD	PTOS	RSVD	RSVD	RSVD

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Safety Alert D	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志。该寄存器中的所有位均为 RSVD。
PF Status	Device Status Data	Safety Status D	H1	0	FF	0	十六进制	自 PF 事件以来累积的安全标志

名称：Safety Status D

位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	RSVD	CTOS	RSVD	PTOS	DFW	RSVD	IFC

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Operation Status A	H2	0	FFFF	0	十六进制	发生 PF 事件时的 <i>OperationStatus()</i> 数据

名称：Operation Status A

位 15	位 14	位 13	位 12	位 11	位 10	位 9	位 8	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	PCHG	CHG	DSG	RSVD	SLEEP	XCHG	XDSG	PF	SS	SDV	SEC1	SEC0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Operation Status B	H2	0	FFFF	0	十六进制	发生 PF 事件时的 <i>OperationStatus()</i> 数据

名称 : Operation Status B															
位 15	位 14	位 13	位 12	位 11	位 10	位 9	位 8	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
SLEEPM	XL	CAL_OF FSET	CAL	AUTO CALM	AUTH	LED	SDM	RSVD	RSVD	RSVD	CB	SLPCC	SLPAD	SMBL CAL	INIT

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Temp Range	H1	0	FF	0	十六进制	发生 PF 事件时的温度范围状态。温度范围信息返回至 <i>ChargingStatus()</i> 。

名称 : Temp Range							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
RSVD	OT	HT	STH	RT	SLT	LT	UT

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Charging Status A	H1	0	FF	0	十六进制	发生 PF 事件时的充电状态。请参阅 <i>MACSubcmd()</i> 和 <i>Gauging Status()</i> 下的部分。

名称 : Charging Status A							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
VCT	MCHG	SU	IN	HV	MV	LV	PV

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	Gauging Status	H1	0	FF	0	十六进制	发生 PF 事件时的充电状态。请参阅 <i>MACSubcmd()</i> 和 <i>Gauging Status()</i> 下的部分。

名称 : Gauging Status							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
VCT	MCHG	SU	IN	HV	MV	LV	PV

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Status Data	IT Status	H2	0	FFFF	0	十六进制	发生 PF 事件时的 Impedance Track 状态。请参阅 <i>MACSubcmd()</i> 和 <i>Gauging Status()</i> 下的部分。

名称 : IT Status															
位 15	位 14	位 13	位 12	位 11	位 10	位 9	位 8	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
NSFM	RSVD	SLPQMa x	QEN	VOK	RDIS	RSVD	REST	RSVD	RSVD	RSVD	OCVFR	LDMD	RX	QMax	VDQ

13.12.2 器件电压数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Voltage Data	Cell Voltage 0	I2	- 32768	32767	0	mV	电芯 0 电压
PF Status	Device Voltage Data	Cell Voltage 1	I2	- 32768	32767	0	mV	电芯 1 电压
PF Status	Device Voltage Data	Bat Direct Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV	电芯堆电压
PF Status	Device Voltage Data	Pack Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV	电池组端子电压

13.12.3 器件电流数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Current Data	Current	I2	- 32768	32767	0	mA	<i>Current()</i>

13.12.4 器件温度数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Temperature Data	Internal Temperature	I2	- 32768	32767	0	0.1K	内部温度传感器温度
PF Status	Device Temperature Data	External 1 Temperature	I2	- 32768	32767	0	0.1K	External TS1 Temperature

13.12.5 器件电量监测数据

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
PF Status	Device Gauging Data	Cell 0 DOD0	I2	- 32768	32767	0		电芯 0 放电深度
PF Status	Device Gauging Data	Cell 1 DOD0	I2	- 32768	32767	0		电芯 1 放电深度
PF Status	Device Gauging Data	Passed Charge	I2	- 32768	32767	0	mAh	自上次 QMax 更新以来消耗的电荷

13.12.6 AFE 寄存器

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	说明
PF Status	AFE Regs	AFE Interrupt Status	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Interrupt Status 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE FET Status	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE FET Status 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE Rxin	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Rxin 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE Interrupt Enable	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Interrupt Enable 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE FET Control	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE FET Control 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE RXIEN	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE RXIEN 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE RLOUT	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE RLOUT 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE RHOUT	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE RHOUT 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE RHINT	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE RHINT 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE Cell Balance	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Cell Balance 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE AD/CC Control	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE AD/CC Control 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE ADC Mux	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE ADC Mux 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE State Control	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE State Control 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE Wake Control	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Wake Control 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE Protection Control	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE Protection Control 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE OCD	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE OCD 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE SCC	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE SCC 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE SCD1	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE SCD1 寄存器内容
PF Status	AFE Regs	AFE SCD2	H1	0x00	0xFF	0x00	AFE SCD2 寄存器内容

13.13 RA 表

13.13.1 R_a0

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A Flag	H2	0x0000	0xFFFF	0xFF55		高字节： 0x00：更新了电芯阻抗和 QMax 0x05：RELAX 模式，正在进行 QMax 更新 0x55：DISCHARGE 模式，已更新电芯 0xFF：从不更新电芯阻抗 低字节： 0x00：未使用表，已更新 QMax 0x55：正在使用表 0xFF：从不使用表，未进行 QMax 或电芯阻抗更新
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 0	I2	- 32768	32768	38	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 0 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 1	I2	- 32768	32768	41	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 1 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 2	I2	- 32768	32768	43	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 2 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 3	I2	- 32768	32768	44	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 3 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 4	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 4 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 5	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 5 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 6	I2	- 32768	32768	45	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 6 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 7	I2	- 32768	32768	48	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 7 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 8	I2	- 32768	32768	49	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 8 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 9	I2	- 32768	32768	52	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 9 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 10	I2	- 32768	32768	56	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 10 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 11	I2	- 32768	32768	64	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 11 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 12	I2	- 32768	32768	74	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 12 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 13	I2	- 32768	32768	128	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 13 处的电芯 0 电阻

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
RA Table	R_a0	Cell 0 R_A 14	I2	- 32768	32768	378	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 14 处的电芯 0 电阻

13.13.2 R_a1

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A Flag	H2	0x0000	0xFFFF	0xFF55		高字节： 0x00：更新了电芯阻抗和 QMax 0x05：RELAX 模式，正在进行 QMax 更新 0x55：DISCHARGE 模式，更新了电芯 0xFF：从不更新电芯阻抗 低字节： 0x00：未使用表，已更新 QMax 0x55：正在使用表 0xFF：从不使用表，未进行 QMax 或电芯阻抗更新
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 0	I2	- 32768	32768	38	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 0 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 1	I2	- 32768	32768	41	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 1 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 2	I2	- 32768	32768	43	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 2 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 3	I2	- 32768	32768	44	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 3 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 4	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 4 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 5	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 5 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 6	I2	- 32768	32768	45	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 6 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 7	I2	- 32768	32768	48	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 7 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 8	I2	- 32768	32768	49	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 8 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 9	I2	- 32768	32768	52	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 9 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 10	I2	- 32768	32768	56	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 10 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 11	I2	- 32768	32768	64	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 11 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 12	I2	- 32768	32768	74	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 12 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 13	I2	- 32768	32768	128	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 13 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1	Cell 1 R_A 14	I2	- 32768	32768	378	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 14 处的电芯 1 电阻

13.13.3 R_a0x

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A Flag	H2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF		高字节： 0x00：更新了电芯阻抗和 QMax 0x05：RELAX 模式，正在进行 QMax 更新 0x55：DISCHARGE 模式，已更新电芯 0xFF：从不更新电芯阻抗。 低字节： 0x00：未使用表，已更新 QMax。 0x55：正在使用表。 0xFF：从不使用表，未进行 QMax 或电芯阻抗更新。
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 0	I2	- 32768	32768	38	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 0 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 1	I2	- 32768	32768	41	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 1 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 2	I2	- 32768	32768	43	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 2 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 3	I2	- 32768	32768	44	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 3 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 4	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 4 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 5	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 5 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 6	I2	- 32768	32768	45	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 6 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 7	I2	- 32768	32768	48	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 7 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 8	I2	- 32768	32768	49	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 8 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 9	I2	- 32768	32768	52	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 9 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 10	I2	- 32768	32768	56	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 10 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 11	I2	- 32768	32768	64	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 11 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 12	I2	- 32768	32768	74	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 12 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 13	I2	- 32768	32768	128	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 13 处的电芯 0 电阻
RA Table	R_a0x	xCell 0 R_A 14	I2	- 32768	32768	378	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 14 处的电芯 0 电阻

13.13.4 R_a1x

类别	子类别	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位	说明
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A Flag	H2	0x0000	0xFFFF	0xFFFF		高字节： 0x00：更新了电芯阻抗和 QMax 0x05：RELAX 模式，正在进行 QMax 更新 0x55：DISCHARGE 模式，已更新电芯 0xFF：从不更新电芯阻抗 低字节： 0x00：未使用表，已更新 QMax。 0x55：正在使用表。 0xFF：从不使用表，未进行 QMax 或电芯阻抗更新。
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 0	I2	- 32768	32768	38	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 0 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 1	I2	- 32768	32768	41	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 1 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 2	I2	- 32768	32768	43	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 2 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 3	I2	- 32768	32768	44	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 3 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 4	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 4 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 5	I2	- 32768	32768	42	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 5 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 6	I2	- 32768	32768	45	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 6 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 7	I2	- 32768	32768	48	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 7 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 8	I2	- 32768	32768	49	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 8 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 9	I2	- 32768	32768	52	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 9 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 10	I2	- 32768	32768	56	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 10 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 11	I2	- 32768	32768	64	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 11 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 12	I2	- 32768	32768	74	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 12 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 13	I2	- 32768	32768	128	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 13 处的电芯 1 电阻
RA Table	R_a1x	xCell 1 R_A 14	I2	- 32768	32768	378	2 ⁻¹⁰ Ω	网格点 14 处的电芯 1 电阻

This page intentionally left blank.



14.1 数据闪存表

表 14-1. 数据闪存表

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Voltage	0x4000	Cell Gain	I2	- 32767	32767	12101	—
Calibration	Voltage	0x4002	Pack Gain	U2	0	65535	49669	—
Calibration	Voltage	0x4004	BAT Gain	U2	0	65535	48936	—
Calibration	Current	0x4006	CC Gain	F4	1.00E - 01	4.00E+00	3.58422	—
Calibration	Current	0x400A	Capacity Gain	F4	2.98262E+04	1.193046E+06	1069035.256	—
Calibration	Current Offset	0x400E	CC Offset	I2	- 32767	32767	0	—
Calibration	Current Offset	0x4010	Coulomb Counter Offset Samples	U2	0	65535	64	—
Calibration	Current Offset	0x4012	Board Offset	I2	- 32768	32767	0	—
Calibration	Current Offset	0x40C0	CC Auto Config	H1	0x00	0x07	0x03	十六进制
Calibration	Current Offset	0x40C1	CC Auto Offset	I2	- 10000	10000	0	—
Calibration	Temperature	0x4014	Internal Temp Offset	I1	- 128	127	0	0.1°C
Calibration	Temperature	0x4015	External1 Temp Offset	I1	- 128	127	0	0.1°C
Calibration	Internal Temp Model	0x4400	Int Gain	I2	- 32768	32767	- 12143	—
Calibration	Internal Temp Model	0x4402	Int base offset	I2	- 32768	32767	6232	—
Calibration	Internal Temp Model	0x4404	Int Minimum AD	I2	- 32768	32767	0	—
Calibration	Internal Temp Model	0x4406	Int Maximum Temp	I2	- 32768	32767	6232	0.1K
Calibration	Cell Temperature Model	0x4408	Coeff a1	I2	- 32768	32767	- 11130	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x440A	Coeff a2	I2	- 32768	32767	19142	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x440C	Coeff a3	I2	- 32768	32767	- 19262	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x440E	Coeff a4	I2	- 32768	32767	28203	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4410	Coeff a5	I2	- 32768	32767	892	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4412	Coeff b1	I2	- 32768	32767	328	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4414	Coeff b2	I2	- 32768	32767	- 605	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4416	Coeff b3	I2	- 32768	32767	- 2443	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4418	Coeff b4	I2	- 32768	32767	4696	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x441A	Rc0	I2	- 32768	32767	11703	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x441C	Adc0	I2	- 32768	32767	11703	—

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Calibration	Cell Temperature Model	0x441E	Rpad	I2	- 32768	32767	0	—
Calibration	Cell Temperature Model	0x4420	Rint	I2	- 32768	32767	0	—
Calibration	Current Deadband	0x4446	Deadband	U1	0	255	3	mA
Calibration	Current Deadband	0x4447	Coulomb Counter Deadband	U1	0	255	9	116nV
Settings	Protection	0x46A9	Protection Configuration	H1	0x0	0x03	0x0	十六进制
Settings	Protection	0x46AA	Enabled Protections A	H1	0x0	0xFF	0x57	十六进制
Settings	Protection	0x46AB	Enabled Protections B	H1	0x0	0xFF	0x35	十六进制
Settings	Protection	0x46AC	Enabled Protections C	H1	0x0	0xFF	0x14	十六进制
Settings	Protection	0x46AD	Enabled Protections D	H1	0x0	0xFF	0x0C	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x46F7	Enabled PF A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x46F8	Enabled PF B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
Settings	Permanent Failure	0x46F9	Enabled PF C	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
Settings	Configuration	0x4600	FET Options	H1	0x0	0xFF	0x20	十六进制
Settings	Configuration	0x4601	I2C Gauging Configuration	H1	0x0	0x0F	0x04	十六进制
Settings	Configuration	0x4602	I2C Configuration	H1	0x0	0xFF	0x01	十六进制
Settings	Configuration	0x4604	Power Config	H1	0x0	0xBF	0x00	十六进制
Settings	Configuration	0x462D	SOC Flag Config A	H2	0x0	0x0FFF	0x0C8C	十六进制
Settings	Configuration	0x462F	SOC Flag Config B	H1	0x0	0xFF	0x8C	十六进制
Settings	Configuration	0x4648	IT Gauging Configuration	H2	0x0	0xFFFF	0x14CE	十六进制
Settings	Configuration	0x4659	Charging Configuration	H1	0x0	0x3F	0x0	十六进制
Settings	Configuration	0x4695	Temperature Enable	H1	0x0	0x03	0x03	十六进制
Settings	Configuration	0x4696	DA Configuration	H1	0x0	0xFF	0x11	十六进制
Settings	Configuration	0x4705	Balancing Configuration	H1	0x0	0xFF	0x01	十六进制
Settings	AFE	0x4698	AFE Protection Control	H1	0x0	0xFF	0x70	十六进制
Settings	AFE	0x469E	ZVCHG Exit Threshold	I2	0	8000	2200	mV
Settings	Charger	0x461F	Device Address	H1	0x0	0xFF	0xD4	十六进制
Settings	Charger	0x4620	Voltage Register	H1	0x0	0xFF	0x0C	十六进制
Settings	Charger	0x4621	Current Register	H1	0x0	0xFF	0x0A	十六进制
Settings	Charger	0x4624	Broadcast Pacing	U1	0	255	15	s
Settings	Manufacturing	0x43C0	Mfg Status init	H2	0x0	0xFFFF	0x0000	十六进制
Protections	CUV	0x46AE	Threshold	I2	0	32767	2500	mV
Protections	CUV	0x46B0	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	CUV	0x46B1	Recovery	I2	0	32767	3000	mV
Protections	COV	0x46B3	Threshold Low Temp	I2	0	32767	4300	mV
Protections	COV	0x46B5	Threshold Standard Temp	I2	0	32767	4300	mV
Protections	COV	0x46B7	Threshold High Temp	I2	0	32767	4300	mV
Protections	COV	0x46B9	Threshold Rec Temp	I2	0	32767	4300	mV
Protections	COV	0x46BB	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	COV	0x46BC	Recovery Low Temp	I2	0	32767	3900	mV
Protections	COV	0x46BE	Recovery Standard Temp	I2	0	32767	3900	mV
Protections	COV	0x46C0	Recovery High Temp	I2	0	32767	3900	mV
Protections	COV	0x46C2	Recovery Rec Temp	I2	0	32767	3900	mV
Protections	OCC	0x46C4	Threshold	I2	- 32768	32767	6000	mA
Protections	OCC	0x46C6	Delay	U1	0	255	6	s
Protections	OCC	0x46C7	Recovery Threshold	I2	- 32768	32767	- 200	mA
Protections	OCC	0x46C9	Recovery Delay	U1	0	255	5	s
Protections	OCD	0x46CA	Threshold	I2	- 32768	32767	- 6000	mA
Protections	OCD	0x46CC	Delay	U1	0	255	6	s

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Protections	OCD	0x46CD	Recovery Threshold	I2	- 32768	32767	200	mA
Protections	OCD	0x46CF	Recovery Delay	U1	0	255	5	s
Protections	AOLD	0x4699	Threshold	H1	0x0	0xFF	0xF4	十六进制
Protections	AOLD	0x46D0	Recovery	U1	0	255	5	s
Protections	ASCC	0x469A	Threshold	H1	0x0	0xFF	0x77	十六进制
Protections	ASCC	0x46D1	Recovery	U1	0	255	5	s
Protections	ASCD	0x469B	Threshold 1	H1	0x0	0xFF	0x77	十六进制
Protections	ASCD	0x469C	Threshold 2	H1	0x0	0xFF	0xE7	十六进制
Protections	ASCD	0x46D2	Recovery	U1	0	255	5	s
Protections	OTC	0x46D3	Threshold	I2	- 400	1500	550	0.1°C
Protections	OTC	0x46D5	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	OTC	0x46D6	Recovery	I2	- 400	1500	500	0.1°C
Protections	OTD	0x46D8	Threshold	I2	- 400	1500	600	0.1°C
Protections	OTD	0x46DA	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	OTD	0x46DB	Recovery	I2	- 400	1500	550	0.1°C
Protections	UTC	0x46DD	Threshold	I2	- 400	1500	0	0.1°C
Protections	UTC	0x46DF	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	UTC	0x46E0	Recovery	I2	- 400	1500	50	0.1°C
Protections	UTD	0x46E2	Threshold	I2	- 400	1500	0	0.1°C
Protections	UTD	0x46E4	Delay	U1	0	255	2	s
Protections	UTD	0x46E5	Recovery	I2	- 400	1500	50	0.1°C
Protections	PTO	0x46E7	Charge Threshold	I2	- 32768	32767	2000	mA
Protections	PTO	0x46E9	Suspend Threshold	I2	- 32768	32767	1800	mA
Protections	PTO	0x46EB	Delay	U2	0	65535	1800	s
Protections	PTO	0x46ED	Reset	I2	0	32767	2	mAh
Protections	CTO	0x46EF	Charge Threshold	I2	- 32768	32767	2500	mA
Protections	CTO	0x46F1	Suspend Threshold	I2	- 32768	32767	2000	mA
Protections	CTO	0x46F3	Delay	U2	0	65535	54000	s
Protections	CTO	0x46F5	Reset	I2	0	32767	2	mAh
Permanent Fail	SOV	0x46FB	Threshold	I2	0	32767	4500	mV
Permanent Fail	SOV	0x46FD	Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	CFET	0x46FE	OFF Threshold	I2	0	500	5	mA
Permanent Fail	CFET	0x4700	OFF Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	DFET	0x4701	OFF Threshold	I2	- 500	0	- 5	mA
Permanent Fail	DFET	0x4703	OFF Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	VIMR	0x4710	Check Voltage	I2	0	5000	3500	mV
Permanent Fail	VIMR	0x4712	Check Current	I2	0	32767	10	mA
Permanent Fail	VIMR	0x4714	Delta Threshold	I2	0	5000	500	mV
Permanent Fail	VIMR	0x4716	Delta Delay	U1	0	255	5	s
Permanent Fail	VIMR	0x4717	Duration	U2	0	65535	100	s
Permanent Fail	VIMA	0x4719	Check Voltage	I2	0	5000	3700	mV
Permanent Fail	VIMA	0x471B	Check Current	I2	0	32767	50	mA
Permanent Fail	VIMA	0x471D	Delta Threshold	I2	0	5000	200	mV
Permanent Fail	VIMA	0x471F	Delay	U1	0	255	5	s
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465A	T1 Temp	I1	- 128	127	0	°C
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465B	T2 Temp	I1	- 128	127	12	°C
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465C	T5 Temp	I1	- 128	127	20	°C

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465D	T6 Temp	I1	- 128	127	25	°C
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465E	T3 Temp	I1	- 128	127	30	°C
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x465F	T4 Temp	I1	- 128	127	55	°C
Advanced Charge Algorithm	Temperature Ranges	0x4660	Hysteresis Temp	I1	0	127	1	°C
Advanced Charge Algorithm	Low Temp Charging	0x4661	Voltage	I2	0	32767	4000	mV
Advanced Charge Algorithm	Low Temp Charging	0x4663	Current Low	I2	0	32767	132	mA
Advanced Charge Algorithm	Low Temp Charging	0x4665	Current Med	I2	0	32767	352	mA
Advanced Charge Algorithm	Low Temp Charging	0x4667	Current High	I2	0	32767	264	mA
Advanced Charge Algorithm	Standard Temp Charging	0x4669	Voltage	I2	0	32767	4200	mV
Advanced Charge Algorithm	Standard Temp Charging	0x466B	Current Low	I2	0	32767	1980	mA
Advanced Charge Algorithm	Standard Temp Charging	0x466D	Current Med	I2	0	32767	4004	mA
Advanced Charge Algorithm	Standard Temp Charging	0x466F	Current High	I2	0	32767	2992	mA
Advanced Charge Algorithm	High Temp Charging	0x4671	Voltage	I2	0	32767	4000	mV
Advanced Charge Algorithm	High Temp Charging	0x4673	Current Low	I2	0	32767	1012	mA
Advanced Charge Algorithm	High Temp Charging	0x4675	Current Med	I2	0	32767	1980	mA
Advanced Charge Algorithm	High Temp Charging	0x4677	Current High	I2	0	32767	1496	mA
Advanced Charge Algorithm	Rec Temp Charging	0x4679	Voltage	I2	0	32767	4100	mV
Advanced Charge Algorithm	Rec Temp Charging	0x467B	Current Low	I2	0	32767	2508	mA
Advanced Charge Algorithm	Rec Temp Charging	0x467D	Current Med	I2	0	32767	4488	mA
Advanced Charge Algorithm	Rec Temp Charging	0x467F	Current High	I2	0	32767	3520	mA
Advanced Charge Algorithm	Pre-Charging	0x4681	Current	I2	0	32767	88	mA
Advanced Charge Algorithm	Maintenance Charging	0x4683	Current	I2	0	32767	44	mA
Advanced Charge Algorithm	Voltage Range	0x4685	Precharge Start Voltage	I2	0	32767	2500	mV
Advanced Charge Algorithm	Voltage Range	0x4687	Charging Voltage Low	I2	0	32767	2900	mV
Advanced Charge Algorithm	Voltage Range	0x4689	Charging Voltage Med	I2	0	32767	3600	mV
Advanced Charge Algorithm	Voltage Range	0x468B	Charging Voltage High	I2	0	32767	4000	mV
Advanced Charge Algorithm	Voltage Range	0x468D	Charging Voltage Hysteresis	U1	0	255	0	mV
Advanced Charge Algorithm	Termination Config	0x468E	Charge Term Taper Current	I2	0	32767	250	mA
Advanced Charge Algorithm	Termination Config	0x4692	Charge Term Voltage	I2	0	32767	75	mV
Advanced Charge Algorithm	Cell Balancing Config	0x4706	Bal Time/mAh Cell 1	U2	0	65535	354	s/mAh

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Advanced Charge Algorithm	Cell Balancing Config	0x4708	Bal Time/mAh Cell 2	U2	0	65535	361	s/mAh
Advanced Charge Algorithm	Cell Balancing Config	0x470A	Min Start Balance Delta	U1	0	255	3	mV
Advanced Charge Algorithm	Cell Balancing Config	0x470B	Relax Balance Interval	U4	0	4294967295	18000	s
Advanced Charge Algorithm	Cell Balancing Config	0x470F	Min Rsoc for Balancing	U1	0	100	80	%
Gas Gauging	Current Thresholds	0x46A1	Dsg Current Threshold	I2	- 32768	32767	100	mA
Gas Gauging	Current Thresholds	0x46A3	Chg Current Threshold	I2	- 32768	32767	50	mA
Gas Gauging	Current Thresholds	0x46A5	Quit Current	I2	0	32767	10	mA
Gas Gauging	Current Thresholds	0x46A7	Dsg Relax Time	U1	0	255	1	s
Gas Gauging	Current Thresholds	0x46A8	Chg Relax Time	U1	0	255	60	s
Gas Gauging	Standby	0x4618	StandbyCurrent	I2	- 32768	0	- 10	mA
Gas Gauging	Max Load	0x461A	Max Load Current	I2	- 32768	0	- 500	mA
Gas Gauging	Max Load	0x461C	Max Load Rsoc	U1	0	100	50	%
Gas Gauging	Design	0x4625	Design Capacity mAh	I2	0	32767	4400	mAh
Gas Gauging	Design	0x4627	Design Capacity cWh	I2	0	32767	6336	cWh
Gas Gauging	Design	0x4629	Design Voltage	I2	0	32767	7200	mV
Gas Gauging	Cycle	0x462B	Cycle Count Percentage	U1	0	100	90	%
Gas Gauging	FD	0x4630	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	3000	mV
Gas Gauging	FD	0x4632	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	3100	mV
Gas Gauging	FD	0x4634	Set % RSOC Threshold	U1	0	100	0	%
Gas Gauging	FD	0x4635	Clear % RSOC Threshold	U1	0	100	5	%
Gas Gauging	FC	0x4636	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	4200	mV
Gas Gauging	FC	0x4638	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	4100	mV
Gas Gauging	FC	0x463A	Set % RSOC Threshold	U1	0	100	100	%
Gas Gauging	FC	0x463B	Clear % RSOC Threshold	U1	0	100	95	%
Gas Gauging	TD	0x463C	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	3200	mV
Gas Gauging	TD	0x463E	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	3300	mV
Gas Gauging	TD	0x4640	Set % RSOC Threshold	U1	0	100	6	%
Gas Gauging	TD	0x4641	Clear % RSOC Threshold	U1	0	100	8	%
Gas Gauging	TC	0x4642	Set Voltage Threshold	I2	0	5000	4200	mV
Gas Gauging	TC	0x4644	Clear Voltage Threshold	I2	0	5000	4100	mV
Gas Gauging	TC	0x4646	Set % RSOC Threshold	U1	0	100	100	%
Gas Gauging	TC	0x4647	Clear % RSOC Threshold	U1	0	100	95	%
Gas Gauging	State	0x4206	Qmax Cell 1	I2	0	32767	4400	mAh
Gas Gauging	State	0x4208	Qmax Cell 2	I2	0	32767	4400	mAh
Gas Gauging	State	0x420A	Qmax Pack	I2	0	32767	4400	mAh
Gas Gauging	State	0x420C	Qmax Cycle Count	U2	0	65535	0	—
Gas Gauging	State	0x420E	Update Status	H1	0x0	0x0E	0x0	—
Gas Gauging	State	0x420F	Cell 1 Chg Voltage at EoC	I2	0	32767	4200	mV
Gas Gauging	State	0x4211	Cell 2 Chg Voltage at EoC	I2	0	32767	4200	mV
Gas Gauging	State	0x4213	Current at EoC	I2	0	32767	250	mA
Gas Gauging	State	0x4215	Avg I Last Run	I2	- 32768	32767	- 2000	mA
Gas Gauging	State	0x4217	Avg P Last Run	I2	- 32768	32767	- 3022	cW
Gas Gauging	State	0x4219	Delta Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
Gas Gauging	State	0x421B	Temp k	I2	0	32767	100	0.1°C/ 256cW
Gas Gauging	State	0x421D	Temp a	I2	0	32767	1000	s
Gas Gauging	State	0x421F	Max Avg I Last Run	I2	- 32768	32767	- 2000	mA

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Gas Gauging	State	0x4221	Max Avg P Last Run	I2	- 32768	32767	- 3022	cW
Gas Gauging	State	0x4240	Cycle Count	U2	0	65535	0	—
Gas Gauging	State	0x4720	SOH Temp k	I2	0	32767	100	0.1°C/ 256cW
Gas Gauging	State	0x4722	SOH Temp a	I2	0	32767	1000	s
Gas Gauging	IT Cfg	0x4200	Design Resistance	I2	1	32767	96	mΩ
Gas Gauging	IT Cfg	0x4202	Pack Resistance	I2	0	32767	30	mΩ
Gas Gauging	IT Cfg	0x4204	System Resistance	I2	0	32767	0	mΩ
Gas Gauging	IT Cfg	0x458E	Ra Filter	U2	0	999	800	0.1%
Gas Gauging	IT Cfg	0x4591	Ra Max Delta	U1	0	255	15	%
Gas Gauging	IT Cfg	0x4594	Resistance Parameter Filter	U2	1	65535	65142	—
Gas Gauging	IT Cfg	0x4596	Near EDV Ra Param Filter	U2	1	65535	59220	—
Gas Gauging	IT Cfg	0x45BC	Qmax Delta	U1	3	100	5	%
Gas Gauging	IT Cfg	0x45BD	Qmax Upper Bound	U1	100	255	130	%
Gas Gauging	IT Cfg	0x45BE	Term Voltage	I2	0	32767	6000	mV
Gas Gauging	IT Cfg	0x45C0	Term V Hold Time	U1	0	255	1	s
Gas Gauging	IT Cfg	0x45C1	Term Voltage Delta	I2	0	32767	300	mV
Gas Gauging	IT Cfg	0x45C3	Term Min Cell V	I2	0	32767	2800	mV
Gas Gauging	IT Cfg	0x45CC	Max Simulation Iterations	U1	20	50	30	—
Gas Gauging	IT Cfg	0x45DD	Fast Scale Start SOC	U1	0	100	10	%
Gas Gauging	IT Cfg	0x45E6	Min Delta Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
Gas Gauging	IT Cfg	0x464C	Load Select	U1	0	7	7	—
Gas Gauging	IT Cfg	0x464D	Load Mode	U1	0	1	0	—
Gas Gauging	IT Cfg	0x464E	User Rate-mA	I2	- 9000	0	0	mA
Gas Gauging	IT Cfg	0x4650	User Rate-cW	I2	- 32768	0	0	cW
Gas Gauging	IT Cfg	0x4652	Reserve Cap-mAh	I2	0	9000	0	mAh
Gas Gauging	IT Cfg	0x4654	Reserve Cap-cWh	I2	0	32000	0	cWh
Gas Gauging	Smoothing	0x4656	Smooth Relax Time	U2	1	32767	1000	s
Gas Gauging	Condition Flag	0x4658	Max Error Limit	U1	0	100	100	%
Gas Gauging	Max Error	0x4727	Time Cycle Equivalent	U1	1	255	12	2h
Gas Gauging	Max Error	0x4728	Cycle Delta	U1	0	255	5	0.01%
Gas Gauging	SoH	0x45E8	SoH Load Rate	U1	0	255	50	0.1 时率
Power	Power	0x4605	Valid Update Voltage	I2	0	32767	2800	mV
Power	Shutdown	0x4607	Shutdown Voltage	I2	0	32767	2300	mV
Power	Shutdown	0x4609	Shutdown Time	U1	0	255	10	s
Power	Shutdown	0x460A	Charger Present Threshold	I2	0	32767	3000	mV
Power	Sleep	0x460C	Sleep Current	I2	0	32767	10	mA
Power	Sleep	0x460E	Bus Timeout	U1	0	255	5	s
Power	Sleep	0x4613	Voltage Time	U1	1	20	5	s
Power	Sleep	0x4614	Current Time	U1	1	60	20	s
Power	Sleep	0x4615	Wake Comparator	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
Power	Ship	0x4616	FET Off Time	U1	0	127	10	s
Power	Ship	0x4617	Delay	U1	0	254	20	s
Power	Ship	0x461D	Auto Ship Time	U2	0	65535	1440	分钟
PF Status	Device Status Data	0x42C0	Safety Alert A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C1	Safety Status A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C2	Safety Alert B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C3	Safety Status B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C4	Safety Alert C	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
PF Status	Device Status Data	0x42C5	Safety Status C	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C6	Safety Alert D	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C7	Safety Status D	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C8	PF Alert A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42C9	PF Status A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42CA	PF Alert B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42CB	PF Status B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42CF	PF Status D	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D0	Operation Status A	H2	0x0	0xFFFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D2	Operation Status B	H2	0x0	0xFFFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D4	Temp Range	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D5	Charging Status A	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D6	Charging Status B	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D7	Gauging Status	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Status Data	0x42D8	IT Status	H2	0x0	0xFFFF	0x0	十六进制
PF Status	Device Voltage Data	0x42DA	Cell 1 Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
PF Status	Device Voltage Data	0x42DC	Cell 2 Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
PF Status	Device Voltage Data	0x42DE	Battery Direct Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
PF Status	Device Voltage Data	0x42E0	Pack Voltage	I2	- 32768	32767	0	mV
PF Status	Device Current Data	0x42E2	Current	I2	- 32768	32767	0	mA
PF Status	Device Temperature Data	0x42E4	Internal Temperature	I2	- 32768	32767	0	0.1K
PF Status	Device Temperature Data	0x42E6	External 1 Temperature	I2	- 32768	32767	0	0.1K
PF Status	Device Temperature Data	0x42E8	External 2 Temperature	I2	- 32768	32767	0	0.1K
PF Status	Device Gauging Data	0x42EA	Cell 1 Dod0	I2	- 32768	32767	0	—
PF Status	Device Gauging Data	0x42EC	Cell 2 Dod0	I2	- 32768	32767	0	—
PF Status	Device Gauging Data	0x42EE	Passed Charge	I2	- 32768	32767	0	mAh
PF Status	AFE Regs	0x42F0	AFE Interrupt Status	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F1	AFE FET Status	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F2	AFE RXIN	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F3	AFE Latch Status	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F4	AFE Interrupt Enable	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F5	AFE FET Control	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F6	AFE RXIEN	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F7	AFE RLOUT	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F8	AFE RHOUT	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42F9	AFE RHINT	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FA	AFE Cell Balance	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FB	AFE AD/CC Control	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FC	AFE ADC Mux	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FD	AFE LED Output	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FE	AFE State Control	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x42FF	AFE LED/Wake Control	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
PF Status	AFE Regs	0x4300	AFE Protection Control	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x4301	AFE OCD	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x4302	AFE SCC	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x4303	AFE SCD1	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
PF Status	AFE Regs	0x4304	AFE SCD2	H1	0x0	0xFF	0x0	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4041	Manufacturer Info Block A01	H1	0x0	0xFF	0x61	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4042	Manufacturer Info Block A02	H1	0x0	0xFF	0x62	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4043	Manufacturer Info Block A03	H1	0x0	0xFF	0x63	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4044	Manufacturer Info Block A04	H1	0x0	0xFF	0x64	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4045	Manufacturer Info Block A05	H1	0x0	0xFF	0x65	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4046	Manufacturer Info Block A06	H1	0x0	0xFF	0x66	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4047	Manufacturer Info Block A07	H1	0x0	0xFF	0x67	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4048	Manufacturer Info Block A08	H1	0x0	0xFF	0x68	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4049	Manufacturer Info Block A09	H1	0x0	0xFF	0x69	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404A	Manufacturer Info Block A10	H1	0x0	0xFF	0x6A	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404B	Manufacturer Info Block A11	H1	0x0	0xFF	0x6B	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404C	Manufacturer Info Block A12	H1	0x0	0xFF	0x6C	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404D	Manufacturer Info Block A13	H1	0x0	0xFF	0x6D	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404E	Manufacturer Info Block A14	H1	0x0	0xFF	0x6E	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x404F	Manufacturer Info Block A15	H1	0x0	0xFF	0x6F	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4050	Manufacturer Info Block A16	H1	0x0	0xFF	0x70	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4051	Manufacturer Info Block A17	H1	0x0	0xFF	0x71	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4052	Manufacturer Info Block A18	H1	0x0	0xFF	0x72	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4053	Manufacturer Info Block A19	H1	0x0	0xFF	0x73	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4054	Manufacturer Info Block A20	H1	0x0	0xFF	0x74	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4055	Manufacturer Info Block A21	H1	0x0	0xFF	0x75	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4056	Manufacturer Info Block A22	H1	0x0	0xFF	0x76	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4057	Manufacturer Info Block A23	H1	0x0	0xFF	0x77	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4058	Manufacturer Info Block A24	H1	0x0	0xFF	0x7A	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4059	Manufacturer Info Block A25	H1	0x0	0xFF	0x78	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405A	Manufacturer Info Block A26	H1	0x0	0xFF	0x79	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405B	Manufacturer Info Block A27	H1	0x0	0xFF	0x30	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405C	Manufacturer Info Block A28	H1	0x0	0xFF	0x31	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405D	Manufacturer Info Block A29	H1	0x0	0xFF	0x32	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405E	Manufacturer Info Block A30	H1	0x0	0xFF	0x33	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x405F	Manufacturer Info Block A31	H1	0x0	0xFF	0x34	十六进制
System Data	Manufacturer Data	0x4060	Manufacturer Info Block A32	H1	0x0	0xFF	0x35	十六进制
System Data	Integrity	0x4061	Static DF Signature	H2	0x0	0x7FFF	0x0	十六进制
System Data	Integrity	0x4063	Static Chem DF Signature	H2	0x0	0x7FFF	0x6C98	十六进制
System Data	Integrity	0x4065	All DF Signature	H2	0x0	0x7FFF	0x0	十六进制
I2C Configuration	Data	0x4067	Manufacture Date	U2	0	65535	0	日期
I2C Configuration	Data	0x4069	Serial Number	H2	0x0	0xFFFF	0x0001	十六进制
I2C Configuration	Data	0x406B	Manufacturer Name	S21	x	x	德州仪器 (TI)	—
I2C Configuration	Data	0x4080	Device Name	S21	x	x	bq28z610	—
I2C Configuration	Data	0x4095	Device Chemistry	S5	x	x	LION	—
Lifetimes	Voltage	0x4280	Cell 1 Max Voltage	I2	0	32767	0	mV
Lifetimes	Voltage	0x4282	Cell 2 Max Voltage	I2	0	32767	0	mV
Lifetimes	Current	0x4284	Max Charge Current	I2	0	32767	0	mA
Lifetimes	Current	0x4286	Max Discharge Current	I2	- 32768	0	0	mA

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Lifetimes	Temperature	0x4288	Max Temp Cell	I1	- 128	127	- 128	°C
Lifetimes	Temperature	0x4289	Min Temp Cell	I1	- 128	127	127	°C
Ra Table	R_a0	0x4100	Cell0 R_a flag	H2	0x0	0xFFFF	0xFF55	—
Ra Table	R_a0	0x4102	Cell0 R_a 0	I2	0	32767	67	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4104	Cell0 R_a 1	I2	0	32767	71	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4106	Cell0 R_a 2	I2	0	32767	83	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4108	Cell0 R_a 3	I2	0	32767	110	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x410A	Cell0 R_a 4	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x410C	Cell0 R_a 5	I2	0	32767	77	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x410E	Cell0 R_a 6	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4110	Cell0 R_a 7	I2	0	32767	86	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4112	Cell0 R_a 8	I2	0	32767	84	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4114	Cell0 R_a 9	I2	0	32767	82	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4116	Cell0 R_a 10	I2	0	32767	81	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x4118	Cell0 R_a 11	I2	0	32767	92	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x411A	Cell0 R_a 12	I2	0	32767	103	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x411C	Cell0 R_a 13	I2	0	32767	123	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0	0x411E	Cell0 R_a 14	I2	0	32767	658	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4140	Cell1 R_a flag	H2	0x0	0xFFFF	0xFF55	—
Ra Table	R_a1	0x4142	Cell1 R_a 0	I2	0	32767	67	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4144	Cell1 R_a 1	I2	0	32767	71	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4146	Cell1 R_a 2	I2	0	32767	83	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4148	Cell1 R_a 3	I2	0	32767	110	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x414A	Cell1 R_a 4	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x414C	Cell1 R_a 5	I2	0	32767	77	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x414E	Cell1 R_a 6	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4150	Cell1 R_a 7	I2	0	32767	86	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4152	Cell1 R_a 8	I2	0	32767	84	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4154	Cell1 R_a 9	I2	0	32767	82	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4156	Cell1 R_a 10	I2	0	32767	81	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x4158	Cell1 R_a 11	I2	0	32767	92	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x415A	Cell1 R_a 12	I2	0	32767	103	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x415C	Cell1 R_a 13	I2	0	32767	123	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a1	0x415E	Cell1 R_a 14	I2	0	32767	658	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4180	xCell0 R_a flag	H2	0x0	0xFFFF	0xFFFF	—
Ra Table	R_a0x	0x4182	xCell0 R_a 0	I2	0	32767	67	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4184	xCell0 R_a 1	I2	0	32767	71	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4186	xCell0 R_a 2	I2	0	32767	83	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4188	xCell0 R_a 3	I2	0	32767	110	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x418A	xCell0 R_a 4	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x418C	xCell0 R_a 5	I2	0	32767	77	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x418E	xCell0 R_a 6	I2	0	32767	96	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4190	xCell0 R_a 7	I2	0	32767	86	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4192	xCell0 R_a 8	I2	0	32767	84	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4194	xCell0 R_a 9	I2	0	32767	82	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4196	xCell0 R_a 10	I2	0	32767	81	2 ⁻¹⁰ Ω
Ra Table	R_a0x	0x4198	xCell0 R_a 11	I2	0	32767	92	2 ⁻¹⁰ Ω

表 14-1. 数据闪存表 (continued)

类别	子类别	地址	名称	类型	最小值	最大值	默认值	单位
Ra Table	R_a0x	0x419A	xCell0 R_a 12	I2	0	32767	103	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a0x	0x419C	xCell0 R_a 13	I2	0	32767	123	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a0x	0x419E	xCell0 R_a 14	I2	0	32767	658	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41C0	xCell1 R_a flag	H2	0x0	0xFFFF	0xFFFF	—
Ra Table	R_a1x	0x41C2	xCell1 R_a 0	I2	0	32767	67	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41C4	xCell1 R_a 1	I2	0	32767	71	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41C6	xCell1 R_a 2	I2	0	32767	83	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41C8	xCell1 R_a 3	I2	0	32767	110	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41CA	xCell1 R_a 4	I2	0	32767	96	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41CC	xCell1 R_a 5	I2	0	32767	77	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41CE	xCell1 R_a 6	I2	0	32767	96	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41D0	xCell1 R_a 7	I2	0	32767	86	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41D2	xCell1 R_a 8	I2	0	32767	84	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41D4	xCell1 R_a 9	I2	0	32767	82	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41D6	xCell1 R_a 10	I2	0	32767	81	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41D8	xCell1 R_a 11	I2	0	32767	92	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41DA	xCell1 R_a 12	I2	0	32767	103	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41DC	xCell1 R_a 13	I2	0	32767	123	$2^{-10} \Omega$
Ra Table	R_a1x	0x41DE	xCell1 R_a 14	I2	0	32767	658	$2^{-10} \Omega$



15.1 放电过载保护 (AOLD)

表 15-1. 放电过载保护阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 0)

OLD 阈值([RSNS] = 0) ⁽¹⁾			
设置	阈值	设置	阈值
0x00	- 8.30mV	0x08	- 30.54mV
0x01	- 11.08mV	0x09	- 33.32mV
0x02	- 13.86mV	0x0A	- 36.10mV
0x03	- 16.64mV	0x0B	- 38.88mV
0x04	- 19.42mV	0x0C	- 41.66mV
0x05	- 22.20mV	0x0D	- 44.44mV
0x06	- 24.98mV	0x0E	- 47.22mV
0x07	- 27.76mV	0x0F	- 50.00mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:OLD Threshold[3:0]** 设置电压阈值。

表 15-2. 放电过载保护阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 1)

OLD 阈值 ([RSNS] = 1) ⁽¹⁾			
设置	阈值	设置	阈值
0x00	- 16.60mV	0x08	- 61.08mV
0x01	- 22.16mV	0x09	- 66.64mV
0x02	- 27.72mV	0x0A	- 72.20mV
0x03	- 33.28mV	0x0B	- 77.76mV
0x04	- 38.84mV	0x0C	- 83.32mV
0x05	- 44.40mV	0x0D	- 88.88mV
0x06	- 49.96mV	0x0E	- 94.44mV
0x07	- 55.52mV	0x0F	- 100.00mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:OLD Threshold[3:0]** 设置电压阈值。

表 15-3. 放电过载保护延迟

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	1ms	0x04	9ms	0x08	17ms	0x0C	25ms
0x01	3ms	0x05	11ms	0x09	19ms	0x0D	27ms
0x02	5ms	0x06	13ms	0x0A	21ms	0x0E	29ms
0x03	7ms	0x07	15ms	0x0B	23ms	0x0F	31ms

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:OLD Threshold[7:4]** 设置延迟时间。

15.2 充电短路 (ASCC)

表 15-4. 充电短路阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 0)

设置 ⁽¹⁾	阈值	设置	阈值
0x00	22.2mV	0x04	66.65mV
0x01	33.3mV	0x05	77.75mV
0x02	44.4mV	0x06	88.85mV
0x03	55.5mV	0x07	100mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCC Threshold[2:0]** 设置电压阈值。

表 15-5. 充电短路阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 1)

设置 ⁽¹⁾	阈值	设置	阈值
0x00	44.4mV	0x04	133.3mV
0x01	66.6mV	0x05	155.5mV
0x02	88.8mV	0x06	177.7mV
0x03	111.1mV	0x07	200mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCC Threshold[2:0]** 设置电压阈值。

表 15-6. 放电短路延迟

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	0μs	0x04	244μs	0x08	488μs	0x0C	732μs
0x01	61μs	0x05	305μs	0x09	549μs	0x0D	793μs
0x02	122μs	0x06	366μs	0x0A	610μs	0x0E	854μs
0x03	183μs	0x07	427μs	0x0B	671μs	0x0F	915μs

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCC Threshold[7:4]** 设置延迟时间。

15.3 放电短路 (ASCD1 和 ASCD2)

表 15-7. 放电短路阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 0)

设置 ⁽¹⁾	阈值	设置	阈值
0x00	- 22.2mV	0x04	- 66.65mV
0x01	- 33.3mV	0x05	- 77.75mV
0x02	- 44.4mV	0x06	- 88.85mV
0x03	- 55.5mV	0x07	- 100mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD1 Threshold[2:0]** 和 **Protection:AFE Thresholds:SCD2 Threshold[2:0]** 可设置电压阈值。

表 15-8. 放电短路阈值
(Settings:AFE:AFE Protection Control [RSNS] = 1)

设置 ⁽¹⁾	阈值	设置	阈值
0x00	- 44.4mV	0x04	- 133.3mV
0x01	- 66.6mV	0x05	- 155.5mV
0x02	- 88.8mV	0x06	- 177.7mV
0x03	- 111.1mV	0x07	- 200mV

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD1 Threshold[2:0]** 和 **Protection:AFE Thresholds:SCD2 Threshold[2:0]** 可设置电压阈值。

表 15-9. 放电短路 1 延迟
(Settings:AFE:AFE Protection Control [SCDDx2] = 0)

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	0μs	0x04	244μs	0x08	488μs	0x0C	732μs
0x01	61μs	0x05	305μs	0x09	549μs	0x0D	793μs
0x02	122μs	0x06	366μs	0x0A	610μs	0x0E	854μs
0x03	183μs	0x07	427μs	0x0B	671μs	0x0F	915μs

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD1Threshold[7:4]** 可设置延迟时间。

表 15-10. 放电短路 1 延迟
(Settings:AFE:AFE Protection Control [SCDDx2] = 1)

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	0μs	0x04	488μs	0x08	976μs	0x0C	1464μs
0x01	122μs	0x05	610μs	0x09	1098μs	0x0D	1586μs
0x02	244μs	0x06	732μs	0x0A	1220μs	0x0E	1708μs
0x03	366μs	0x07	854μs	0x0B	1342μs	0x0F	1830μs

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD1 Threshold[7:4]** 可设置延迟时间。

表 15-11. 放电短路 2 延迟
(Settings:AFE:AFE Protection Control [SCDDx2] = 0)

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	0μs	0x04	122μs	0x08	244μs	0x0C	366μs
0x01	31μs	0x05	153μs	0x09	275μs	0x0D	396μs
0x02	61μs	0x06	183μs	0x0A	305μs	0x0E	427μs
0x03	92μs	0x07	214μs	0x0B	335μs	0x0F	458μs

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD2 Threshold[7:4]** 可设置延迟时间。

表 15-12. 放电短路 2 延迟
(Settings:AFE:AFE Protection Control [SCDDx2] = 1)

设置 ⁽¹⁾	时间	设置	时间	设置	时间	设置	时间
0x00	0μs	0x04	244μs	0x08	488μs	0x0C	732μs
0x01	62μs	0x05	306μs	0x09	550μs	0x0D	792μs
0x02	122μs	0x06	366μs	0x0A	610μs	0x0E	854μs
0x03	184μs	0x07	428μs	0x0B	670μs	0x0F	916μs

(1) 数据闪存设置 **Protection:AFE Thresholds:SCD2 Threshold[7:4]** 可设置延迟时间。

修订历史记录



注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

表 16-1. 修订历史记录

日期	版本	说明
2022 年 4 月	*	初始发行版

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