适用于单芯锂离子电池组的 BQ27Z746 Impedance Track™ 技术电池电量监测计和保护解决方案

1 特性

- 集成电池电量监测计和保护器
- 闪存可编程定制 BQBMP RISC CPU
  - 安全散列算法 (SHA-256) 认证
  - 400kHz I²C 总线通信接口
- 低电压 (2.0 V) 运行
- 2 个 16 位独立高精度 ADC
  - 带有低至 1mΩ 的电流检测电阻的库仑计数 ADC
  - 用于电池电压和外部及内部温度传感器的电压 ADC
- 基于获得专利的 Impedance Track™ 技术的电池电量监测
  - 用于电池续航能力精确预测的电池放电模拟曲线
  - 自动调整电池老化、温度以及充放电速率所带来的影响
- 带有内置保护功能的电池开尔文检测差动模拟输出引脚
- 高侧或低侧电流检测
- 基于硬件的可编程保护
  - 高侧 FET 栅极驱动器
  - 过压和欠压（OVP 和 UVP）
  - 放电过流保护和充电过流保护（OCD 和 OCC）
  - 放电短路 (SCD)
  - 基于固件的过热 (OT)
- 典型功率降低模式
  - SLEEP 模式：20 μA
  - SHIP 模式：10 μA
  - 货架模式 5 μA
  - SHUTDOWN 模式：0.2 μA
- 超紧凑 15 焊球 NanoFree™ DSBGA

2 应用

- 带 1 芯可充电电池的任何终端设备
  - 智能手机
  - 平板电脑
  - 摄像头
  - 便携式可穿戴设备/医疗设备
  - 工业手持设备

3 说明

德州仪器 (TI) BQ27Z746 Impedance Track™ 电量监测计解决方案是高度集成的高精度单芯电池电量监测计和保护解决方案。

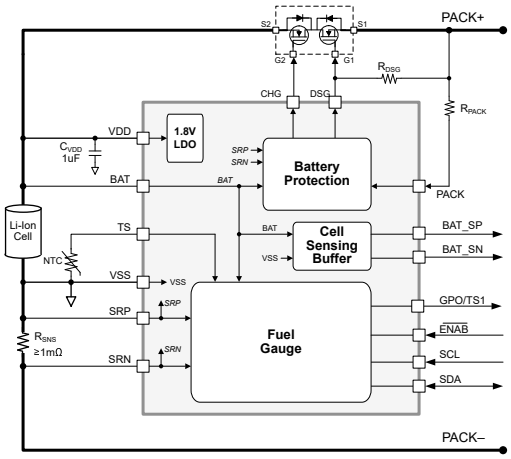
BQ27Z746 器件提供了一套基于电池组的完全集成式解决方案，该解决方案具备闪存可编程的定制精简指令集 CPU (RISC)、安全保护、电池电量变化检测模拟输出以及身份验证功能，适用于单芯锂离子和锂聚合物电池组。

BQ27Z746 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 TI BQBMP 处理器、高精度模拟测量功能、集成式闪存、N 沟道高侧 FET 驱动器以及 SHA-2 身份验证变换响应器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)	本体尺寸（标称值）
BQ27Z746	YAH (15)	1.69mm × 2.57mm

(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。



BQ27Z746 简化原理图

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.....5
5.4 热性能信息.....5
5.5 电气特性.....5
5.6 数字 I/O：直流特性.....12
5.7 数字 I/O：计时特点.....13
5.8 典型特性.....15
6 详细说明.....16
6.1 概述.....16
6.2 功能方框图.....16
6.3 特性说明.....17
6.4 器件功能模式.....20
7 应用和实施.....21
7.1 应用信息.....21
7.2 典型应用.....21
8 电源相关建议.....25
9 布局.....25
9.1 布局指南.....25
9.2 布局示例.....26
10 器件和文档支持.....27
10.1 第三方产品免责声明.....27
10.2 文档支持.....27
10.3 接收文档更新通知.....27
10.4 支持资源.....27
10.5 商标.....27
10.6 静电放电警告.....27
10.7 术语表.....27
11 修订历史记录.....28
12 机械、可订购和封装信息.....28

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

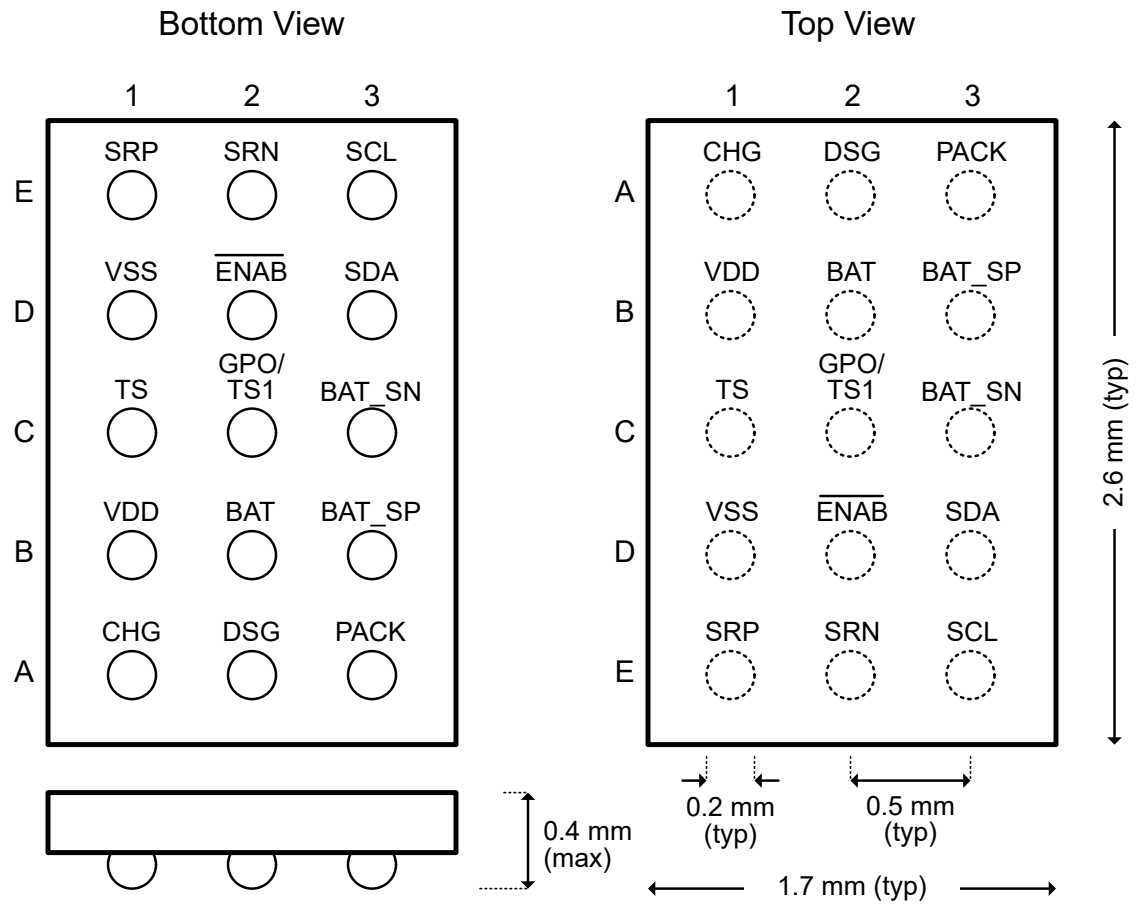


图 4-1. 引脚排列图

表 4-1. 引脚功能

引脚			说明
名称	编号	类型[1]	
CHG	A1	AO	充电 FET (CHG) 驱动器
DSG	A2	AO	放电 FET (DSG) 驱动器。在 DSG 引脚和 PACK+ 正极端子之间连接一个 10MΩ 典型电阻器 (R_{DSG})。
PACK	A3	IA	电池包输入电压检测引脚。在 PACK 引脚和 PACK+ 正极端子之间连接一个典型值为 5kΩ 的串联电阻器 (R_{PACK})。
VDD	B1	P	LDO 稳压器输入。在 VDD 和 VSS 之间连接一个典型值为 1μF 的电容器 (C_{VDD})。将电容器放置在靠近测量仪表的位置。
BAT	B2	IA	电池电压测量检测输入
BAT_SP	B3	OA	电芯检测输出，正极
BAT_SN	C3	OA	电芯检测输出，负极
TS	C1	IA	通过内部 18kΩ 上拉电阻器将热敏电阻输入端连接到 ADC
GPO/TS1	C2	I/O	通用输出。 具有内部 18kΩ 上拉电阻器的可选 TS1 ADC 输入通道
VSS	D1	P	器件接地
$\overline{ENAB}$	D2	I	内部弱上拉至 VDD 的低电平有效数字输入。如果针对超低功耗 SHIP 模式启用，将此信号驱动至 PACK – 负极端子将使器件唤醒。

表 4-1. 引脚功能（续）

引脚			说明
名称	编号	类型[1]	
SDA	D3	I/O	I^2C 串行数据的数字输入、开漏输出。与典型 10kΩ 上拉电阻器配合使用。
SCL	E3	I/O	I^2C 串行时钟的数字输入、开漏输出。与典型 10kΩ 上拉电阻器配合使用。
SRP	E1	IA	这是连接到内部库仑计数器外设的正模拟输入引脚，用于积分 SRP（正极侧）和 SRN（负极侧）之间的微小电压差。
SRN	E2	IA	这是连接到内部库仑计数器外设的负模拟输入引脚，用于积分 SRP（正极侧）和 SRN（负极侧）之间的微小电压差。

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

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	VDD	-0.3	6	V
输入电压范围	PACK（限制为 4mA 最大值）	-0.3	8	V
	PACK+ 外部电池组输入端子，通过 5kΩ 电阻器与器件 PACK 输入引脚串联	-0.3	24	
	PACK+ 外部电池组输入端子，通过 5kΩ 电阻器 (R_{PACK}) 与器件 PACK 引脚串联并通过 10MΩ 电阻器 (R_{DSG}) 与器件 DSG 引脚串联	-12	24	
	BAT	-0.3	6	
	SDA、SCL、$\overline{ENAB}$	-0.3	6	
	TS	-0.3	2	
	SRP、SRN	-0.3	V_{BAT} + 0.3	
输出电压范围	BAT_SP、BAT_SN	-0.3	6	V
	CHG、DSG	-0.3	12	
工作结温，T_J		-40	85	°C
贮存温度，T_{stg}		-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*范围操作可能会导致器件永久损坏。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]	±2000	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 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
电源电压范围	VDD	2.0		5.5	V
输入电压范围	PACK（具有 5kΩ R_{PACK} 电流限制）	0		12	V
	PACK（无 R_{PACK} 电流限制）	0		5.5	
	BAT	1.5		5.5	
	SDA、SCL、$\overline{ENAB}$	-0.3		VDD	
	TS	VSS		1.8	
	SRN、SRP	V_{CC_CM} – 0.1		V_{CC_CM} + 0.1	
输出电压范围	BAT_SP、BAT_SN	2		VDD + V_{OFFS}	V
	GPO	VSS		1.8	
	CHG、DSG	VSS		VDD+ (VDD × A_{FETON})	
VDD 引脚上的外部去耦电容器 C_{VDD}		1			μF
TS 引脚上的外部去耦电容器 C_{TS}				0.01	μF
PACK+ 端子与器件 PACK 引脚之间的外部检测电阻 R_{PACK}		5			kΩ
PACK+ 端子与器件 DSG 引脚之间的外部检测电阻 R_{DSG}		10			MΩ
SRN 与 SRP 引脚之间的外部检测电阻 R_{SNS}		1		20	mΩ
工作温度，T_A		-40		85	℃

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]		YAH (DSBGA)（15 引脚）	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	70	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	17	
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	20	
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1	
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	18	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	

(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*应用报告。

5.5 电气特性

5.5.1 电源电流

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃、无主机通信、PROT 导通[1]、V_{CHG} 和 V_{DSG} > 5V、C_{LOAD} = 8nF（典型值 20nA）、VDD = 4V、默认固件设置下平均电流持续超过 30s 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		86		μA
I_{SLEEP}	测量的电流 ≤ 睡眠电流阈值		20		μA
I_{SHIP}	V_{BAT} = 3.0V，固件 SHIP 模式启用。60s 平均值		10		μA
I_{SHELF}	V_{BAT} = 3.0V，固件 SHELF 模式启用。PROT 关断。60s 平均值		5		μA

5.5.1 电源电流（续）

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃、无主机通信、PROT 导通[(1)]、V_{CHG} 和 V_{DSG} > 5V、C_{LOAD} = 8nF（典型值 20nA）、VDD = 4V、默认固件设置下平均电流持续超过 30s 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_{SHUT}	固件 SHUTDOWN 模式已启用或 $V_{BAT} \leq V_{SHUT}$，PROT 关断		0.2	1	μA

(1) PROT 导通/关断。DSG 和 CHG 引脚导通或关断时启用保护器块。

5.5.2 常见模拟（LDO、LFO、HFO、REF1、REF2、I-WAKE）

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
内部 1.8V LDO (REG18)						
V_{REG18}	稳压器输出电压		1.6	1.8	2.0	V
$\Delta V_{REG18TEMP}$	稳压器输出随温度的变化	$\Delta V_{BAT}/\Delta T_A$，$I_{REG18}$ = 10mA	-1.2%		+1.2%	
$\Delta V_{REG18LINE}$	线路调节		-0.8%		0.8%	
$\Delta V_{REG18LOAD}$	负载调节	I_{REG18} = 16mA	-1.5%		1.5%	
I_{SHORT}	短路电流限制	V_{REG18} = 0V	18		60	mA
$PSRR_{REG18}$	电源抑制比	$\Delta V_{BAT}/\Delta V_{REG18}$，$I_{REG18}$ = 10mA，V_{BAT} > 2.5V，f = 10Hz		50		dB
V_{PORth}	POR 阈值	上升阈值	1.55	1.65	1.75	V
V_{PORhy}	POR 迟滞			0.1		V
V_{ENAB}	LDO 的 $\overline{ENAB}$ 导通电压 [(1)]	低电平有效下降阈值			0.4	V
R_{ENAB}	$\overline{ENAB}$ 引脚上拉电阻 [(1)]	内部上拉至 VDD	0.7	1	1.3	MΩ
低频内部振荡器 (LFO)						
f_{LFO}	LFO 运行频率	正常运行模式		65.536		kHz
$f_{LFO(ERR)}$	LFO 频率误差	正常运行模式	-2.5%		+2.5%	
f_{LFO32}	LFO 运行频率	低功耗模式		32.768		kHz
$f_{LFO32(ERR)}$	LFO 频率误差	低功耗模式	-5%		+5%	
高频内部振荡器 (HFO)						
f_{HFO}	HFO 运行频率			16.78		MHz
$f_{HFO(ERR)}$	HFO 频率误差	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，CLKCTL[HFRAMP] = 1，振荡器频率在标称频率的 +/–3% 范围内或上电复位			4	ms
电压基准 1 (VREF1)						
V_{REF1}	内部基准电压	REF1 用于保护电路、LDO 和 CC	1.195	1.21	1.227	V
V_{REF1_DRIFT}	内部基准电压漂移	REF1 用于保护电路、LDO 和 CC	-80		+80	PPM/°C
电压基准 2 (VREF2)						
V_{REF2}	内部基准电压	REF2 用于 ADC	1.2	1.21	1.22	V
V_{REF2_DRIFT}	内部基准电压漂移	REF2 用于 ADC	-20		+20	PPM/°C
唤醒比较器 (I-WAKE)						
V_{WAKE}	将电量监测计从低功耗状态唤醒的检测电阻电压阈值范围[(2)]	500μV 步长。数据闪存固件默认值为 2mV（典型值）	-1.5	-2.0	-2.5	mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5.2 常见模拟（LDO、LFO、HFO、REF1、REF2、I-WAKE）（续）

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_{WAKE}	有效唤醒电流阈值范围	理想 R_{SNS} = 1mΩ	-1000		-3000	mA
		理想 R_{SNS} = 2mΩ	-500		-1500	
		理想 R_{SNS} = 5mΩ	-200		-600	
V_{WAKE_ACC}	唤醒检测精度 (2)		-250		250	μV
t_{WAKE}	I-WAKE 检测延迟选项 (1)	支持两种延迟选项配置。数据闪存固件默认值为 12ms（典型值）	9.6	12	14.4	ms
			19.2	24	28.8	

(1) 根据设计指定
(2) 数据闪存可配置为 FULL ACCESS 模式并锁定为 SEALED。精度由出厂修整在指定的默认阈值下确保。如果更改了出厂阈值，则需要现场进行器件校准。

5.5.3 电池保护（CHG、DSG）

保护硬件电路在自然通风条件下的温度范围内运行（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
N 沟道 FET 驱动器，CHG 和 DSG						
V_{DRIVER}	栅极驱动器电压，V_{CHG} 或 V_{DSG}	C_{LOAD} = 8nF		2 × VDD		V
A_{FETON}	FET 驱动器增益系数，连接至 FET 的 Vgs 电压	A_{FETON} = (V_{driver} – VDD)/VDD，C_{LOAD} = 8nF，UVP < VDD < 3.8V	0.9	1.0	1.2	V/V
V_{DSGOFF}	DSG FET 驱动器关断输出电压	V_{DSGOFF} = V_{DSG} – PACK，C_L= 8nF			0.2	V
V_{CHGOFF}	CHG FET 驱动器关断输出电压	V_{CHGOFF} = V_{CHG} – VSS，C_L= 8nF			0.2	V
t_{rise}	FET 驱动器上升时间 (1)	C_L = 8nF，(Vdriver – VDD)/VDD = 1x V_{FETON} 从 VDD 变为 2 × VDD		400	800	us
t_{fall}	FET 驱动器下降时间 (1)	CL = 8nF，V_{FETON} 从 V_{FETMAX} 变为 V_{FETOFF}		50	200	us
V_{FET_SHUT}	固件 FET 驱动器关断电压 (2) (4)	可配置，步长为 1mV	2000	2100	5000	mV
$V_{FET_SHUT_REL}$	固件 FET 驱动器关断释放 (2) (4)		2000	2300	5000	mV
I_{LOAD}	FET 驱动器最大负载				10	uA
电压保护						
V_{OVP}	硬件过压保护 (OVP) 检测范围(3)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长为 50mV	3500		5000	mV
	出厂默认修整阈值(3)			4525		
V_{OVP_ACC}	硬件 OVP 检测精度 (3)	TA = 25ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1 μA 处	-15		15	mV
		TA = 0ºC 至 60ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1 μA 处	-25		25	mV
		TA = -40ºC 至 85ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1 μA 处	-50		50	mV
V_{FW_OVP}	固件 OVP 检测范围 (4)	可配置，步长为 1mV	2000	4490	5000	mV
$V_{FW_OVP_REL}$	固件 OVP 释放范围 (4)		2000	4290	5000	mV
V_{UVP}	硬件欠压 (UVP) 检测范围 (3)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长为 50mV	2000		4000	mV
	出厂默认修整阈值(3)			2300		

5.5.3 电池保护（CHG、DSG）（续）

保护硬件电路在自然通风条件下的温度范围内运行（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{UVP_ACC}	硬件 UVP 检测精度 (3)	TA = 25ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1 μA 处	-20		20	mV
		TA = 0ºC 至 60ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1uA 处	-30		30	mV
		TA = -40ºC 至 85ºC，C_{LOAD} 在 CHG/DSG < 1uA 处	-50		50	mV
V_{FW_UVP}	固件 UVP 检测范围 (4)	可配置，步长为 1mV	2000	2500	5000	
$V_{FW_UVP_REL}$	固件 UVP 释放范围 (4)		2000	2900	5000	mV
$R_{PACK\text{-}VSS}$	PACK 和 VSS 之间的电阻	仅限关断模式	100	300	550	kΩ
V_{RCP}	反向充电保护限制	–10V 持续工作电压，绝对最大值 –12V	-10			V
电流保护						
V_{OCC}	充电过流 (OCC) 的检测电压阈值范围 (3) (4)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长为 1mV	4		100	mV
	出厂默认修整阈值(3)			14		
V_{OCC}	OCC 2mV 步长设计选项	2mV 步长配置选项	2		256	mV
I_{OCC}	有效 OCC 电流阈值范围（相对于 V_{OCC}）(1) (4)	理想 R_{SNS} = 1mΩ	4	14	100	A
		理想 R_{SNS} = 2mΩ	2	7	50	
		理想 R_{SNS} = 5mΩ	0.8	2.8	20	
I_{FW_OCC}	固件 OCC 检测范围 (4)	可配置，步长为 1mA	0	12000	$+I_{CC_IN}$	mA
V_{OCD}	放电过流 (OCD) 的检测电压阈值范围 (3) (4)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长为 1mV	-4		-100	mV
	出厂默认修整阈值(3)			-16		
V_{OCD}	OCD 2mV 步长设计选项	±2mV 步长配置选项	-2		-256	mV
I_{OCD}	有效 OCD 电流阈值范围（相对于 V_{OCD}）(1) (4)	理想 R_{SNS} = 1mΩ	-4	-16	-100	A
		理想 R_{SNS} = 2mΩ	-2	-8	-50	
		理想 R_{SNS} = 5mΩ	-0.8	-3.2	-20	
I_{FW_OCD}	固件 OCD 检测范围 (4)	可配置，步长为 1mA	$-I_{CC_IN}$	-7000	0	mA
V_{SCD}	放电短路电流 (SCD) 的检测电压阈值范围 (3) (4)	阈值经过出厂修整，步长为 1mV	-5		-120	mV
	出厂默认修整阈值(3)			-20		
I_{SCD}	有效 SCD 电流阈值范围（相对于 V_{SCD}）(1) (4)	理想 R_{SNS} = 1mΩ	-5	-20	-120	A
		理想 R_{SNS} = 2mΩ	-2.5	-10	-60	
		理想 R_{SNS} = 5mΩ	-1	-4	-24	
V_{OC_ACC}	过流（OCC、OCD、SCD）检测精度 (3)	<20mV，TA = –25°C 至 60ºC	-2.1		2.1	mV
		<20mV	-2.1		2.1	
		20mV – 55mV	-3		3	
		56mV – 100mV	-5		5	
		>100mV	-12		12	
$I_{PACK\text{-}VDD}$	电流故障期间 PACK 和 VDD 之间的灌电流	固件中的负载移除检测		15		μA
V_{OC_REL}	OCC 故障释放阈值	(V_{PACK} – V_{BAT})		100		mV
	OCD、SCD 故障释放阈值			-400		mV
过热保护						

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5.3 电池保护（CHG、DSG）（续）

保护硬件电路在自然通风条件下的温度范围内运行（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_{OTC_TRIP}	OTC 跳变/释放阈值 (2) (4)	基于固件并可配置，步长为 0.1°C	-40.0	55.0	150.0	°C
T_{OTC_REL}			-40.0	50.0	150.0	°C
T_{OTD_TRIP}	OTD 跳变/释放阈值 (2) (4)		-40.0	60.0	150.0	°C
T_{OTD_REL}			-40.0	55.0	150.0	°C
T_{UTC_TRIP}	UTC 跳变/释放阈值 (2) (4)		-40.0	0.0	150.0	°C
T_{UTC_REL}			-40.0	5.0	150.0	°C
T_{UTD_TRIP}	UTD 跳变/释放阈值 (2) (4)		-40.0	0.0	150.0	°C
T_{UTD_REL}			-40.0	5.0	150.0	°C
保护延迟(1)						
t_{OVP}	OVP 检测延迟（去抖）选项 (1) (4)	支持 4095 种延迟选项配置，步长为 1.953ms。出厂默认值 = 1000ms（512 个计数）典型值	1.953	1000	7998	ms
t_{UVP}	UVP 检测延迟（去抖）选项 (1) (4)	支持 127 种延迟选项配置，步长为 1.953ms。出厂默认值 = 127ms（65 个计数）典型值	1.953	127	248	ms
t_{OCC}	OCC 检测延迟（去抖）选项 (1) (4)	支持 31 种延迟选项配置，步长为 1.953ms。出厂默认值 = 7.8ms（4 个计数）典型值	1.953	7.8	60.5	ms
t_{OCD}	OCD 检测延迟（去抖）选项 (1) (4)	支持 255 种延迟选项配置，步长为 0.244ms。出厂默认值 = 15.9ms（65 个计数）典型值	0.244	15.9	62.3	ms
t_{SCD}	SCD 检测延迟（去抖）选项 (1) (4)	支持七种延迟选项配置，步长为 122μs。出厂默认值 = 244μs（2 个计数）典型值	122	244	854	μs
T_{OTC_DLY}	OTC 跳变延迟(2) (4)	基于固件且可配置，步长为 1s。典型值是数据闪存出厂默认值。	0	2	255	s
T_{OTD_DLY}	OTD 跳变延迟(2) (4)		0	2	255	s
T_{UTC_DLY}	UTC 跳变延迟(2) (4)		0	2	255	s
T_{UTD_DLY}	UTD 跳变延迟(2) (4)		0	2	255	s
零伏（低压）充电						
V_{0CHGR}	启动零伏充电所需的充电器电压	V_{PACK} – VSS	1.6			V
V_{0INH}	禁止零伏充电的电池电压	VDD – VSS		1.0	1.1	V

(1) 根据设计指定。未经生产测试。
(2) 基于固件的参数。未经生产测试。
(3) 精度由出厂修整在指定的默认阈值下确保。如果更改默认阈值，则需要现场进行器件校准。请参阅 *BQ27Z746 技术参考手册*。
(4) 指定的典型值为出厂默认值。未经生产测试。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 *BQ27Z746 技术参考手册*。

5.5.4 电池检测输出（BAT_SP、BAT_SN）

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
静态响应						
V_{BUFACC}	缓冲器精度 (BAT_SP – BAT_SN)	V_{BAT}，1500mV 和 2400mV 直流，PACK-BAT_SP ≥ 200mV，BAT_SP 负载：高阻态至 1kΩ，BAT_SN 负载：1kΩ 至 10kΩ	1450	1500	1550	mV
			2350	2400	2450	

5.5.4 电池检测输出（BAT_SP、BAT_SN）（续）

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
$V_{BUFOFFS}$	BAT_SN 共模偏移 (BAT_SN – VSS)	400mV 选项，V_{BAT} = 1.5V 至 2.5V	370	400	430	mV
		200mV 选项，V_{BAT} = 2.0V 至 2.5V	170	200	230	
		0mV 选项，V_{BAT} = 2.0V 至 2.5V	-30	0	30	
		600mV 选项，V_{BAT} = 2.0V 至 2.5V	550	600	650	
ΔV_{BUF_LINE}	缓冲器线路调节	V_{BAT} = 1.5V 至 2.5V，空载，BAT_SP – BAT_SN、V_{PACK} – V_{BAT} = 1.0V		10		mV
ΔV_{BUF_LOAD}	缓冲器负载调节	V_{BAT} = 2.4V，负载 = 1mA，BAT_SP – BAT_SN，V_{PACK} - V_{BAT} = 1.0V		1.2		mV
V_{RLOACC}	RLO 模式精度 (BAT_SP – BAT_SN)	V_{BAT} = 3000mV 至 5000mV 直流。为了保持稳定，启用 0mV 缓冲器选项 BAT_SP 负载：高阻态至 1kΩ BAT_SN 负载：1kΩ 至 10kΩ	-7		+7	mV
$V_{RLOACCP}$	RLO 模式精度 (BAT_SP – VSS)		-5		+5	
$V_{RLOACCN}$	RLO 模式精度 (BAT_SN – VSS)		-5		+5	
R_{LO_SP}	BAT_SP 低电阻模式	200Ω 选项，DSG FET = 导通	160	200	260	Ω
		510Ω 选项，DSG FET = 导通	459	510	561	
R_{LO_SN}	BAT_SN 低电阻模式	200Ω 选项，DSG FET = 导通	160	200	260	Ω
		510Ω 选项，DSG FET = 导通	459	510	561	
R_{HIZ_SP}	BAT_SP 高阻抗模式	CHG FET = 关断	0.6	1.0	1.3	MΩ
R_{HIZ_SN}	BAT_SN 高阻抗模式		0.6	1.0	1.3	
t_{BUF_OFF}	缓冲器关断时间(1)	相对于 DSG FET 导通的缓冲器禁用时序		500		us
C_{BUF_SP}	稳定运行的最大外部电容(1)	BAT_SP 至 SRN (PACK–)			150	pF
C_{BUF_SN}		BAT_SN 至 SRN (PACK–)			150	
B_{BUF_BW}	缓冲器单位增益带宽(1)	缓冲器启用		30		kHz
V_{BCP}	BAT_SP – BAT + 故障 (BCP) 阈值范围(1)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长约为 2mV	+100		+250	mV
	出厂默认修整阈值(3)			+200		
V_{BCP_ACC}	BAT_SP – BAT + 故障精度(3)	RLO 模式启用，步长为 10mV	-10		+10	
V_{BDP}	BAT_SP – BAT – 故障 (BDP) 阈值范围(1)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长约为 2mV	-250		-100	mV
	出厂默认修整阈值(3)			-200		
V_{BDP_ACC}	BAT_SP – BAT – 故障精度(3)	RLO 模式启用，步长为 10mV	-10		+10	
V_{BCN}	BAT_SN – VSS + 故障 (BCN) 阈值范围(1)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长约为 2mV	+100		+250	mV
	出厂默认修整阈值(3)			+200		
V_{BCN_ACC}	BAT_SN – VSS + 故障精度(3)	RLO 模式启用，步长为 10mV	-10		+10	
V_{BDN}	BAT_SN – VSS 故障 (BDN) 阈值范围(1)	建议的阈值范围。经过出厂修整，步长约为 2mV	-250		-100	mV
	出厂默认修整阈值(3)			-200		
V_{BDN_ACC}	BAT_SN – VSS – 故障精度(3)	RLO 模式启用，步长为 10mV	-10		+10	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5.4 电池检测输出（BAT_SP、BAT_SN）（续）

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
$t_{LO_FAULT_DLY}$	BAT_SP/BAT_SN 故障比较器延迟(1)	8ms 延迟		8		ms
		100ms 延迟		100		ms
$t_{LO_FAULT_STRT}$	BAT_SP/BAT_SN 故障重启时间 (1) (2)			1000		ms
瞬态响应						
V_{LOAD_SP}	BAT_SP 负载瞬态(1)	无负载 ≥ 1kΩ ≥ 无负载，切换时间 1μs	-300		300	mV
V_{LOAD_SN}	BAT_SN 负载瞬态(1)		-200		200	mV
V_{LINE_SN}	BAT_SN 线路瞬态(1)	VBAT = 1.5V ≥ 2.4V ≥ 1.5V，转换斜率 500mV/10us	-30		30	mV
V_{TRANS}	(BAT_SP – BAT_SN) 转换瞬态 (1)	固件命令从 BUF 模式转换到 RLO 模式	-700		50	mV

(1) 根据设计确定。未经生产测试。
(2) 基于固件的参数。未经生产测试。
(3) 精度由出厂修整在指定的默认阈值下确保。如果更改默认阈值，则需要现场进行器件校准。请参阅 *BQ27Z746 技术参考手册*。

5.5.5 电量监测计测量（ADC、CC、温度）

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
模数转换器 (ADC)						
V_{BAT_RES}	电池电压 ADC 分辨率（位）	带符号数据格式，±15 位		16		位
V_{BAT_FS}	电池测量满标量程		-0.2		5.5	V
V_{BAT_ERR}	电池电压 ADC 误差	T_A = +25℃，V_{BAT} = 4.0VDC		±1		mV
		V_{BAT} = 2.5 至 5.0VDC		±2		
R_{BAT}	有效输入电阻		8			MΩ
t_{BAT}	电池电压转换时间			11.7		ms
V_{ADC_RES}	有效分辨率	V_{BAT}	14	15		位
库仑计 (CC)						
V_{CC_CM}	共模电压范围	V_{SS} = 0V，2V ≤ V_{BAT} ≤ 5V	V_{SS}		V_{BAT}	V
V_{CC_IN}	输入电压范围		V_{CC_CM} – 0.1		V_{CC_CM}+0.1	V
I_{CC_IN}	有效输入电流检测范围 (1) (2)	理想 R_{SNS} = 1mΩ（16 位数据限制）		±32,768		mA
		理想 R_{SNS} = 2mΩ（16 位数据限制）				
		理想 R_{SNS} = 5mΩ		±20,000		
t_{CC_CONV}	转换时间	单次转换		1000		ms
CC_{ADC_RES}	有效分辨率			16		位
		1LSB = VREF1/10/(±2^{15})		±3.7		μV
I_{CC_ERR}	有效电流测量误差	理想 R_{SNS} = 1.0mΩ，10.0A，T_A = 25℃		26		mA
		理想 R_{SNS} = 1.0mΩ，-10.0A，T_A = 25℃		29		
CC_{OSE}	偏移误差	16 位，校准后	-2.6	1.3	+2.6	LSB
CC_{OSE_DRIFT}	失调电压误差漂移	15 位 + 符号，校准后		0.04	0.07	LSB/°C
CC_{GE}	增益误差	15 位 + 符号，在输入电压范围内	-492	131	+492	LSB

5.5.5 电量监测计测量（ADC、CC、温度）（续）

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_{CC_IN}	有效输入电阻		7			MΩ
NTC 热敏电阻测量						
$R_{NTC(PU)}$	内部上拉电阻	出厂修整，具有固件补偿功能	14.4	18	21.6	kΩ
$R_{NTC(DRIFT)}$	电阻温漂	经过固件补偿	-250	-120	0	PPM/°C
R_{NTC_ERR}	经过线性化的外部 NTC 热敏电阻 温度测量 误差	理想 10kΩ 103AT NTC，TA = –10℃ 至 70℃	-2	±1	+2	℃
		理想 10kΩ 103AT NTC，TA = –40℃ 至 85℃	-3	±2	+3	
内部温度传感器						
$V_{(TEMP)}$	内部温度传感器电压漂移	V_{TEMPP}	1.65	1.73	1.8	mV/°C
$V_{(TEMP)}$	内部温度传感器电压漂移	V_{TEMPP} – V_{TEMPN}（根据设计确定）	0.17	0.18	0.19	mV/°C

(1) 基于固件的参数。 未经生产测试。
(2) 受 16 位二进制补码数字格式限制

5.5.6 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

5.6 数字 I/O：直流特性

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃、V_{REG18} = 1.8V 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^2C 控制引脚（SCL、SDA/HDQ）						
V_{IH}	高电平输入电压	SCL、SDA 引脚	1.26			V
V_{IL}	低电平输入电压低	SCL、SDA 引脚			0.54	V
V_{OL}	低电平输出电压	SCL、SDA 引脚，I_{OL} = 1mA			0.36	V
C_I	输入电容	SCL、SDA 引脚			10	pF
I_{lkg}	输入漏电流	SCL、SDA 引脚		1		μA
推挽引脚（GPO）						
V_{IH}	高电平输入电压	推挽引脚	1.15			V
V_{IL}	低电平输入电压低	推挽引脚			0.54	V
V_{OH}	输出电压高电平	推挽引脚，I_{OH} = -1mA	1.08			V
V_{OL}	输出电压低电平	推挽引脚，I_{OL} = 1mA			0.36	V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 数字 I/O：直流特性（续）

除非另有说明，否则特性是在 T_A = –40℃ 至 85℃、V_{REG18} = 1.8V 的条件下记录的

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
C_I	输入电容	推挽引脚			10	pF
I_{lkg}	输入漏电流	推挽引脚		1		μA

5.7 数字 I/O：计时特点

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
I²C 时序 - 100kHz						
f_{SCL}	时钟工作频率	SCL 占空比 = 50%			100	kHz
$t_{HD:STA}$	START 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
I2C 时序 – 400kHz						
f_{SCL}	时钟工作频率	SCL 占空比 = 50%			400	kHz
$t_{HD:STA}$	START 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
HDQ 时序						
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
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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 数字 I/O：计时特点（续）

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
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

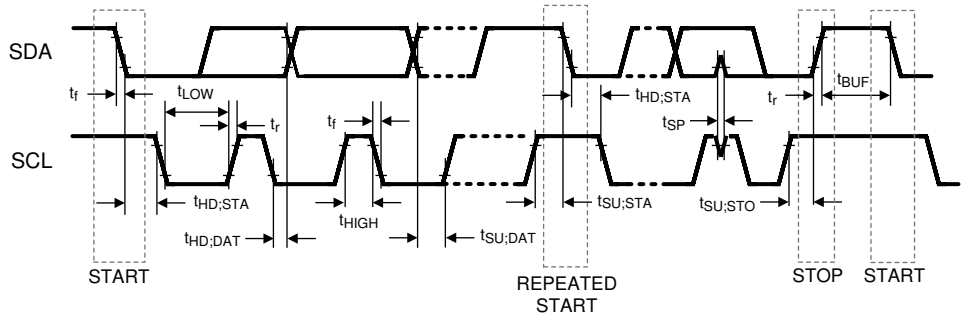
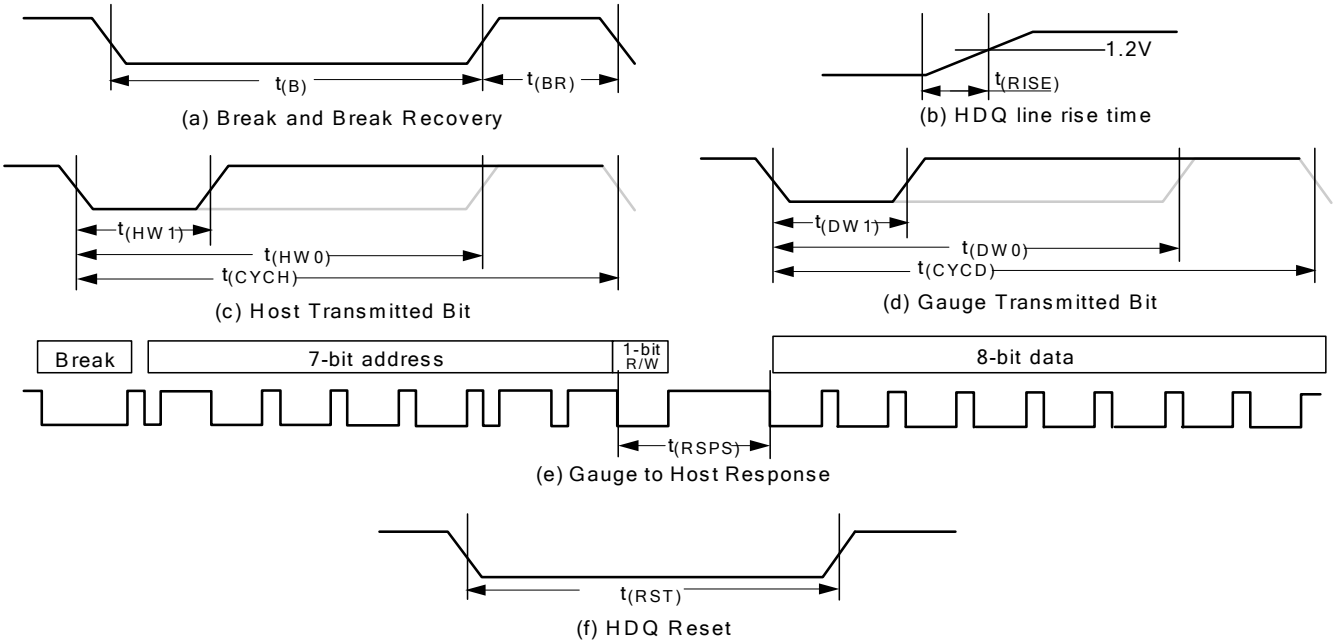


图 5-1. I²C 时序



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 © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.8 典型特性

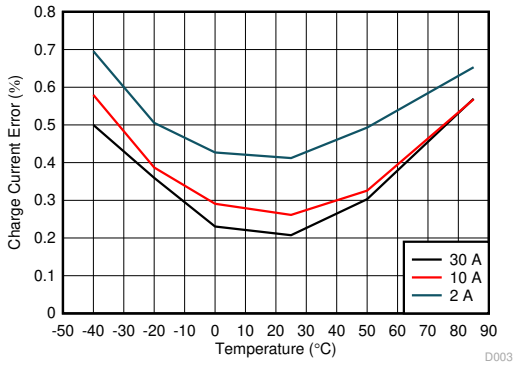


图 5-3. 使用 1mΩ 检测电阻时充电电流误差与温度和充电器电流间的关系，无校准

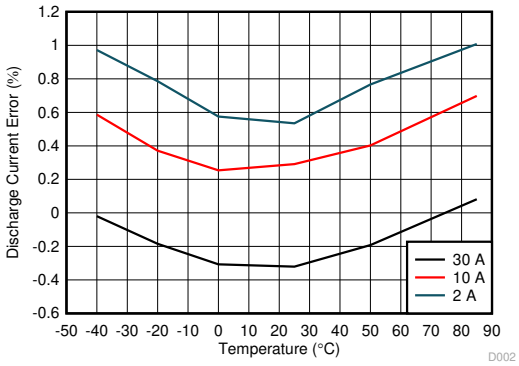


图 5-4. 使用 1mΩ 检测电阻时放电电流误差与温度和负载电流间的关系，无校准

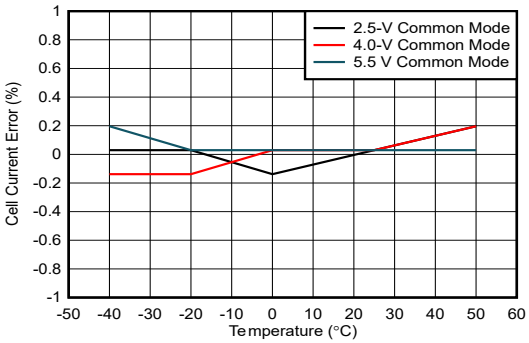


图 5-5. 2.2A 电流误差与 CC ADC 输入共模电压和温度间的关系，无校准

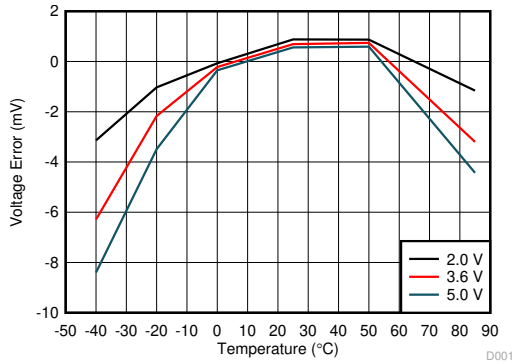


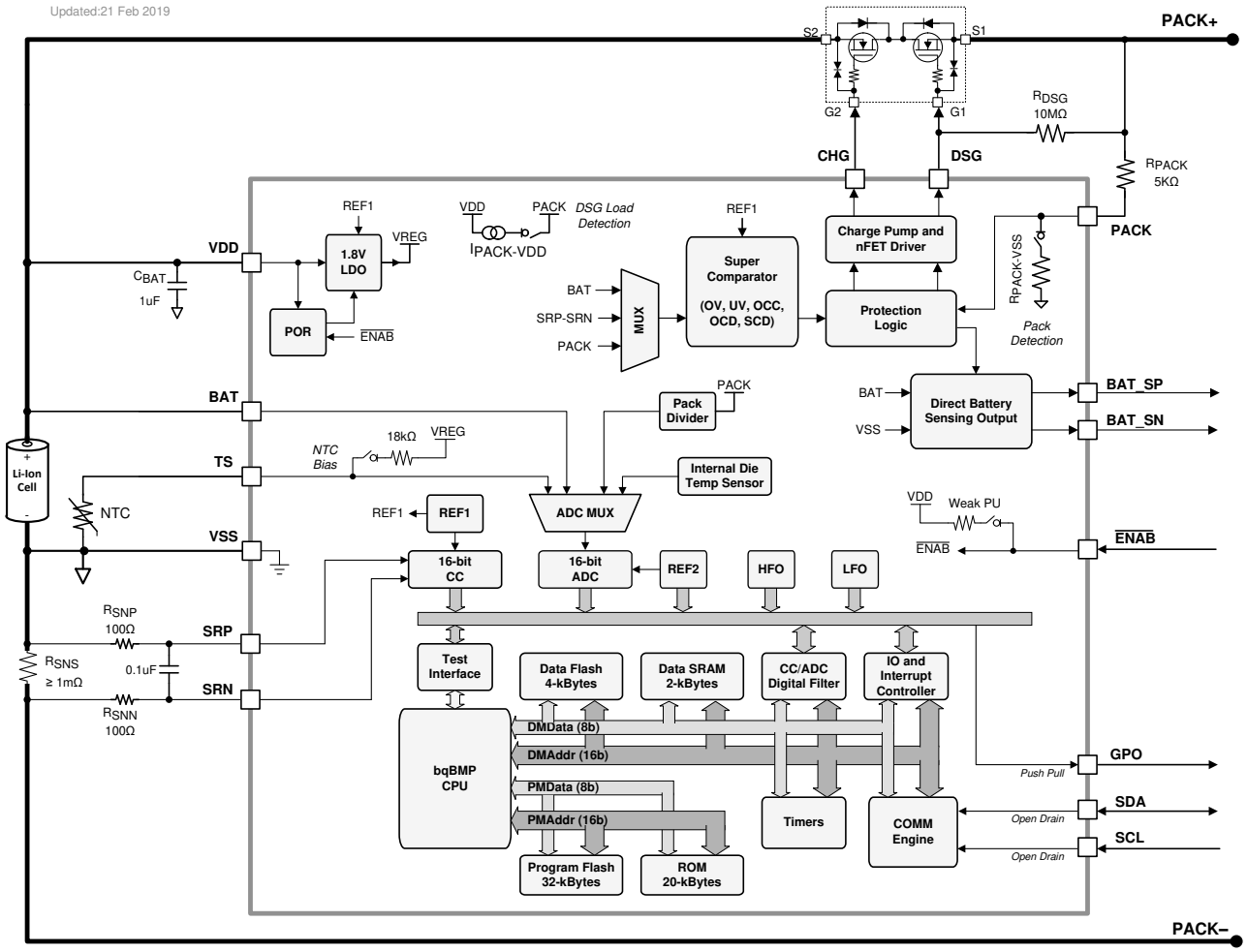
图 5-6. 电芯电压误差与电池电压和温度间的关系

6 详细说明

6.1 概述

BQ27Z746 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。BQ27Z746 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/电压数据转换。以下章节详细介绍了 BQ27Z746 器件中包含的所有主要元件块。

6.2 功能方框图



Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3 特性说明

6.3.1 BQ27Z746 处理器

BQ27Z746 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。BQ27Z746 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

BQ27Z746 器件会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 库仑计数器 (CC) 和数字滤波器

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。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 3.74μV。差分输入共模电压范围为 V_{SS} 至 V_{BAT}，支持 ±0.1V 输入范围的 1 节串联电芯高侧或低侧检测选项。CC 数字滤波器从 Δ-Σ CC 前端生成一个 16 位转换值。每 1s 就有一次新的转换。

6.3.2.2 ADC 多路复用器

ADC 多路复用器提供到外部引脚、BAT 和 TS 以及内部温度传感器的可选连接。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。

6.3.2.3 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。

6.3.2.4 内部温度传感器

BQ27Z746 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。它可以使用多路复用器连接到 ADC，专为在各种工作条件下快速确定电池包温度而设计。

6.3.2.5 外部温度传感器支持

TS 输入由内部 18kΩ（典型值）线性化上拉电阻器启用，以支持使用 10kΩ (25°C) NTC 外部热敏电阻，例如 Semitec 103AT-2。NTC 热敏电阻须连接在 VSS 和单个 TS 引脚之间。然后，ADC 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，则需要更改配置。

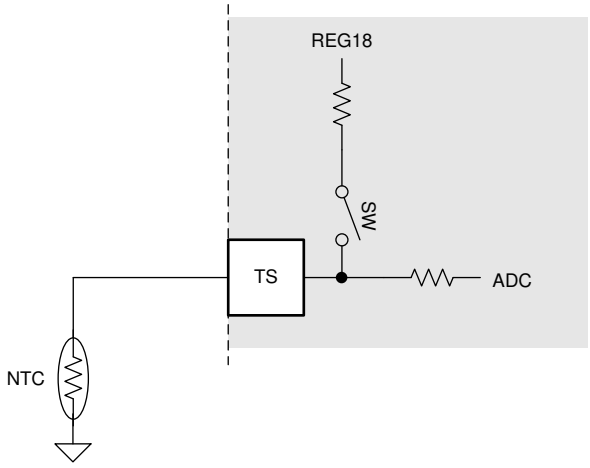


图 6-1. 外部热敏电阻偏置

6.3.3 电源控制

BQ27Z746 器件使用 VDD 引脚作为其电源。VDD 为内部电压源供电，从而为器件提供基准。BAT 引脚是非载流路径，用作与电池电芯的开尔文检测连接。

6.3.4 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚

BQ27Z746 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 SHELF 和 SHUTDOWN 功耗模式。数字输入通过一个内部弱上拉电阻连接到 VDD。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 SHELF 或 SHUTDOWN 模式。

如果 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚直接连接到器件的 GND 基准 (VSS)，则 BQ27Z746 器件将无法进入 SHELF 或 SHUTDOWN 模式。

如果不需要使用按钮来退出 SHELF 或 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 SHELF 或 SHUTDOWN 模式，则 $\overline{\text{ENAB}}$ 引脚也可以保持悬空。

6.3.5 总线通信接口

BQ27Z746 器件有一个 I^2C 总线通信接口。或者，器件可配置为通过 HDQ 引脚（与 SDA 共享）进行通信。如果在器件固件未主动执行的情况下执行操作（例如在器件上编程身份验证密钥或固件），则以 100KHz I2C 时钟频率与器件通信。

备注

器件切换到 HDQ 协议后，就不可逆。

6.3.6 低频振荡器

BQ27Z746 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

BQ27Z746 包括一个运行频率为 16.78MHz 的高频振荡器 (HFO)。它的频率锁定到 LFO 输出，并以 50% 占空比缩小至 8.388MHz。

6.3.8 1.8V 低压降稳压器

BQ27Z746 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。

6.3.9 内部基准电压

BQ27Z746 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。

6.3.10 放电过流保护

放电过流 (OCD) 功能可检测放电方向上的异常高电流。放电过载阈值和延时时间可通过固件寄存器进行配置。可以根据具有更低电阻或更宽容差的检测电阻并通过校准进一步微调阈值和时序。当发生 OCD 事件时，***Safety Status*** 标志设置为 1 并锁存，直到其清除且故障条件已消除为止。

6.3.11 充电过流保护

充电短路电流 (OCC) 功能可检测充电方向的灾难性电流情况。放电短路阈值和延迟时间可通过固件寄存器进行配置。可以根据具有更低电阻或更宽容差的检测电阻并通过校准进一步微调阈值和时序。该检测电路还包括在禁用 CHG 和 DSG FET 之前的消隐延迟。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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.12 放电短路电流保护

放电短路电流 (SCD) 功能可检测放电方向的灾难性电流情况。放电短路阈值和延迟时间可通过固件寄存器进行配置。可以根据具有更低电阻或更宽容差的检测电阻并通过校准进一步微调阈值和时序。该检测电路还包括在禁用 CHG 和 DSG FET 之前的延迟。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。

6.3.13 主要保护特性

BQ27Z746 电量监测计支持以下电池和系统级保护功能，可以使用固件对其进行配置：

- 电芯欠压保护
- 电芯过压保护
- 充电模式下的过流
- 放电模式下的过流
- 放电模式下的过载
- 放电模式下的短路
- 充电模式下的过热
- 放电模式下的过热
- 预充电超时
- 快速充电超时

6.3.14 电池检测

BQ27Z746 通过差分电池检测引脚 BAT_SP 和 BAT_SN 提供直接电池检测，从而实现精确的电池电压测量和检测。BQ27Z746 电池检测路径包括保护和隔离，以更大限度地减少任何泄漏和耦合问题。电池隔离包括缓冲和电阻选项的组合。固件配置支持在两种检测方案之间无缝自动转换。电池检测缓冲器由 PACK 引脚供电。

为了在使用检测缓冲器时进行精确的电池电压检测，PACK 引脚必须通电且 VPACK > VBAT + 0.7V。检测保护阈值（BCP、BCN、BDP 和 BDN）为电池检测输出引脚提供短路检测，并在触发时将电池检测输出引脚置于高阻抗状态。BQ27Z746 电池检测功能具有固件可编程失调电压选项，适用于需要对差分输出电压进行转换以克服输入范围限制的应用。所选的失调电压绝不得超过检测保护阈值，因为这会导致错误的电池检测故障。

6.3.15 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*。

6.3.16 零伏充电 (ZVCHG)

ZVCHG（0V 充电）是一项特殊功能，允许为电量严重耗尽而导致电压低于 FET 驱动器电荷泵关断电压 (V_{FET_SHUT}) 的电池充电。BQ27Z746 启用了 ZVCHG。如果 $V_{BAT} > V_{0INH}$，$V_{BAT} < V_{FET_SHUT}$ 且 PACK+ 的充电器电压 > V_{0CHGR}，则 CHG 输出将被驱动至 PACK 引脚的电压，从而实现充电。当 $V_{BAT} > V_{FET_SHUT_REL}$ 时，会退出 BQ27Z746 中的 ZVCHG 模式，此时电荷泵处于启用状态，CHG 转换为由电荷泵驱动。对于 BQ27Z746，当 VDD 上的电压低于 V_{0INH} 时，CHG 输出会变为高阻抗，任何流过 CHG FET 的漏电流都可能导致该电压升高并重新启用充电。如果不希望这样，可以在 CHG FET 栅极和源极之间连接一个高阻抗电阻器，以克服任何漏电流，并且在这种情况下将 FET 保持禁用状态。该电阻须尽可能高，同时仍确保 FET 处于禁用状态，因为在 CHG 驱动器启用时，该电阻会增加器件的工作电流。栅极漏电流通常极低，因此 50MΩ 至 100MΩ 的栅源电阻就足以克服漏电流。

6.3.17 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
- 使用 Impedance Track 方法选择每个电芯的化学充电状态
- 支持预充电/零伏充电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 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

6.3.18 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。电池保护受到持续监测，并且两个保护 NFET 通常都会导通。
- 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。电池保护受到持续监测，并且两个保护 NFET 通常都会导通。
- SHIP 模式：在此模式下，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。电流假定并报告为 0mA。因此，该器件通过 OCV 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：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通信，其他计算，例如更新 *RemainingCapacity()* 和 *FullChargeCapacity()*，将完全停止。电池保护受到持续监测，并且两个保护 NFET 通常都会保持导通。
- SHELF 模式：在此模式下，通过关闭 CHG 和 DSG NFET 以及所有基于硬件的保护，可以在 SHIP 模式下进一步降低功耗。因此，在 SHELF 模式下，系统不提供外部电源。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。电流假定并报告为 0mA。因此，该器件通过电压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：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通信，其他计算，例如更新 *RemainingCapacity()* 和 *FullChargeCapacity()*，将完全停止。
- SHUTDOWN 模式：在此模式下，器件完全禁用，从而更大限度地降低功耗并避免消耗电池电量。

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
- 安全事件和出现次数

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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.4.2.2 电池电压测量

BQ27Z746 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/放电电流和热敏电阻温度。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，能够通过 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。

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

BQ27Z476 可与 1 节串联锂离子/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)，这是在开发过程中安装在 PC 上的图形用户界面工具。产品中安装的固件具有默认值，这些数据在相关的 *BQ27Z476 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

以下是单电芯电池组的 BQ27Z476 应用原理图示例。

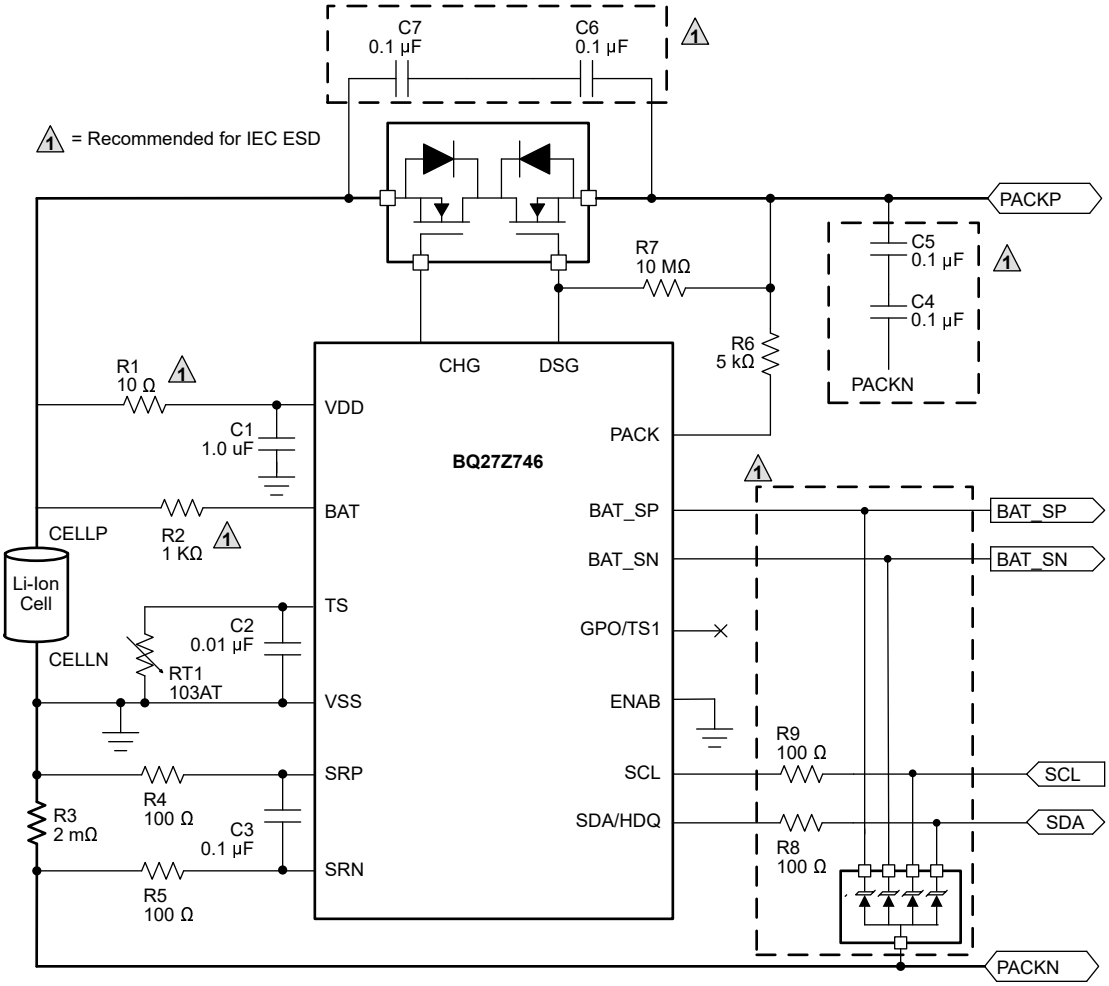


图 7-1. BQ27Z746 1 节串联电芯低侧电流检测典型实现方式

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

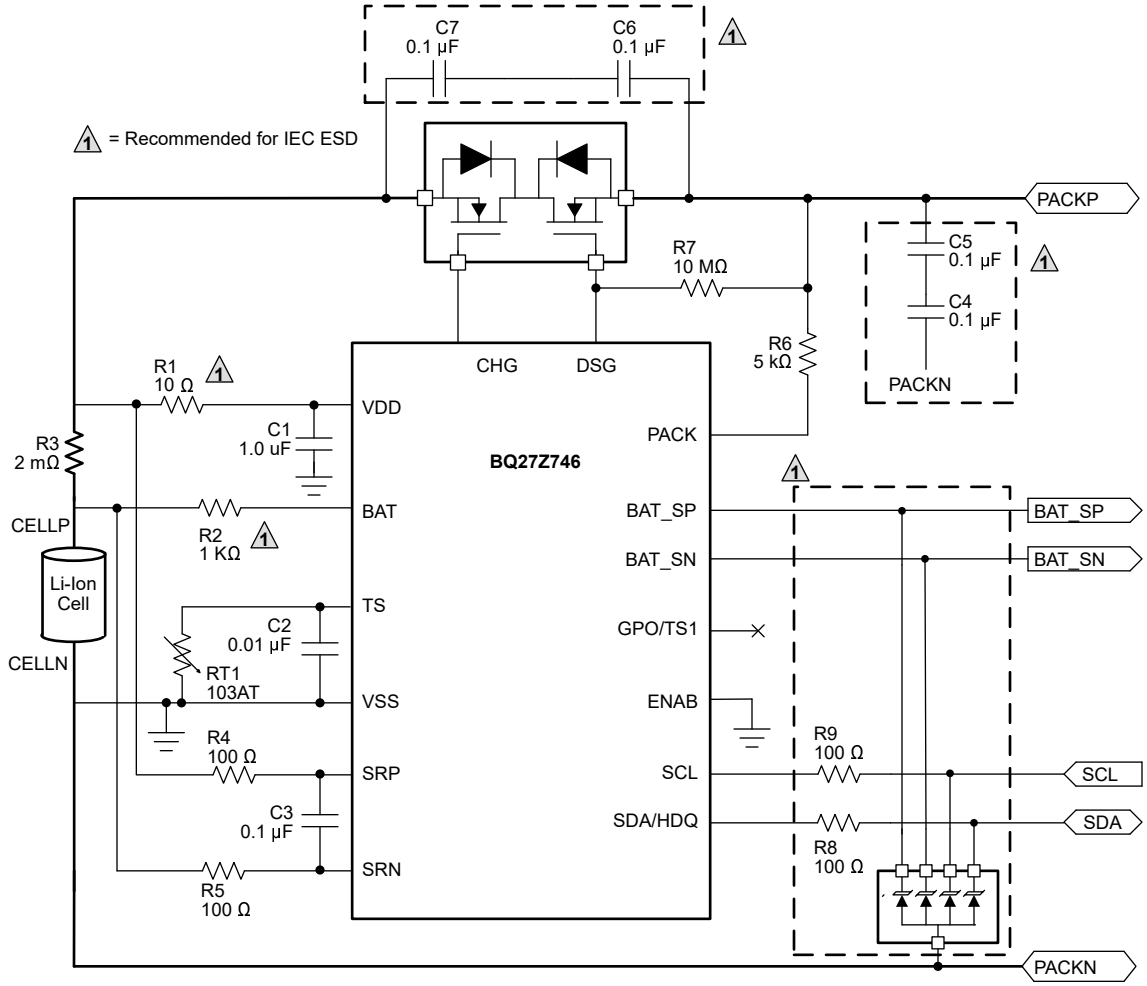


图 7-2. BQ27Z746 1 节串联电芯高侧电流检测典型实现方式

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
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 *BQ27Z746 技术参考手册* (SLUUCA6)。

- 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。
- 要设置设计电压，请转至 ***Gas Gauging: Design: Design Voltage*** 寄存器。

- 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。*BQ27Z746 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/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 BQ27Z746 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

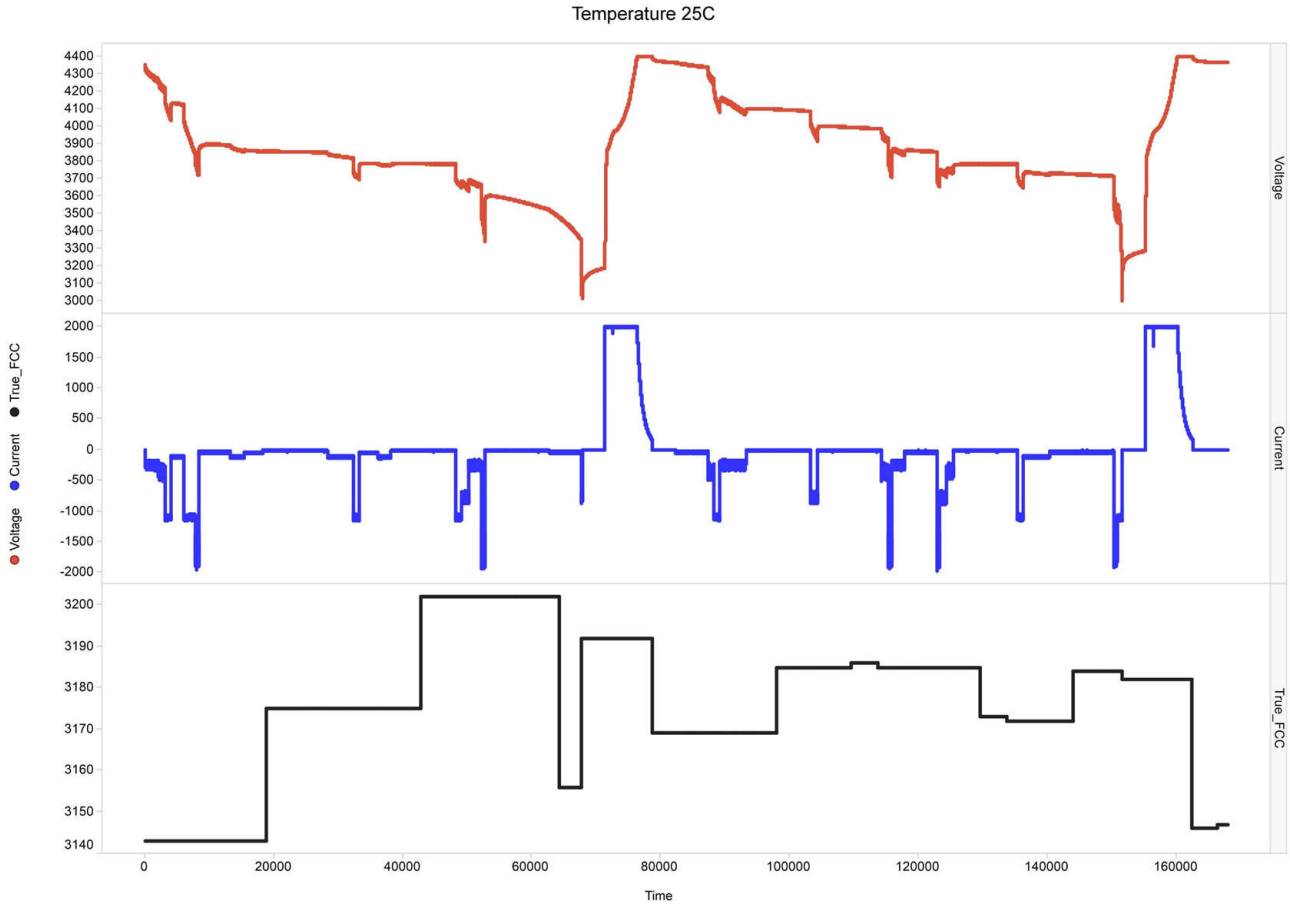


图 7-3. 充满电容量跟踪（X 轴为秒）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2.4.1.1 降低 ESD

或者，为了在高侧电流检测配置中使用 BQ27Z746 器件时潜在地提高 ESD 性能，建议对库仑计滤波电阻器（R4 和 R5）使用 500Ω 电阻器而不是 100Ω。

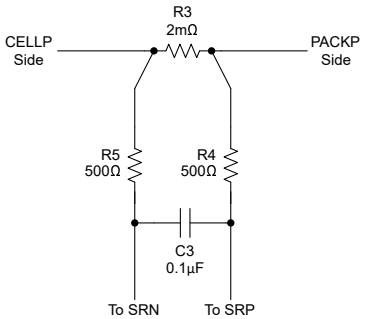


图 7-4. 用于降低 ESD 的具有推荐的 500Ω 电阻器的库仑计滤波器

8 电源相关建议

BQ27Z746 器件使用 VDD 引脚作为其电源。VDD 引脚为内部电压源供电，从而为器件提供基准。VDD 引脚连接到 1 节串联电池电芯的正极端子，支持最小 2V 至最大 5V 的电压。BAT 引脚是非载流路径，用作与 1 节串联电池电芯正极端子的电池电压开尔文检测连接。

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。选择检测电阻的值，使其与 BQ27Z746 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 BQ27Z746 SRP 和 SRN 节点上生成的差分电压。这些引脚的差分电压不得超过 V_{CC_IN} ±0.1V，器件才能正常运行。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 1mΩ 至 20mΩ 检测电阻。
- BAT 须通过一个 1kΩ 串联电阻器直接连接到电池的正极连接。它不得与 VDD 引脚及其 10Ω 串联电阻器共享路径。
- 对于电量监测计电路，以下特性需要注意元件放置和布局：VDD 旁路电容器、SRN 和 SRP 差分低通滤波器，以及 I^2C 通信 ESD 外部保护。
- BQ27Z746 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。所有滤波器元件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路。在滤波器网络周围添加接地平面可提供额外的抗噪能力。
- BQ27Z746 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。
- I^2C 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。I^2C 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。

9.2 布局示例

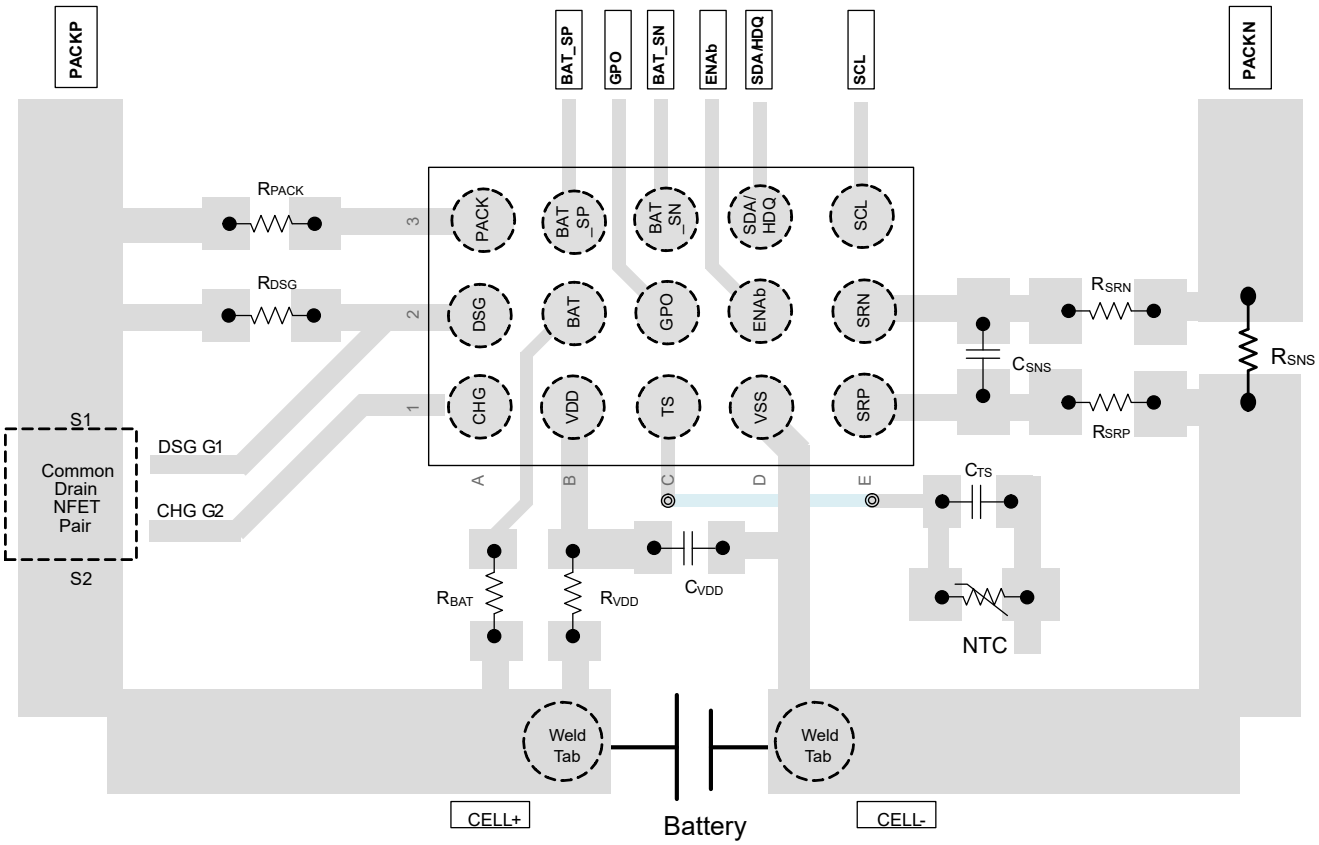


图 9-1. BQ27Z746 主要布线电路板布局布线

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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

- *BQ27Z746 技术参考手册*
- *Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现应用报告*

10.3 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*通知* 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。

10.4 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。

10.5 商标

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

10.6 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。

10.7 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。

11 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 C (May 2025) to Revision D (February 2026)	Page
• 添加了 ESD 建议	25

Changes from Revision B (May 2025) to Revision C (May 2025)	Page
• 添加了“... 100KHz I2C 时钟频率”这句话	18
• 添加了 *系统级 ESD 建议* 部分	25

Changes from Revision A (February 2022) to Revision B (May 2025)	Page
• 将封装信息表中的封装尺寸从 1.7mm × 2.6mm 更新为 1.69mm × 2.57mm	1
• 更新了 I_{NORMAL}	5
• 将 V_{OCC} 最小阈值从 1mV 更新为 4mv	7
• 改正了 t_{OCC} 和 t_{OCD} 行中的拼写错误	7
• 添加了有关 $\overline{ENAB}$ 引脚的说明	18

Changes from Revision * (November 2021) to Revision A (February 2022)	Page
• 更新了节 1	1
• 将 C2 引脚名称更新为 GPO/TS1 引脚配置和功能	3
• 更新了常见模拟（LDO、LFO、HFO、REF1、REF2、I-WAKE）	6
• 更新了电量监测计测量（ADC、CC、温度）	11
• 更新了数字 I/O：直流特性	12
• 更新了典型特性	15
• 更新了电池检测	19
• 更新了 典型应用	21
• 更新了布局指南	25

12 机械、可订购和封装信息

以下页面包含机械、可订购和封装信息。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 © 2026 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)
BQ27Z746YAHR	Active	Production	DSBGA (YAH) | 15	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	BQ27Z746
BQ27Z746YAHR.A	Active	Production	DSBGA (YAH) | 15	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	BQ27Z746
BQ27Z746YAHR.B	Active	Production	DSBGA (YAH) | 15	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	BQ27Z746

(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.

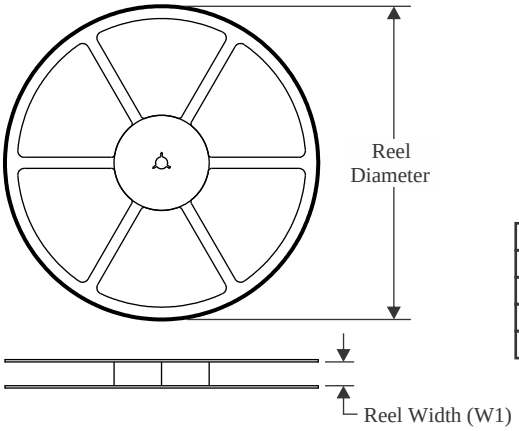
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

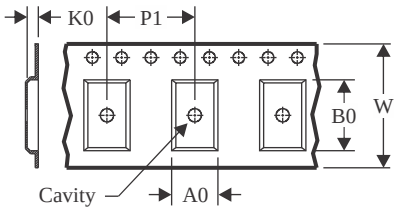
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

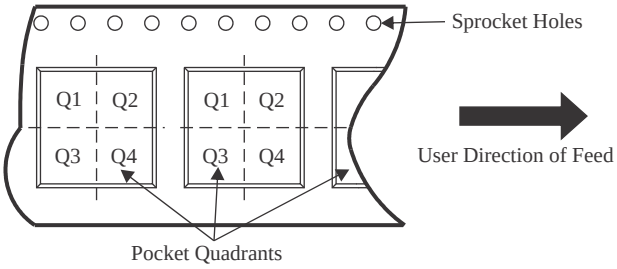


TAPE DIMENSIONS



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

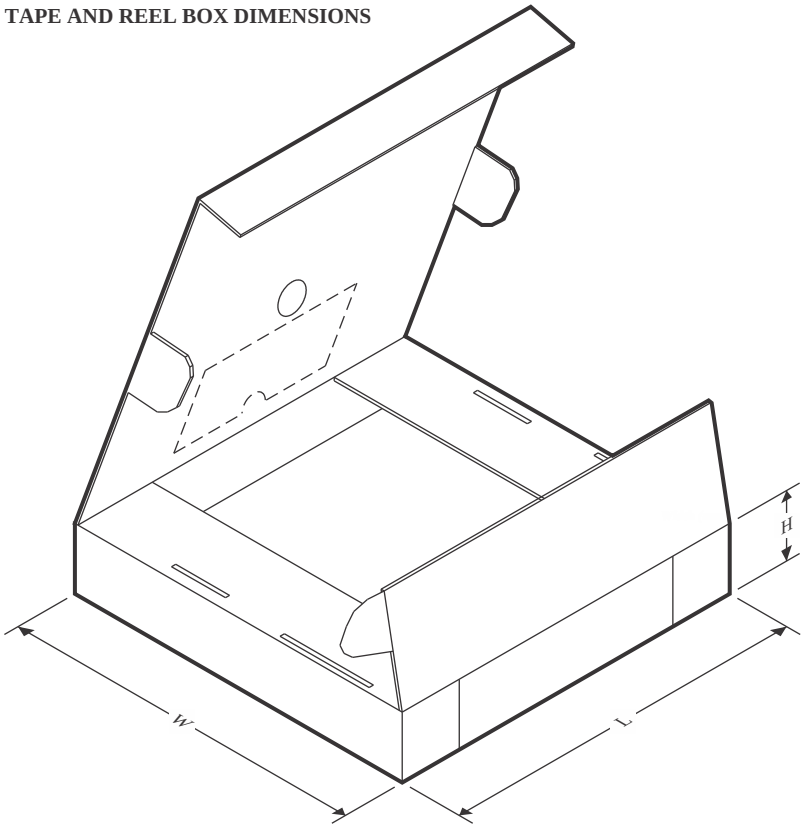
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

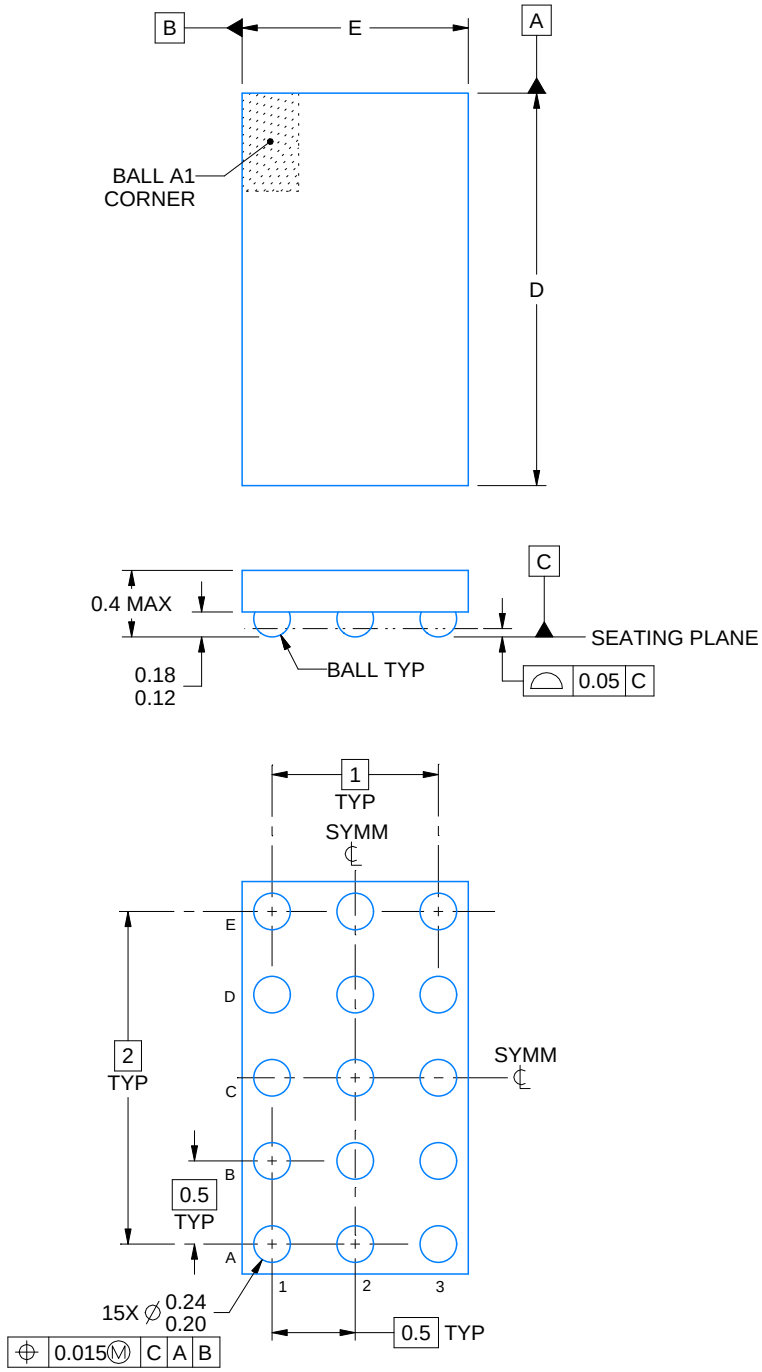
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ27Z746YAHR	DSBGA	YAH	15	3000	180.0	12.4	1.88	2.76	0.55	4.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



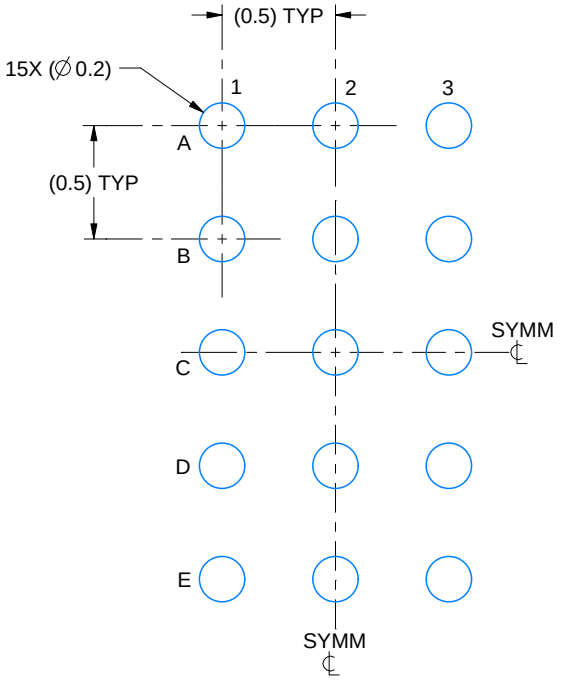
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ27Z746YAHR	DSBGA	YAH	15	3000	182.0	182.0	20.0

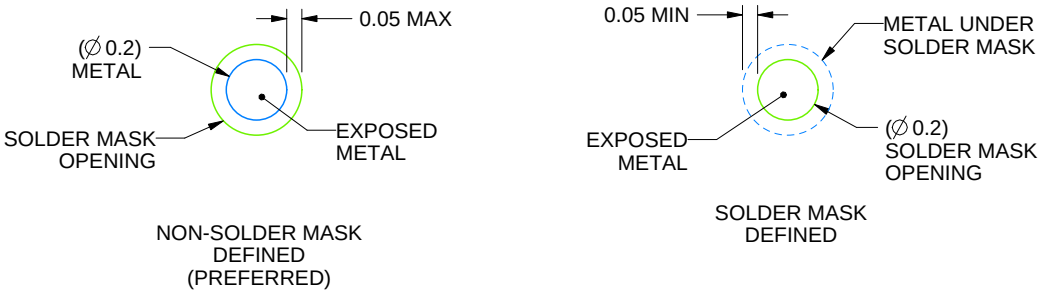


NOTES:

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.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 30X

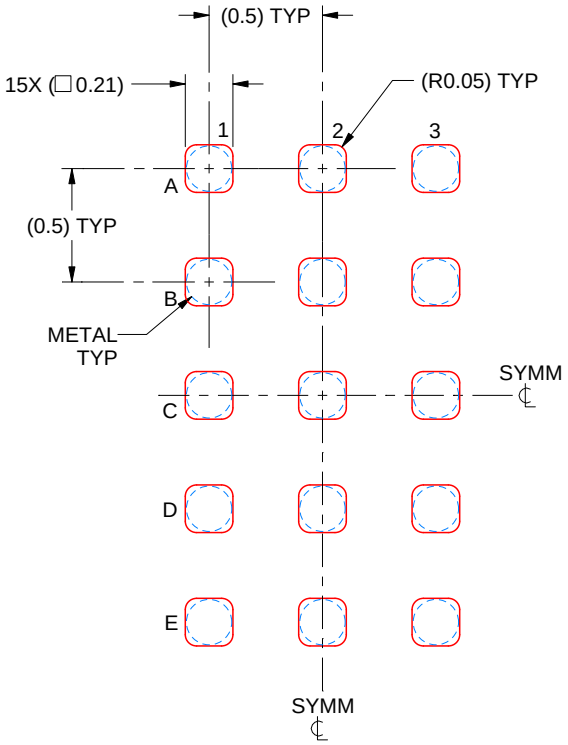


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224348/A 06/2018

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).



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 30X

4224348/A 06/2018

NOTES: (continued)

4. 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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月