

BQ27Z855 具有集成保护、限流器和认证功能的 Dynamic Z-Track™ 测量仪表，适用于 1 节电池组

1 特性

- 完全集成的电池电量监测计、保护器、限流器和认证器
- 超低功耗 32 位 RISC 处理器
- 支持的电池化学物质包括具有 LCO、NMC 或 LFP 阴极以及石墨或硅阳极的锂离子
- 具有两个独立 ADC 的高精度模拟前端：
 - 适用于库仑计数的 18 位低失调电压 Δ - Σ ADC，输入范围为 $\pm 100\text{mV}$
 - 用于电池电压和内外温度传感器的 16 位 Δ - Σ ADC
 - 支持电流和电压同步采样
- 高侧或低侧电流检测，可实现系统灵活性
- 基于获得专利的 Dynamic Z-Track™ 技术的电池电量监测
 - 模拟电池阻抗，用于对静态和动态负载进行精确的剩余放电时间预测
 - 针对电池老化、温度以及额定引入效应进行自动调节
- 电池安全和保护：
 - 硬件和固件级 OVP、UVP、OCC、OCD、SCD 保护
 - 过热 (OT) 和欠温 (UT) 保护
- 集成高效高侧 NMOS 保护 FET 驱动器
 - 在充电模式下，具有可编程 CC-CV 曲线的电流限制器
 - 放电模式下的理想二极管控制器
- 支持高达 1MHz I²C 总线通信接口，并兼容 1.2V 和 1.8V 电平
- 支持具有安全存储器的 ECC ECDSA 和 SHA-256 身份验证
- 超紧凑 15 焊球 DSBGA 封装 (YAH)

2 应用

- 带 1 芯可充电电池的任何终端设备
 - 智能手机和可折叠智能手机
 - 平板电脑
 - VR 头显
 - 个人电子产品
 - 耳戴式设备
 - 便携式可穿戴设备/医疗设备

3 说明

德州仪器 (TI) BQ27Z855 Dynamic Z-Track™ 电量监测计解决方案是完全集成的高精度单芯电池电量监测计、保护、限流器和身份验证解决方案。

BQ27Z855 器件提供了一套基于电池组的完全集成式解决方案，该解决方案具备闪存可编程的精简指令集 CPU (RISC)、安全保护、限流器、理想二极管控制器以及身份验证功能，适用于单芯锂离子和锂聚合物电池组。

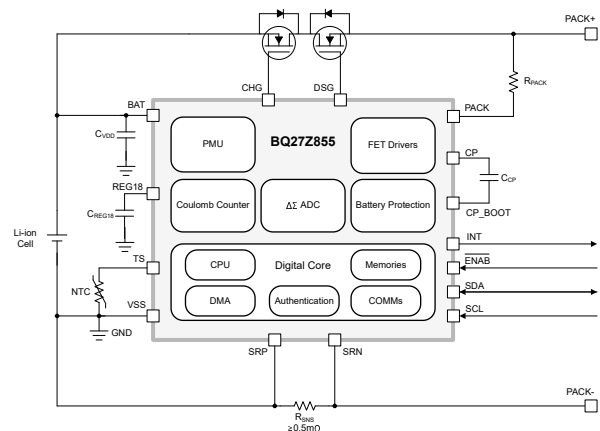
BQ27Z855 电量监测计通过一个与 I²C 兼容的接口进行通信，并将超低功耗的 RISC 处理器、高精度模拟测量功能、集成式闪存、高侧 NMOS FET 驱动器以及 ECC ECDSA 和 SHA-2 身份验证融合为一个完整的高性能电池管理解决方案。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
BQ27Z855	DSBGA (YAH, 15)	1.51mm × 2.55mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



BQ27Z855 简化原理图



内容

1 特性	1	5.20 CHG、DSG NFET 驱动器.....	11
2 应用	1	5.21 零伏充电 (ZVCHG).....	12
3 说明	1	5.22 通用输入/输出 (INT).....	12
4 引脚配置和功能	3	5.23 I ² C 接口 I/O (SDA、SCL)	12
5 规格	4	5.24 I ² C 接口时序.....	12
5.1 绝对最大额定值.....	4	6 详细说明	15
5.2 ESD 等级.....	4	6.1 概述.....	15
5.3 建议运行条件.....	4	6.2 功能方框图.....	16
5.4 电源电流.....	5	6.3 特性说明.....	17
5.5 1.8V LDO 稳压器 (REG18).....	5	6.4 器件功能模式.....	32
5.6 低频振荡器 (LFO).....	6	7 应用和实施	34
5.7 高频振荡器 (HFO).....	6	7.1 应用信息.....	34
5.8 电池组钳位 (PACK_CLAMP).....	6	7.2 典型应用原理图.....	34
5.9 模数转换器 (VADC).....	7	8 电源相关建议	51
5.10 库仑计 (CCADC).....	7	9 布局	51
5.11 库仑计数字滤波器 (CC1).....	7	9.1 布局指南.....	51
5.12 电流测量数字滤波器 (CC2).....	8	10 器件和文档支持	52
5.13 充电电流测量数字滤波器 (CC3).....	8	10.1 第三方产品免责声明.....	52
5.14 唤醒比较器 (I-WAKE).....	8	10.2 文档支持.....	52
5.15 内部温度传感器 (INT_TEMP).....	8	10.3 商标.....	52
5.16 热敏电阻测量支持.....	9	10.4 静电放电警告.....	52
5.17 基于硬件的保护 (SCOMP) 阈值 (OVP、 UVP、OCC、OCD、SCD)	9	10.5 术语表.....	52
5.18 基于硬件的保护 (SCOMP) 时序 (OVP、 UVP、OCC、OCD、SCD)	10	11 修订历史记录	52
5.19 电流限制.....	10	12 机械、封装和可订购信息	53
		12.1 卷带包装信息.....	55
		12.2 机械数据.....	57

4 引脚配置和功能

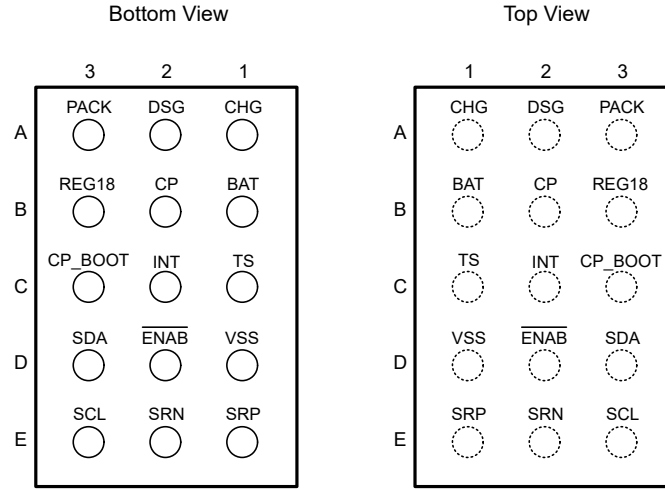


表 4-1. 引脚功能

引脚			说明
名称	编号	类型 ⁽¹⁾	
CHG	A1	AO	高侧 NMOS 充电 FET 驱动器输出
DSG	A2	AO	高侧 NMOS 放电 FET 驱动器输出
PACK	A3	AI	电池组输入电压检测引脚，同时也是零伏充电 (ZVCHG) 电流在器件内从 PACK 流向 BAT 的路径。在 PACK 引脚和 PACK+ 正端子之间连接一个典型值为 1kΩ 的电阻器 (R _{PACK})。
BAT	B1	P、AI	LDO 稳压器输入和电池电压测量检测输入。在 BAT 和 VSS 之间连接一个使用 1μF 建议典型电容的电容器 (C _{BAT})。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
CP	B2	AO	内部电荷泵连接到外部旁路电容器 (C _{CP}) 的顶部，使用建议的典型电容 1μF。在 CP 和 CP_BOOT 之间连接电容器。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
REG18	B3	P	内部稳压器输出。需要在 REG18 和 VSS 之间连接一个具有 1.5μF 建议典型电容的电容器 (C _{REG18})。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
TS	C1	AI	通过内部 18kΩ 上拉电阻器将热敏电阻输入端连接到 VADC。如果不使用，则直接连接到 VSS 或保持悬空，并相应地配置数据闪存。
INT	C2	I/O	向主机提供可编程输出中断。也可通过器件固件配置为可编程推挽 GPIO。如果不使用，请将其保持悬空并相应地配置数据闪存。
CP_BOOT	C3	AO	将内部电荷泵连接到外部旁路电容器 (C _{CP}) 的底部，使用建议的典型电容 1μF。在 CP 和 CP_BOOT 之间连接电容器。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
VSS	D1	P	器件接地
ENAB	D2	I	内部弱上拉至 BAT 的低电平有效数字输入。当器件处于 SHELF 或 SHUTDOWN 模式时，将此信号驱动至 PACK- 电池组端子将使器件唤醒。
SDA	D3	I/O	I ² C 串行数据的数字输入、开漏输出
SRP	E1	AI	连接到内部库仑计外设的模拟输入引脚，用于在 SRP 和 SRN 之间集成一个小电压，其中 SRP 是感应电阻器的顶部。充电电流会在 SRP 处产生相对于 SRN 的正电压。
SRN	E2	AI	连接到内部库仑计外设的模拟输入引脚，用于在 SRP 和 SRN 之间集成一个小电压，其中 SRN 是感应电阻器的底部。充电电流会在 SRP 处产生相对于 SRN 的正电压。
SCL	E3	I/O	I ² C 串行时钟的数字输入、开漏输出

(1) I/O = 数字输入/输出，AI = 模拟输入，AO = 模拟输出，P = 电源

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
电源电压范围, V_{CC}	BAT	-0.3	6	V
输入电压范围, V_{IN}	BAT	-0.3	6	V
	PACK (无 R_{Pack})	-0.3	7	
	PACK+ 外部电池组输入端子, 通过 1k Ω 电阻器与器件 PACK 输入引脚串联	-0.3	24	
	ENAB	-0.3	6	
	SDA、SCL	-0.3	6	
	INT、TS	-0.3	6	
	SRP、SRN	-0.3	$V_{BAT} + 0.3$	
输出电压范围, V_{OUT}	CHG、DSG	-0.3	8.5	V
	CP	-0.3	8.5	
	CP_BOOT	-0.3	2.1	
输出电压范围 V_{REG18}	REG18	-0.3	2	V
结温, T_J			105	$^{\circ}C$
贮存温度, T_{stg}		-65	150	$^{\circ}C$

(1) 应力超出“绝对最大额定值”下列出的值可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值只是应力额定值, 并不意味着器件能够在该等条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

5.2 ESD 等级

		值	单位
V_{ESD}	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/ JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	± 1500
		充电器件模型 (CDM), 符合 ANSI/ESDA/ JEDEC JS-002 ⁽²⁾	± 500

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出: 250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

所述典型值的条件是 $T_A = 25^{\circ}C$ 且 $V_{BAT} = 3.8V$, 最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$ 且 $V_{BAT} = 2.0V$ 至 $5.0V$ (除非另有说明)

		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
V_{CC}	电源电压范围	BAT	2.0		5.5	V
V_{IN}	输入电压范围	BAT	1.5		5.5	V
		PACK (具有 1k Ω R_{PACK} 电流限制)	0		6	
		PACK (无 R_{PACK} 电流限制)	0		5.5	
		ENAB	-0.3		BAT	
		SDA、SCL	-0.3		3.6	
		TS	V_{SS}		V_{REG18}	
		SRP、SRN	$V_{CCADC_CM} - 0.1$		$V_{CCADC_CM} + 0.1$	

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
V_{OUT}	输出电压范围	INT	0		V_{REG18}	V
		CHG、DSG	V_{SS}		$V_{\text{FET_ON(MAX)}}$	
$C_{\text{BAT}}^{(1)}$	BAT 引脚上的外部去耦电容器	降额电容	0.5	1		μF
$C_{\text{REG18}}^{(1)}$	REG18 引脚上的外部去耦电容器	降额电容	1	1.5	2	μF
$C_{\text{TS}}^{(1)}$	TS 引脚上的外部去耦电容器	降额电容			0.01	μF
$C_{\text{CP}}^{(1)}$	CP 和 CP_BOOT 引脚之间的外部旁路电容器	降额电容	0.5	1	2	μF
$R_{\text{PACK}}^{(1)}$	PACK+ 端子与器件 PACK 引脚之间的外部电阻器	标称电阻，最小值/最大值为标称值的 $\pm 5\%$ 容差	0.95		3.15	$\text{k}\Omega$
$R_{\text{SENSE}}^{(1)}$	SRP 与 SRN 引脚之间的外部检测电阻器		0.5			$\text{m}\Omega$
T_A	工作温度	工作环境温度	-40		85	$^\circ\text{C}$

(1) 根据设计确定。未经生产测试。

5.4 电源电流

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{\text{ACTIVE}}^{(1)(2)}$	ACTIVE 模式	$V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ ，CHG 导通，DSG 导通，无 I ² C 通信		40		μA
$I_{\text{SLEEP}}^{(1)(2)}$	SLEEP 模式	测量的电流 \leq 睡眠电流 ⁽³⁾ ， $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ ，CHG 导通，DSG 导通，无 I ² C 通信		30		μA
$I_{\text{DEEP SLEEP}}^{(1)(2)}$	DEEP SLEEP 模式	测量的电流 \leq 深度睡眠电流 ⁽³⁾ ， $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ ，CHG 导通，DSG 导通，无 I ² C 通信		20		μA
$I_{\text{SHELF1}}^{(1)(2)}$	SHELF1 模式	SHELF1 模式已启用， $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ ，CHG 关断，DSG 关断		4		μA
$I_{\text{SHELF2}}^{(1)(2)}$	SHELF2 模式	启用 SHELF2 模式， $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ ，CHG 关断，DSG 关断，LFO 导通以进行计时，通过 PACK 检测唤醒并启用 ENAB 引脚		2		μA
$I_{\text{SHUTDOWN}}^{(1)}$	SHUTDOWN 模式	已启用关断模式或 $V_{\text{BAT}} <$ 关断电压 ⁽³⁾ ，已启用通过 PACK 检测唤醒并启用 ENAB 引脚		0.2		μA

(1) 由带器件固件的基准评估指定。未经生产测试。

(2) 默认固件设置下，60s 平均电流。器件功耗取决于固件配置。

(3) 基于固件的参数。可以在 FULL ACCESS 模式下更改数据闪存配置值并将其锁定在 SEALED 模式。请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

5.5 1.8V LDO 稳压器 (REG18)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{REG18}	稳压器输出电压	器件上电期间	1.6	1.8	2.0	V
		器件上电后	1.74	1.8	1.86	

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$\Delta V_{\text{REG18TEMP}}$ (2)	稳压器输出随温度的变化情况， $\Delta V_{\text{REG18}}/V_{\text{REG18}}$	$I_{\text{REG18}} = 1\text{mA}$	-1.7		1.1	%
$\Delta V_{\text{REG18LINE}}$	线性调整率， $\Delta V_{\text{REG18}}/\Delta V_{\text{BAT}}$	$I_{\text{REG18}} = 1\text{mA}$	-0.25		0.25	%
$\Delta V_{\text{REG18LOAD}}$	负载调整率， $\Delta V_{\text{REG18}}/\Delta I_{\text{REG18}}$	$I_{\text{REG18}} = 1\text{mA}$ 至 16mA	-1.5		1.0	%
$I_{\text{REG18_SHORT}}$	短路电流限值	$V_{\text{REG18}} = 0\text{V}$	16		65	mA
$V_{\text{POR_TH}}$	POR 阈值	上升阈值	1.55	1.75	1.90	V
$V_{\text{POR_HYS}}$	POR 迟滞		105	115	125	mV
V_{ENAB} (1)	用于从 SHELFF1、SHELFF2 或 SHUTDOWN 状态唤醒器件的 ENAB 引脚电压	低电平有效下降阈值			0.65	V
R_{ENAB} (1)	ENAB 引脚上拉电阻			1		$\text{M}\Omega$
V_{STARTUP} (1)	器件从 SHELFF1、SHELFF2 或 SHUTDOWN 状态唤醒的最小 PACK 引脚电压			2.0		V

(1) 根据设计确定。未经生产测试。

(2) 根据表征确定。未经生产测试。

5.6 低频振荡器 (LFO)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
F_{LFO}	工作频率			65.536		kHz
$F_{\text{LFO_DRIFT}}$ (1) (2)	频率漂移		-2.5		2.5	%

(1) 根据表征确定。未经生产测试。

(2) 包含频率漂移，并根据 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 下的修整频率测量该漂移，最大值和最小值基于表征，实际值存储在 OTP 中

5.7 高频振荡器 (HFO)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
F_{HFO}	工作频率			16.384		MHz
$F_{\text{HFO_DRIFT}}$ (1) (2)	频率漂移	$T_A = -25^\circ\text{C}$ 至 65°C	-2		2	%
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C	-3.5		3.5	

(1) 根据表征确定。未经生产测试。

(2) 包含频率漂移，并根据 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 下的修整频率测量该漂移，最大值和最小值基于表征，实际值存储在 OTP 中

5.8 电池组钳位 (PACK_CLAMP)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{PACK_CLAMP}}$	钳位有效时电池组上的上升电压	$I_{\text{PACK_CLAMP}} < 1\text{mA}$ ， $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$	5.5		7	V
$I_{\text{PACK_CLAMP_PEAK}}$ (2)	钳位完全有效时的钳位峰值电流	当时间 $< 2.5\text{ms}$ 时， $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$			22	mA

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{\text{PACK_CLAMP_ON}}$ ⁽¹⁾	钳位完全有效时的钳位电流	$R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$		18	19	mA

- (1) 根据表征确定。未经生产测试。
(2) 由基准评估指定。未经生产测试。

5.9 模数转换器 (VADC)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{BAT_FS}}$	电池电压测量满标量程	$V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$	-0.2		5.5	V
$V_{\text{BAT_ERR}}$	电池电压测量误差	$V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{\text{BAT}} = 2.5$ 至 5.0V , 校准后	-4	± 2	4	mV
$V_{\text{TS_FS}}$	外部热敏电阻电压测量满标量程	$V_{\text{IN}} = V_{\text{TS}}$	-0.2		V_{REG18}	V
$t_{\text{ADC_CONV}}$ ⁽⁴⁾	转换时间	单次转换		11.72		ms
$B_{\text{ADC_ER}}$ ⁽²⁾⁽³⁾	有效分辨率	单次转换	14	15		位
$R_{\text{VADC_IN}}$ ⁽¹⁾	有效输入电阻			8		$\text{M}\Omega$

- (1) 根据设计确定。未经生产测试。
(2) 根据表征确定。未经生产测试。
(3) 有效分辨率定义为数据在 $\pm 1\text{LSB}$ 范围内表现出 1σ 变化的分辨率。
(4) 时序精度相对于 F_{LFO} 精度

5.10 库仑计 (CCADC)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{CCADC_IN}}$ ⁽³⁾	输入电压范围		-100		100	mV
$V_{\text{CCADC_CM}}$	共模电压范围	$V_{\text{SS}} = 0\text{V}$, $2\text{V} \leq V_{\text{BAT}} \leq 5\text{V}$	V_{SS}		V_{BAT}	V
$V_{\text{CCADC_IN}}$	输入电压范围与共模电压范围		$V_{\text{CCADC_CM}} - 0.1$		$V_{\text{CCADC_CM}} + 0.1$	V
$V_{\text{CCADC_OFF}}$ ⁽²⁾	偏移误差	18 位, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 校准后	-2		2	LSB ⁽³⁾
$R_{\text{CCADC_IN}}$ ⁽¹⁾	有效输入电阻			1.5		$\text{M}\Omega$

- (1) 根据设计确定。未经生产测试。
(2) 根据表征确定。未经生产测试。
(3) 对于 18 位 1000ms CCADC 结果, LSB 大小为 923nV

5.11 库仑计数字滤波器 (CC1)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{\text{CC1_CONV}}$ ⁽⁴⁾	转换时间	单次转换		1000		ms
$B_{\text{CC1_ER}}$ ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	有效分辨率	单次转换		18		位

- (1) 根据表征确定。未经生产测试。
(2) 有效分辨率定义为数据在 $\pm 1\text{LSB}$ 范围内表现出 1σ 变化的分辨率。
(3) 输入信号直流 = $\pm 1\text{mV}$, 无谐波满量程

(4) 时序精度相对于 F_{LFO} 精度

5.12 电流测量数字滤波器 (CC2)

 所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{BAT} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{CC2_CONV} (4)	转换时间	单次转换		11.72		ms
B_{CC2_ER} (1) (2) (3)	有效分辨率	单次转换	14	15		位

- (1) 根据表征确定。未经生产测试。
- (2) 有效分辨率定义为数据在 $\pm 1\text{LSB}$ 范围内表现出 1σ 变化的分辨率。
- (3) 输入信号直流 = $\pm 1\text{mV}$ ，无谐波满量程
- (4) 时序精度相对于 F_{LFO} 精度

5.13 充电电流测量数字滤波器 (CC3)

 所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{BAT} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{CC3_CONV} (4)	转换时间	单次转换		11.72		ms
B_{CC3_ER} (1) (2) (3)	有效分辨率	单次转换	14	15		位

- (1) 根据表征确定。未经生产测试。
- (2) 有效分辨率定义为数据在 $\pm 1\text{LSB}$ 范围内表现出 1σ 变化的分辨率。
- (3) 输入信号直流 = $\pm 1\text{mV}$ ，无谐波满量程
- (4) 时序精度相对于 F_{LFO} 精度

5.14 唤醒比较器 (I-WAKE)

 所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{BAT} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{WAKE_THR} (1) (3)	唤醒电压阈值范围	标称设置，阈值基于 $V_{SRP} - V_{SRN}$ ， 0.5mV 阶跃，典型值为默认阈值	-7.5	± 4.5	7.5	mV
$V_{WAKE_THR_ERR}$ (2)	唤醒电压阈值误差	所有 V_{WAKE_THR} 设置， $V_{WAKE} = V_{SRP} - V_{SRN}$	-250		250	μV

- (1) 根据设计确定。未经生产测试。
- (2) 根据表征确定。未经生产测试。
- (3) 指定的典型值为出厂默认值。可以在 FULL ACCESS 模式下更改数据闪存设置并将其锁定在 SEALED 模式。请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

5.15 内部温度传感器 (INT_TEMP)

 所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{BAT} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{INT_TEMP} (1)	内部温度传感器电压漂移	V_{INT_TEMP}	-1.88	-1.83	-1.74	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

- (1) 根据表征确定。未经生产测试。

5.16 热敏电阻测量支持

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$R_{\text{TS_PU}}$	内部上拉电阻	标称 $18\text{k}\Omega$ 设置	14.4	18	21.6	$\text{k}\Omega$
$R_{\text{TS_PU_DRIFT}}^{(1)}$	电阻温漂	针对标称 $18\text{k}\Omega$ -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ 范围内的变化与 25°C 时的值	-200		200	Ω

(1) 根据表征确定。未经生产测试。

5.17 基于硬件的保护 (SCOMP) 阈值 (OVP、UVP、OCC、OCD、SCD)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{OVP}}^{(1)(4)}$	硬件过压保护 (OVP) 检测范围	$V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ，阈值范围，50mV 步长，典型值为默认值	3500	4300	5000	mV
$V_{\text{OVP_ACC}}^{(2)(3)}$	硬件 OVP 检测精度	CHG/DSG < 1uA 时 $V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ， $T_A = 0^\circ\text{C}$ 至 60°C ， C_{LOAD}	-25		25	mV
		CHG/DSG < 1uA 时 $V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C ， C_{LOAD}	-50		50	mV
$V_{\text{UVP}}^{(1)(4)}$	硬件欠压保护 (UVP) 检测范围	$V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ，阈值范围，50mV 步长，典型值为默认值	2000	2300	4000	mV
$V_{\text{UVP_ACC}}^{(2)(3)}$	硬件 UVP 检测精度	CHG/DSG < 1uA 时 $V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ， $T_A = 0^\circ\text{C}$ 至 60°C ， C_{LOAD}	-30		30	mV
		CHG/DSG < 1uA 时 $V_{\text{IN}} = V_{\text{BAT}}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C ， C_{LOAD}	-50		50	mV
$R_{\text{PACK-VSS}}$	PACK 和 VSS 之间的电阻	仅限 SHELF2 和关断模式	100	300	550	$\text{k}\Omega$
$V_{\text{OCC}}^{(1)(4)}$	充电硬件过流 (OCC) 检测范围	$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ，阈值范围，1mV 步长，典型值为默认值	4	14	100	mV
$V_{\text{OCD}}^{(1)(4)}$	放电硬件过流 (OCD) 检测范围	$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ，阈值范围，1mV 步长，典型值为默认值	-4	-16	-100	mV
$V_{\text{SCD}}^{(1)(4)}$	放电硬件短路电流 (SCD) 检测范围	$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ，阈值范围，1mV 步长，典型值为默认值	-5	-20	-120	mV
$V_{\text{OCX_ACC}}^{(2)}$	过流 (OCC、OCD、SCD) 检测精度	$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， 设置 < 20mV， $T_A = -25^\circ\text{C}$ 至 65°C	-2.1		2.1	mV
		$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， 设置 < 20mV	-2.1		2.1	mV
		$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， 设置 = 20 至 55mV	-3		3	mV
		$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， 设置 = 56 至 100mV	-5		5	mV
		$V_{\text{IN}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， Setting > 100mV	-12		12	mV

(1) 根据设计确定。未经生产测试。

(2) 根据表征确定。未经生产测试。

(3) 精度由指定的默认阈值确保。

(4) 指定的典型值为出厂默认值。可以在 FULL ACCESS 模式下更改数据闪存设置并将其锁定在 SEALED 模式。请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

5.18 基于硬件的保护 (SCOMP) 时序 (OVP、UVP、OCC、OCD、SCD)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{OVP} (1) (2) (3)	OVP 检测延迟选项	支持 8191 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 1171 个计数 = 1s 典型值	0.854	1000	6999	ms
t_{UVP} (1) (2) (3)	UVP 检测延迟选项	支持 255 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 117 个计数 = 100ms 典型值	0.854	100	218	ms
t_{OCC} (1) (2) (3)	OCC 检测延迟选项	支持 127 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 10 个计数 = 8.5ms 典型值	0.854	8.5	109	ms
t_{OCD} (1) (2) (3)	OCD 检测延迟选项	支持 127 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 18 个计数 = 15.4ms 典型值	0.854	15.4	109	ms
t_{SCD} (1) (2) (3)	SCD 检测延迟选项	支持 7 种延迟选项配置，步长为 $122\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 1 个计数 = $122\mu\text{s}$ 典型值	0	122	732	μs
$t_{\text{WAKE_CC}}$ (1) (2) (3)	充电电流唤醒检测延迟选项	支持 31 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 7 个计数 = 6.0ms 典型值	0.854	6.0	26.5	ms
$t_{\text{WAKE_CD}}$ (1) (2) (3)	放电电流唤醒检测延迟选项	支持 31 种延迟选项配置，步长为 $854\mu\text{s}$ 。出厂默认值 = 14 个计数 = 12.0ms 典型值	0.854	12.0	26.5	ms

(1) 由基准评估指定。未经生产测试。

(2) 指定的典型值为出厂默认值。可以在 FULL ACCESS 模式下更改数据闪存设置并将其锁定在 SEALED 模式。请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

(3) 不包括 LFO 频率误差

5.19 电流限制

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
恒压 (CV) 调节						
$V_{\text{BAT_REG_RNG}}$ (1) (4)	BAT 充电电压调节范围	固件可编程范围，10mV 阶跃	3500	4200	4650	mV
$V_{\text{BAT_REG_ACC}}$ (2)	BAT 充电电压精度	所有 $V_{\text{BAT_REG}}$ 设置， $V_{\text{BAT_REG}} = 4200\text{mV}$ 时的典型测量值	-0.5		0.5	%
恒流 (CC) 调节						
$I_{\text{CHG_RNG}}$ (1) (3) (4)	充电电流调节范围	固件可编程范围	5		2000	mA
$I_{\text{CHG_ACC}}$ (2)	充电电流精度	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， $I_{\text{CHG}} = 50\text{mA}$ ， $R_{\text{SENSE}} = 10\text{m}\Omega$ ，校准后	45	50	55	mA
$I_{\text{CHG_ACC}}$ (2)	充电电流精度	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， $I_{\text{CHG}} = 150\text{mA}$ ， $R_{\text{SENSE}} = 10\text{m}\Omega$ ，校准后	135	150	165	mA
$I_{\text{CHG_ACC}}$ (2)	充电电流精度	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$ ， $I_{\text{CHG}} = 800\text{mA}$ ， $R_{\text{SENSE}} = 10\text{m}\Omega$ ，校准后	720	800	880	mA
$I_{\text{TERM_RNG}}$ (1) (4)	终止电流调节范围	固件可编程范围	1		400	mA

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{\text{TERM_ACC}}$ (2)	终止电流精度	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{\text{BAT_REG}} = 4.2\text{V}$, $I_{\text{TERM}} = 5\text{mA}$, $R_{\text{SENSE}} = 10\text{m}\Omega$, 校准后	4.5	5	5.5	mA
线性模式和 MINSYS 模式						
$V_{\text{LIN_RNG}}$	线性模式工作电压范围	在通过固件退出 ZVCHG 且 V_{BAT} 上升后, 线性模式在 $V_{\text{BAT}} = 2.4\text{V}$ 处启动 ($V_{\text{LIN_START}}$)	2.05		5.0	V
V_{MINSYS} (1) (4)	充电电流减小时的 PACK 电压阈值	固件可编程范围, 25mV 阶跃	2750	3800	4500	mV
$V_{\text{MINSYS_ACC}}$	V_{MINSYS} 精度	DC 精度	-200		200	mV
补充模式和理想二极管 (ID) 模式						
$V_{\text{TH_ON}}$	补充模式或 ID_ON 进入阈值	$V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$, $V_{\text{BAT}} > V_{\text{UVP}}$, V_{PACK} (5) - V_{BAT} , $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$	-25	-20	-15	mV
$V_{\text{TH_OFF}}$	补充模式退出阈值	$V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$, $V_{\text{BAT}} > V_{\text{UVP}}$, V_{PACK} (5) - V_{BAT} , $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$	-7.5	-5	-2.5	mV
	ID_OFF 进入阈值	$V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$, $V_{\text{BAT}} > V_{\text{UVP}}$, V_{PACK} (5) - V_{BAT} , $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$	2.5	5	7.5	
$V_{\text{TH_OFF_FINE}}$	补充或 ID 充电电流检测阈值	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$		450		μV

- 根据设计确定。未经生产测试。
- 由基准评估指定。未经生产测试。
- 包括预充电 (PCHG) 和快速充电电流设置
- 指定的典型值为出厂默认值。可以在 FULL ACCESS 模式下更改数据闪存设置并将其锁定在 SEALED 模式。请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。
- 包括 R_{PACK} 误差

5.20 CHG、DSG NFET 驱动器

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{DSG_ON}}$	DSG FET 驱动器开启输出电压	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{BAT}} \geq 4\text{V}$	7.9	8.0	8.3	V
		$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{BAT}} < 4\text{V}$	$1.95 \times V_{\text{BAT}}$	$2 \times V_{\text{BAT}}$	$2.1 \times V_{\text{BAT}}$	
$V_{\text{CHG_ON}}$	CHG FET 驱动器开启输出电压	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{BAT}} \geq 4\text{V}$	7.9	8.0	8.3	V
		$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{BAT}} < 4\text{V}$	$1.95 \times V_{\text{BAT}}$	$2 \times V_{\text{BAT}}$	$2.1 \times V_{\text{BAT}}$	
$V_{\text{DSG_OFF}}$	DSG FET 驱动器关断输出电压	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{DSG_OFF}} = V_{\text{DSG}} - V_{\text{SS}}$			0.1	V
$V_{\text{CHG_OFF}}$	CHG FET 驱动器关断输出电压	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{CHG_OFF}} = V_{\text{CHG}} - V_{\text{SS}}$			0.1	V
$t_{\text{DSG_RISE}}$ (1)	DSG FET 驱动器上升时间	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{DSG_ON}}$ 从 V_{BAT} 的 10% 上升至 90%, 达到 $V_{\text{DSG_ON(TYP)}}$		400	800	μs
$t_{\text{CHG_RISE}}$ (1)	没有 CP 电容器时的 CHG FET 驱动器上升时间	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, $V_{\text{CHG_ON}}$ 从 V_{BAT} 的 10% 上升至 90%, 达到 $V_{\text{CHG_ON(TYP)}}$		400	800	μs
$t_{\text{FET_FALL}}$ (1)	DSG 和 CHG FET 驱动器下降时间	$C_{\text{LOAD}} = 10\text{nF}$, V_{FET} 从 $V_{\text{FET_ON(TYP)}}$ 变为 $V_{\text{FET_OFF}}$		50	200	μs

- 由基准评估指定。未经生产测试。

5.21 零伏充电 (ZVCHG)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{ZVCHG}	零伏充电电流	$V_{\text{PACK}+} = 5\text{V}$, $V_{\text{BAT}} = 0\text{V}$, $R_{\text{PACK}} = 1\text{k}\Omega$			5	mA

5.22 通用输入/输出 (INT)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	高电平输入电压	INT	$0.7 \times V_{\text{REG18}}$			V
V_{IL}	低电平输入电压	INT			$0.3 \times V_{\text{REG18}}$	V
V_{OH}	输出电压高电平	INT, $I_{\text{OH}} = -450\mu\text{A}$	$0.85 \times V_{\text{REG18}}$			V
V_{OL}	输出电压低电平	INT, $I_{\text{OL}} = 1\text{mA}$			0.35	V
R_{PD}	内部下拉电阻	INT	80	100	120	$\text{k}\Omega$
R_{PU}	内部上拉电阻	INT	80	100	120	$\text{k}\Omega$
$C_{\text{IN}}^{(1)}$	输入电容	INT		1.5		pF
$I_{\text{LKG}}^{(1)}$	输入漏电流	INT		1		μA

(1) 根据设计确定。未经生产测试。

5.23 I²C 接口 I/O (SDA、SCL)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDIO}	外部 I/O 电源电压		1.1		3.6	V
V_{IH}	输入电压高电平	SDA、SCL	$0.7 \times V_{\text{DDIO}}$			V
V_{IL}	输入电压低电平	SDA、SCL			$0.3 \times V_{\text{DDIO}}$	V
V_{OL}	输出低电压	SDA, SCL, $I_{\text{OL}} = -3\text{mA}$			0.4	V
$C_{\text{IN}}^{(1)}$	输入电容	SDA、SCL			10	pF
$I_{\text{LKG}}^{(1)}$	输入漏电流	SDA、SCL		0.5		μA

(1) 根据设计确定。未经生产测试。

5.24 I²C 接口时序

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
I²C 100kHz						
$f_{\text{SCL}}^{(1)}$	时钟频率				100	kHz
$t_{\text{HD:STA}}^{(1)}$	启动条件保持时间		4			μs
$t_{\text{LOW}}^{(1)}$	SCL 时钟的低电平周期		4.7			μs
$t_{\text{HIGH}}^{(1)}$	SCL 时钟的高电平周期		4			μs

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{\text{BAT}} = 2.0\text{V}$ 至 5.0V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
$t_{\text{SU:STA}}^{(1)}$	重复启动的建立时间		4.7			μs
$t_{\text{HD:DAT}}^{(1)}$	数据输入保持时间		0			μs
$t_{\text{SU:DAT}}^{(1)}$	数据输入建立时间		250			ns
	数据输出建立时间		250			
$t_r^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 上升时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%			1000	ns
$t_f^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 下降时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%			300	ns
$t_{\text{SU:STO}}^{(1)}$	停止条件建立时间		4			μs
$t_{\text{BUF}}^{(1)}$	STOP 和 START 之间的总线空闲时间		4.7			μs
C_D	每个总线的容性负载				400	pF
I²C 400kHz						
$f_{\text{SCL}}^{(1)}$	时钟频率				400	kHz
$t_{\text{HD:STA}}^{(1)}$	启动条件保持时间		0.6			μs
$t_{\text{LOW}}^{(1)}$	SCL 时钟的低电平周期		1.3			μs
$t_{\text{HIGH}}^{(1)}$	SCL 时钟的高电平周期		0.6			μs
$t_{\text{SU:STA}}^{(1)}$	重复启动的建立时间		0.6			μs
$t_{\text{HD:DAT}}^{(1)}$	数据输入保持时间		0			μs
$t_{\text{SU:DAT}}^{(1)}$	数据输入建立时间		100			ns
	数据输出建立时间		100			
$t_r^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 上升时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%	20		300	ns
$t_f^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 下降时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%	$20 \times (V_{\text{DDIO}}/5.5)$		300	ns
$t_{\text{SU:STO}}^{(1)}$	停止条件建立时间		0.6			μs
$t_{\text{BUF}}^{(1)}$	STOP 和 START 之间的总线空闲时间		1.3			μs
C_D	每个总线的容性负载				400	pF
I²C 1MHz						
$f_{\text{SCL}}^{(1)}$	时钟频率				1000	kHz
$t_{\text{HD:STA}}^{(1)}$	启动条件保持时间		0.26			μs
$t_{\text{LOW}}^{(1)}$	SCL 时钟的低电平周期		0.5			μs
$t_{\text{HIGH}}^{(1)}$	SCL 时钟的高电平周期		0.26			μs
$t_{\text{SU:STA}}^{(1)}$	重复启动的建立时间		0.26			μs
$t_{\text{HD:DAT}}^{(1)}$	数据输入保持时间		0			μs
$t_{\text{SU:DAT}}^{(1)}$	数据输入建立时间		50			ns
	数据输出建立时间		50			
$t_r^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 上升时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%			120	ns
$t_f^{(1)(2)}$	SDA 和 SCL 下降时间	V_{DDIO} 的 30% 至 70%	$20 \times (V_{\text{DDIO}}/5.5)$		120	ns
$t_{\text{SU:STO}}^{(1)}$	停止条件建立时间		0.26			μs
$t_{\text{BUF}}^{(1)}$	STOP 和 START 之间的总线空闲时间		0.5			μs
C_D	每个总线的容性负载				100	pF

(1) 根据表征确定。未经生产测试。

(2) $V_{\text{DDIO}} = 1.2\text{V}$

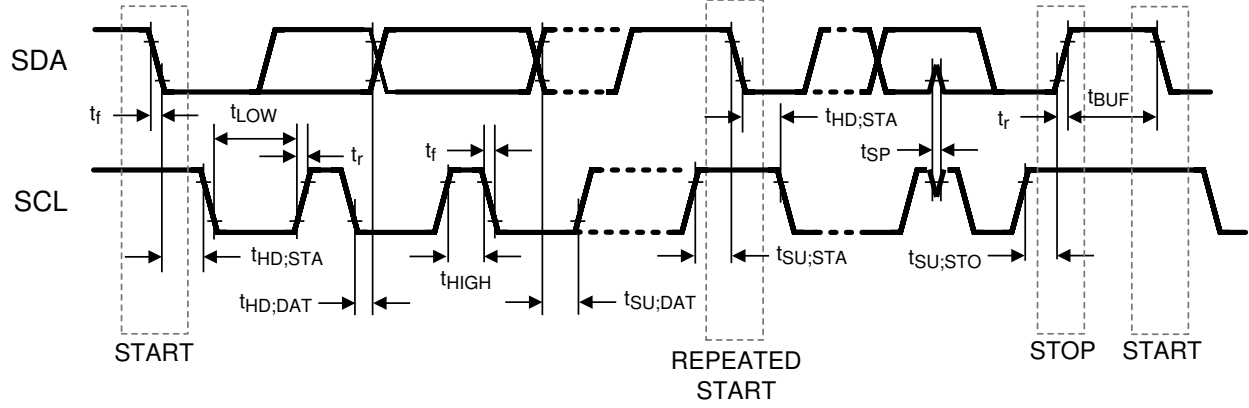


图 5-1. I²C 时序图

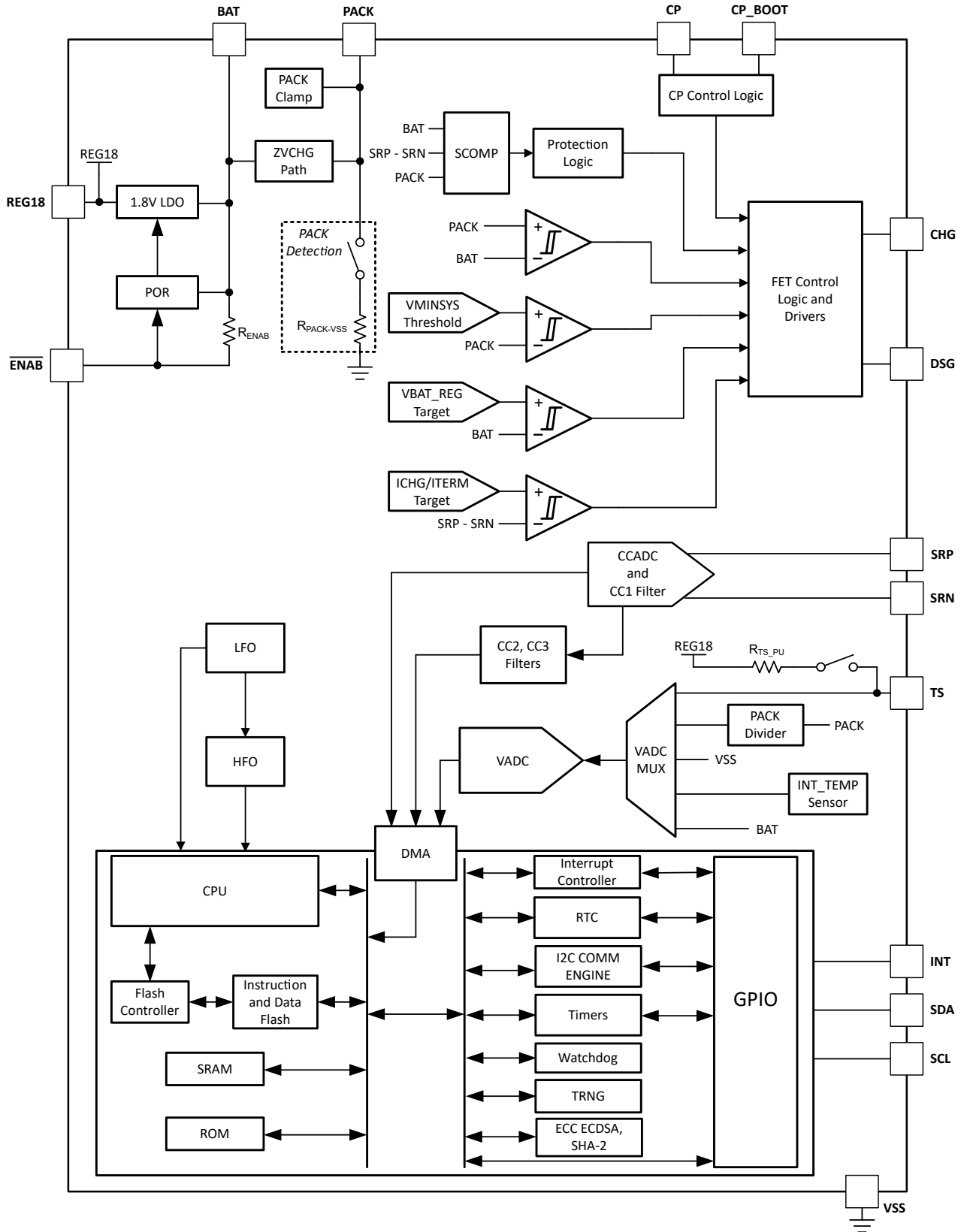
ADVANCE INFORMATION

6 详细说明

6.1 概述

BQ27Z855 单节电池电量监测计是一款完全集成的电池管理解决方案，它采用基于闪存的集成式固件、基于硬件和固件的保护，以及 ECC ECDSA 和 SHA-2 认证，为单节电池架构提供完整的解决方案。BQ27Z855 器件还集成了集成式限流器和理想二极管检测器，可以执行线性充电任务，例如恒流恒压 (CC-CV) 充电曲线控制和动态电源路径管理，以及 MINSYS 和电池补充模式。BQ27Z855 通过 I²C 接口与主机系统连接，并使用先进的超低功耗 32 位 RISC 处理器处理指令和数据。高性能集成模拟外设支持低至 0.5mΩ 的检测电阻以及用于即时功率计算的同步电流和电压数据转换。以下各节详细介绍了 BQ27Z855 单节电池电量监测计中包含的总体方框图和主要元件模块。

6.2 功能方框图



ADVANCE INFORMATION

6.3 特性说明

6.3.1 BQ27Z855 处理器

BQ27Z855 处理器包含 32 位 RISC Arm M0+ 处理器、单周期 32 位乘法器、24 位 SysTick 计时器、嵌套矢量中断控制器 (NVIC)。所有这些都集成在处理器中。

6.3.2 电池参数测量

BQ27Z855 器件会使用两个独立的 ADC 同时测量电芯电压和电流，另外，还会测量温度以计算与剩余电量、完全充电容量、运行状况和其他电量监测参数相关的信息。

6.3.2.1 模数转换器 (VADC)

第一个 ADC 是专为通用电压测量设计的 16 位 Δ - Σ 转换器。在采样过程中，VADC 会根据通道选择自动调节输入电压范围。转换器分辨率是其满量程和位数的函数，产生的分辨率为 38 μ V。

6.3.2.2 VADC 多路复用器

VADC 多路复用器提供到器件的外部 BAT、PACK 和 TS 以及内部温度传感器 (INT_TEMP) 的可选连接。此外，多路复用器可以独立为外部热敏电阻启用内部偏置电路的 TS 输入连接，并让用户能够将多路复用器输入短路，以进行测试和校准。

6.3.2.3 库仑计数器 (CCADC) 和数字滤波器 (CC1)

第二个 ADC 是一款集成式模数转换器，专为跟踪可充电电池的充电和放电活动或库仑计数而设计。它采用单通道差分输入，用于转换 SRP 和 SRN 端子之间检测电阻器两端的电压差，分辨率为 923nV。差分输入共模电压范围为 V_{SS} 至 V_{BAT} ，支持 ± 100 mV 输入范围的 1 节串联电芯高侧或低侧检测选项。

CC1 数字滤波器从 Δ - Σ CCADC 前端生成一个 18 位转换值。每 1s 就有一次新的转换。

6.3.2.4 内部温度传感器 (INT_TEMP)

BQ27Z855 器件上提供一个内部温度传感器，用于降低测量温度所需的外部元件的成本、功耗和尺寸。它可以由 VADC 使用多路复用器进行测量，非常适合在各种工作条件下快速确定电池组温度。

内部温度传感器以电压形式报告测量的温度，器件固件将此电压转换为温度（单位为 $^{\circ}\text{C}$ ），用于电量监测和保护任务。例如，内部温度传感器 (INT_TEMP) 规格表中所述的 $V_{INT_TEMP(TYP)}$ 值，与内部温度传感器报告的实际电压漂移值之间存在 0.05mV/ $^{\circ}\text{C}$ 的差异，这大致相当于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的温度误差。

6.3.2.5 外部温度传感器支持

TS 输入由内部 18k Ω （典型值）线性化上拉电阻启用，以支持使用 10k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$) NTC 外部热敏电阻，例如 Semitec 103AT-2。NTC 热敏电阻应连接在 V_{SS} 和单个 TS 引脚之间。然后，VADC 通过其输入多路复用器进行模拟测量。

如果需要不同类型的热敏电阻，则可能需要更改器件固件中的配置。

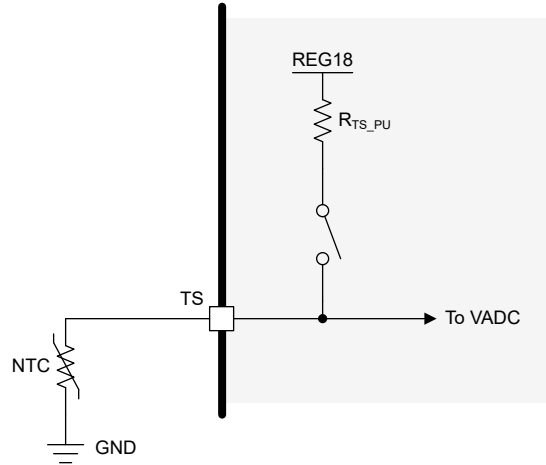


图 6-1. 外部热敏电阻偏置

6.3.3 电源控制

BQ27Z855 器件使用 BAT 引脚作为其电源。BAT 为内部电压源和 1.8V LDO 供电，从而为器件提供基准。

6.3.4 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚

BQ27Z855 器件可以使用低电平有效数字输入 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚来退出器件的 SHELF1、SHELF2 和 SHUTDOWN 功耗模式。数字输入通过一个内部弱上拉电阻连接到 BAT。可以将一个按钮连接到 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚，以将该引脚驱动至低电平状态，从而使器件退出 SHELF1、SHELF2 或 SHUTDOWN 模式。

如果 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚直接连接到器件的 GND 基准 (VSS)，则 BQ27Z855 器件将无法进入 SHELF1、SHELF2 或 SHUTDOWN 模式。

如果不需要使用按钮来退出 SHELF1、SHELF2、SHUTDOWN 模式，则可以将 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚保持悬空。如果器件需要能够进入 SHELF1、SHELF2 或 SHUTDOWN 模式，则 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚也可以保持悬空。

6.3.5 I²C 串行通信接口

BQ27Z855 器件具有一个 I²C 总线通信接口，能够支持最低 1.2V 电平的逻辑和高达 1MHz I²C 的时钟频率。

6.3.6 低频振荡器 (LFO)

BQ27Z855 器件包含一个以 65.536kHz 频率运行的低频振荡器 (LFO)。

6.3.7 高频振荡器 (HFO)

BQ27Z855 包括一个运行频率为 16.384MHz 的高频振荡器 (HFO)。

HFO 是锁定到 LFO 输出的频率。

6.3.8 实时时钟 (RTC)

BQ27Z855 包含可提供以下信息的实时时钟 (RTC)：

- 日历
 - 4 位数年份，可自动调整闰年
 - 月份
 - 月中某天
 - 周中某天
- 一天中的时间
 - 小时 (24 小时制，可选择夏令时调整)
 - 分钟
 - 秒

RTC 源自集成的 LFO，可在除 SHUTDOWN 外的所有功耗模式下启用。

6.3.9 1.8V 低压降稳压器 (REG18)

BQ27Z855 器件包含一个集成的 1.8V LDO (REG18)，可为器件 CPU 和内部数字逻辑提供稳压电源电压。

该 LDO 需要在器件的 REG18 和 VSS 引脚之间连接一个电容 (C_{REG18})，推荐典型电容值为 $1.5\mu\text{F}$ 。该电容器必须尽可能靠近器件放置。

6.3.10 FET 驱动器 (CHG、DSG)

BQ27Z855 电量监测计包含两个用于充电 (CHG) 和放电 (DSG) 控制的高侧 NMOS FET 驱动器，用于断开电池与系统的连接并控制充电和放电电流的流动。该器件通过控制两个采用背对背配置的外部 N 沟道 MOSFET 来实现电池保护。如果检测到保护故障，CHG 和 DSG FET 会自动禁用，如果满足器件固件中编程的恢复条件，则可以重新启用。

6.3.10.1 充电 (CHG) FET 驱动器

该器件的充电 (CHG) FET 驱动器允许独立控制 CHG FET。如果检测到与充电相关的保护故障，例如电池过压 (OVP) 和充电过流 (OCC)，则 CHG FET 会自动禁用。如果满足器件固件中编程的恢复条件，则可以重新启用 CHG FET。

此外，可启用 BQ27Z855 器件的 CHG FET，以线性工作模式进行控制，从而用作电流限制器，并控制电池的 CC-CV 充电曲线。这还使 CHG FET 能够在理想二极管模式下运行，在该模式下，可以启用 CHG FET，以允许放电电流流经 CHG FET，而不是体二极管。并且，如果器件的集成理想二极管控制器检测到充电电流，则可以禁用放电电流。

有关器件的限流器和理想二极管检测器的更多信息，请分别参阅节 6.3.15 和节 6.3.16。

6.3.10.2 放电 (DSG) FET 驱动器

该器件的放电 (DSG) FET 驱动器允许独立控制 DSG FET。如果检测到与放电相关的保护故障，例如电池欠压 (UVP)、放电过流 (OCD) 和放电短路 (SCD)，DSG FET 会自动禁用。如果满足器件固件中编程的恢复条件，则可以重新启用 DSG FET。

6.3.11 零伏充电 (ZVCHG)

ZVCHG (0V 充电) 是一项特殊功能，可以为电量严重耗尽的电池充电。BQ27Z855 器件启用了 ZVCHG，并且无抑制。这意味着可以为电量严重耗尽而导致电压低至 0V 的电池充电。

在电池组的 PACK+ 端子上施加电压后，BQ27Z855 器件通过 PACK 引脚到 BAT 引脚的内部路径，在器件内部传导 ZVCHG 电流。电池组的 PACK+ 端子和器件电流的 PACK 引脚之间连接的电阻器会限制流经器件的 ZVCHG 电流 (I_{ZVCHG})，从而有效地设置电池在或用于唤醒二级保护器的 ZVCHG 电流。如零伏充电规格表中所述， I_{ZVCHG} 限制为 $I_{ZVCHG(MAX)}$ 。

如果 V_{BAT} 低于器件固件设置的进入阈值 (判定电池处于 ZVCHG 状态)，BQ27Z855 器件会禁用 CHG 和 DSG FET，并在电池组的 PACK+ 端子上施加电压后开始零伏充电。一旦电池充足电并且 V_{BAT} 达到器件固件中编程的退出阈值，器件就停止进行零伏充电，并评估 FET 是否可以导通。

当器件处于 ZVCHG 状态时，CHG 和 DSG FET 都会被禁用。

当 V_{BAT} 低于器件 POR 阈值 ($V_{POR_TH} - V_{POR_HYS}$) 或器件处于 SHUTDOWN 模式时，会启用通过器件的 ZVCHG 路径。

如果未使用 ZVCHG 函数，则可以使用更大的 R_{PACK} 电阻值。

小心

某些电池供应商不建议为电量耗尽（自放电）的电池充电。请咨询电池供应商以确定是否需要启用 ZVCHG 电池充电功能。

出于安全考虑，BQ27Z855 经过专门设计，可用于具有至少 1 个具有零伏充电抑制功能的额外保护器单元的电池系统。这可以防止不必要的电池自放电到严重的低电压电平，或在极低的电池电压下开始充电，从而对电池造成不可逆转的损坏。

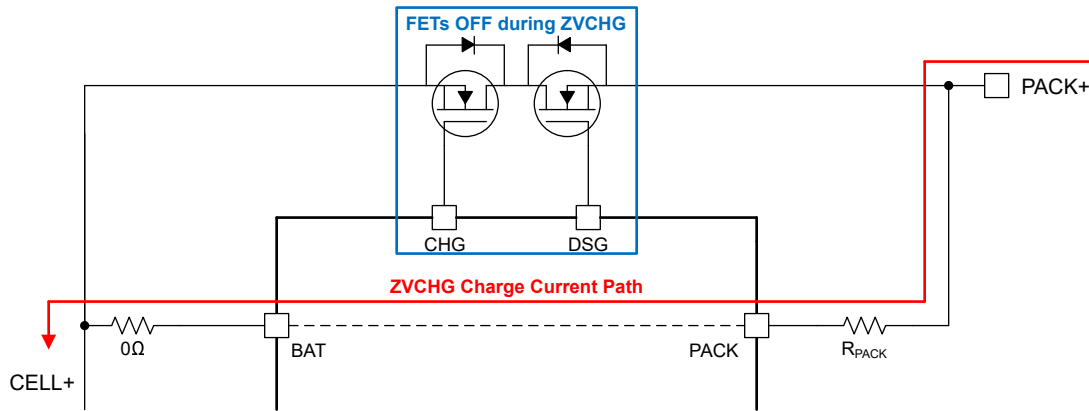


图 6-2. 零伏充电电路

6.3.12 集成式保护

BQ27Z855 电量监测计支持各种基于硬件和固件的电池和系统保护，可使用器件固件轻松配置。

6.3.12.1 基于硬件的保护

BQ27Z855 器件包含一个使用共享比较器 (SCOMP) 进行硬件故障检测的模块，用于多电压和电流条件检测，如果检测到异常电压或电流情况，可关断 CHG 或 DSG FET。这些检测包括：

- 过压保护
- 欠压保护
- 充电过流保护
- 放电过流保护
- 放电短路保护

6.3.12.1.1 过压保护 (OVP)

过压 (OVP 或 HCOV) 功能检测异常高的电池电压。OVP 阈值和延时时间可通过器件固件进行配置。该检测电路包含在禁用 CHG FET 之前的延迟设置。当发生 OVP 事件时，**Safety Status** 标志位设置为 1 并锁存，直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.12.1.2 欠压保护 (UVP)

欠压 (UVP 或 HCUV) 功能检测异常低的电池电压。UVP 阈值和延时时间可通过器件固件进行配置。该检测电路包含在禁用 DSG FET 之前的延迟设置。当发生 UVP 事件时，**Safety Status** 标志位设置为 1 并锁存，直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.12.1.3 充电过流保护 (OCC)

充电过流 (OCC 或 HOCC) 功能检测充电方向上的异常高电流。OCC 阈值和延时时间可通过器件固件进行配置。该检测电路包含在禁用 CHG FET 之前的延迟设置。当发生 OCC 事件时，**Safety Status** 标志位设置为 1 并锁存，直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.12.1.4 放电过流保护 (OCD)

放电过流 (OCD 或 HOCD) 功能可检测放电方向上的异常高电流。OCD 阈值和延时时间可通过器件固件进行配置。该检测电路包含在禁用 DSG FET 之前的延迟设置。当发生 OCD 事件时, **Safety Status** 标志位设置为 1 并锁存, 直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.12.1.5 放电短路电流保护 (SCD)

放电短路电流 (SCD 或 HSCD) 功能可检测放电方向的灾难性电流情况。SCD 阈值和延迟时间可通过器件固件进行配置。该检测电路包含在禁用 DSG FET 之前的延迟设置。当发生 SCD 事件时, **Safety Status** 标志位设置为 1 并锁存, 直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.12.1.6 唤醒比较器 (I-WAKE)

如果检测到有大的充电电流或放电电流流过外部检测电阻, BQ27Z855 器件能够从睡眠和深度睡眠模式唤醒。该器件具有两个独立的电流唤醒阈值, 用于检测充电电流 (WAKE_CC) 和放电电流 (WAKE_CD), 这些阈值可通过器件固件进行配置。

6.3.12.2 提供基于固件的保护

除了基于硬件的保护之外, BQ27Z855 器件还包括一整套基于固件的保护措施, 以检测多种电压和电流情况, 并在检测到异常电压或电流情况时关断 CHG 或 DSG FET。这些基于固件的保护分为初级和二级保护。

6.3.12.2.1 初级保护特性

初级保护是指在检测到异常电压或电流状况时, 能够禁用 CHG 或 DSG FET 的保护特性; 当异常状况消除后, 器件能够恢复并重新开启相应的 FET。

BQ27Z855 电量监测计支持以下用于电池和系统保护的初级保护功能, 可使用器件固件对其进行配置:

- 电芯欠压保护 (CUV)
- 电芯过压保护 (COV)
- 充电过流 (OCC)
- 放电过流 (OCD)
- 充电过热 (OTC)
- 放电过热 (OTD)
- 充电欠温 (UTC)
- 放电欠温 (UTD)
- 预充电超时 (PTO)
- 快速充电超时保护 (CTO)

6.3.12.2.2 二级保护功能

二级保护是一种保护功能, 可用于指示更严重的故障并永久禁用电池组。

BQ27Z855 电量监测计支持以下用于电池和系统保护的二级保护功能, 可使用器件固件对其进行配置:

- 电芯欠压安全 (SUV)
- 电芯过压安全 (SOV)
- CHG FET 故障 (CFETF)
- DSG FET 故障 (DFETF)

6.3.13 Gas Gauging

BQ27Z855 使用 Dynamic Z-Track™ 算法测量和计算电池电芯的可用容量。BQ27Z855 器件累积记录充电和放电电流, 并在充电电流测量中补偿电池温度、荷电状态和弛豫时间常数的影响。BQ27Z855 会估算电池的自放电, 并且还根据温度调整自放电估算。

有关动态 Dynamic Z-Track™ 算法的理论和实现的更多信息, 请参阅以下 Dynamic Z-Track™ 应用手册: [Dynamic Z-Track™ 技术: 适用于动态负载应用的高级电池电量监测算法](#)。

6.3.14 先进的电池算法

除了通过 Dynamic Z-Track™ 算法进行电量监测外，BQ27Z855 器件还包含一套先进的电池算法，以支持具有硅阳极的锂离子电池化学物质，并为系统主机器件提供额外的电池监测层和其他信息。

有关每个算法的更多详细信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册中相应的部分。

6.3.14.1 硅阳极化学物质支持

与使用石墨基阳极的锂离子电池相比，采用硅基阳极的锂离子电池具有独特的优势。其主要优势是，硅阳极锂离子电池往往比石墨阳极锂离子电池具有更高的能量密度。但是，硅的降级速度快于锂离子电池阳极中的石墨，导致硅阳极电池的开路电压 (OCV) 曲线随着电池老化而发生变化。这种 OCV 曲线变化在包含少量硅 (高达 20%) 的电池中尤其普遍。

通过器件固件，BQ27Z855 器件可通过使用 Dynamic Z-Track™ 技术的预测性建模来跟踪 OCV 曲线变化，从而支持准确地测量小型和主要硅类型电池上的硅阳极电芯。

6.3.14.2 内部短路指示 (ISI)

锂离子电池通常具有非常低的自放电电流或漏电流，指示电池运行状况良好。但是，漏电流异常高 (通常是由于锂离子电池电芯中铜枝晶的积聚导致)，可能表明电芯存在严重的安全问题。

BQ27Z855 器件可通过固件启用，以通过测量电池的漏电流来确定电池是否存在内部短路，并在漏电流超过编程的阈值时提醒系统主机，以供主机干预并采取任何适当的措施。

6.3.14.3 电池膨胀检测 (BSD)

在锂离子电池 (尤其是软包电池) 的整个生命周期内，通常是由于电池在使用过程中积聚的气体而导致电池膨胀或鼓包充气。这种电池膨胀与电池阻抗的变化相关。

BQ27Z855 可通过固件启用以跟踪电池的阻抗，并在跟踪的电池阻抗变化表明电池可能出现膨胀时，向系统主机发出警报。然后，主机可以进行干预并采取任何适当的操作。

6.3.15 集成限流器和充电控制功能

当使用器件的集成限流器或在系统中使用 BQ27Z855 器件附带的智能充电器时，BQ27Z855 器件可支持充电控制功能。

该器件可以通过固件进行配置，以便为电池充电或与系统中的智能充电器交互。在这两种配置中，器件集成限流器或智能充电器的充电电流和充电电压均可在数据闪存内编程。

6.3.15.1 集成限流器

BQ27Z855 具有集成限流器功能，可在线性工作模式下控制 CHG FET，从而用作线性充电器。借助此线性充电器功能，BQ27Z855 器件能够通过一整套固件可编程设置和控制，直接且自主地管理电池充电。

这些电池充电特性和控制包括：

- 根据器件数据闪存中的可编程充电曲线阈值和设置，调节充电电流和充电电压
- 支持使用分步充电曲线为电池充电，该曲线有多达 5 个可编程恒流和恒压阶跃
- 根据有效温度范围 (JEITA 温度范围 T1、T2、T3、T4、T5、T6) 调整恒流 — 恒压 (CC - CV) 充电曲线的充电电压和充电电流温度范围
- 提供更复杂的充电曲线，包括标准温度范围内的子范围
- 提供预充电/零伏充电
- 通过 MINSYS 和电池补充模式支持动态电源路径管理
- 当检测到某些安全条件 (例如基于硬件或基于固件的保护) 时，禁用充电
- 在电池温度超出编程范围时采用充电禁止和充电暂停功能
- 激活充电和放电警报以报告充电故障并指示充电状态
- 使用 I²C 总线通信接口，向系统侧主机报告充电电流和充电电压
- 降低充电电流和充电电压，以应对电池老化

6.3.15.1.1 CHG FET 状态机

BQ27Z855 CHG FET 输出由 CHG FET FSM 逻辑控制，可由器件固件和若干系统参数操作。

器件固件根据器件数据闪存中的可编程设置和系统参数进行 4 种不同模式的转换：关断、导通、线性和理想二极管管。根据器件所处的当前模式，器件可在特定状态下运行，并在模式内在不同状态之间进行基于硬件的转换。

器件固件决定器件的运行模式，而器件数字硬件决定器件运行模式内的状态。

图 6-3 中详细介绍了 CHG FET FSM 逻辑。

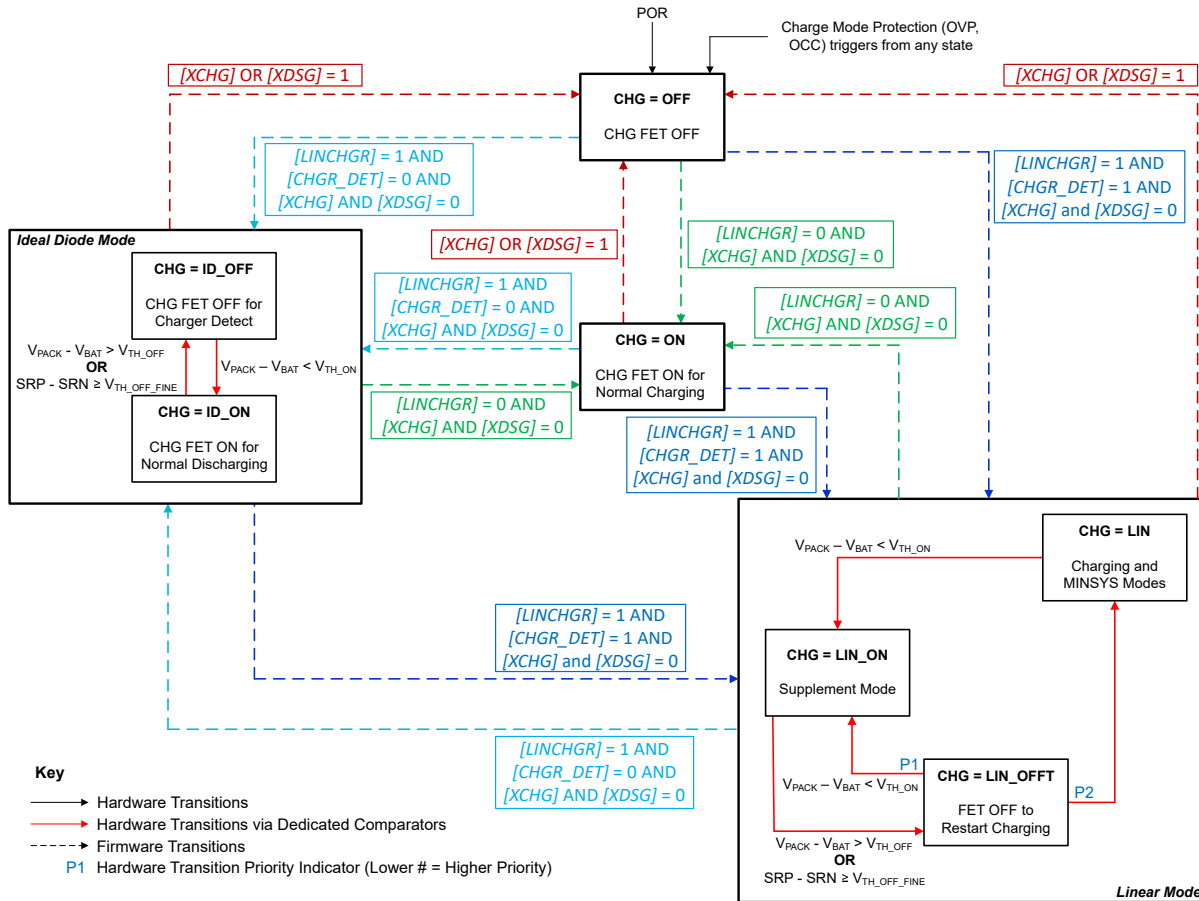


图 6-3. CHG FET 状态图

CHG FET FSM 逻辑控制 CHG FET 的状态，主要考虑因素如下：

1. 固件转换会覆盖硬件转换，并在基于硬件的保护电路之后具有最高的优先级
2. 线性和理想二极管模式下的可用硬件转换检查多个系统参数以确保器件和系统正常运行：
 - a. PACK 和 BAT 引脚电压之间的专用电压比较器 (DCOMP) 会检测 $V_{PACK} - V_{BAT} < V_{TH_ON}$ ，以导通 CHG FET，并检测 $V_{PACK} - V_{BAT} > V_{TH_OFF}$ 以关断 CHG FET
 - b. 基于库仑计的电荷电流测量数字滤波器 (CC3) 检测 $V_{SRP} - V_{SRN} \geq V_{TH_OFF_FINE}$ 何时关断 CHG FET
3. 状态退出转换优先级显示为 P1、P2 等，其中 P1 是最高优先级转换
4. 当器件处于除 OFF、ON 和 ID_ON 之外的所有状态时，会自动启用 HFO，以降低器件功耗。

表 6-1. CHG FET FSM 模式和状态

模式	States	充电器功能
关断	关断	ZVCHG, 充电禁用

表 6-1. CHG FET FSM 模式和状态 (续)

模式	States	充电器功能
导通	导通	正常充电或放电
线性	LIN	PCHG、CC、CV、MINSYS
	LIN_ON	补充
	LIN_OFFT	
理想二极管	ID_OFF	充电器检测, VCT
	ID_ON	正常放电, 充电器已移除

6.3.15.1.2 线性模式

在线性模式下, BQ27Z855 器件以线性工作模式控制外部 CHG FET, 以调节充电电流、充电电压和 CHG FET 状态。

有几个控制环路会影响充电电流和充电电压:

- 恒流环路 (CC)
- 恒压环路 (CV)
- MINSYS 环路
- 电池补充环路

在电池充电期间, 所有控制环路都会启用, 显性环路会控制其他环路。

该器件通过可编程的电池充电曲线参数 (例如, 充电电压调节 (V_{BAT_REG})、充电电流调节 (I_{CHG}) 和 PACK 电压阈值), 支持单节电池应用的多种不同电池化学物质和系统要求, 从而降低器件固件中的充电电流 (V_{MINSYS})。有关器件数据闪存中所有可编程电池充电曲线参数的列表, 请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

6.3.15.1.2.1 电池充电过程

当器件检测到有效的输入电压源连接到电池组的 PACK+ 端子, 并且器件的集成限流器功能被启用时, $[CHGR_DET]$ 位的状态决定是否启动电池充电。如果 $[CHGR_DET]$ 位变为高电平且可以启动电池充电, 则该器件会转换至线性模式。在电池充电期间, CHG FET 在线性模式内处于 CHG = LIN 状态。

关断 CHG FET 可禁用电池充电。如果设置了 $[XCHG]$ 位, 例如当基于硬件或固件的充电模式保护 (如 OVP 或 OCC 跳闸) 或 $[LINCHGR]$ 位被清除时, CHG FET 可以关断并转换到 CHG = ID_OFF 状态。如果器件的电流限制器被禁用, CHG FET 将转换至 CHG = OFF 状态。

图 6-4 展示了典型的 CC-CV 电池充电曲线。

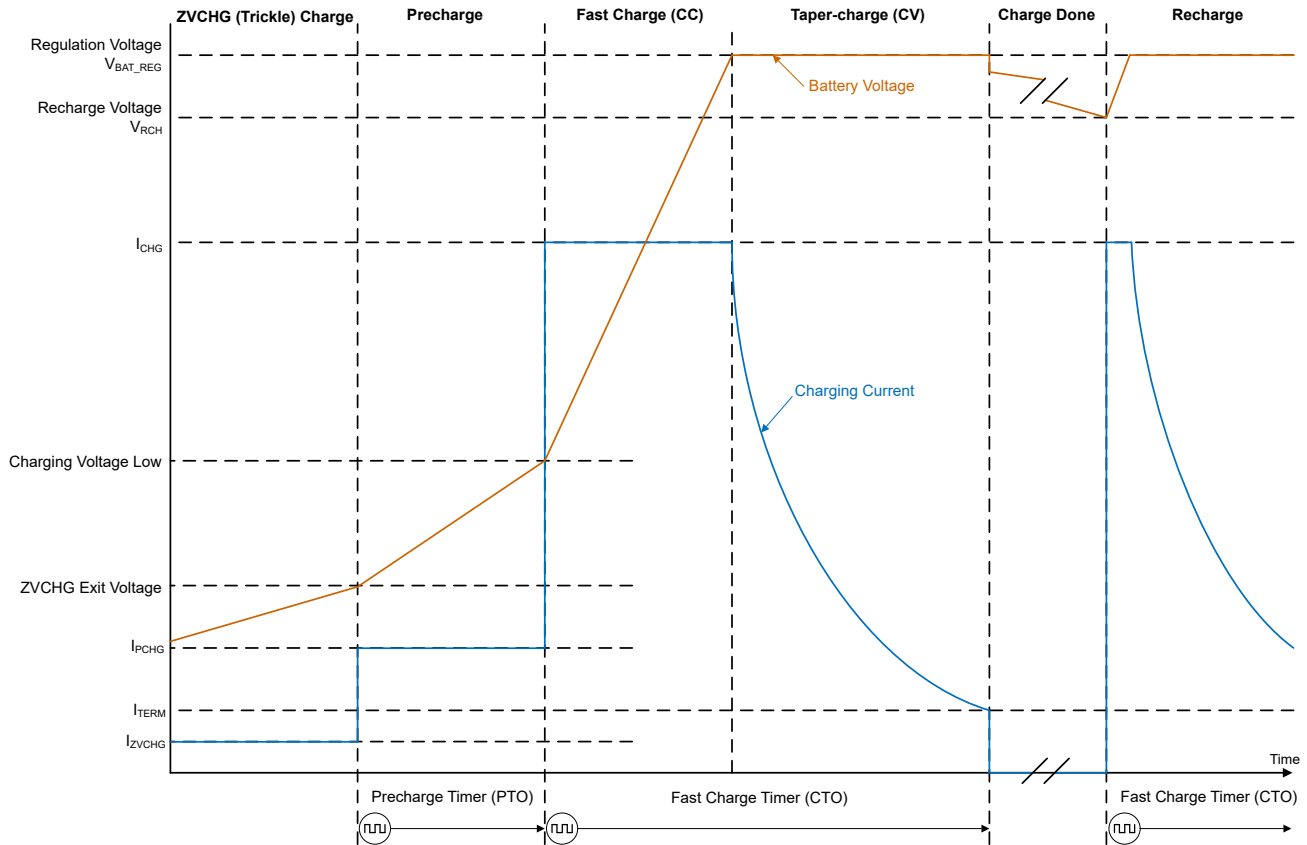


图 6-4. 典型 CC/CV 电池充电曲线

图 6-5 展示了 BQ27Z855 器件所执行的 CC-CV 电池充电循环，该器件通过状态机分步执行并跟踪充电过程，不受 $[CHGR_DET]$ 位状态的影响。该器件控制电池当前并联运行的充电曲线状态，以通过 CHG FET FSM 控制 CHG FET 所处的状态。

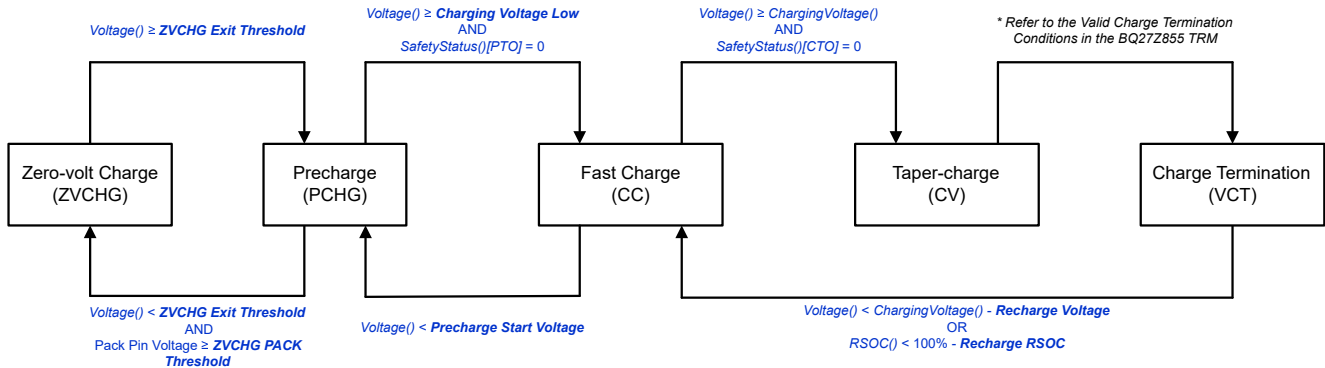


图 6-5. 线性充电曲线状态机

6.3.15.1.2.2 零伏充电 (ZVCHG)

BQ27Z855 器件支持使用零伏充电 (ZVCHG) 或涓流充电功能为深度亏电的电池充电。为了防止损坏电池，当电池低于可编程的 **ZVCHG Exit Threshold** 数据闪存参数并且 **PACK+** 上存在有效的输入电压源时，设备将以极低的电流电平 (I_{ZVCHG}) 为电池充电。

在 ZVCHG 模式期间，该器件会禁用 CHG 和 DSG FET，因此 CHG FET 处于 CHG = OFF 状态。

有关 BQ27Z855 器件 ZVCHG 功能的详细说明，请参阅 节 6.3.11。

6.3.15.1.2.3 预充电 (PCHG)

当电池电压上升到或高于编程的 **ZVCHG Exit Threshold** 值时，器件转换至线性模式，CHG FET 现在处于 CHG = LIN 状态，以预充电模式运行。在预充电模式下，设备通过充电电流调节电平 I_{CHG} 的恒定电流 (CC) 环路，为电池充电。器件根据器件数据闪存中编程的 **Pre-Charging:Current** 值调节 I_{CHG} 。一旦电池达到编程的 **Charging Voltage Low** 值，器件将在快速充电模式下运行，并根据编程的 I_{CHG} 值为电池充电。

如果启用，预充电超时保护 (PTO) 安全计时器会计算器件处于预充电模式的时间，如果累积的时间超过 **PTO:Delay** 阈值，则可以禁用充电。

6.3.15.1.2.4 快速充电 (CC)

当电池电压达到编程的 **低充电电压** 值时，BQ27Z855 器件通过两个主要环路控制电池充电：恒流 (CC) 环路与恒压 (CV) 环路。

当器件处于快速充电 (CC) 模式时，CC 环路处于主导地位，并且根据器件当前运行的温度范围和电池电压范围，电池会以充电电流调节电平 I_{CHG} 进行充电。CC 环路可调节充电电流的不同 I_{CHG} 设置，可在器件数据闪存内进行配置（请参阅 BQ27Z855 《技术参考》手册的充电电流部分）。CC 环路在适当的 I_{CHG} 设置下调节充电电流，除非由于基于硬件或固件的保护跳变（包括 JEITA 温度相关的保护）或 MINSYS 环路处于活动状态而禁用充电。

如果启用，快速充电超时保护 (CTO) 安全计时器会计算器件处于快速充电和恒压充电模式的时间，并且在累积的时间超过 **CTO : Delay** 阈值时可以禁用充电。

6.3.15.1.2.5 恒压充电 (CV)

一旦电池电压达到充电电压调节目标 (V_{BAT_REG})，器件就会以恒压充电模式运行。CV 环路变得主导，充电电流开始自然逐渐减小。不同的 V_{BAT_REG} 设置 CV 环路可以根据当前温度范围调节充电电压，该设置可在器件数据闪存中配置（请参阅 BQ27Z855 《技术参考手册》的充电电压部分）。一旦充电电流达到通过 **Charge Term Taper Current** 数据闪存参数编程的充电电流目标 (I_{TERM})，并且满足 BQ27Z855 《技术参考手册》中规定的所有有效充电终止条件，电池充电完成并且器件设置 **[VCT]** 位。

6.3.15.1.2.6 充电终止 (VCT)

一旦充电电流达到可编程的 I_{TERM} 值，并且满足 BQ27Z855 技术参考手册中规定的所有有效充电终止条件，器件就会自动终止充电。终止后，该器件以充电终止模式运行并禁用 CHG FET，以断开电池与系统负载的连接。该器件通过将 CHG FET 转换为理想二极管模式，以设置 CHG = ID_OFF 来禁用 CHG FET。只要连接了输入电压源，系统负载仍会供电。

仅当 CV 环路在恒压充电模式中激活并占主导地位时，才会启用终止。如果充电电流达到 I_{TERM} ，但 MINSYS 环路或电池补充功能处于激活状态，则会禁用终止。器件的限流器仅在因电池达到目标恒压电压而导致电流降至 I_{TERM} 时终止充电，而不是由于前面提到的控制环路施加的充电电流限制而终止。

终止后会禁用 CHG FET，并监测电池电压以检查其是否降至可编程的再充电电压 (V_{RCH}) 阈值。如果是，则会建立新的充电周期。安全计时器将复位。在充电期间，甚至达到终止时，器件仍将使用电池补充模式支持更高的系统负载。

6.3.15.1.2.7 分步充电曲线支持

除了 CC-CV 电池充电曲线，BQ27Z855 还支持电池分步充电曲线，并使用器件固件提供多达 5 个、可配置的 CC-CV 阶跃。该器件使用与 CC-CV 电池充电曲线相同的控制环路。

图 6-6 展示了一个阶跃为 5 个 CC-CV 的电池充电曲线示例。

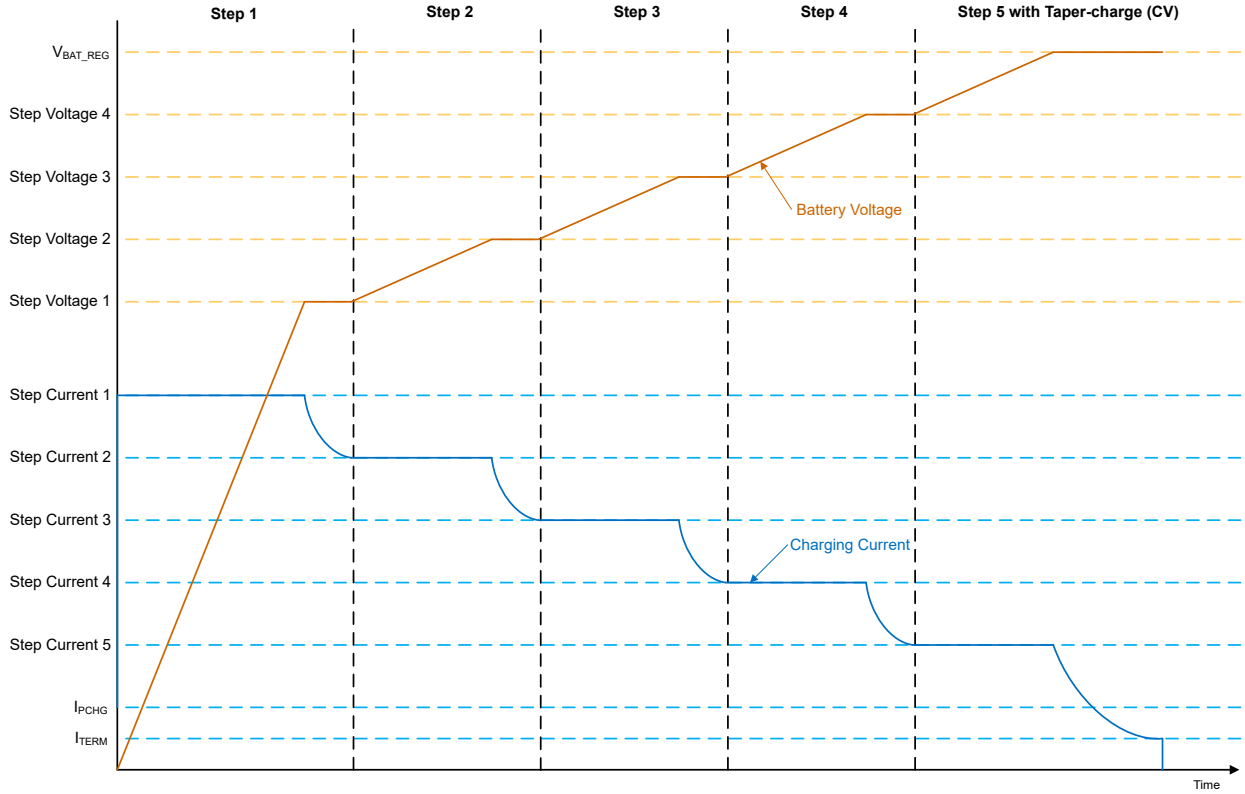


图 6-6. 具有 5 个 CC-CV 阶跃的步进充电电池充电曲线示例

器件固件还包含一个可配置的选项，用于禁用各个 CC-CV 阶跃内的 CV 调节部分。如果 CV 调节部分被禁用，则器件仅使用 CC 步骤进行分步充电。

图 6-7 展示了具有 5 个 CC 阶跃的电池分步充电曲线示例。

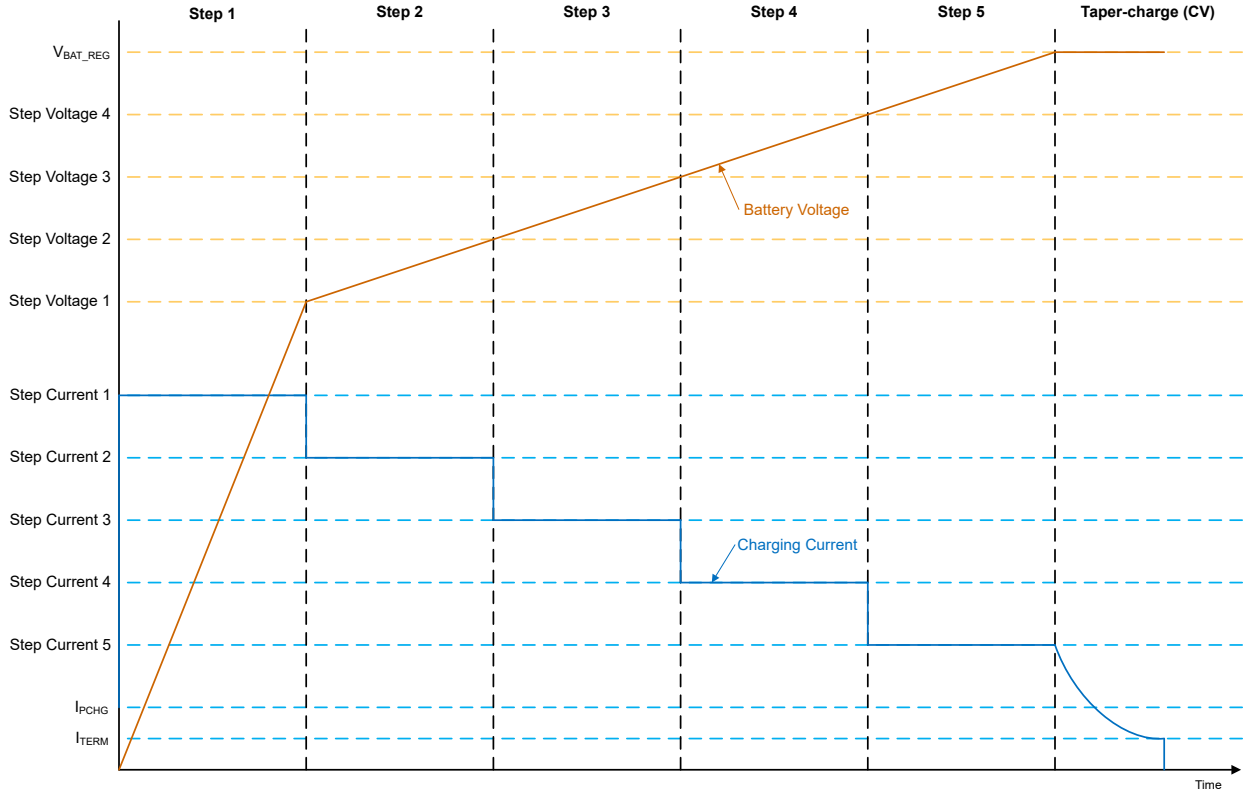


图 6-7. 具有 5 个 CC 阶跃的步进电池充电曲线示例

图 6-8 展示了 BQ27Z855 器件所执行的 N 阶阶梯充电循环，该器件通过状态机分步执行并跟踪充电过程，不受 [CHGR_DET] 位状态的影响。该器件控制电池当前并联运行的充电曲线状态以及 CC-CV 或 CC 阶跃，以通过 CHG FET FSM 控制 CHG FET 所处的状态。

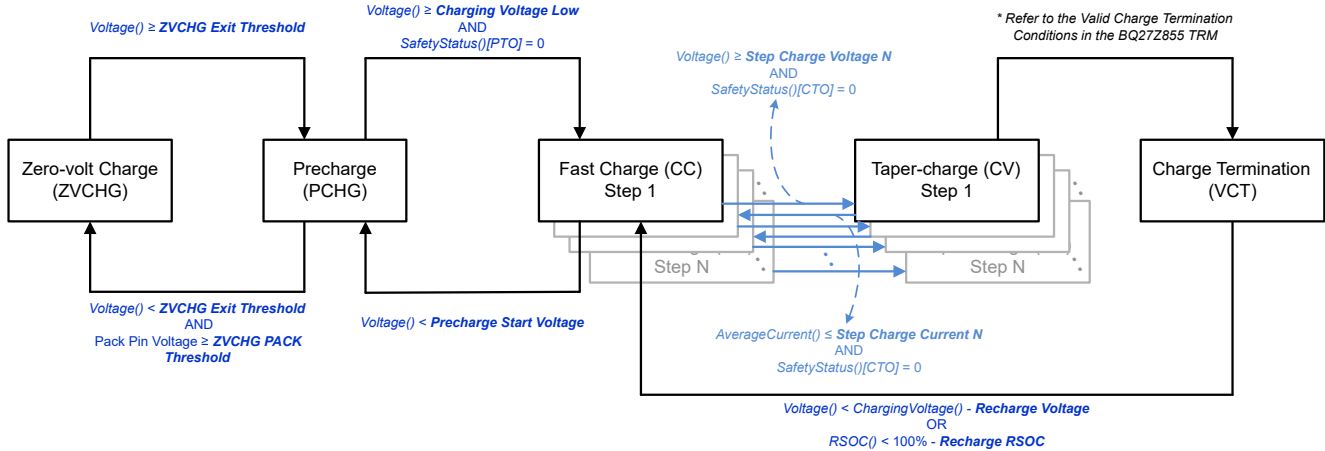


图 6-8. 步进充电曲线状态机

6.3.15.1.3 MINSYS 模式

当器件处于线性模式 (CHG = LIN) 状态时，MINSYS 调节环路可处于活动状态。在系统的 PACK+ 节点上连接有效的输入电源后，流入 PACK+ 节点的电流会在电池充电和系统负载供电之间共享。如果电池充电电流与负载电流之和超过输入电源的输出电流限值，则 MINSYS 环路将激活以降低电池充电电流，并确定系统负载的优先级。

在 MINSYS 模式期间，器件将增大或减小 CHG FET 栅极驱动电压，以降低充电电流并将 PACK 电压维持在 V_{MINSYS} 或以上。 V_{MINSYS} 阈值设置可使用器件固件进行编程。

当 MINSYS 环路激活时，PACK 电压保持在电池电压以上。如果 PACK 电压降至补充模式阈值 (V_{TH_ON}) 以下，器件将进入补充模式 (CHG = LIN_ON)。

当 MINSYS 环路激活时会禁用电池终止。

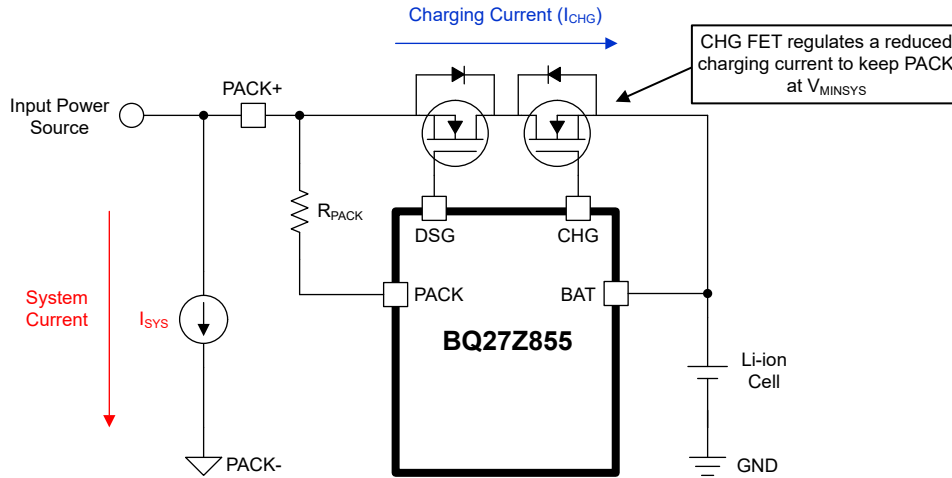


图 6-9. MINSYS 模式运行

6.3.15.1.4 电池补充模式

在 MINSYS 模式下 (CHG = LIN)，如果充电电流降至零并且系统负载电流增加到超过连接在 PACK+ 端口的输入电源的输入电流限制，则 PACK 上的电压会进一步降低。当 PACK 电压降至低于电池电压，达到 V_{TH_ON} 时，电池会为系统负载补充供电，器件进入 CHG = LIN_ON 状态。当 PACK 引脚电压回升至电池电压范围内且达到 V_{TH_OFF} 阈值，或流经检测电阻的正向/充电电流足够大，所产生的差分电压达到或超过 $V_{TH_OFF_FINE}$ 阈值时，电池将停止为系统负载补充供电。然后，器件转换至 CHG = LIN_OFFT 状态。

如果 PACK 上的电压在 CHG = LIN_OFFT 状态时降低至低于电池电压 V_{TH_ON} ，则器件会进入 CHG = LIN_ON 状态。如果 PACK 上的电压在 CHG = LIN_OFFT 状态下保持高于 V_{TH_OFF} 阈值，则器件将返回 CHG = LIN 状态以恢复线性充电。从 CHG = LIN_OFFT 进入 CHG = LIN_ON 始终优先于进入 CHG = LIN，以支持系统所需的电流负载。

该器件使用以下基于硬件的模块，根据多个系统参数进入和退出补充模式：

- 器件的 BAT 和 PACK 引脚之间的专用电压比较器 (DCOMP)，用于评估 BAT 和 PACK 之间的差分电压是否达到 V_{TH_ON} 和 V_{TH_OFF} 阈值
- 基于库仑计数器的电荷电流测量数字滤波器 (CC3)、用于评估流经检测电阻器的电流是否产生达到或超过 $V_{TH_OFF_FINE}$ 阈值的差分电压

为了支持补充模式和连续的高系统负载脉冲，器件使用在器件的 CP 和 CP_BOOT 引脚之间连接的外部电容器 (C_{CP}) 打开 CHG FET。当器件进入 CHG = LIN_ON 状态时，该电容器会放电至器件的 CHG 引脚，并在 CHG FET 导通后立即重新充电。此外，如果启用了器件的电流限制器，则无论器件是否主动为电池充电，都会在器件运行期间为外部 CP 电容器充电。

在补充模式期间，不会调节电池补充电流。但是，器件基于硬件和基于固件的 OCD 和 SCD 保护处于活动状态（如果已启用）。

当器件处于补充模式下，电池终止被禁用。

电池电压必须高于基于硬件的欠压保护 (V_{UVP})，才能使器件支持补充模式。

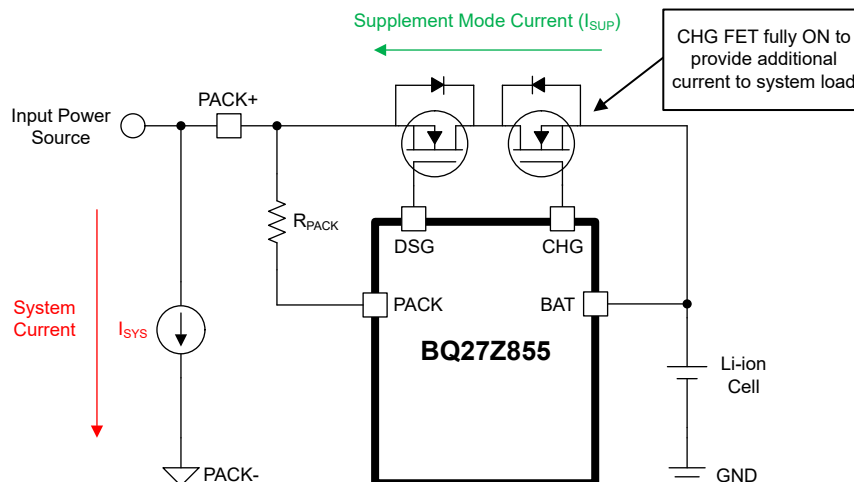


图 6-10. 补充模式运行

6.3.15.2 与智能充电器的交互

未启用 BQ27Z855 器件的集成限流器时，该器件可与系统中的智能充电器交互以支持充电控制功能。

这些充电控制特性包括：

- 根据有效温度范围报告充电电压和充电电流 - JEITA 温度范围 T1、T2、T3、T4、T5 和 T6
- 提供更复杂的充电曲线，包括标准温度范围内的子范围
- 使用 I²C 总线通信接口向智能充电器报告恒流 — 恒压 (CC - CV) 充电曲线所需的适当充电电流和充电电压
- 支持预充电和零伏充电
- 在电池包温度超出编程范围时采用充电禁止和充电暂停功能
- 激活充电和放电警报以报告充电故障并指示充电状态
- 请求降低智能充电器的充电电流和充电电压，以应对电池老化

更多有关器件充电控制功能套件的信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册的“高级充电算法”一章。

6.3.16 理想二极管模式

当器件检测到存在有效输入电压源时，BQ27Z855 器件可控制 CHG FET，以用作理想二极管来阻断充电电流。

当器件在电池放电期间处于理想二极管模式时，器件会进入 CHG = ID_ON 状态，并启用 CHG FET，以允许放电电流流经 FET，而非 CHG FET 的体二极管。但是，当器件处于 CHG = ID_ON 状态，并且 PACK 电压超过电池电压，或检测到充电电流时，CHG FET 会转换至 CHG = ID_OFF 状态，以关断 FET。

该器件使用以下基于硬件的模块，根据多个系统参数控制理想二极管模式下的 FET 状态：

- 器件的 BAT 和 PACK 引脚之间的专用电压比较器 (DCOMP)，用于评估 BAT 和 PACK 之间的差分电压是否达到 V_{TH_ON} 和 V_{TH_OFF} 阈值
- 基于库仑计数器的电荷电流测量数字滤波器 (CC3)、用于评估流经检测电阻器的电流是否产生达到或超过 $V_{TH_OFF_FINE}$ 阈值的差分电压

此外，电池充电终止后，器件处于理想二极管模式。终止后，该器件以充电终止模式运行并禁用 CHG FET，以断开电池与系统负载的连接。该器件通过将 CHG FET 转换为理想二极管模式，以设置 CHG = ID_OFF 来禁用 CHG FET。只要连接了输入电压源，系统负载仍会供电。即使输入电压源仍保持连接，器件仍可通过将 CHG FET 转换至 CHG = ID_ON 状态，利用电池补充模式来支持可能出现的任何高系统负载。

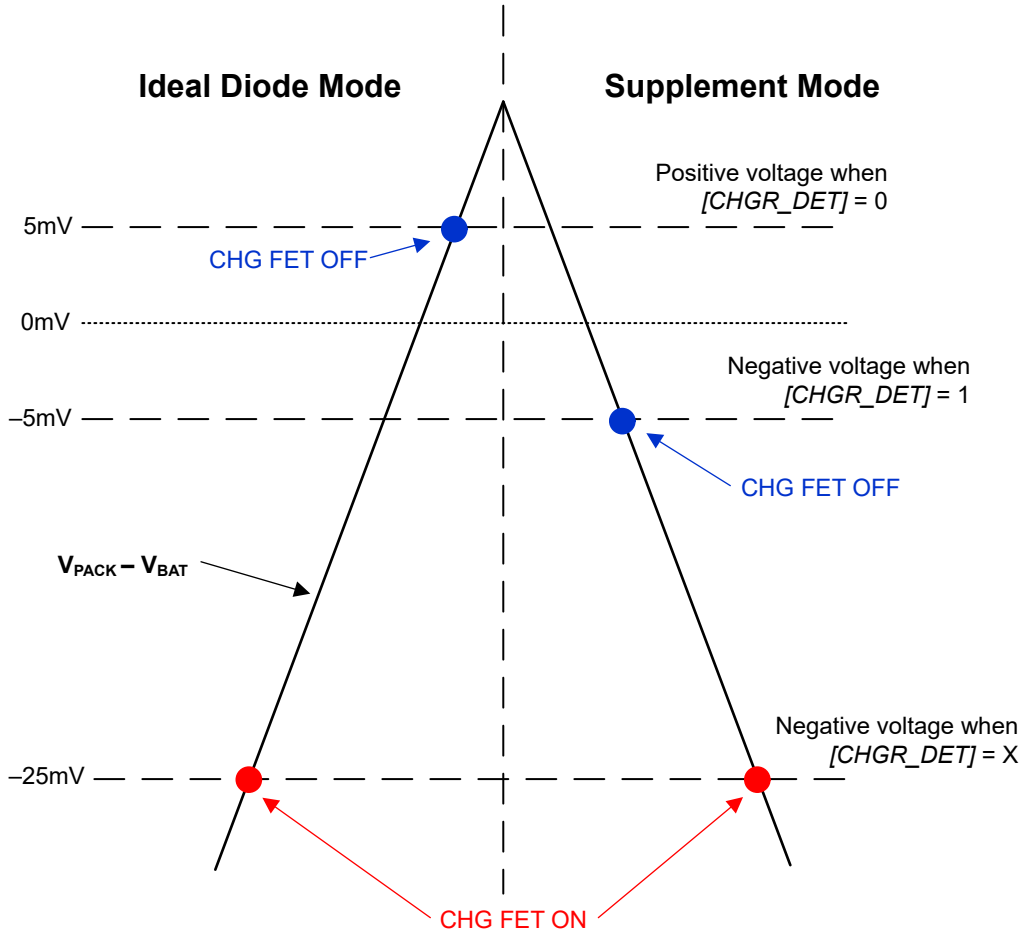


图 6-11. 理想二极管和补充模式下基于 DCOMP 的检测阈值

6.3.17 寿命数据记录特性

该器件支持对多个关键参数进行数据记录，以供保修和分析之用：

- 最大和最小电芯电压
- 最大充电电流
- 最大放电电流
- 最大平均放电电流
- 最大平均放电功率
- 最高和最低电芯温度
- 最高和最低内部温度传感器温度
- 安全事件发生次数以及发生事件的最后一个周期
- 有效充电终止次数以及有效充电终止的最后一个周期
- Qmax 和 Ra 更新次数以及 Qmax 和 Ra 更新的最后一个周期
- 关断事件数量
- FW 总运行时间和在每个温度范围内所用的时间（如果检测到差异，则该数据每 2 小时更新一次。）

更多有关器件寿命数据记录功能的信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册的“寿命数据收集”一章。

6.3.18 身份验证

BQ27Z855 器件支持主机使用椭圆曲线加密 (ECC) 或 SHA-256 进行身份验证。

6.3.18.1 ECC ECDSA 身份验证

BQ27Z855 器件支持主机使用 ECC 进行身份验证，后者使用 256 位密钥系统进行身份验证过程。BQ27Z855 器件采用 ECDSA 版本的 ECC 身份验证。此外，ECC 私钥只需存储在电池组中，这使得基于 ECC 的密钥管理更加简单安全。签名时间将小于 200ms，支持此响应时间的整体硬件和固件架构可实现更高级别的保护。

有关 TI 电量监测计 ECC 身份验证的更多信息，请参阅以下应用手册：[对 TI 电池电量监测计进行椭圆曲线加密认证](#)。

6.3.18.2 SHA-256 认证

该器件支持主机使用 SHA-256 进行身份验证。

电量监测计可以配置为需要通过 SHA-256 认证，然后器件才能解封或允许完全访问。

6.3.19 空中下载 (OTA) 现场更新器

BQ27Z855 器件能够通过无线 (OTA) 更新，在现场远程更新器件固件。可以对器件固件进行这些 OTA 更新，以更新器件固件版本，升级基于固件的功能和算法，以及修改 ChemID 参数。

在发生 OTA 更新时，所有基于硬件的保护功能仍处于启用状态。当该器件在现场运行时，不建议更改基于硬件的保护的阈值和延迟设置。

器件固件采用分段更新方式，支持对损坏部分进行重新写入。

有关 BQ27Z855 器件上 OTA 更新的更多详细信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

6.3.20 配置

该器件支持对多个关键参数进行精确的数据测量和数据记录。

6.3.20.1 电池电压测量

BQ27Z855 电量监测计使用 VADC 以 1s 的间隔测量电芯电压。该测量值在内部针对 VADC 进行缩放并进行校准以减少偏移导致的任何误差。该数据还用于计算 Dynamic Z-Track™ 电量监测的电芯阻抗。

6.3.20.2 以库仑为单位计

该器件使用集成式 Δ - Σ 模数转换器 (CCADC) 进行电流测量。CCADC 通过测量超小外部检测电阻两端的电压降来测量电池的充放电电流。积分 CCADC 测量 -100mV 至 100mV 范围内的双极信号， $V_{SRP} - V_{SRN}$ 为正值时表示充电电流，为负值时表示放电电流。

外部检测电阻器可低至 $0.5m\Omega$ ，而差分电压的极性决定电池处于充电还是放电模式。

6.3.20.3 温度测量

BQ27Z855 器件具有一个用于片上温度测量的内部温度传感器 (INT_TEMP)，能够通过 TS 引脚上的外部 NTC 支持外部温度测量。这两个测量可通过器件固件单独启用和配置。

6.4 器件功能模式

BQ27Z855 器件支持多种电源模式，以适应电池组可采用的不同模式，并降低器件功耗：

- 在激活模式下，BQ27Z855 器件以 1s 的间隔执行测量、计算、保护决策和数据更新。在这些间隔之间，BQ27Z855 在更低的功率级下运行，以尽可能减少器件功率消耗。在此模式下会持续监控电池保护。
- 在 SLEEP 模式下，BQ27Z855 器件以可调节的时间间隔执行测量、计算、保护决策和数据更新。在这些间隔之间，BQ27Z855 器件处于降低的功率级。在 SLEEP 模式下，该器件的库仑计数器将持续积分。在此模式下会持续监控电池保护。BQ27Z855 具有唤醒功能，可在检测到电流流动、电池保护事件或故障时退出 SLEEP 模式。
- 在 DEEP SLEEP 模式下，BQ27Z855 器件以可调节的时间间隔执行测量、计算、保护决策和数据更新。在这些间隔之间，BQ27Z855 处于进一步降低的功率级。在 DEEP SLEEP 模式下，该器件的库仑计以可调节的时

间间隔开启，以读取电流，并在两次测量间隔期间关闭。在此模式下会持续监控电池保护。BQ27Z855 具有唤醒功能，可在检测到电流流动、电池保护事件或故障时退出 DEEP SLEEP 模式。

- 在 SHELF1 模式下，BQ27Z855 处于极低功耗状态，以便于运输或货架存放。该器件以极低频率测量电压和温度，ADC 转换时间较短，同时不会测量电流或执行库仑计数。此外，CHG 和 DSG FET 以及所有基于硬件的保护功能均关闭。因此，在测量仪表处于 SHELF1 模式下，系统无法获得外部电源。电流假定并报告为 0mA。因此，该器件通过电芯电压或 OCV 测量来跟踪电池的充电状态。每个间隔执行的测量为电芯电压、温度和电池组电压（每四个间隔一次）。可通过减少计算次数来更大限度地减少处理。一些计算的执行频率较低，且：仅在测量电压和温度后执行。这些不太频繁的计算包括更新基于固件的保护、寿命数据以及高级充电算法的电压和温度范围。假定系统处于关闭状态且不会与电量监测计进行通信，其他计算，例如更新 *RemainingCapacity()* 和 *FullChargeCapacity()*，并且将完全停止。
- 在 SHELF2 模式下，出于运输或货架存放目的，BQ27Z855 处于比 SHELF1 模式更低的功耗状态。器件以可调节的时间间隔唤醒以执行测量和计算，如果需要，数据更新，然后立即进入类似关断的状态，在这些间隔期间仅开启最小块数。该器件使用 LFO 进行计时，以确定何时达到下一个唤醒间隔，以及器件处于 SHELF2 模式的时长。电流假定并报告为 0mA。因此，该器件通过电芯电压或 OCV 测量来跟踪电池的充电状态。假定系统处于关闭状态且不会与电量监测计进行通信，监测计算，例如更新 *RemainingCapacity()* 和 *FullChargeCapacity()*，并且将完全停止。
- 在关断模式下，BQ27Z855 被完全禁用。

7 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定各元件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计是否能够实现，以确保系统功能。

7.1 应用信息

BQ27Z855 电量监测计可与 1 节串联锂离子和锂聚合物电池组搭配使用。要为特定电池组实施和设计一组全面的参数，用户需要使用 **Battery Management Studio (BQStudio)** (开发过程中安装在 PC 上的图形用户界面工具) 和基于 USB 的 PC 接口板 (如 EV2500 或 EV2400) 来对电量计进行编程和通信。产品中安装的固件具有默认值，这些数据在相关的 BQ27Z855 技术参考手册中进行了汇总。使用 BQStudio 工具时，可以在开发过程中更改这些默认值以满足特定的应用要求，但需要先知道系统参数，例如启用或禁用某些运行特性、电芯配置和最适合所用电芯的化学成分等。最终的闪存映像是在配置和测试完成后提取，用于大规模生产，并被称为“黄金映像”。

7.2 典型应用原理图

以下是单节电池组的 BQ27Z855 应用原理图示例。

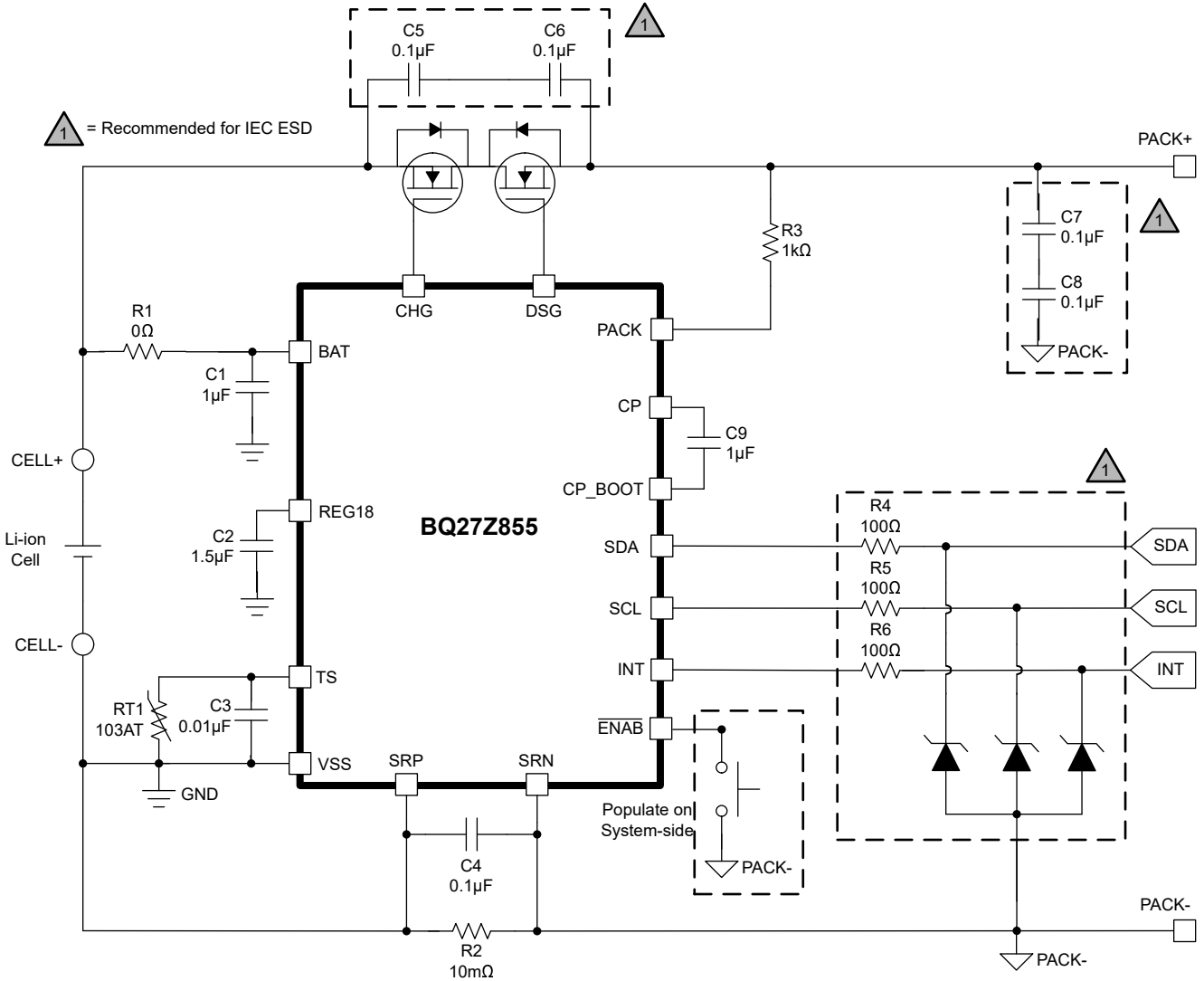


图 7-1. BQ27Z855 具有低侧电流检测功能的典型应用原理图

ADVANCE INFORMATION

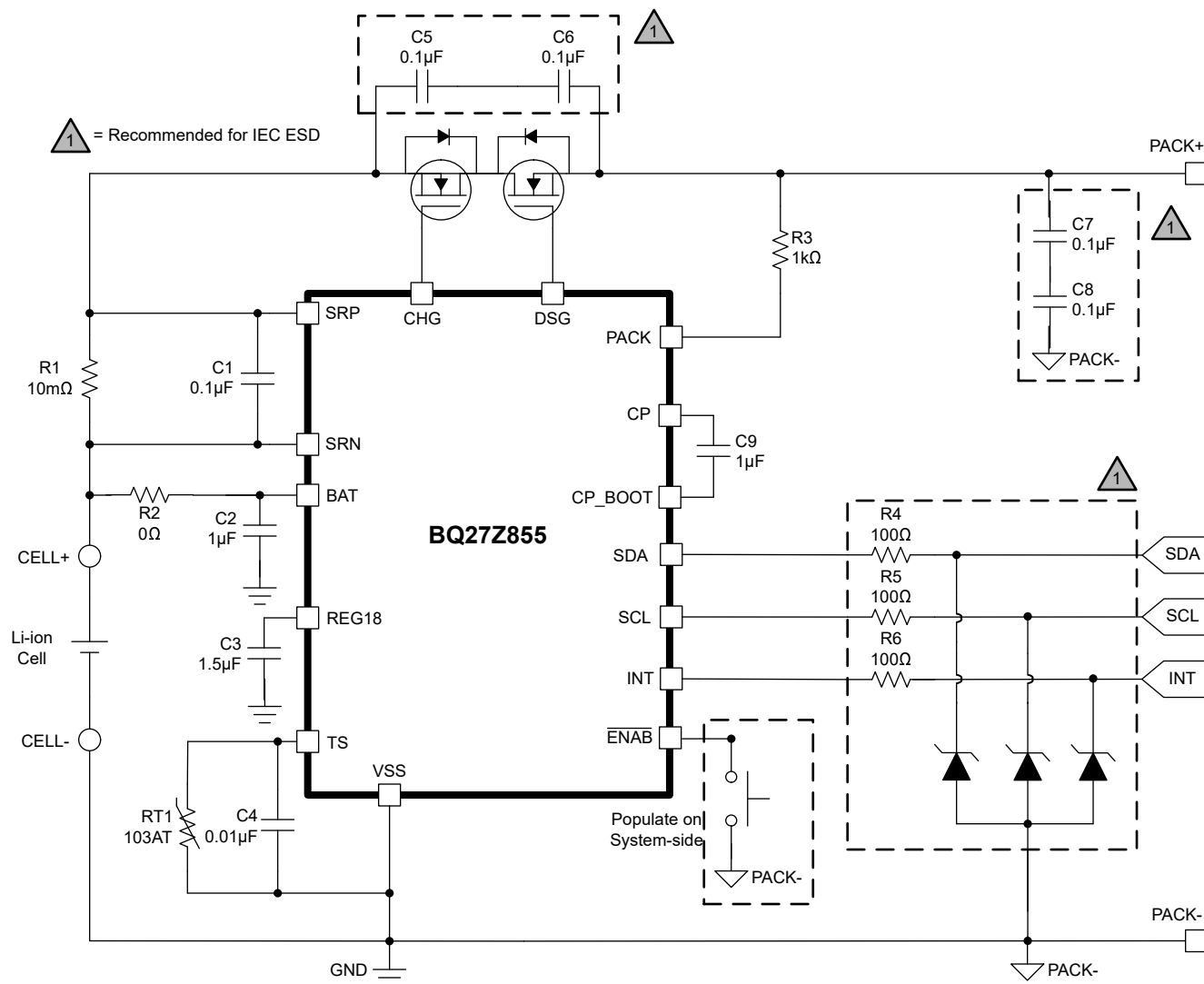


图 7-2. BQ27Z855 具有高侧电流检测功能的典型应用原理图

7.2.1 设计要求

表 7-1 展示了主要参数的默认设置。使用 bqStudio 工具更新设置，以满足特定应用或电池包配置要求。

进行任何电量监测测试之前，应校准该器件。按照 bqStudio Calibration 页面对器件进行校准，并使用 bqStudio Chemistry 页面为器件更新匹配的化学成分曲线。

表 7-1. 设计参数示例

设计参数	示例
电芯配置	1S1P : 1 串 1 并
设计容量	250mAh
器件化学成分	锂离子
电芯欠压	2500mV
标准温度下的电芯过压	4400mV
关断电压	2300mV
充电阈值下的过流	1000mA
放电阈值下的过流	-1000mA

表 7-1. 设计参数示例 (续)

设计参数	示例
放电阈值下的短路	-1500mA
内部和外部温度传感器	仅使用外部温度传感器
充电阈值下的欠温	0°C
放电阈值下的欠温	0°C
零伏充电退出阈值	2400mV
零伏 PACK 阈值	1500mV
预充电电流	50mA
Charging Voltage Low	2900mV
下降沿预充电启动电压	2500mV
标准温度下的充电电流	250mA
标准温度下的充电电压	4200mV
终止电流	25mA
充电电压	100mV
MINSYS 电压阈值	3800mV
BROADCAST 模式	禁用

可以在器件固件中调整满足设计要求所需的设计参数。关于特定设计参数的更多信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

7.2.2 详细设计过程

7.2.2.1 高电流路径

高电流路径从电池包的 PACK+ 端子开始。当充电电流从 PACK+ 端子流出时，它会流经保护 FET、电池电芯和电芯连接点、检测电阻，然后返回到 PACK- 端子。此外，一些元件放置在 PACK+ 和 PACK- 端子之间，可减少静电放电的影响。

7.2.2.1.1 保护 FET

BQ27Z855 器件支持使用集成 NFET 驱动器驱动外部 N 沟道保护 FET。为给定应用选择 N 沟道 CHG 和 DSG FET。

如果启用了器件的限流器，请根据节 7.2.2.3.1 中概述的 FET 参数指南选择 N 沟道 CHG 和 DSG FET，以确保提供正确的线性充电功能。

CHG 和 DSG 保护 FET 的栅极被拉至器件 GND 基准 (VSS)，以确保在栅极驱动器开路时关断 FET。

电容器 C5 和 C6 有助于在 ESD 事件期间保护 FET。使用两个器件可确保在其中一个电容器短路时正常运行。为了提供强劲的 ESD 性能保护，电容器引线的覆铜布线电感必须设计为尽可能短且宽。确保 C5 和 C6 的额定电压足以在其中一个电容器短路时抑制施加的电压。

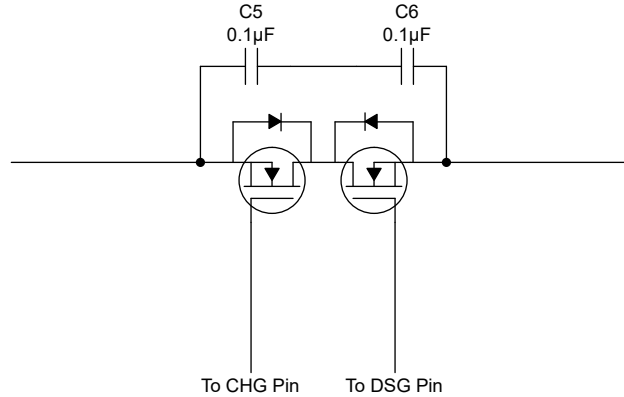


图 7-3. 保护 FET

7.2.2.1.2 电池电芯连接

高电流流经电池电芯的顶部和底部接头。因此，这些点的电压检测引线必须采用开尔文连接，以避免因覆铜布线引起的压降而产生任何误差。图 7-4 中标记为 1P 的位置表示电芯正极的开尔文连接点。与器件 BAT 引脚的开尔文连接还降低了连接点与器件输入电源之间的布线电阻。

当电量监测计测量电芯电压时，需要在 1N 与低电流接地端之间进行开尔文连接，以避免长布线产生不必要的压降。

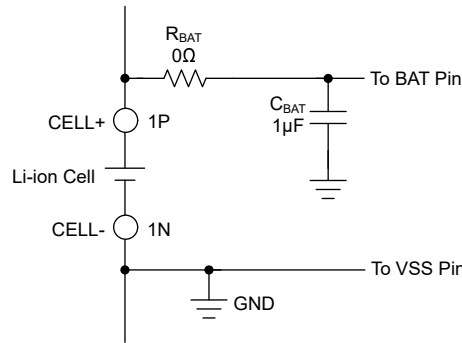


图 7-4. 电池电芯连接

7.2.2.1.3 检测电阻

与电芯连接一样，检测电阻上的开尔文连接质量至关重要。检测电阻的温度系数不得大于 50ppm，以更大程度地减小电流测量随温度的漂移。选择检流电阻阻值时，应使其与 BQ27Z855 可用的过流及短路保护范围，以及所需的保护阈值设置相对应。对于给定应用，建议选择尽可能小的值，以便最大限度地减小放电短路事件期间 BQ27Z855 V_{SS} 节点上产生的负电压。该引脚的绝对最小电压为 -0.3V。

只要确保良好的开尔文检测，就可以使用并联电阻。该器件设计支持最低 0.5mΩ 的检测电阻值。

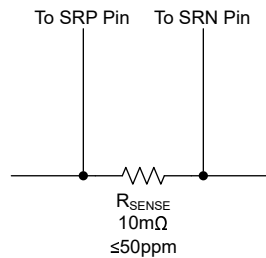


图 7-5. 检测电阻

7.2.2.1.4 降低 ESD

在 PACK+ 和 PACK- 端子之间放置一对串联 0.1 μ F 陶瓷电容器 (C7 和 C8) , 有助于缓解外部系统级静电放电。串联的两个器件可确保在其中一个电容器短路时电池组能够继续运行。

7.2.2.2 电量监测计电路

电量监测计电路包括 BQ27Z855 及其外设元件。这些元件分为以下几组：

- 电芯电压测量接口
- 库仑计数器接口
- 温度测量
- 1.8V LDO (REG18)
- I²C 通信
- 通过 INT 引脚实现主机接口中断

7.2.2.2.1 电芯电压测量接口

电芯输入由旁路电容器 (C_{BAT}) 进行调节, 旁路电容器在器件的 BAT 引脚和 GND 基准 (VSS) 之间连接, 具有建议的典型值 1 μ F。该电容器用于滤除不必要的电压瞬变, 并在电芯连接期间提供部分 ESD 保护。BQ27Z855 器件使用 BAT 引脚作为器件的电源, 因此在器件 BAT 引脚和 V_{SS} 之间连接的旁路电容器也用于滤除器件内部 1.8V LDO 输入端不必要的电压纹波。

如果需要拆分网络名称, 可以在电芯的正极端子与器件 BAT 引脚之间放置一个 0 Ω 电阻器 (R_{BAT}), 但不建议使用更高的电阻值以确保线性充电器功能正常并进入和退出补充模式。请参阅节 7.2.2.3.2 和节 7.2.2.3.3 了解更多详细信息。

此外, 如图 7-4 所述, 必须在电池连接处用开尔文连接检测电芯的顶部节点, 以防止因 PCB 铜走线压降导致的电压检测误差。

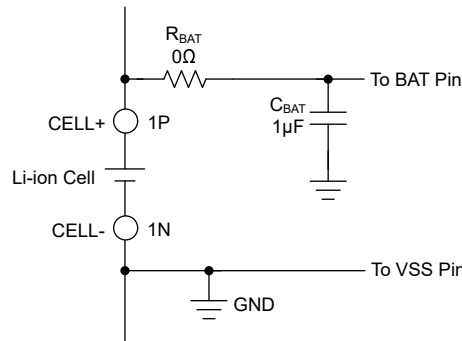


图 7-6. 电芯电压测量输入

7.2.2.2.2 库仑计数器接口

BQ27Z855 使用一个积分 Δ - Σ ADC 或库仑计来测量电流。为了实现更可靠的抗噪性能, 可以在器件的 SRP 和 SRN 引脚之间添加一个电容器, 以提供一些低通滤波。在 SRP 和 SRN 输入端放置一个 0.1 μ F (C_{CCADC}) 滤波电容器。

选择检测电阻值时需要考虑的一个关键事项是在检测电阻值与该器件的库仑计将报告的电流分辨率之间进行权衡, 以用于电量监测计算。此权衡的详细说明如下：

- 较高的检测电阻值会产生较低的电流分辨率, 因此更适合使用较低电池容量和/或电流的应用
- 检测电阻值越低, 电流分辨率越高, 因此更适合使用较高电池容量和/或电流的应用

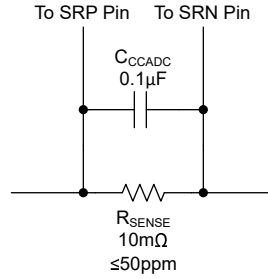


图 7-7. 库仑计数器接口

7.2.2.2.3 温度测量

对于 BQ27Z855 器件，TS 引脚在固件控制下提供内部热敏电阻偏置网络，以便使用外部 NTC 热敏电阻测量电芯温度。TS 引脚通过集成式 $18\text{k}\Omega$ （典型值）线性化上拉电阻启用，以支持使用 $10\text{k}\Omega$ (25°C) NTC 外部热敏电阻，例如 Semitec 103AT-2。BQ27Z855 器件支持一个外部热敏电阻。

或者，可以将一个小型 $0.01\mu\text{F}$ 电容器 (C_{TS}) 与外部 NTC 热敏电阻并联，以便在温度测量和 ESD 性能期间实现更可靠的防噪性能。

BQ27Z855 器件还包含一个内部温度传感器，该传感器可用于代替外部热敏电阻或对其进行补充。可通过器件固件启用和禁用该内部温度传感器。

可通过器件固件来配置基于温度的保护设置。有关更多详细信息，请参阅 BQ27Z855 技术参考手册。

如果未使用 TS 引脚，则将该引脚连接到 VSS 或保持悬空，并相应地配置数据闪存，以禁用未使用 TS 引脚上的测量温度。如果未使用内部温度传感器，请相应地配置数据闪存以禁用传感器。

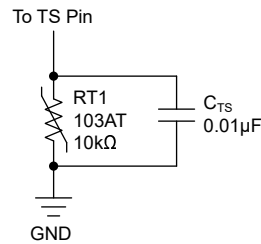


图 7-8. 外部 NTC 热敏电阻支持

7.2.2.2.4 1.8V 低压降稳压器 (REG18)

BQ27Z855 包括一个用于支持此器件的 1.8V 低压降稳压器，并为器件 CPU 和内部数字逻辑提供稳压电源电压。需要在尽可能靠近 REG18 引脚的位置连接一个推荐典型电容值为 $1.5\mu\text{F}$ 的电容器 (C_{REG18})，以实现出色运行。

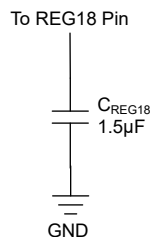


图 7-9. REG18 外部电容器

7.2.2.2.5 I²C 通信 (SDA、SCL)

该器件的 I²C 时钟和数据引脚具有 6V 的绝对最大额定电压，并具有集成式高压 ESD 保护电路。但是，添加齐纳二极管或 ESD TVS 二极管以及 100Ω 串联电阻，可以提供更强大的 ESD 性能。

SDA 和 SCL 引脚有内部下拉电阻器。当电量监测计检测到两条线路都为低电平时（例如在取出电池组期间），器件会进入 SLEEP 模式以节省电量。

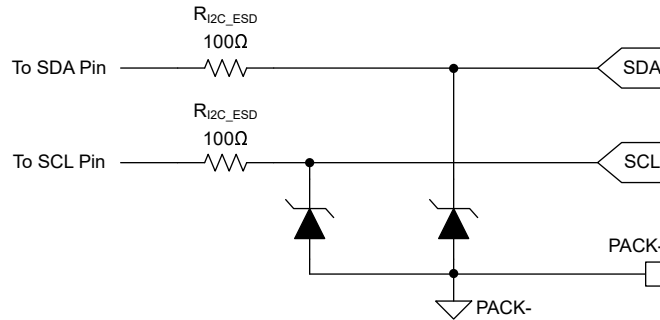


图 7-10. 针对 I²C 通信的 ESD 保护

7.2.2.2.6 主机接口中断 (INT)

该器件的 INT 引脚还具有 6V 的绝对最大额定电压，以及集成式高压 ESD 保护电路。与 I²C 引脚类似，可以添加齐纳二极管或 ESD TVS 二极管和 100 Ω 串联电阻器，来提供更强大的 ESD 性能。

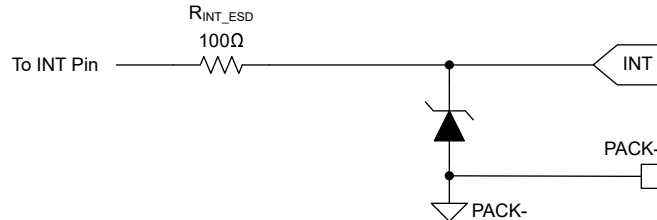


图 7-11. 为系统侧主机提供 INT 输出的 ESD 保护

7.2.2.3 限流器电路

限流器电路包括 BQ27Z855 及其外设元件。这些元件分为以下几组：

- 保护 FET
- CP 控制逻辑和电容器
- 基于电压的反馈接口
- 基于电流的反馈接口
- BAT-PACK 专用电压比较器 (DCOMP)

7.2.2.3.1 保护 FET 及与 BQ27Z855 的兼容性

BQ27Z855 器件支持使用集成 NFET 驱动器驱动外部 N 沟道保护 FET。启用该器件的限流器功能后，该器件会在线性工作模式下控制 CHG FET，以用作线性充电器。为了确保器件的限流器实现正确的充电功能，请根据 FET 数据表中通常指定的以下 NFET 参数，为给定应用选择 N 沟道 CHG 和 DSG FET：

1. CHG FET 的栅极电阻 (R_G)
2. CHG FET 的输入电容 (C_{ISS})

为了使所选的 NFET 与 BQ27Z855 器件兼容， R_G 和 C_{ISS} 的乘积必须小于 $7\mu\Omega \times F$ 。换言之：

$$R_G \times C_{ISS} < 7\mu\Omega \times F = R_G \times (C_{GS} + C_{GD}) < 7\mu\Omega \times F \quad (1)$$

例如，如果 FET 的最大 $R_G = 700\Omega$ ，则 FET 的最大 C_{ISS} 值不能超过 10nF。

遵循此标准可确保器件的 CC 和 CV 环路保持稳定，并且在充电期间不会发生不必要的振荡。

此外，还应根据特定应用的电池充电参数仔细考虑 FET 的热性能。

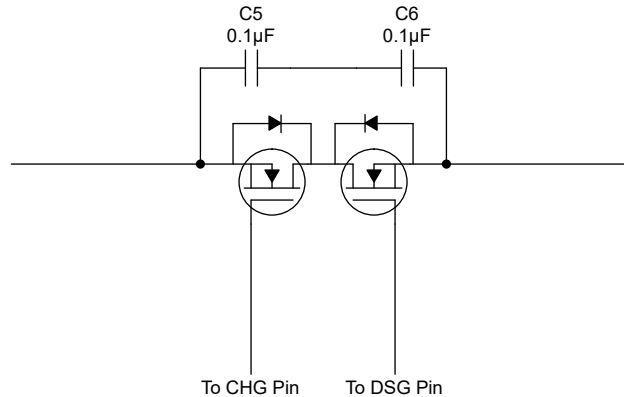


图 7-12. 用于限流的保护 FET

7.2.2.3.2 CP 控制逻辑和电容器

为了支持补充模式和连续的高系统负载脉冲，器件使用内部控制逻辑和在器件的 CP 和 CP_BOOT 引脚之间连接的外部电容器 (C_{CP}) 打开 CHG FET。当器件进入 CHG = LIN_ON 状态时，该电容器会放电至器件的 CHG 引脚，并在 CHG FET 导通后立即重新充电。此外，如果启用了器件的电流限制器，则无论器件是否主动为电池充电，都会在器件运行期间为外部 C_{CP} 电容器充电。

当外部 CP 电容器充电时，电容器使用可用的电池电压进行充电。为了确保器件正确进入和退出补充模式，不建议在电芯 (CELL+) 的正极端子与器件的 BAT 引脚之间增加电阻。这可防止在 CP 电容器必须在系统高负载脉冲之间重新充电，以支持下一次进入补充模式时出现意外的器件掉电。建议 CELL+ 和器件 BAT 引脚之间的总电阻不超过 $110m\Omega$ 。

将具有 $1\mu F$ 建议典型电容的外部 CP 电容器放置在 CP 和 CP_BOOT 引脚之间，并尽可能靠近器件。

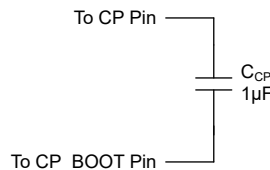


图 7-13. CP 电容器

7.2.2.3.3 基于电压的反馈接口

如节 7.2.2.2.1 所述，器件使用器件的 BAT 引脚测量电芯电压。测得的电芯电压值提供器件限流器所需的反馈，以正确调节充电电流和充电电压。

除了节 7.2.2.2.1 中所述的所需元件外，器件的 BAT 引脚上无需其他外部元件即可支持限流器功能。

除了有关 CELL+ 和器件 BAT 引脚之间的总电阻的建议（如节 7.2.2.3.2 所述）外，还应仔细考虑以下电阻，以确保正确的充电和补充模式行为：

- 不建议 BAT 电容器 (C_{BAT}) 和器件 BAT 引脚之间的寄生电阻超过 $60m\Omega$
- 不建议 CELL+ 和 C_{BAT} 电容器之间的连接电阻超过 $140m\Omega$

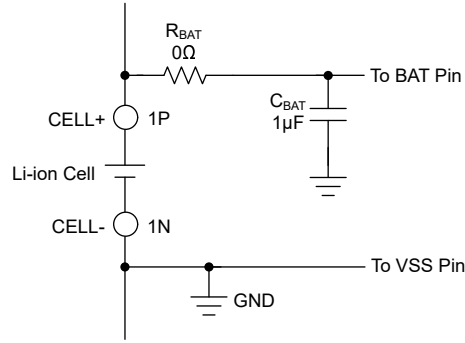


图 7-14. 基于电压的反馈接口

7.2.2.3.4 基于电流的反馈接口

如节 7.2.2.2.2 所述，该器件使用积分 Δ - Σ ADC 或库仑计，通过转换 SRP 和 SRN 端子间检测电阻上的电压差来进行电流测量。测量的电流值提供器件限流器所需的反馈，以正确调节充电电流和充电电压。

除了节 7.2.2.2.2 中所述的所需元件外，器件的 SRP 和 SRN 引脚处不需要其他外部元件来支持限流器功能。

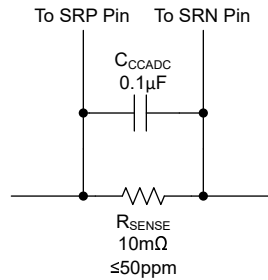


图 7-15. 基于电流的反馈接口

7.2.2.3.4.1 检测电阻对基于电流的反馈的影响

如节 7.2.2.2.2 所述，选择检测电阻 (R_{SENSE}) 的阻值需要在电阻值与器件库仑计为电量计算所报告的电流分辨率之间进行权衡。当器件的限流器启用时，这种权衡也会存在，并且会影响器件检测和调节充电电流的电流分辨率。

此权衡的详细说明如下：

- 较高的检测电阻值会产生较低的电流分辨率，因此更适合使用较低电池容量和/或充电电流的应用
- 检测电阻值越低，电流分辨率越高，因此更适合使用较高电池容量和/或充电电流的应用

使用特定检测电阻值和特定充电电流的组合会影响器件的充电电流分辨率，因为器件的电池充电功能会根据检测电阻值进行缩放。

除了分辨率之外，检测电阻值还会影响最小充电电流设置，以实现特定的充电电流精度。作为实现 $\pm 10\%$ 充电电流精度的通用指导原则，不建议将器件数据闪存中编程的充电电流设置为低于表 7-2 中规定的最小值。使用特定检测电阻值时，仍可以对低于建议范围的充电电流设置进行编程，但器件调节的充电电流可能不会精确到 $\pm 10\%$ 。器件数据闪存中编程的充电电流也不应超过限流器规格表中指定的 $I_{CHG(MAX)}$ 。然后，应仔细考虑检测电阻值和充电电流设置的组合。

在器件数据闪存中对快速充电和预充电电流设置进行编程时，应考虑检测电阻值对充电电流分辨率和精度的影响。

表 7-2 提供了有关检测电阻值如何影响器件充电电流 (I_{CHG}) 分辨率和建议范围的指导：

表 7-2. I_{CHG} 分辨率和精度与 R_{SENSE} 间的关系

	0.5m Ω	1m Ω	2m Ω	5m Ω	10m Ω	20m Ω	50m Ω	100m Ω
I_{CHG} 分辨率 (mA)	29.30	14.65	7.32	2.93	1.46	0.73	0.29	0.15
最小 I_{CHG} 设置 (mA) ⁽¹⁾	925	463	231	93	46	23	9	5

(1) 有关实现 $\pm 10\%$ I_{CHG} 精度的最小 I_{CHG} 设置的通用指南。对器件数据闪存中的较低电流进行编程可能不会那么准确。

允许将较低的终止电流 (I_{TERM}) 设置为低于建议的 I_{CHG} 范围，但不应超过限流器规格表中指定的 $I_{TERM(MAX)}$ 。与上述实现 $\pm 10\%$ I_{CHG} 精度的通用指南类似，不建议将器件数据闪存中编程的 I_{TERM} 设置为低于表 7-3 中规定的最小值，从而实现 $\pm 10\%$ I_{TERM} 精度。使用特定检测电阻值时，仍可以对低于建议范围的 I_{TERM} 设置进行编程，但器件检测到的 I_{TERM} 值可能不会精确到 $\pm 10\%$ 。

表 7-3 提供了有关检测电阻值如何影响器件的 I_{TERM} 分辨率和建议范围的指导：

表 7-3. I_{TERM} 分辨率和精度与 R_{SENSE} 间的关系

	0.5m Ω	1m Ω	2m Ω	5m Ω	10m Ω	20m Ω	50m Ω	100m Ω
I_{TERM} 分辨率 (mA)	1.85	0.92	0.46	0.18	0.09	0.05	0.02	0.01
最小 I_{TERM} 设置 (mA) ⁽¹⁾	55	28	14	6	3	1	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾

(1) 有关实现 $\pm 10\%$ I_{TERM} 精度的最小 I_{TERM} 设置的通用指南。对器件数据闪存中的较低电流进行编程可能不会那么准确。

(2) 为实现 $\pm 10\%$ 的 I_{TERM} 精度，不建议使用该 R_{SENSE} 来考虑最小 I_{TERM} 值。器件数据闪存中 **Charge Term Taper Current** 的可编程步长和最小非零设置为 1mA。

7.2.2.3.4.2 检测电阻对 CHG FET 状态转换的影响

当器件可以在线性或理想二极管模式下触发 CHG FET 状态转换时，检测电阻的值也会产生影响。该器件使用基于库仑计的电荷电流测量数字滤波器 (CC3) 来检测 $V_{SRP} - V_{SRN} \geq V_{TH_OFF_FINE}$ 何时关断 CHG FET。由于流经检测电阻的任何正电流或充电电流都会在检测电阻上产生差分电压，因此 CC3 数字滤波器会根据 R_{SENSE} 的值在检测到的更高或更低充电电流时有效地触发 CHG FET 状态转换。

由 R_{SENSE} 的值引起的“检测充电电流阈值”中的这种权衡详细说明如下：

- 较高的 R_{SENSE} 值会产生较低的“检测充电电流阈值”
- 较低的 R_{SENSE} 值会产生较高的“检测充电电流阈值”

例如，通过 $V_{TH_OFF_FINE} = 450\mu V$ 和 $R_{SENSE} = 20m\Omega$ 的组合，器件的 CC3 数字滤波器可以检测低至 22.5mA 的充电电流，以关闭 CHG FET (线性模式下 $CHG = LIN_OFFT$ ，或理想二极管模式下 $CHG = ID_OFF$)。使用 $R_{SENSE} = 1m\Omega$ 会将该“检测充电电流阈值”增加到 450mA。

如果器件需要检测较小的充电电流，以便在 PACK+ 上连接有效输入电压源时关断 CHG FET，，则这一注意事项对于理想二极管模式尤其重要。

7.2.2.3.5 BAT-PACK 专用电压比较器 (DCOMP)

BQ27Z855 器件使用集成的专用电压比较器 (DCOMP) 来评估 V_{BAT} 与 V_{PACK} 之间的电压差。当器件处于线性模式和理想二极管模式时，此 DCOMP 用于根据多个系统参数来控制 CHG FET 的状态。

差分电压 DCOMP 检测并比较电压阈值 (V_{TH_ON} 和 V_{TH_OFF}) 以实现 CHG FET 状态切换，该过程基于从节点 A 到节点 B 的电压 (如图 7-16 所示)。

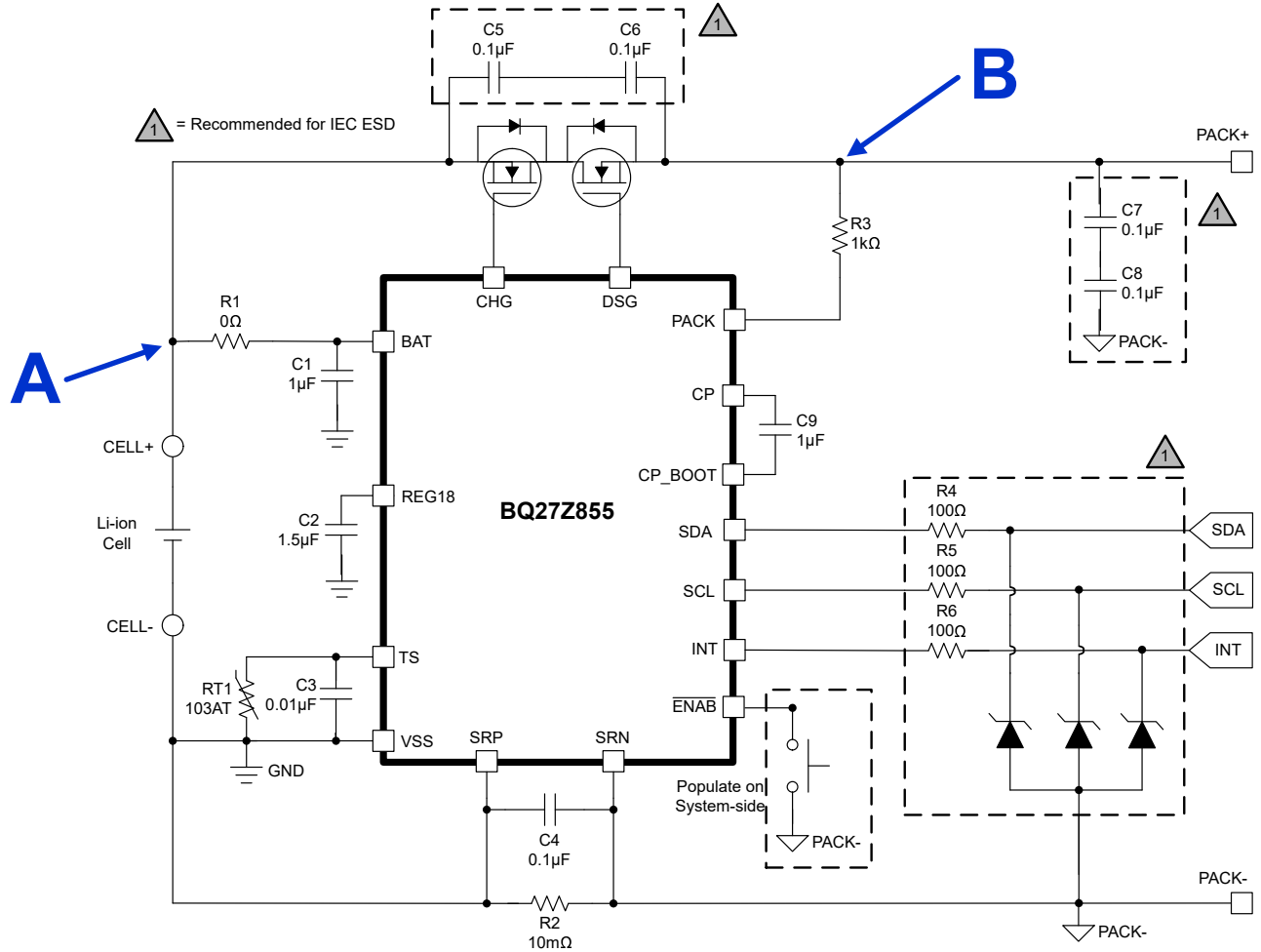


图 7-16. DCMP 检测点

为确保出色的 DCMP 检测性能，建议节点 B 与器件 PACK 引脚之间的总外部电阻（包括寄生电阻）不超过 20ns 的时间常数值。

节点 A 和节点 B 处 DCMP 检测点之间的电阻分压器网络或总电阻（在图 7-17 中以红色表示）决定了设备 DCMP 输入检测到的实际电压。

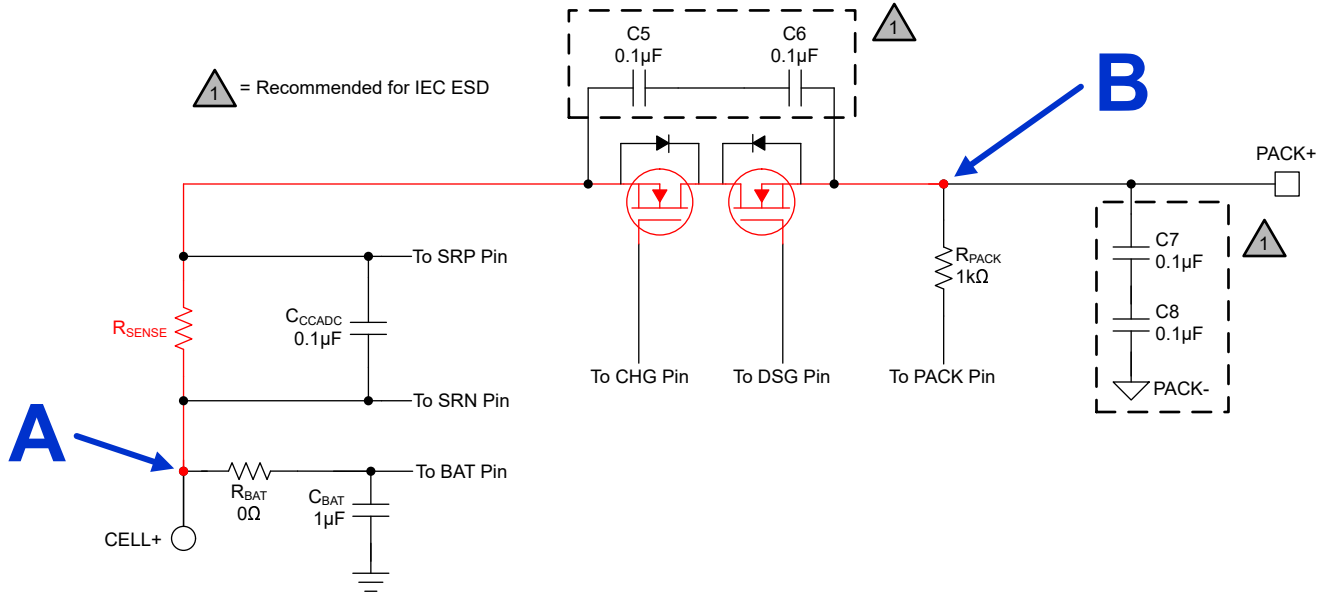


图 7-17. DCOMP 检测电阻

换句话说，为了使器件在线性和理想二极管模式下在 CHG FET 状态之间转换，DCOMP 会根据从 PACK+ 流向 CELL+ 的电流（反之亦然）有效地触发 CHG FET 状态转换。这个“有效电流阈值”（或“ $I_{TRIGGER}$ ”）根据以下条件确定：

1. 节点 A（器件 BAT 引脚）至节点 B（器件 PACK 引脚）检测点处的电压
2. BAT 和 PACK 检测点之间的总电阻，包括所有寄生电阻 ($R_{PACK-TO-BAT}$)

在当前 DCOMP 能够触发 CHG FET 开启或关闭的情况下，由以下因素决定：

$$I_{TRIGGER} \geq \frac{V_{TH_X}}{R_{PACK-TO-BAT}} \quad (2)$$

其中：

V_{TH_X} 可以是 V_{TH_ON} 或 V_{TH_OFF} ，具体取决于器件是处于线性模式还是理想二极管模式，如[限流器规格表](#)中所述。

7.2.2.3.5.1 检测电阻配置对 DCOMP 检测的影响

使用 BQ27Z855 器件的限流器功能时，要考虑的一个关键方面是是否在 SRP 和 SRN 端子之间配置外部检测电阻，以进行低侧或高侧电流检测。检测电阻器的位置是在“有效电流阈值” ($I_{Trigger}$) 器件 DCOMP 将触发 CHG FET 状态转换的情况下，进行权衡的结果。这是因为检测电阻的位置会影响 DCOMP 的 BAT 与 PACK 感测点 ($R_{PACK-TO-BAT}$) 之间的总电阻。

如果检测电阻配置为高侧，则检测电阻值会影响 $R_{PACK-TO-BAT}$ 值。这会导致 $I_{TRIGGER}$ 阈值降低，DCOMP 会打开或关闭 CHG FET。

例如，如以下 [图 7-18](#) 图所示，检测电阻包含以红色指定的总 $R_{PACK-TO-BAT}$ 中。如果器件处于理想二极管模式且当前处于 CHG = ID_ON 状态，则 DCOMP 将 CHG FET 状态从 CHG = ID_ON 转换为 CHG = ID_OFF 的电压阈值为 $V_{TH_OFF} = 5mV$ 。在该示例中，如果检测电阻值为 $20m\Omega$ ，保护 FET 的源到源组合导通电阻，以及 BAT 和 PACK 检测点之间的所有寄生电阻为 $5m\Omega$ ，则 $I_{TRIGGER}$ 为以下值：

$$I_{TRIGGER} \geq \frac{V_{TH_X}}{R_{PACK-TO-BAT}} = \frac{V_{TH_OFF}}{R_{SENSE} + R_{SS(ON)} + R_{PARASITIC}} \quad (3)$$

$$I_{\text{TRIGGER}} \geq \frac{5\text{mV}}{20\text{m}\Omega + 5\text{m}\Omega} \quad (4)$$

$$I_{\text{TRIGGER}} \geq 200\text{mA} \quad (5)$$

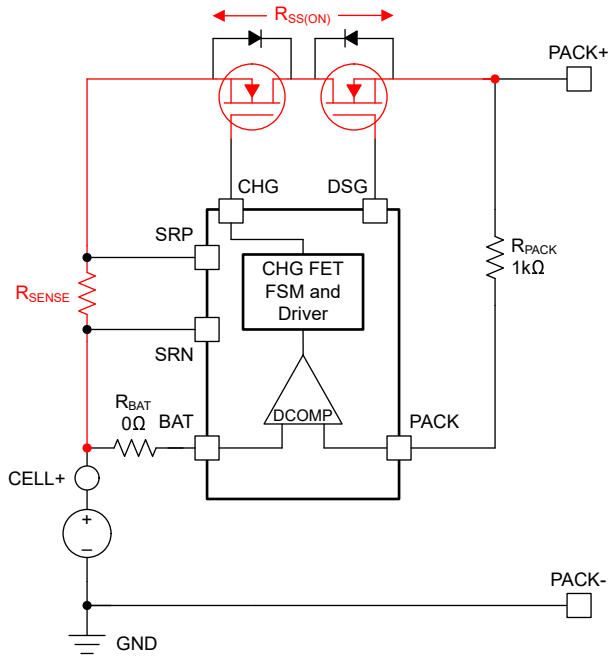


图 7-18. DCOMP 具有高侧电流检测功能的检测电阻

如果检测电阻配置为低侧，则检测电阻值不会影响 $R_{\text{PACK-TO-BAT}}$ 值。这会导致 I_{TRIGGER} 阈值增加，DCOMP 会打开或关闭 CHG FET。

例如，如以下图 7-19 图所示，检测电阻不包含在以红色指定的总 $R_{\text{PACK-TO-BAT}}$ 中。使用上面高侧检测电阻情况中所述的相同示例场景和参数值，在这种低侧检测电阻情况下，总 $R_{\text{PACK-TO-BAT}}$ 值现在将按示例 $R_{\text{SENSE}} = 20\text{m}\Omega$ 减小。然后， I_{TRIGGER} 阈值变为以下值：

$$I_{\text{TRIGGER}} \geq \frac{V_{\text{TH_X}}}{R_{\text{PACK-TO-BAT}}} = \frac{V_{\text{TH_OFF}}}{R_{\text{SS(ON)}} + R_{\text{PARASITIC}}} \quad (6)$$

$$I_{\text{TRIGGER}} \geq \frac{5\text{mV}}{5\text{m}\Omega} \quad (7)$$

$$I_{\text{TRIGGER}} \geq 1\text{A} \quad (8)$$

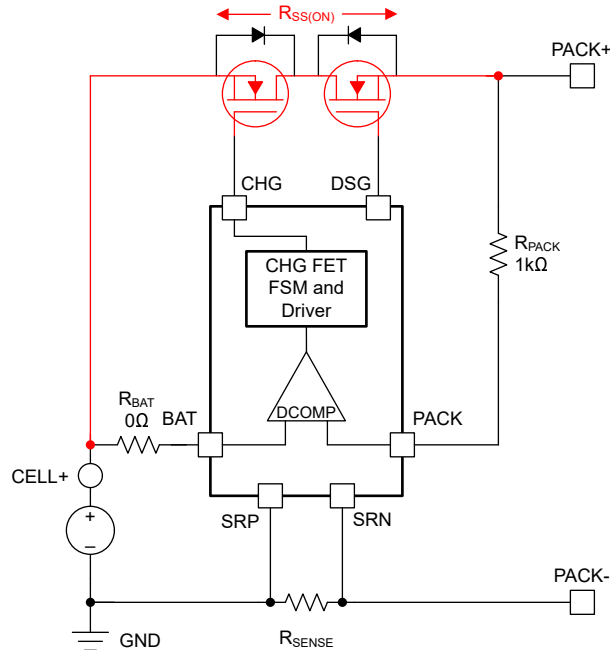


图 7-19. DCOMP 具有低侧电流检测功能的检测电阻

基于这两个示例将 BQ27Z855 用于应用时，需要考虑的关键要点是检测电阻器的高侧或低侧配置对器件 DCOMP 的电流将触发 CHG FET 状态转换的影响。

- 高侧 R_{SENSE} ：DCOMP 可以在较低的电流下关闭或打开 CHG FET
- 低侧 R_{SENSE} ：DCOMP 可以在较高的电流下关闭或打开 CHG FET

如果在 PACK+ 上连接有效输入电压源时，需要器件整体更快的响应来关断 CHG FET，那么这一考虑因素对于理想二极管模式尤其重要。

7.2.2.3.6 系统级建议

为确保获得适当的系统级性能和器件电池充电功能，必须遵循以下系统级建议：

- 总系统电容 (C_{SYS}) 应在 20 μ F 到 1.2mF 的包容性范围内
 - 这可以确保器件的 MINSYS 调节环路在激活时保持稳定，而在充电期间不会发生不必要的振荡

7.2.2.4 使用 BQ27Z746 和 BQ27Z758 协同设计

BQ27Z855 器件与 TI BQ27Z746 和 BQ27Z758 系列 1S 电池电量监测计和保护器件的封装兼容性，可用于需要元件可互换的设计。

以下部分概述了需要在需要电量监测计可互换的设计中，BQ27Z855 器件与 BQ27Z7xx 系列器件之间的关键信息和差异。

7.2.2.4.1 封装兼容性和等效引脚

BQ27Z855 的封装与 BQ27Z7xx 系列 TI 电量监测计器件兼容，因为这两款器件都是 3x5 球栅阵列器件，可放置在 PCB 上的相同焊盘图案上。

BQ27Z855 与 BQ27Z746 和 BQ27Z758 器件不是完全的引脚对引脚兼容。然而，BQ27Z855 器件的大多数引脚位置都与 BQ27Z746 和 BQ27Z758 器件相同，以便更轻松地适应电量监测计元件可互换的设计。

BQ27Z7xx 系列器件上的引脚与 BQ27Z855 上的引脚等效，如下方的图 7-20 和表 7-4 所示。

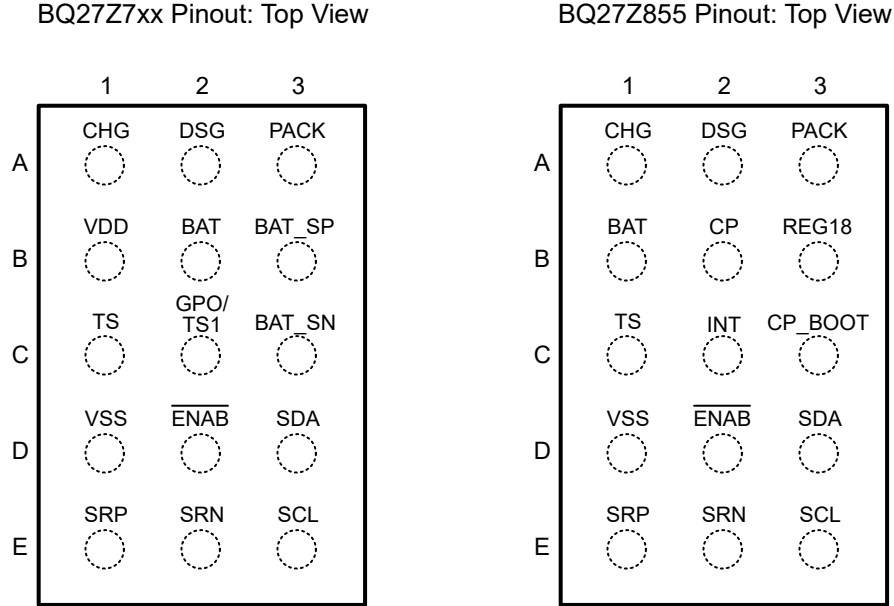


图 7-20. BQ27Z7xx v. BQ27Z855 引脚排列

表 7-4. BQ27Z7xx v. BQ27Z855 等效引脚图

引脚编号	BQ27Z7xx 引脚	BQ27Z855 上的等效引脚
A1	CHG	CHG
A2	DSG	DSG
A3	PACK	PACK
B1	VDD	BAT
B2	BAT	BAT
B3	BAT_SP	不适用
C1	TS	TS
C2	GPO/TS1	INT : 无需额外的 TS1 功能
C3	BAT_SN	不适用
D1	VSS	VSS
D2	ENAB	ENAB
D3	SDA	SDA
E1	SRP	SRP
E2	SRN	SRN
E3	SCL	SCL

7.2.2.4.2 共同布局示例

图 7-21 显示了 BQ27Z855 器件与 BQ27Z7xx 系列 TI 电量监测计器件之间的共同布局示例，其中可容纳这两个器件，因此一个器件可直接替代另一个器件。此共同布局示例使用 BQ27Z855 的引脚排列和低侧电流检测配置。

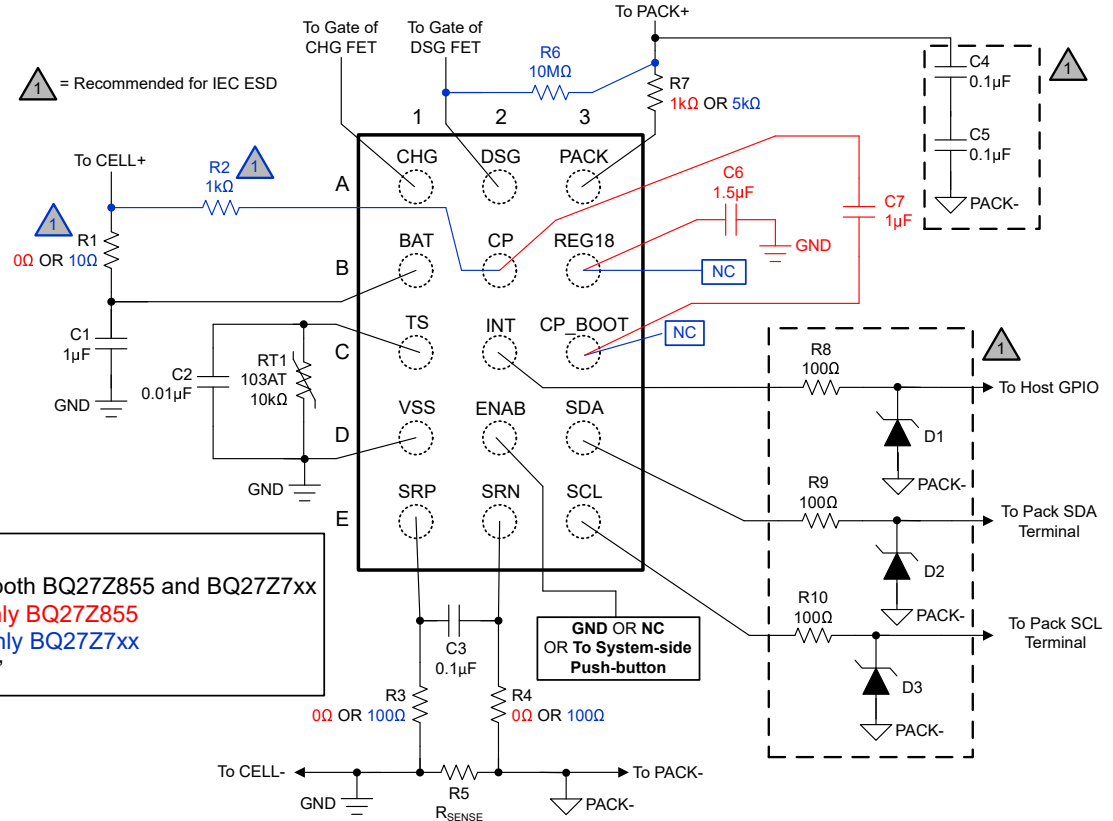


图 7-21. BQ27Z855 和 BQ27Z7xx 共同布局示例

表 7-5 详细说明了 BQ27Z855 器件与 BQ27Z7xx 系列器件之间的外部元件差异。

表 7-5. BQ27Z855 v. BQ27Z7xx 外部元件

元件	BQ27Z855 的典型值	BQ27Z7xx 的典型值
R1 ⁽¹⁾	0 Ω	10 Ω
R2 ⁽¹⁾	DNP	1k Ω
R3	0 Ω	100 Ω
R4	0 Ω	100 Ω
R5	R _{SENSE}	R _{SENSE}
R6	DNP	10M Ω
R7	1k Ω	5k Ω
R8 ⁽¹⁾	100 Ω	100 Ω
R9 ⁽¹⁾	100 Ω	100 Ω
R10 ⁽¹⁾	100 Ω	100 Ω
C1	1 μF	1 μF
C2	0.01 μF	0.01 μF
C3	0.1 μF	0.1 μF
C4 ⁽¹⁾	0.1 μF	0.1 μF
C5 ⁽¹⁾	0.1 μF	0.1 μF
C6	1.5 μF	DNP
C7	1 μF	DNP
RT1	10k Ω	10k Ω

表 7-5. BQ27Z855 v. BQ27Z7xx 外部元件 (续)

元件	BQ27Z855 的典型值	BQ27Z7xx 的典型值
D1 ⁽¹⁾	-	-
D2 ⁽¹⁾	-	-
D3 ⁽¹⁾	-	-

(1) 推荐用于 IEC ESD

8 电源相关建议

BQ27Z855 器件使用 BAT 引脚作为其电源。BAT 引脚为内部电压源和 1.8V LDO 供电，从而为器件提供基准。

建议将一个建议典型电容为 1 μ F 的电容器 (C_{BAT}) 在 BAT 和 VSS 引脚之间连接，并且必须尽可能靠近 BAT 引脚放置。

9 布局

9.1 布局指南

- 检测电阻上的开尔文连接质量至关重要。检测电阻的温度系数不得大于 50ppm，以更大程度地减小电流测量随温度的漂移。选择检测电阻阻值时，应使其与 BQ27Z855 可用的过流及短路保护范围，以及所需的保护阈值设置相对应。选择尽可能小的检测电阻值，以更大限度地减少热耗散并仍保持所需的测量精度。检测电阻的值会影响短路期间 BQ27Z855 SRP 和 SRN 节点上生成的差分电压。这些引脚拥有差分电压且不应超过 $V_{CCADC_IN} \pm 0.1V$ ，以便器件正常运行。只要确保良好的开尔文检测，就可以使用并联检测电阻。该器件设计支持最低 0.5m Ω 的检测电阻值。
- BAT 引脚应连接到电池电芯的正极端子。电池电芯上的开尔文连接质量至关重要。电芯正极端子 (CELL+) 处的开尔文连接可避免由于铜布线引起的压降或对器件输入电源的影响而产生的任何误差。当电量监测计测量电芯电压时，需要与低电流接地端之间进行开尔文连接，以避免长布线产生不必要的压降。
- 对于电量监测计电路，以下特性需要注意元件放置和布局：
 - BAT 去耦电容器**：将一个建议典型电容为 1 μ F 的电容器 (C_{BAT}) 在 BAT 和 VSS 引脚之间连接，并尽可能靠近 BAT 引脚放置。
 - SRP 和 SRN 引脚上的库仑计数器接口**：BQ27Z855 电量监测计使用一个积分 $\Delta-\Sigma$ ADC 来测量电流。在 SRP 和 SRN 引脚端放置一个 0.1 μ F 滤波电容器。将电容器尽可能靠近器件放置。以差分对形式从检测电阻布线到滤波器电容以及 SRP 和 SRN 引脚。在滤波器网络周围添加接地平面可提供额外的抗噪能力。
 - REG18 去耦电容器**：器件的内部 1.8V LDO 需要一个外部去耦电容器来支持器件正常运行。将一个在 REG18 和 VSS 引脚之间连接、具有 1.5 μ F 建议典型电容的电容器 (C_{REG18}) 放置在尽可能靠近 REG18 引脚的位置。
 - I²C 通信和 INT 引脚 ESD 外部保护**：I²C 时钟和数据引脚以及 INT 引脚具有集成式高压 ESD 保护电路。但是，添加齐纳二极管和串联电阻器可提供更强大的 ESD 性能。I²C 时钟和数据线具有内部下拉电阻。当电量监测计检测到两条线路都为低电平时（例如在取出电池包期间），器件会进入 SLEEP 模式以节省电量。
- 对于限流器电路，以下特性需要注意元件放置和布局：
 - CP 电容器**：在 CP 和 CP_BOOT 引脚之间连接一个建议典型电容为 1 μ F 的电容器 (C_{CP})，并尽可能靠近器件。必须仔细考虑电池的 CELL+ 端子和器件 BAT 引脚之间的任何引线电阻，因为不建议 CELL+ 和器件 BAT 引脚之间的总电阻超过 110m Ω ，以防止充电期间出现意外的器件欠压。
 - 基于电压的反馈接口**：除了仔细考虑 BAT 电容器 (C_{BAT}) 和器件 BAT 引脚之间以及 CELL+ 和 C_{BAT} 电容器之间的总电阻外，还应遵循上述相同的 BAT 去耦电容器布局指南，以确保正确的充电和补充模式行为。不建议 C_{BAT} 电容器和器件 BAT 引脚之间的寄生电阻超过 60m Ω 。不建议 CELL+ 和 C_{BAT} 电容器之间的连接电阻超过 140m Ω 。
 - 基于电流的反馈接口**：对于 SRP 和 SRN 引脚上的库仑计数器接口，请遵循与上述相同的布局指南。
 - BAT-PACK DCOMP**：为确保出色的 DCOMP 检测性能，建议 PACK+ 节点（图 7-16 中的节点 B）与器件 PACK 引脚之间的总外部电阻（包括寄生电阻）和寄生电容不超过 20ns 的时间常数值。此外，必须仔细考虑器件的 BAT 和 PACK 检测点之间的任何寄生引线电阻，因为寄生引线电阻会影响器件 DCOMP 将触发 CHG FET 状态转换的电流。

10 器件和文档支持

10.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

10.2 文档支持

10.2.1 相关文档

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

- [BQ27Z855 技术参考手册](#)
- [Dynamic Z-Track™ 技术：适用于动态负载应用的高级电池电量监测算法](#)
- [对 TI 电池电量监测计进行椭圆曲线加密认证](#)
- [IC 封装热指标 \(SPRA953\)](#)

10.3 商标

™ is a trademark of Ti.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.4 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.5 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。

11 修订历史记录

日期	修订版本	注释
February 2026	*	初始发行版

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

封装选项附录

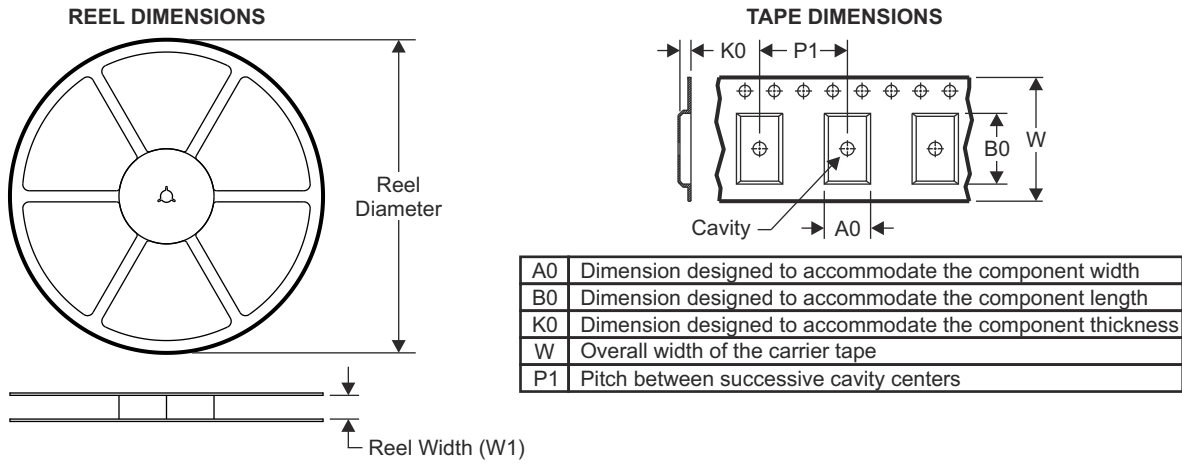
封装信息

可订购器件型号	状态	材料类型	封装 引脚	包装数量 包装	RoHS	引脚镀层/焊球材料	MSL 等级/回流焊峰值温度	工作温度 (°C)	器件标识
BQ27Z855YAHR	有效	预量产	DSBGA (YAH) 15	3000 LARGE T&R	Y	SAC396	Level-1-260C-UNLIM	-40 至 85	BQ27Z855

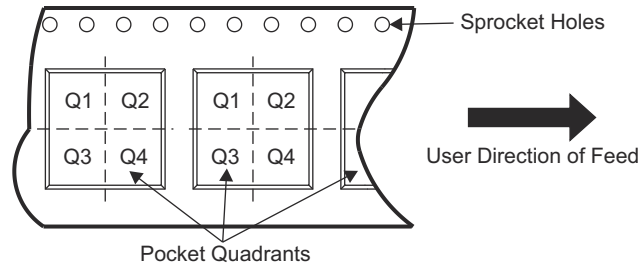
重要信息和免责声明：本页面上提供的信息代表 TI 在提供该信息之日的认知和观点。TI 的认知和观点基于第三方提供的信息，TI 不对此类信息的正确性做任何声明或保证。TI 正在致力于更好地整合第三方信息。TI 已经并将继续采取合理的措施来提供有代表性且准确的信息，但是可能尚未对引入的原料和化学制品进行破坏性测试或化学分析。TI 和 TI 供应商认为某些信息属于专有信息，因此可能不会公布其 CAS 编号及其他受限制的信息。

在任何情况下，TI 因此类信息产生的责任决不超过 TI 每年向客户销售的本文档所述 TI 器件的总购买价。

12.1 卷带包装信息



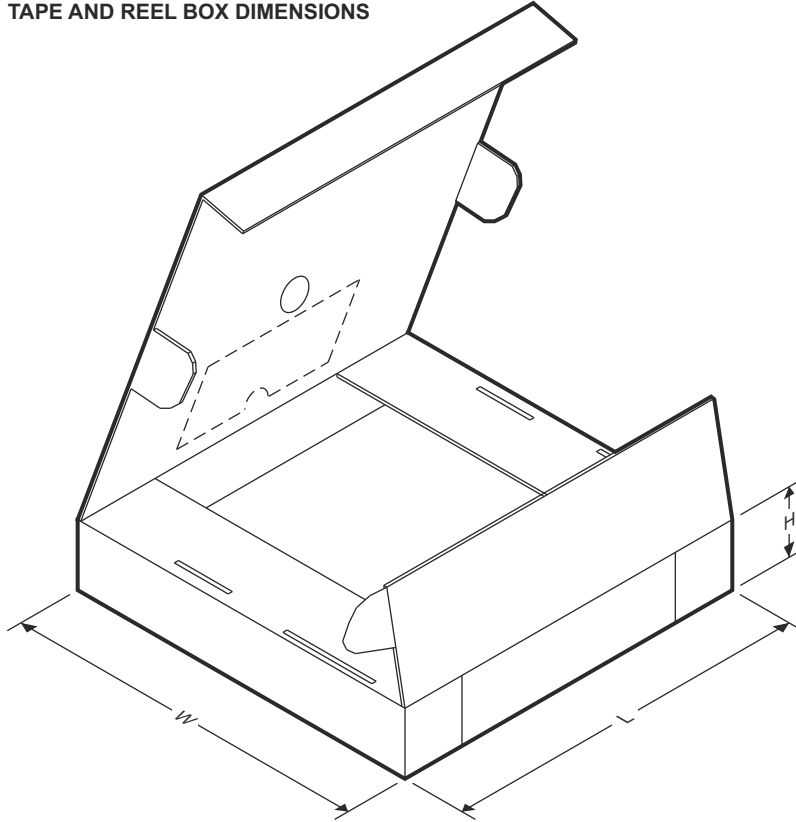
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
BQ27Z855YAHR	DSBGA	YAH	15	3000	180.0	12.4	1.88	2.76	0.55	4.0	12.0	Q1

ADVANCE INFORMATION

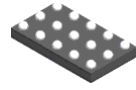
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
BQ27Z855YAHR	DSBGA	YAH	15	3000	182.0	182.0	20.0

ADVANCE INFORMATION

12.2 机械数据

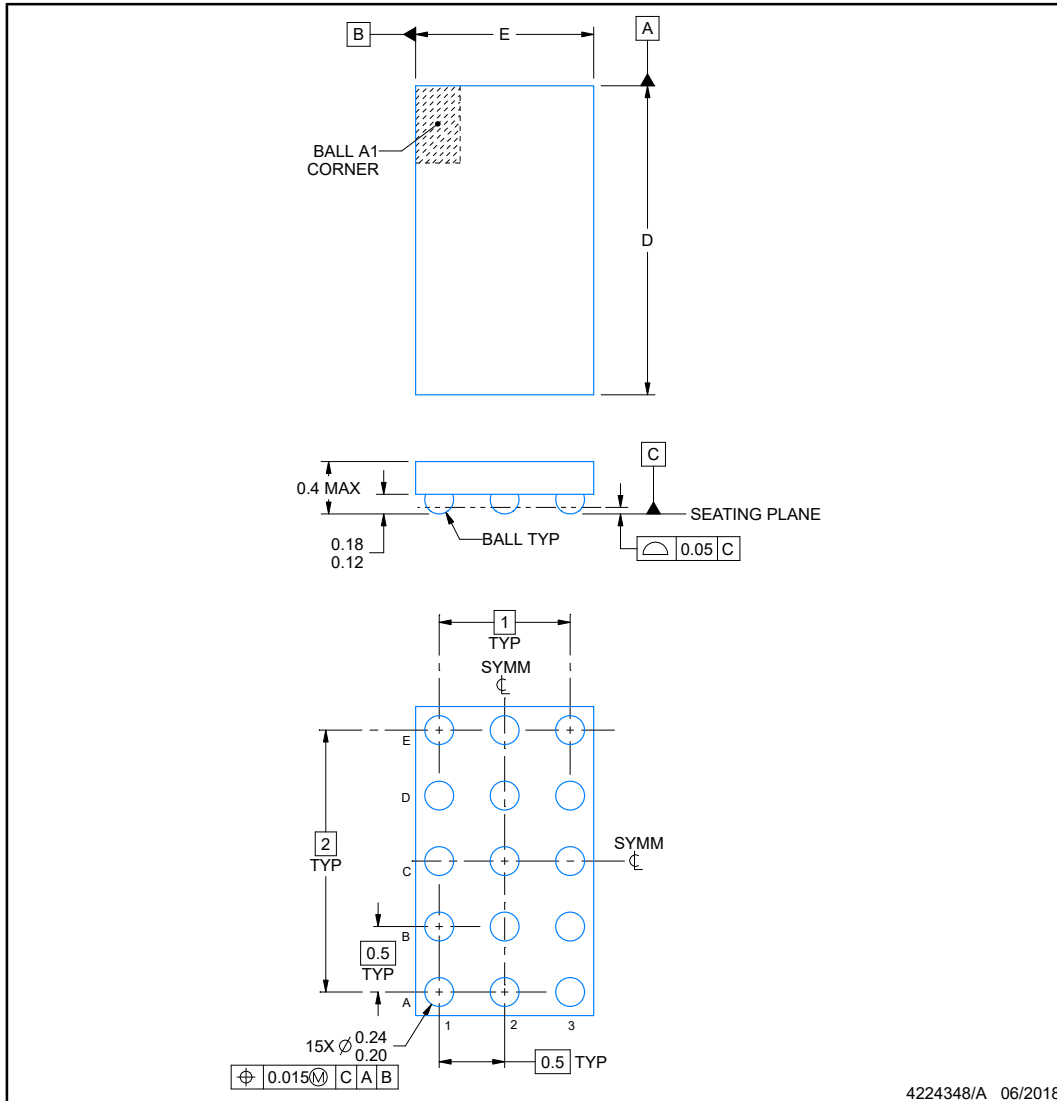


YAH0015

PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

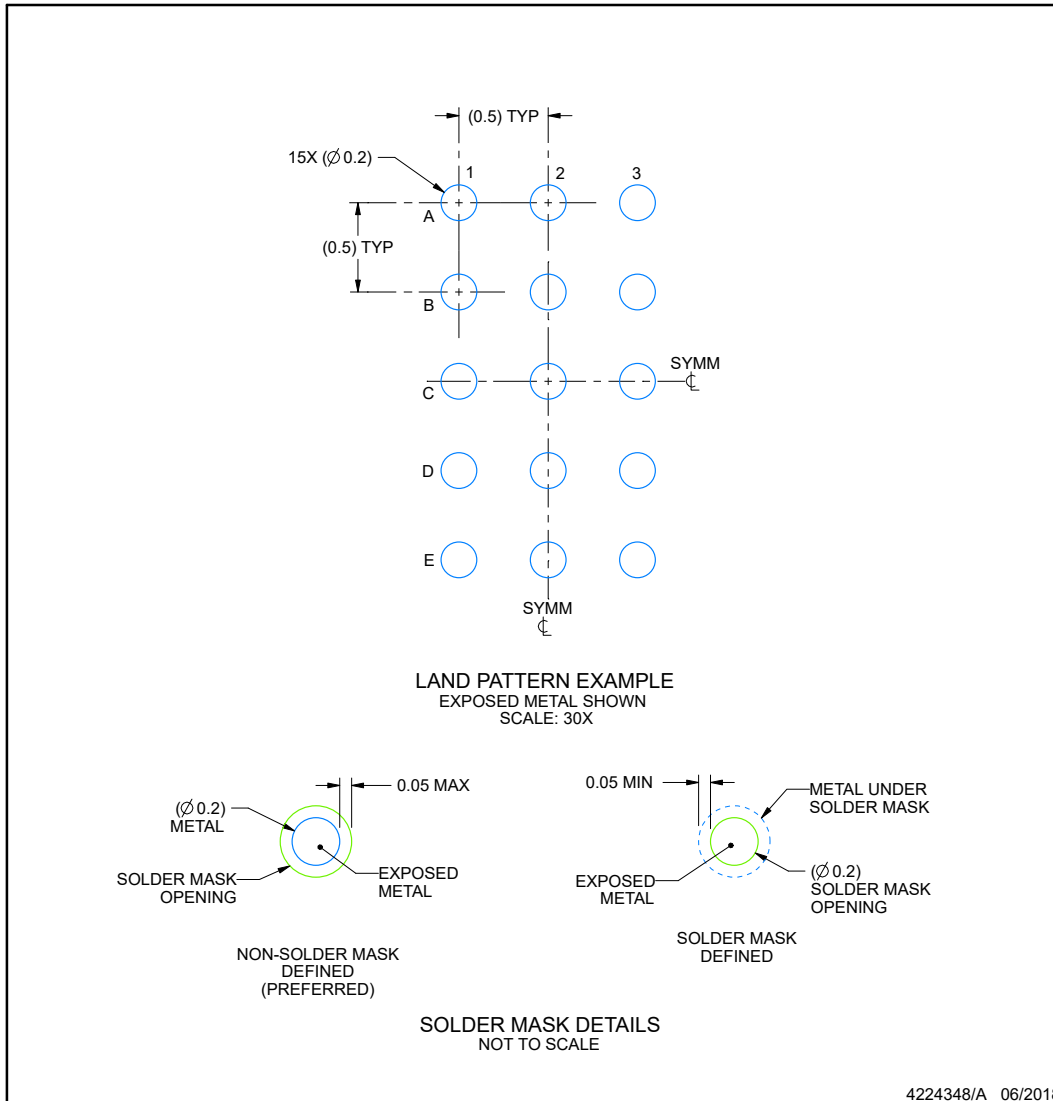
ADVANCE INFORMATION

EXAMPLE BOARD LAYOUT

YAH0015

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES: (continued)

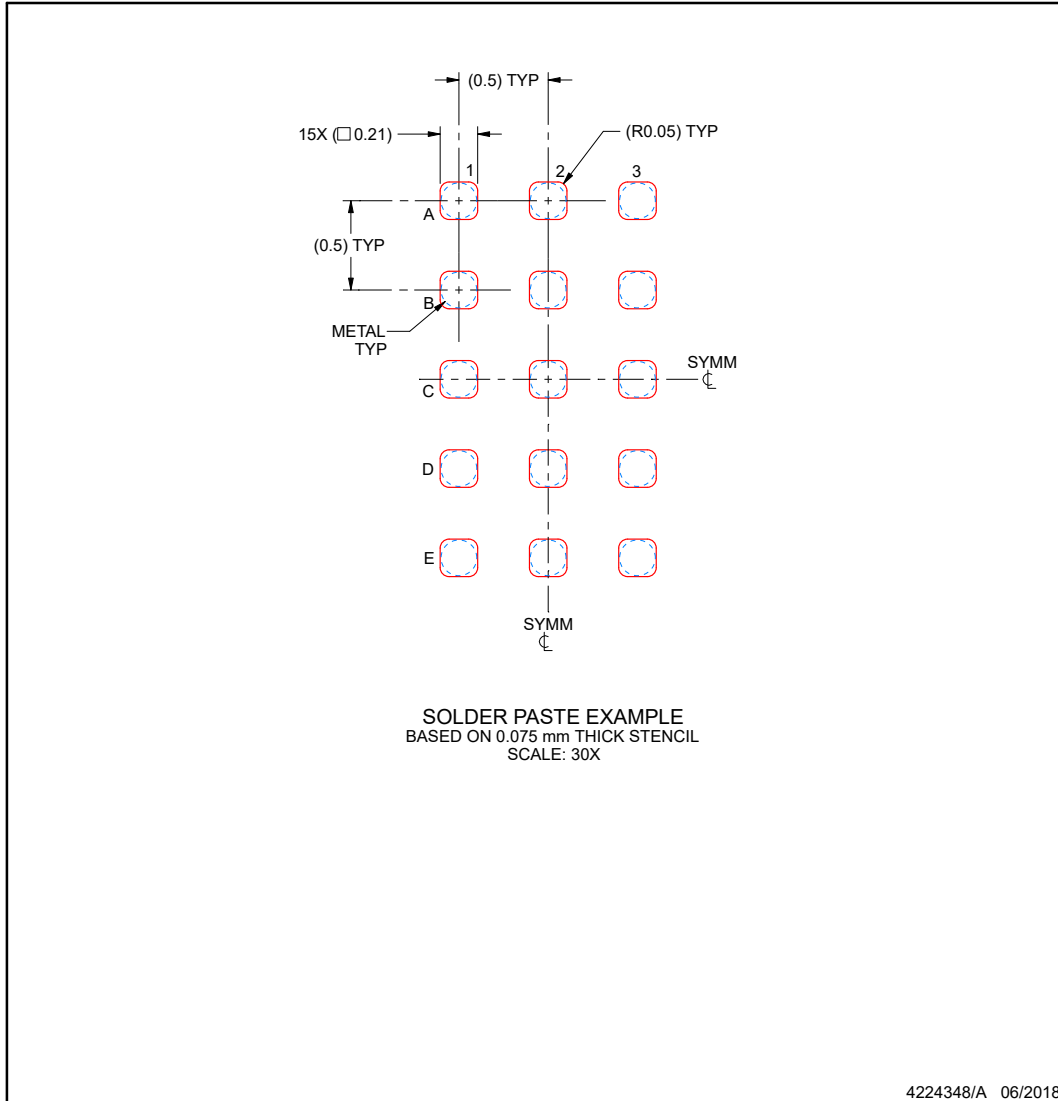
- 3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YAH0015

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



ADVANCE INFORMATION

NOTES: (continued)

- 4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
PQ27Z855Yahr	Active	Preproduction	DSBGA (YAH) 15	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

重要通知和免责声明

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

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

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月