TEXAS INSTRUMENTS
BQ27Z561-R2
ZHCSKS9C – FEBRUARY 2020 – REVISED SEPTEMBER 2025

BQ27Z561-R2 适用于 1 节串联电芯锂离子电池包的 Impedance Track™ 电池电量监测计解决方案

1 特性

- 支持低至 1mΩ 的高侧和低侧电流检测电阻
- 支持电池包侧电量监测，包括增强型健康状况 (SOH) 算法
- 基于预测的 OCV 的快速 QMax 更新选项
- SHA-256 认证响应器，用于提高电池包安全性
- 精密的充电算法
  - JEITA
  - 增强型充电
  - *RSOC()* 充电补偿选项
- 两个独立的 ADC
  - 支持电流和电压同步采样
  - 高精度库伦计数器，输入偏移误差：< 1μV（典型值）
- 低电压运行范围：2V
- 宽量程电流应用：1mA 至 > 5A
- 高电平或低电平有效脉冲或电平中断引脚
- 支持电池跳变点 (BTP)
- 节能模式（典型电池包运行范围条件）
  - 典型睡眠模式：< 11 μA
  - 典型深度睡眠模式：< 9 μA
  - 典型休眠模式：< 3 μA
  - 典型关断模式：< 1.9 μA
- 内部和外部温度检测功能
- 诊断使用寿命数据监控器和黑盒记录器
- 适用于高速编程和数据访问的 400kHz I²C 总线通信接口
- 用于与主机通信的 HDQ 单线接口
- 紧凑型 12 引脚 DSBGA 封装 (YPH)

2 应用

- 智能手机
- 数码相机和视频摄像机
- 平板电脑计算
- 便携式和可佩戴式健康设备
- 便携式音频设备

3 说明

德州仪器 (TI) BQ27Z561-R2 Impedance Track™ 电量监测计解决方案是一个高度集成且精确的单节串联电池电量监测计，具有闪存可编程的定制精简指令集 CPU (RISC) 和 SHA-256 认证，适用于锂离子和锂聚合物电池包。单节电池包括并联电芯，可提高容量。

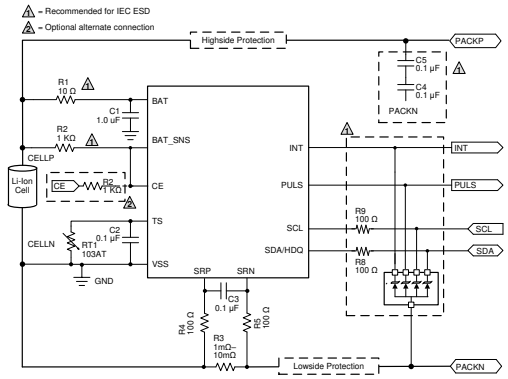
BQ27Z561-R2 电量监测计通过 I²C 兼容接口和 HDQ 单线接口进行通信，并具有几个有助于实现准确电量监测应用的关键功能。通过集成的温度检测功能（内部和外部选项），可实现系统和电池温度测量。

集成的 SHA-256 功能有助于在系统和电池包之间实现安全识别。中断功能和 BTP 功能有助于 BQ27Z561-R2 器件在出现特定的充电状态 (SOC)、电压或温度条件时通知系统。通过低压运行，即使在深度放电的情况下，系统也能够继续监控电池。在低活动状态下，将该器件设置为低功耗库仑计数 (CC) 模式，从而使该器件能够继续库仑计数，同时显著降低工作电流。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
BQ27Z561	DSBGA（YPH，12）	1.69mm × 2.07mm
BQ27Z561-R2		

(1) 有关所有可用封装，请参阅 节 10。
(2) 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式



简化版原理图

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
5 规格 4
5.1 绝对最大额定值 4
5.2 ESD 等级 4
5.3 建议运行条件 4
5.4 热性能信息 5
5.5 电源电流 5
5.6 内部 1.8V LDO (REG18) 5
5.7 I/O（PULS，INT） 5
5.8 芯片使能 (CE) 5
5.9 内部温度传感器 6
5.10 NTC 热敏电阻测量支持 6
5.11 库仑计 (CC) 6
5.12 模数转换器 (ADC) 6
5.13 内部振荡器规格 7
5.14 电压基准 1 (REF1) 7
5.15 电压基准 2 (REF2) 7
5.16 闪存存储器 7
5.17 I²C I/O 8
5.18 I²C 时序 - 100kHz 8
5.19 I²C 时序 - 400kHz 8
5.20 HDQ 时序 8
5.21 典型特性 10
6 详细说明 11
6.1 概述 11
6.2 功能方框图 11
6.3 特性说明 11
6.4 器件功能模式 13
7 应用和实施 15
7.1 应用信息 15
7.2 典型应用 15
7.3 电源相关建议 17
7.4 布局 18
8 器件和文档支持 19
8.1 器件支持 19
8.2 文档支持 19
8.3 接收文档更新通知 19
8.4 支持资源 19
8.5 商标 19
8.6 静电放电警告 19
8.7 术语表 19
9 修订历史记录 19
10 机械、封装和可订购信息 20

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

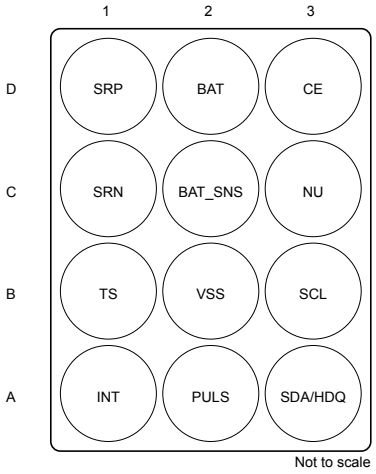


图 4-1. 引脚图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
BAT	D2	P	电池电压测量输入。开尔文电池检测与 BAT_SNS 的连接。在 BAT 和 VSS 之间连接一个电容器 (1μF)。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
CE	D3	I	高电平有效芯片使能
BAT_SNS	C2	AI	电池检测
INT	A1	O	电压、温度和充电状态中断 (可编程高电平或低电平有效)
PULS	A2	O	具有高电平有效或低电平有效选项的可编程脉冲宽度
TS	B1	AI	ADC 温度输入
NU	C3	NC	没有与外部电路连接
SCL	B3	I/O	I^2C 接口的串行时钟，使用时需要外部上拉电阻。可以在未使用时保持悬空状态。
SDA/HDQ	A3	I/O	I^2C 接口的串行数据和用于 HDQ 的单线制接口 (可选) ，使用时需要外部上拉电阻。可以在未使用时保持悬空状态。
SRP	D1	I	连接到内部库仑计数器外设的模拟输入引脚，用于在 SRP (正极侧) 和 SRN 之间集成小电压
SRN	C1	I	连接到内部库仑计数器外设的模拟输入引脚，用于在 SRP (正极侧) 和 SRN 之间集成小电压
VSS	B2	P	器件接地

(1) P = 电源连接，O = 数字输出，AI = 模拟输入，I = 数字输入，I/O = 数字输入/输出，NU = 未使用

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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
输入电压	BAT	-0.3	6	V
	INT、PULS、CE	-0.3	6	V
	SRP、SRN、BAT_SNS	-0.3	V_{BAT} + 0.3	V
	TS	-0.3	2.1	V
	SCL、SDA/HDQ	-0.3	6	V
工作环境温度，T_A		-40	85	°C
工作结温，T_J		-40	125	°C
贮存温度，T_{stg}		-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。

5.2 ESD 等级

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电	所有引脚上的人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(1)	±1500	V
	所有引脚上的充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准(2)	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 规定：500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 规定：250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

			最小值	标称值	最大值	单位
V_{BAT}	电源电压	无运行限制	2.0		5.5	V
C_{BAT}	从 BAT 到 VSS 的外部电容器		1			µF
V_{TS}	温度检测		0		1.8	V
V_{PULS}、V_{INT}、V_{CE}	输入和输出引脚		0		V_{BAT}	V
V_{SCL}、$V_{SDA/HDQ}$	通信引脚		0		V_{BAT}	V

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.4 热性能信息

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

热指标(1)		BQ27Z561-R2 DSBGA (YPH) (12 引脚)	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	64.1	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	59.8	
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	52.7	
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.3	
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	28.3	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	2.4	

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。

5.5 电源电流

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{NORMAL}	标准运行条件		60		µA
I_{SLEEP}	检测电阻电流低于 SLEEP 模式阈值		11		µA
$I_{DEEPSLEEP}$	检测电阻电流低于 DEEP SLEEP 模式阈值		9		µA
$I_{HIBERNATE}$	CE = V_{IH}，关闭状态，可从有效通信中唤醒		3		µA
I_{OFF}	CE = V_{IL}		0.5		µA

5.6 内部 1.8V LDO (REG18)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

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		1.6	1.8	2.0	V
V_{PORth}	POR 阈值	上升阈值	1.45		1.7	V
V_{PORhy}	POR 迟滞			0.1		V

5.7 I/O（PULS，INT）

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

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	V_{REG18} = 1.8V	1.15			V
V_{IL}	低电平输入电压低	V_{REG18} = 1.8V			0.50	V
V_{OL}	输出电压低电平	V_{REG18} = 1.8V，I_{OL} = 1mA			0.4	V
C_I	输入电容			5		pF
I_{lkg}	输入漏电流				1	µA

5.8 芯片使能 (CE)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

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（通过设计确保）	V_{REG18} = 1.8V	0.75 × V_{BAT}			V
V_{IL}	低电平输入电压低（通过设计确保）	V_{REG18} = 1.8V			0.25 × V_{BAT}	V

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.9 内部温度传感器

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{(TEMP)}$	内部温度传感器电压漂移	V_{TEMPP}	1.65	1.73	1.8	mV/°C
		V_{TEMPP} – V_{TEMPN}（通过设计确保）	0.17	0.18	0.19	

5.10 NTC 热敏电阻测量支持

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$R_{NTRC(PU)}$	内部上拉电阻		14.4	18	21.6	kΩ
$R_{NTC(DRIFT)}$	电阻温漂		-250	-120	0	PPM/°C

5.11 库仑计 (CC)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{(CC_IN)}$	差分输入电压范围		-0.1		0.1	V
$t_{(CC_CONV)}$	转换时间	单次转换		1000		ms
	有效分辨率	1LSB		3.8		μV
	积分非线性	16 位，输入电压范围最佳拟合	-22.3	5.2	+22.3	LSB
	微分非线性	16 位，无丢码		1.5		LSB
	偏移误差	16 位校准后	-2.6	1.3	+2.6	LSB
	失调电压误差漂移	15 位 + 符号，校准后		0.04	0.07	LSB/°C
	增益误差	15 位 + 符号，在输入电压范围内	-492	131	+492	LSB
	增益误差漂移	15 位 + 符号，在输入电压范围内		4.3	9.8	LSB/°C
	有效输入电阻		7			MΩ

5.12 模数转换器 (ADC)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{ADC_TS_GPIO}$	输入电压范围	V_{FS} = V_{REF2}	-0.2		1.0	V
		V_{FS} = V_{REG18} × 2	-0.2		1.44	V
V_{BAT_MODE}	电池输入电压		-0.2		5.5	V
	积分非线性	16 位，最佳拟合，–0.1V 至 0.8 × V_{REF2}	-8.4		+8.4	LSB
	微分非线性	16 位，无丢码		1.5		LSB
	偏移误差	16 位校准后(1)，V_{FS} =V_{REF2}	-4.2	1.8	+4.2	LSB
	失调电压误差漂移	16 位校准后(1)，V_{FS} =V_{REF2}		0.02	0.1	LSB/°C
	增益误差	16 位，–0.1 至 0.8 × V_{FS}	-492	131	+492	LSB
	增益误差漂移	16 位，–0.1 至 0.8 × V_{FS}		2	4.5	LSB/°C
	有效输入电阻		8			MΩ
$t_{(ADC_CONV)}$	转换时间			11.7		ms
有效分辨率			14	15		位

(1) 工厂校准

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.13 内部振荡器规格

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
高频振荡器 (HFO)						
f_{HFO}	工作频率			16.78		MHz
f_{HFO}	HFO 频率漂移	TA = -20°C 至 70°C	-2.5%		2.5%	
		TA = -40°C 至 85°C	-3.5		3.5	
$t_{HFOSTART}$	HFO 启动时间	T_A = –40°C 至 85°C，振荡器频率在标称频率的 +/– 3% 范围内或上电复位			4	ms
低频振荡器 (LFO)						
f_{LFO}	工作频率			65.536		kHz
$f_{LFO(ERR)}$	频率误差	T_A = -40°C 至 85°C	-2.5%		+2.5%	

5.14 电压基准 1 (REF1)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{REF1}	内部基准电压(1)		1.195	1.21	1.227	V
V_{REF1_DRIFT}	内部基准电压漂移	T_A = -40°C 至 85°C	-80		+80	PPM/C

(1) 用于 CC 和 LDO

5.15 电压基准 2 (REF2)

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{REF2}	内部基准电压(1)		1.2	1.21	1.22	V
V_{REF2_DRIFT}	内部基准电压漂移	T_A = -40°C 至 85°C	-20		20	PPM/°C

(1) 用于 ADC

5.16 闪存存储器

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	数据保存时间		10	100		年
	闪存编程写入周期数	数据闪存	20000			周期
		指令闪存	1000			周期
$t_{(ROWPROG)}$	行编程时间				40	µs
$t_{(MASSERASE)}$	批量擦除时间	TA = -40°C 至 85°C			40	ms
$t_{(PAGEERASE)}$	页擦除时间	TA = -40°C 至 85°C			40	ms
$I_{FLASHREAD}$	闪存读取电流	TA = -40°C 至 85°C			1	mA
$I_{FLASHWRTIE}$	闪存写入电流	TA = -40°C 至 85°C			5	mA
$I_{FLASHERASE}$	闪存擦除电流	TA = -40°C 至 85°C			15	mA

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.17 I²C I/O

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃ 的条件下记录的

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	SCL、SDA/HDQ、V_{REG18} = 1.8V	1.26			V
V_{IL}	低电平输入电压低	V_{REG18} = 1.8V			0.54	V
V_{OL}	低电平输出电压	I_{OL} = 1mA，V_{REG18} = 1.8V			0.36	V
C_I	输入电容				10	pF
I_{lkg}	输入漏电流			1		µA

5.18 I²C 时序 - 100kHz

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
f_{SCL}	时钟工作频率	SCL 占空比 = 50%			100	kHz
$t_{HD:STA}$	启动条件保持时间		4.0			µs
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期		4.7			µs
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期		4.0			µs
$t_{SU:STA}$	建立重复启动		4.7			µs
$t_{HD:DAT}$	数据保持时间（SDA 输入）		0			ns
$t_{SU:DAT}$	数据设置时间（SDA 输入）		250			ns
t_r	时钟上升时间	10% 至 90%			1000	ns
t_f	时钟下降时间	90% 至 10%			300	ns
$t_{SU:STO}$	建立时间停止条件		4.0			µs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		4.7			µs

5.19 I²C 时序 - 400kHz

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
f_{SCL}	时钟工作频率	SCL 占空比 = 50%			400	kHz
$t_{HD:STA}$	启动条件保持时间		0.6			µs
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期		1.3			µs
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期		600			ns
$t_{SU:STA}$	建立重复启动		600			ns
$t_{HD:DAT}$	数据保持时间（SDA 输入）		0			ns
$t_{SU:DAT}$	数据设置时间（SDA 输入）		100			ns
t_r	时钟上升时间	10% 至 90%			300	ns
t_f	时钟下降时间	90% 至 10%			300	ns
$t_{SU:STO}$	建立时间停止条件		0.6			µs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		1.3			µs

5.20 HDQ 时序

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
t_B	中断时间		190			µs
t_{BR}	中断恢复时间		40			µs
t_{HW1}	主机写入 1 次	主机驱动 HDQ	0.5		50	µs
t_{HW0}	主机写入 0 次	主机驱动 HDQ	86		145	µs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
t_{CYCH}	主机到器件的周期时间	器件驱动 HDQ	190			µs
t_{CYCD}	器件到主机的周期时间	器件驱动 HDQ	190	205	250	µs
t_{DW1}	器件写入 1 次	器件驱动 HDQ	32		50	µs
t_{DW0}	器件写入 0 次	器件驱动 HDQ	80		145	µs
t_{RSPS}	器件响应时间	器件驱动 HDQ	190		950	µs
t_{TRND}	主机周转时间	主机在器件驱动 HDQ 后驱动 HDQ	250			µs
t_{RISE}	HDQ 线上升到逻辑 1 的时间				1.8	µs
t_{RST}	HDQ 复位	器件复位前，主机将 HDQ 驱动为低电平	2.2			s

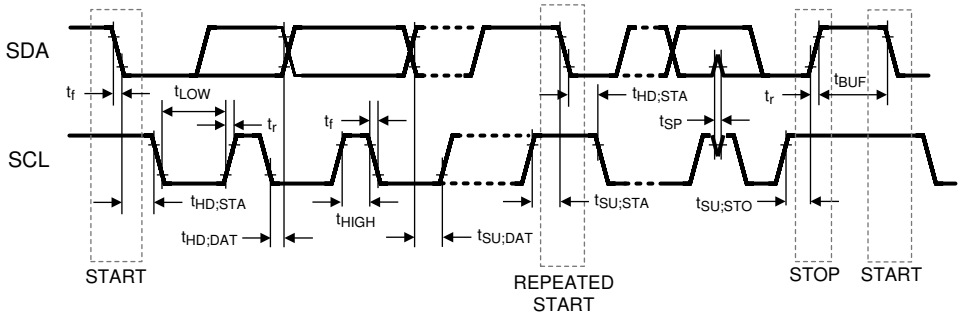
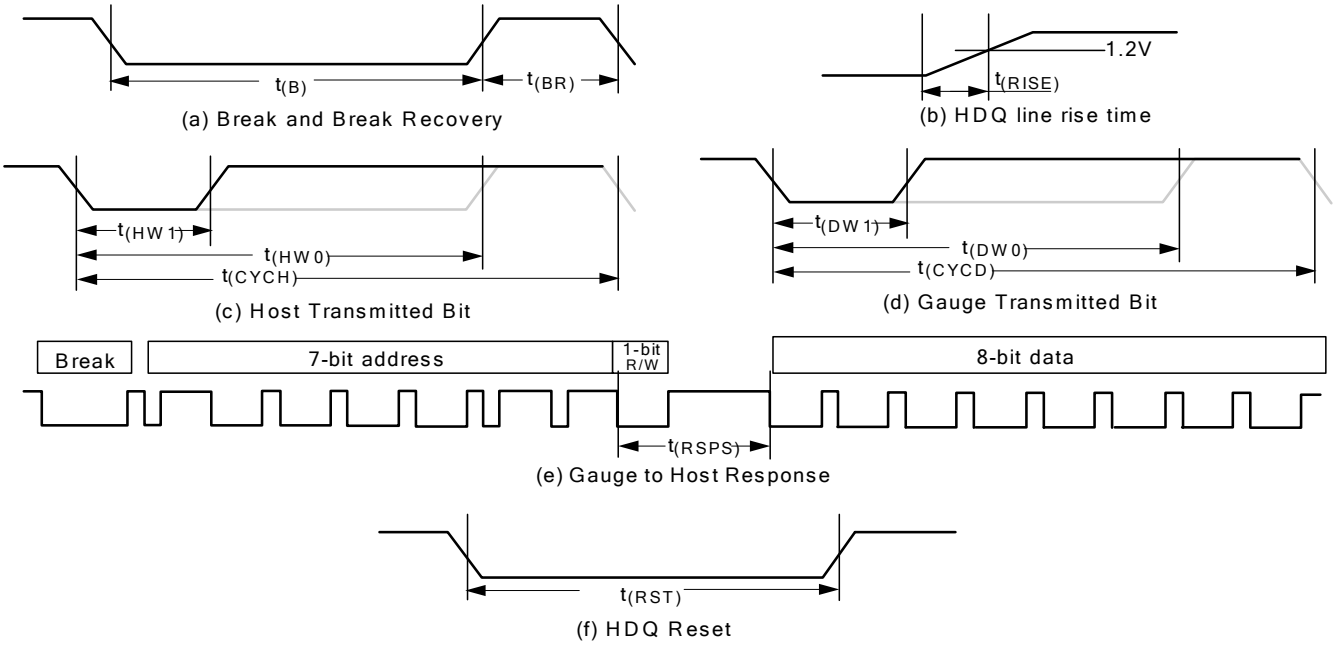


图 5-1. I²C 时序

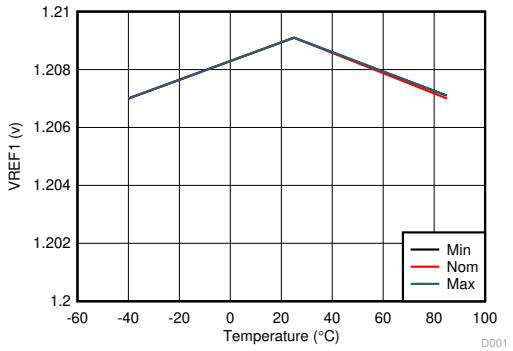


a. HDQ Breaking
b. Rise time of HDQ line
c. HDQ Host to fuel gauge communication
d. Fuel gauge to Host communication
e. Fuel gauge to Host response format
f. HDQ Host to fuel gauge

图 5-2. HDQ 时序

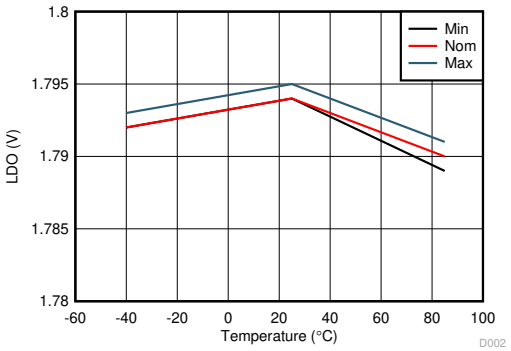
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.21 典型特性



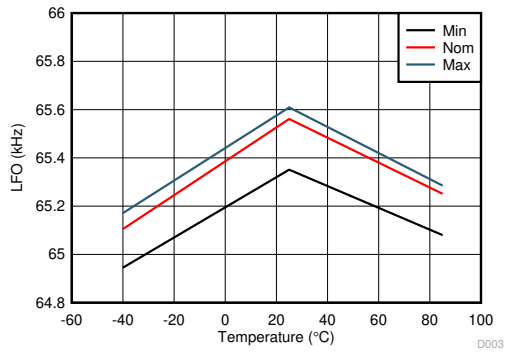
BAT 最小值 = 2V　BAT 标称值 = 3.6V　BAT 最大值 = 5V

图 5-3. REF1 电压与电池和温度之间的关系



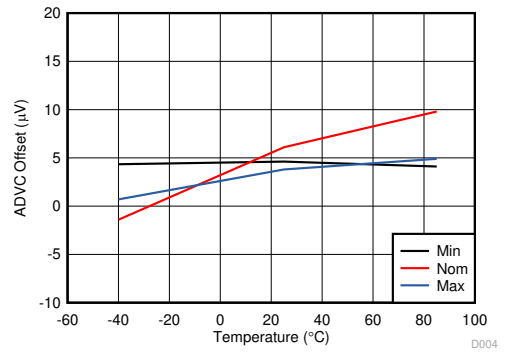
BAT 最小值 = 2V　BAT 标称值 = 3.6V　BAT 最大值 = 5V

图 5-4. LDO 电压与电池和温度之间的关系



BAT 最小值 = 2V　BAT 标称值 = 3.6V　BAT 最大值 = 5V

图 5-5. LFO 频率与电池和温度之间的关系



BAT 最小值 = 2V　BAT 标称值 = 3.6V　BAT 最大值 = 5V

图 5-6. ADVC 失调电压与电池和温度之间的关系

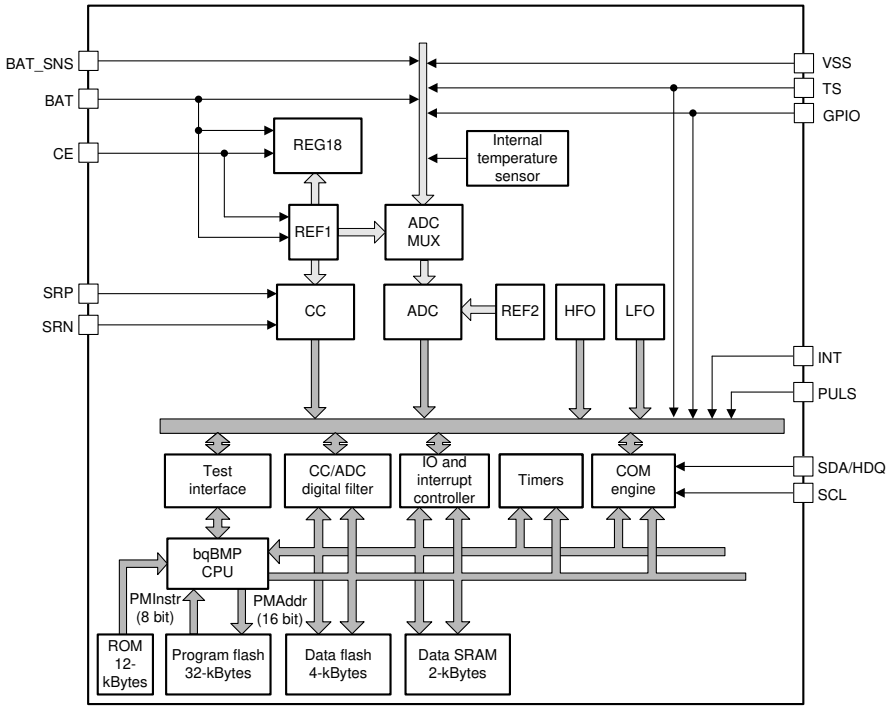
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

6.1 概述

BQ27Z561-R2 电量监测计是一款完全集成的电池管理器，它采用基于闪存的固件为由 1 节串联电芯组成的电池组架构提供完整的解决方案。BQ27Z561-R2 器件通过 I²C 或 HDQ 协议与主机系统相连。高性能集成模拟外设支持低至 1mΩ 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 BQ27Z561-R2 器件中包含的所有主要元件块。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 BQ27Z561-R2 处理器

BQ27Z561-R2 器件使用定制的 TI 专有处理器设计，它采用 Harvard 架构，工作频率高达 4.2MHz。BQ27Z561-R2 处理器采用自适应三级指令流水线，支持 8 位、16 位或 24 位的可变指令长度。

6.3.2 电池参数测量

BQ27Z561-R2 器件同时测量电芯的电压和电流，还测量温度来计算与以下各项相关的信息：

- 剩余容量
- 充满电的容量
- 健康状况
- 其他电量监测参数

6.3.2.1 库仑计 (CC)

第一个 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。ADC 采用单通道差分输入，用于转换 SRP 和 SRN 引脚之间检测电阻器两端的电压差，分辨率为 3.74μV。

6.3.2.2 CC 数字滤波器

CC 数字滤波器从 Δ-Σ CC 前端生成一个 16 位转换值。其 FIR 滤波器使用 HFO 时钟输出。每 1s 就有一次新的转换。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3.2.3 ADC 多路复用器

ADC 多路复用器提供与以下器件的可选连接：

- 外部引脚 BAT、BAT_SNS 和 TS
- 内部温度传感器
- 内部基准电压
- 内部 1.8V 稳压器
- VSS 接地基准输入

此外，多路复用器可以独立启用到内部热敏电阻偏置电路的 TS 输入连接，并使用户能够将多路复用器输入短路，以进行测试和校准。

6.3.2.4 模数转换器 (ADC)

第二个 ADC 是专为通用测量设计的 16 位 Δ-Σ 转换器。在采样过程中，ADC 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标量程和位数的函数，产生的分辨率为 38 μV。

6.3.2.5 内部温度传感器

BQ27Z561-R2 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。该传感器可以使用多路复用器连接到 ADC，适合在各种工作条件下快速确定电池包温度。

6.3.2.6 外部温度传感器支持

TS 输入由内部 18kΩ（典型值）线性化上拉电阻启用，以支持使用 10kΩ (25°C) NTC 外部热敏电阻，例如 Semitec 103AT-2。在 VSS 和单个 TS 引脚之间连接 NTC 热敏电阻。ADC 通过输入多路复用器进行模拟测量。如果使用不同类型的热敏电阻，请考虑更改配置。

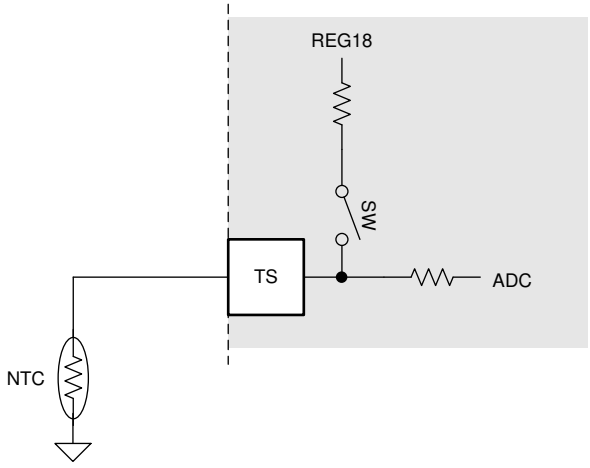


图 6-1. 外部热敏电阻偏置

6.3.3 电源控制

BQ27Z561-R2 器件使用 BAT 引脚作为电源。BAT 为内部电压源供电，从而为器件提供基准。BAT_SNS 是一个非载流路径，用于 BAT 的开尔文基准。

6.3.4 总线通信接口

BQ27Z561-R2 器件有一个 I²C 总线通信接口。或者，BQ27Z561-R2 可配置为通过 HDQ 引脚（与 SDA 共享）进行通信。

备注

器件切换到 HDQ 协议后，就不可逆。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3.5 低频振荡器

BQ27Z561-R2 器件包含一个以 65.536kHz 频率运行的低频振荡器 (LFO)。

6.3.6 高频振荡器

BQ27Z561-R2 包括一个运行频率为 16.78MHz 的高频振荡器 (HFO)。HGO 的频率锁定到 LFO 输出，并以 50% 占空比缩小至 8.388MHz。

6.3.7 1.8V 低压降稳压器

BQ27Z561-R2 器件包含一个集成的无电容器 1.8V LDO (REG18)，可为器件 CPU 和内部数字逻辑提供稳压电源电压。

6.3.8 内部基准电压

BQ27Z561-R2 器件提供两个内部电压基准。REF1 由 REG18、振荡器和 CC 使用。REF2 由 ADC 使用。

6.3.9 Gas Gauging

该器件使用 Impedance Track™ 技术测量和确定电芯的可用电量。有关更多详细信息，请参阅 *Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现*应用报告。

6.3.10 充电控制特性

该器件支持充电控制特性，例如：

- 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
- 使用总线通信接口报告恒流充电所需的适当充电电流以及为智能充电器进行恒压充电所需的适当充电电压
- 根据 *RelativeStateOfCharge()* 的值补偿充电曲线
- 使用 Impedance Track 方法选择每个电芯的化学充电状态
- 报告充电故障并通过充电和放电警报指示充电状态

6.3.11 身份验证

该器件借助以下特性确保安全，可在需要时启用这些特性：

- 主机使用 SHA-256 方法进行身份验证
- 电量监测计需要通过 SHA-256 认证，然后器件才能解封或允许完全访问。

6.4 器件功能模式

该器件支持五种模式，但根据特定功能的固件控制和运行模式，电流消耗会有所不同：

- NORMAL 模式：在此模式下，器件以 250ms 的间隔执行测量、计算、保护和数据更新。在这些间隔之间，该器件在更低的功率级下运行，以尽可能减少总平均电流消耗。
- SLEEP 模式：在此模式下，器件以可调节的时间间隔执行测量、计算和数据更新。在这些间隔之间，该器件在更低的功率级下运行，以尽可能减少总平均电流消耗。
- DEEP SLEEP 模式：在此模式下，电流会略有减少，同时仍会定期测量电流和电压，并以用户定义的读取间隔时间进行测量。
- HIBERNATE 模式：在此模式下，器件完全禁用，CE 保持高电平。在指定的时间窗口内有两个有效通信时退出此模式。
- OFF 模式：通过拉低 CE 可以完全禁用该器件。CE 禁用内部电压轨。所有非易失性存储器都不受保护。

6.4.1 终身记录特性

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：

- 最高和最低电芯温度
- 充电或放电模式下的最大电流
- 最大和最小电芯电压

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 总运行时间（数据以两小时的分辨率存储）
- 在不同温度范围内花费的时间（该数据以两小时的分辨率存储）

6.4.2 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。

6.4.2.1 以库仑为单位计

该器件使用集成式 Δ-Σ 模数转换器 (ADC) 进行电流测量。ADC 通过测量超小外部检测电阻两端的电压来测量电池的充放电流。积分 ADC 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。

电流测量是通过测量外部检测电阻器（可低至 1mΩ）两端的压降进行的，而差分电压的极性决定电池处于充电还是放电模式。

6.4.2.2 电池电压测量

BQ27Z561-R2 电量监测计使用 ADC 以 1s 的间隔测量电芯电压。该测量值在内部针对 ADC 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 Impedance Track 电量监测的电芯阻抗。

6.4.2.3 自动校准

自动校准功能有助于消除 SRP 和 SRN 引脚上的任何电压偏移，从而准确测量电芯电压、充电和放电电流以及热敏电阻温度。当总线上至少 5s 没有通信活动时，将执行自动校准。

6.4.2.4 温度测量

该器件具有一个用于片上温度测量的内部传感器，能够利用 TS 引脚上的外部 NTC 支持外部温度测量。这两个测量值可分别启用和配置。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 应用和实施

备注

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

7.1 应用信息

BQ27Z561-R2 电量监测计可与 1 节串联锂离子和锂聚合物电池包搭配使用。要为特定电池包实施和设计一组全面的参数，安装使用 Battery Management Studio (BQSTUDIO)，它是位于 PC 上的图形用户界面工具。产品中安装的固件具有默认值，这些数据在 *BQ27Z561-R2 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，例如启用和禁用某些运行特性，电芯配置和最适合所用电芯的化学成分等。配置和测试完成后，会提取最终的闪存映像。最终的闪存映像用于大规模生产，称为*黄金映像*。

7.2 典型应用

以下是单节电池包的 BQ27Z561-R2 应用原理图示例。

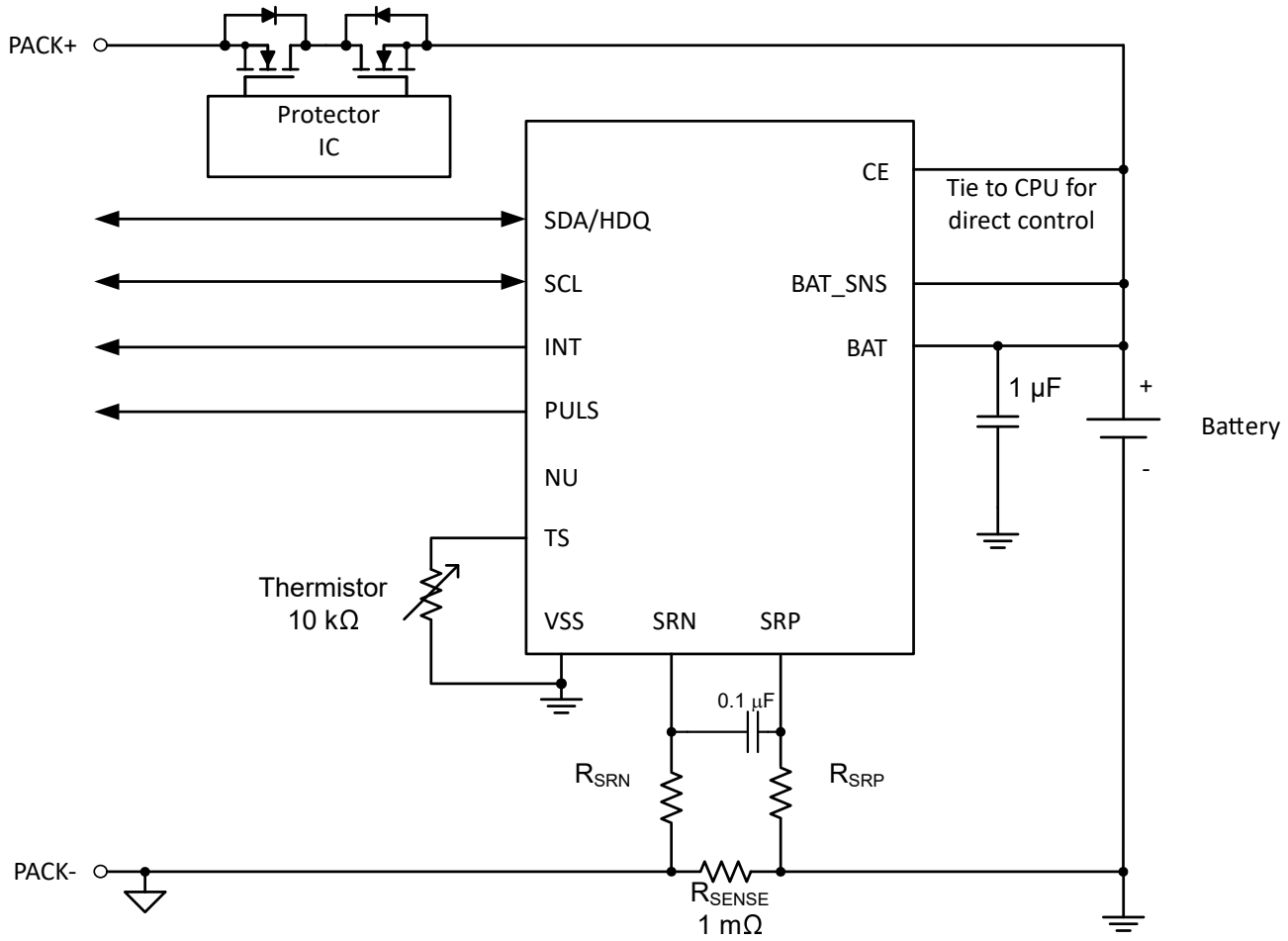


图 7-1. BQ27Z561-R1 具有低侧电流检测功能的典型实现方式

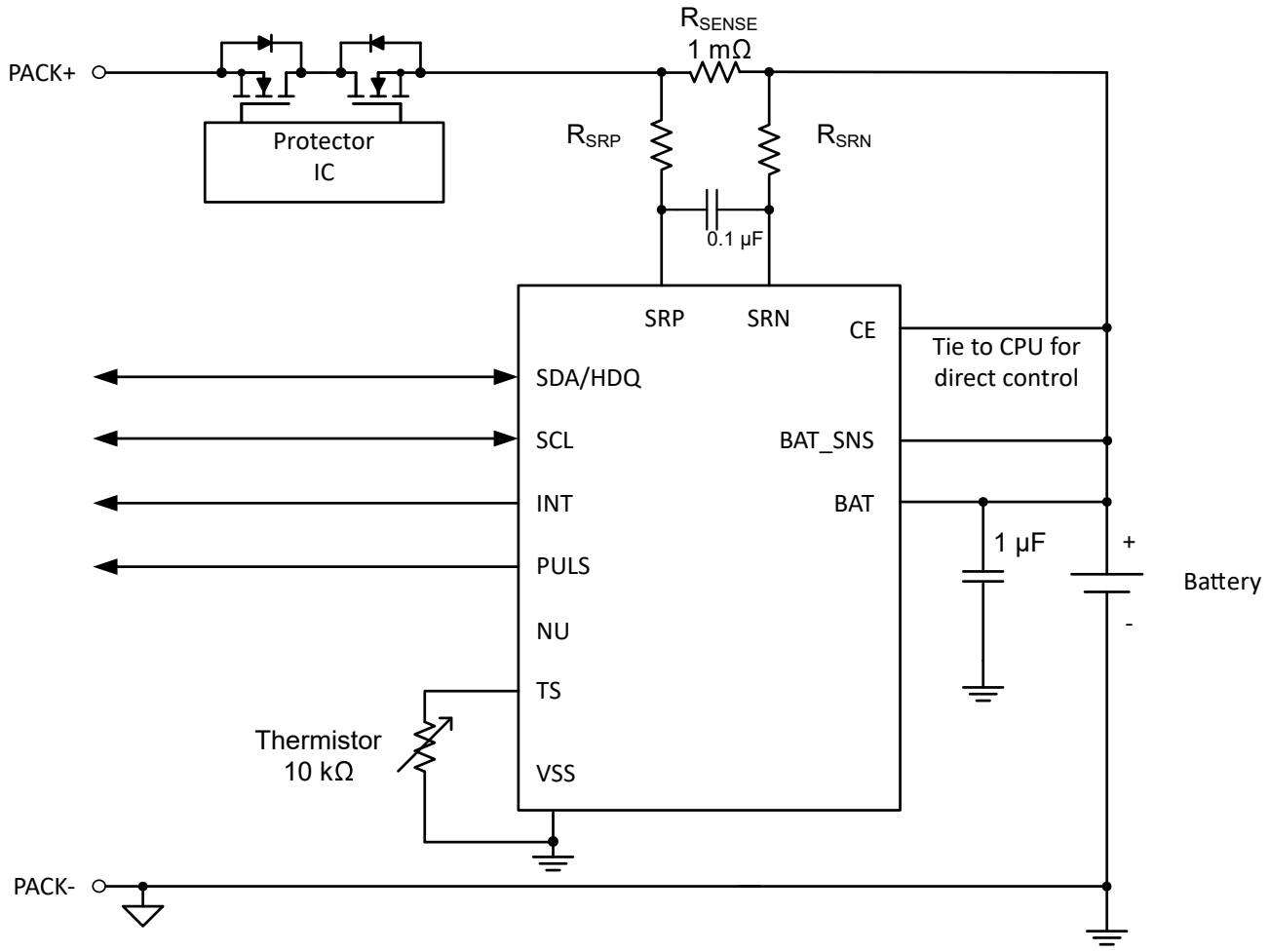


图 7-2. BQ27Z561-R1 具有高侧电流检测功能的典型实现方式

7.2.1 设计要求（默认）

设计参数	示例
电芯配置	1s1p（1 串 1 并）
设计容量	5300mAh
器件化学成分	锂离子电池
设计电压	4000mV
电芯低电压	2500mV

7.2.2 详细设计过程

7.2.2.1 更改设计参数

有关设计要求所需的固件设置，请参见 *BQ27Z561-R2 技术参考手册*。

- 要更改设计容量，请在 ***Gas Gauging: Design: Design Capacity*** 寄存器中设置数据闪存值（以 mAh 为单位）。
- 要设置器件化学成分，请转至数据闪存 ***I²C Configuration: Data: Device Chemistry***。BQSTUDIO 软件会自动填充正确的化学成分标识。此选择是使用工具中的 BQCHEM 功能以及从列表中选择与器件化学成分匹配的选项得出的。
- 要设置设计电压，请转至 ***Gas Gauging: Design: Design Voltage*** 寄存器。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 要设置电池 ***Low Voltage*** 或清除电池 ***Low Voltage*** ，请使用 ***Settings: Configuration: Init Voltage Low Set*** 或 ***Clear*** 。这用于设置电芯电压电平，该电压电平将设置（清除）*Interrupt Status* 寄存器中的 *[VOLT_LO]* 位。
- 要启用内部温度和外部温度传感器，请：设置 ***Settings:Configuration: Temperature Enable*** : 对于内部传感器，位 0 (TSInt) = 1；对于外部传感器，位 1 (TS1) = 1。

7.2.3 校准过程

通过将 0xF081 或 0xF082 写入 *ManufacturerAccess()*，可以校准电流、电压和温度读数。*BQ27Z561-R2 技术参考手册* 的 *校准* 部分包含详细过程。该描述允许校准电芯电压测量偏移、电池电压、电流校准、库仑计数器偏移、PCB 偏移、CC 增益和容量增益以及内部和外部传感器的温度测量。

7.2.4 监测数据更新

当一个被 BQ27Z561-R2 电量监测计启用的电池包循环时，*FullChargeCapacity()* 的值会更新数次，包括充电或放电开始、充电终止、温度差值、放电期间的电阻值更新以及弛豫。图 7-3 显示了当其中一些更新在单个应用周期内发生时的实际电芯电压、负载电流和 *FullChargeCapacity()*。

图中的更新点包括：

- 7900s 时充电终止
- 9900s 时弛豫
- 11500s 时电阻更新

7.2.4.1 应用曲线

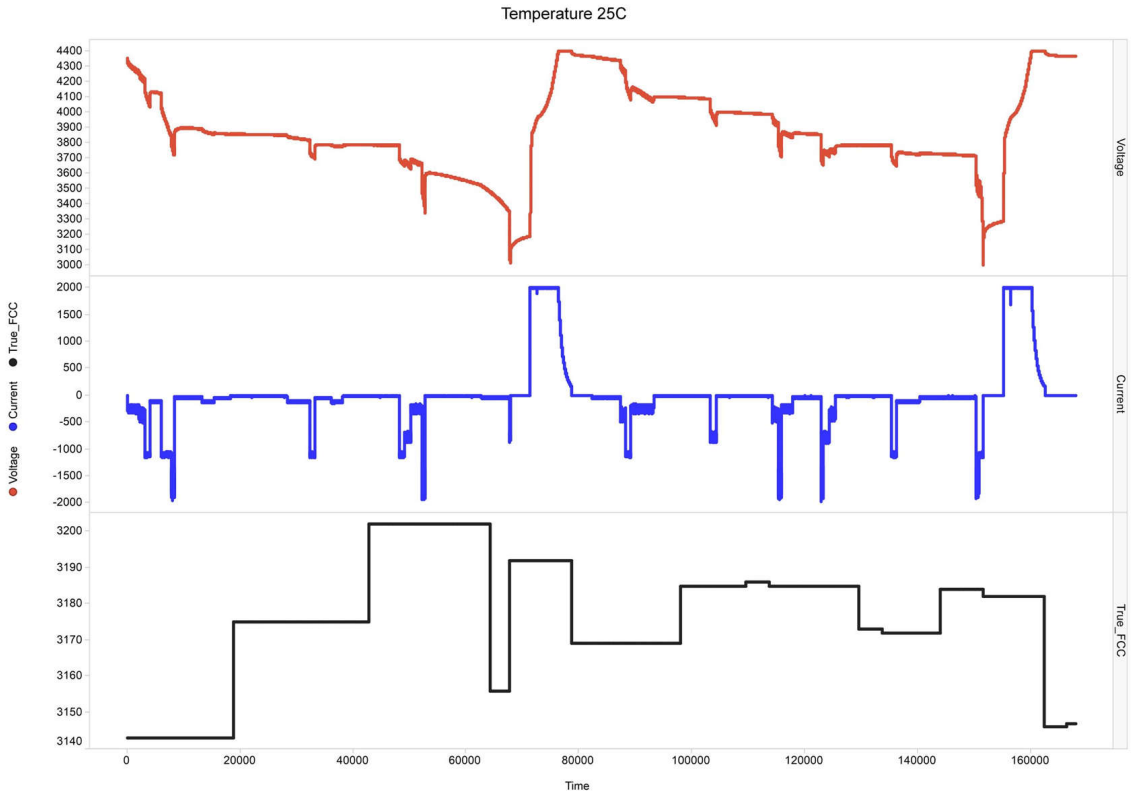


图 7-3. 充满电容量跟踪（X 轴为秒）

7.3 电源相关建议

唯一电源是连接到电池正极端子的 BAT 引脚。BAT 引脚的输入电压最小为 2V，最大为 5V。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.4 布局

7.4.1 布局指南

- 检测电阻上的开尔文连接质量至关重要。确认检测电阻的温度系数不大于 50ppm，以更大程度地减小电流测量随温度的漂移。选择检测电阻的值，使其与 BQ27Z561-R2 电量监测计可用的过流和短路范围相对应。选择尽可能小的值，以便更大限度地减小短路期间 BQ27Z561-R2 VSS 节点上产生的负电压。该引脚的绝对最小值为 -0.3V。只要建立了良好的开尔文检测，就使用并联电阻。该器件设计支持 1mΩ 至 3mΩ 检测电阻。
- 直接将 BAT_SNS 连接到电池的正极。验证 BAT_SNS 不与 BAT 引脚共享路径。
- 对于电量监测计电路，需要注意元件放置和布局的以下特性：差分低通滤波器和 I²C 通信。
- BQ27Z561-R2 电量监测计使用一个积分 Δ-Σ ADC 来测量电流。在检测电阻与器件的 SRP 和 SRN 输入之间添加一个 100Ω 电阻器。在 SRP 和 SRN 输入端放置一个 0.1μF 滤波电容器。如果电路需要，可以添加 0.1μF 滤波电容器，为每个接地检测输入引脚进行额外的噪声滤波。所有滤波器元件尽可能靠近器件放置。从检测电阻到滤波器电路的布线应并联。在滤波器网络周围添加接地平面可提供额外的抗噪能力。
- BQ27Z561-R2 具有一个内部 LDO，该 LDO 经过内部补偿，不需要外部去耦电容器。
- I²C 时钟和数据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（例如在取出电池包期间），该器件会执行自动偏移校准，然后进入 SLEEP 模式以节省电量。

7.4.2 布局示例

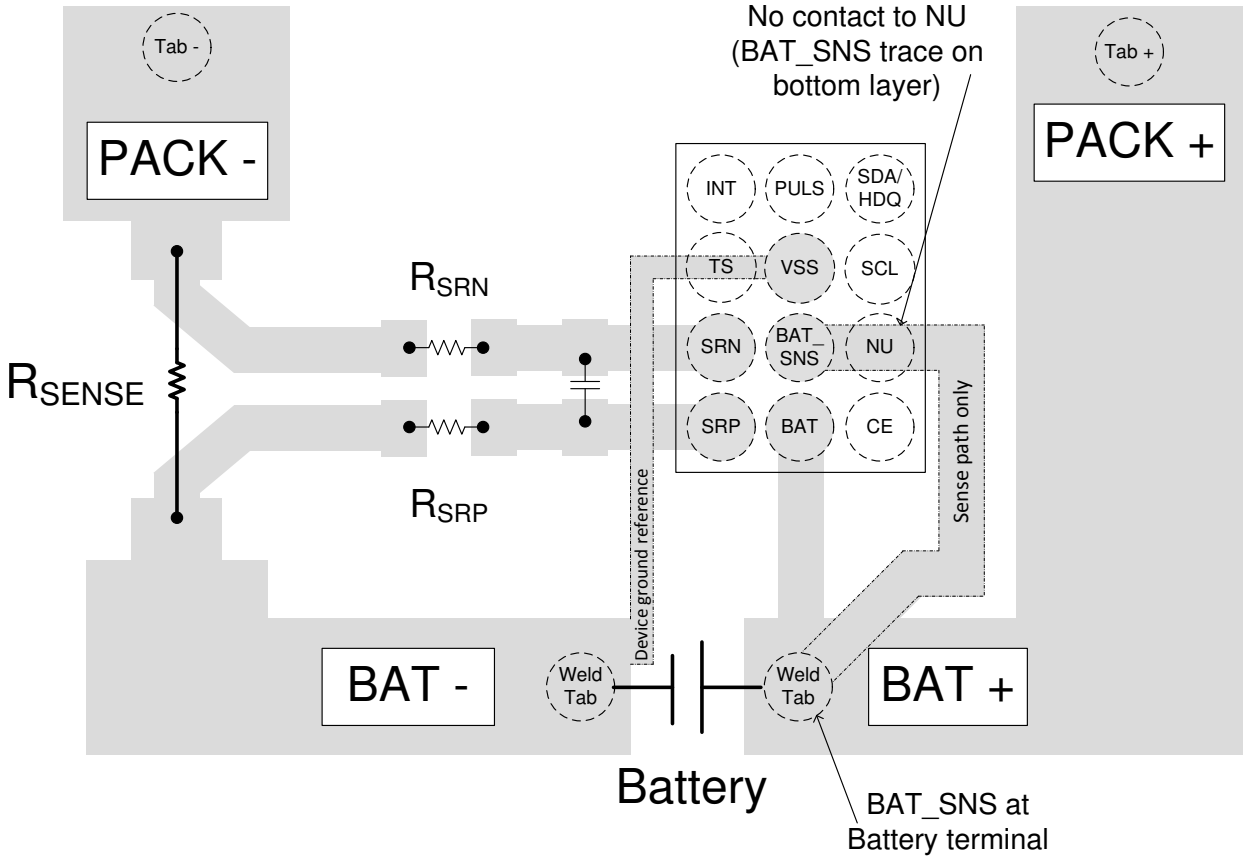


图 7-4. BQ27Z561-R2 主要布线电路板布局布线

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 器件和文档支持

8.1 器件支持

8.1.1 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。

8.2 文档支持

8.2.1 相关文档

- 德州仪器 (TI)，*BQ27Z561-R2 技术参考手册*
- 德州仪器 (TI)，*Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*半导体和 IC 封装热指标* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*BQSTUDIO* 软件

8.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击右上角的 ***通知我*** 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

8.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

8.5 商标

Impedance Track™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

8.6 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。

8.7 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。

9 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

Changes from Revision B (November 2022) to Revision C (September 2025)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式	1

Changes from Revision A (November 2021) to Revision B (November 2022)	Page
• 删除了本章节的 CE 参考；新增了全新的 CE 部分。	5

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

• 为通过设计确保的 CE 引脚阈值添加了 *芯片使能 (CE)* 部分..... 5

10 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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)
BQ27Z561YPHR-R2	Active	Production	DSBGA (YPH) | 12	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Q27Z561R2
BQ27Z561YPHR-R2.A	Active	Production	DSBGA (YPH) | 12	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Q27Z561R2
BQ27Z561YPHR-R2.B	Active	Production	DSBGA (YPH) | 12	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Q27Z561R2

(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.

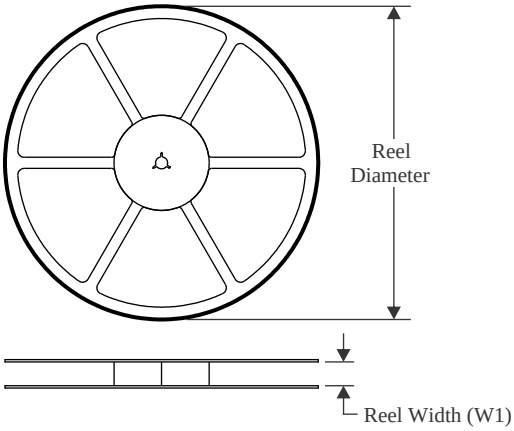
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

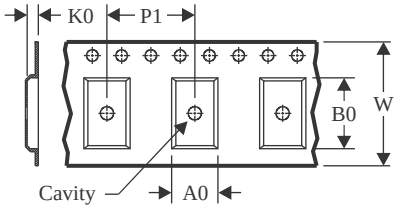
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

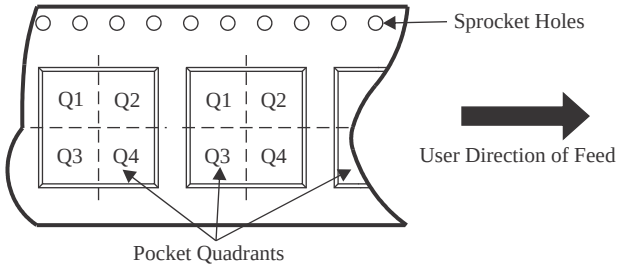


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

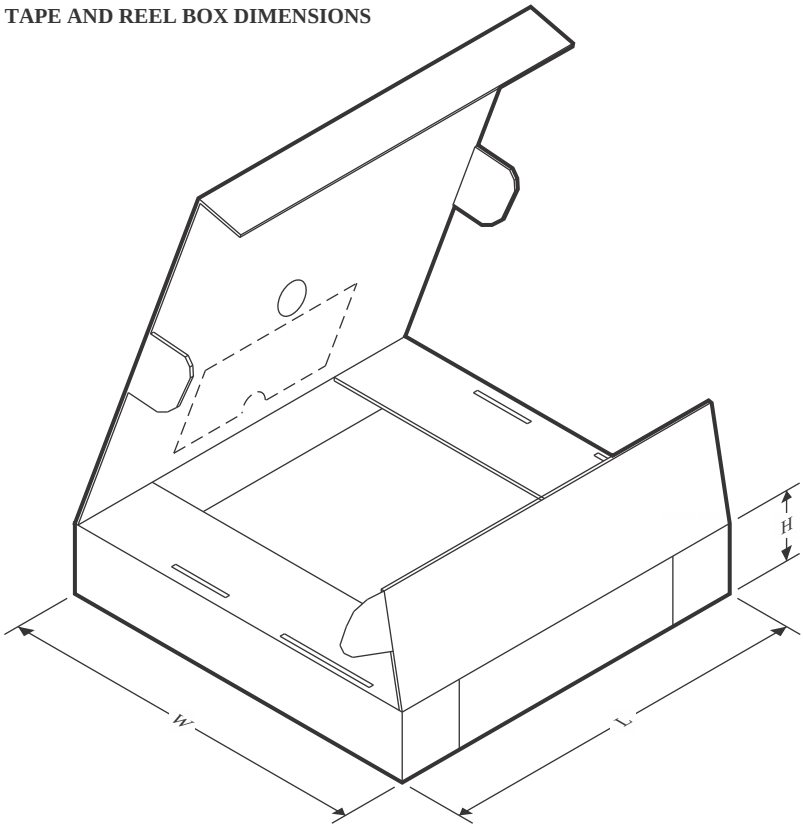
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ27Z561YPHR-R2	DSBGA	YPH	12	3000	180.0	8.4	1.83	2.2	0.53	4.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

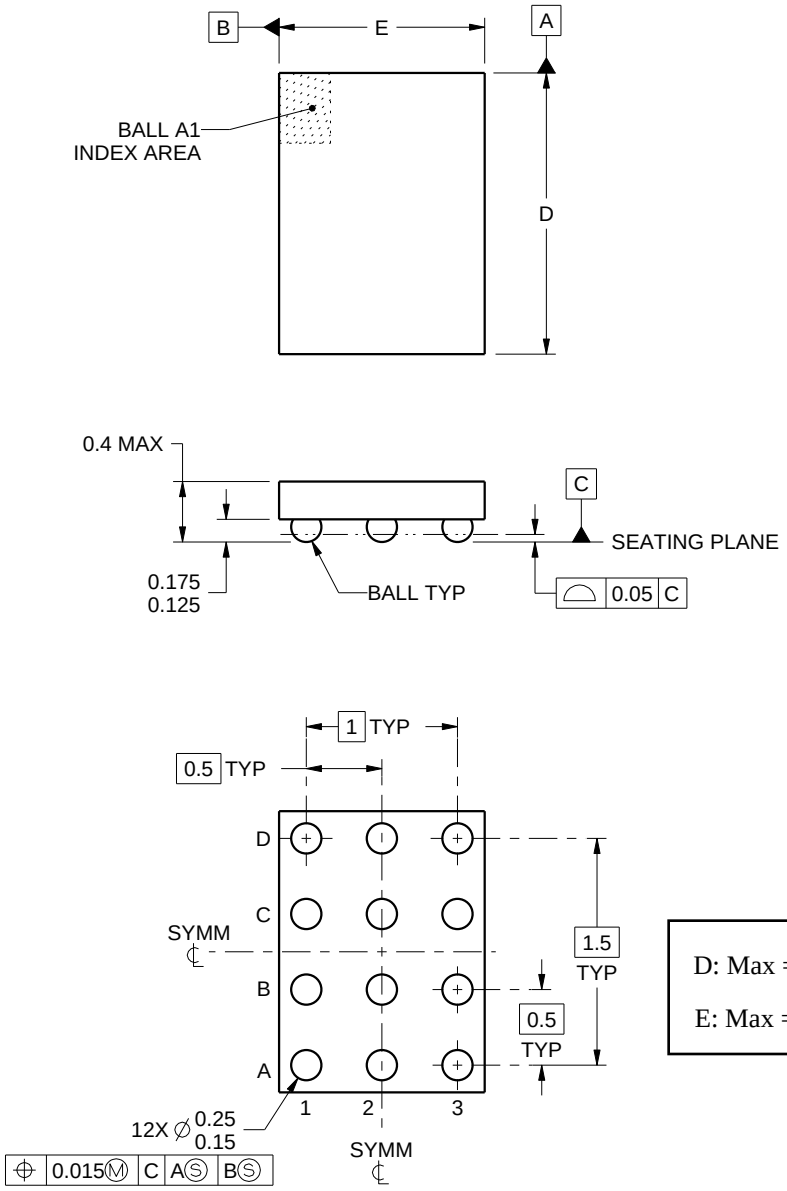
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ27Z561YPHR-R2	DSBGA	YPH	12	3000	182.0	182.0	20.0

PACKAGE OUTLINE

YPH0012

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



D: Max = 2.08 mm, Min = 2.02 mm

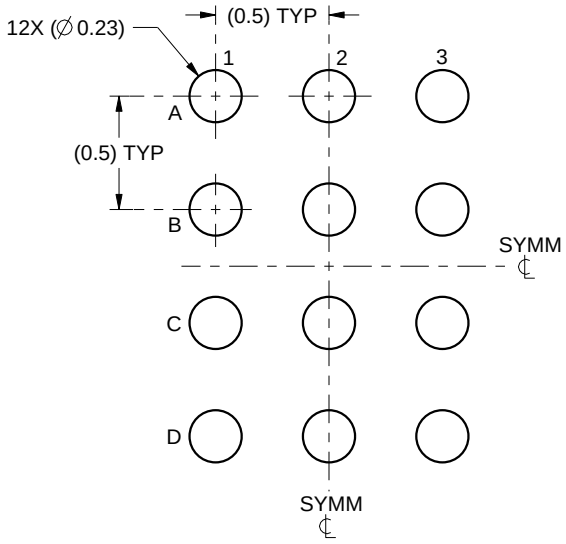
E: Max = 1.705 mm, Min =1.644 mm

4222640/A 12/2015

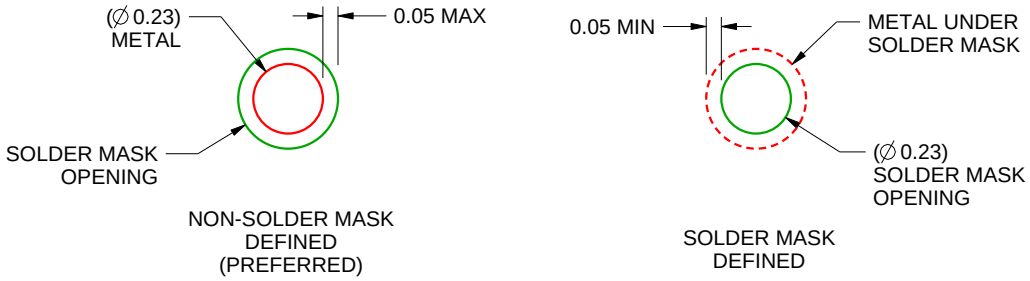
NanoFree Is a trademark of Texas Instruments.

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.
3. NanoFree™ package configuration.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:30X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4222640/A 12/2015

NOTES: (continued)

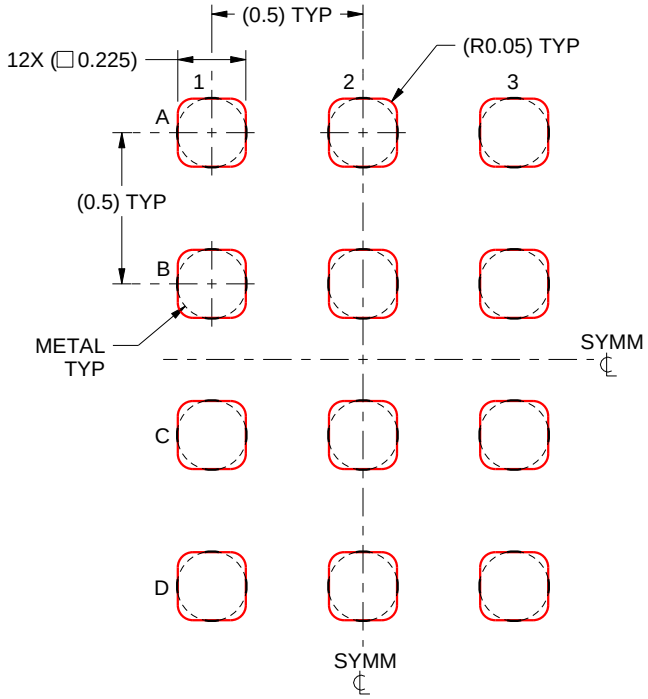
4. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
For more information, see Texas Instruments literature number SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YPH0012

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:40X

4222640/A 12/2015

NOTES: (continued)

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

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出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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月