

BQ40Z80 2-6 节锂离子电池组管理器

1 特性

- 完全集成的 2-6 节锂离子或锂聚合物电池包管理器和保护功能
- 获得专利的新一代 Impedance Track™ 技术可准确测量锂离子和锂聚合物电池中的可用电量
- 具有可配置的多功能引脚，支持多种应用
- 支持椭圆曲线加密 (ECC) 或 SHA-1 身份验证
- 高侧 N 沟道保护 FET 驱动器
- 充电或者静止状态时具有集成的电芯均衡功能
- 原生支持 29Ah 的电池，扩展后还可支持更大的电池容量
- 全面的可编程保护功能
 - 电压
 - 电流
 - 温度
 - 充电超时
 - CHG/DSG FET
 - AFE
- 精密的充电算法
 - JEITA
 - 增强型充电
 - 自适应充电
 - 电芯均衡
- 支持 TURBO 模式 2.0/Intel® 动态电池功率技术 (DBPTv2)
- 诊断使用寿命数据监控器和黑盒记录器
- LED 显示
- 支持双线制 SMBus v1.1 接口
- IATA 支持
- 紧凑型封装：32 引线 QFN (RSM)

2 应用

- [工业器械和机器人](#)
- [手持式园艺和电动工具](#)
- [电池供电型吸尘器](#)
- [能源存储系统和 UPS](#)

3 说明

BQ40Z80 器件是一个完全集成的单芯片选项，采用已获专利的 Impedance Track 技术。BQ40Z80 器件具备电量监测、保护和身份验证功能，可支持 2 至 6 节串联锂离子和锂聚合物电池包。

BQ40Z80 器件利用集成的高性能模拟外设，可测量并准确记录锂离子或锂聚合物电池的可用容量、电压、电流、温度和其他关键参数。该记录通过 SMBus v1.1 兼容接口报告给系统主机控制器。

椭圆曲线加密 (ECC) 或 SHA-1 身份验证对身份验证密钥使用安全存储器，确保识别真正的电池包。

BQ40Z80 器件为主机系统提供可用的最大功率和最大电流，从而支持涡轮模式 2.0/Intel 动态电池功率技术 (DBPTv2)。该器件具有八个多功能引脚，这些引脚可配置为热输入、ADC 输入、通用输入/输出 (GPIO) 引脚、存在引脚、LED 功能、显示按钮输入或其他功能。状态和标志寄存器可映射到 GPIO 并用作主机处理器的中断。

BQ40Z80 器件可针对过压、欠压、过流、短路电流、过载和过热条件以及其他与电池包和电芯相关的故障，提供基于软件的第 1 级和第 2 级安全保护功能。这个紧凑的 32 引线 QFN 封装在尽可能地提供电池电量测量应用的功能性和安全性的同时，更大幅度地降低成本和智能电池的尺寸。

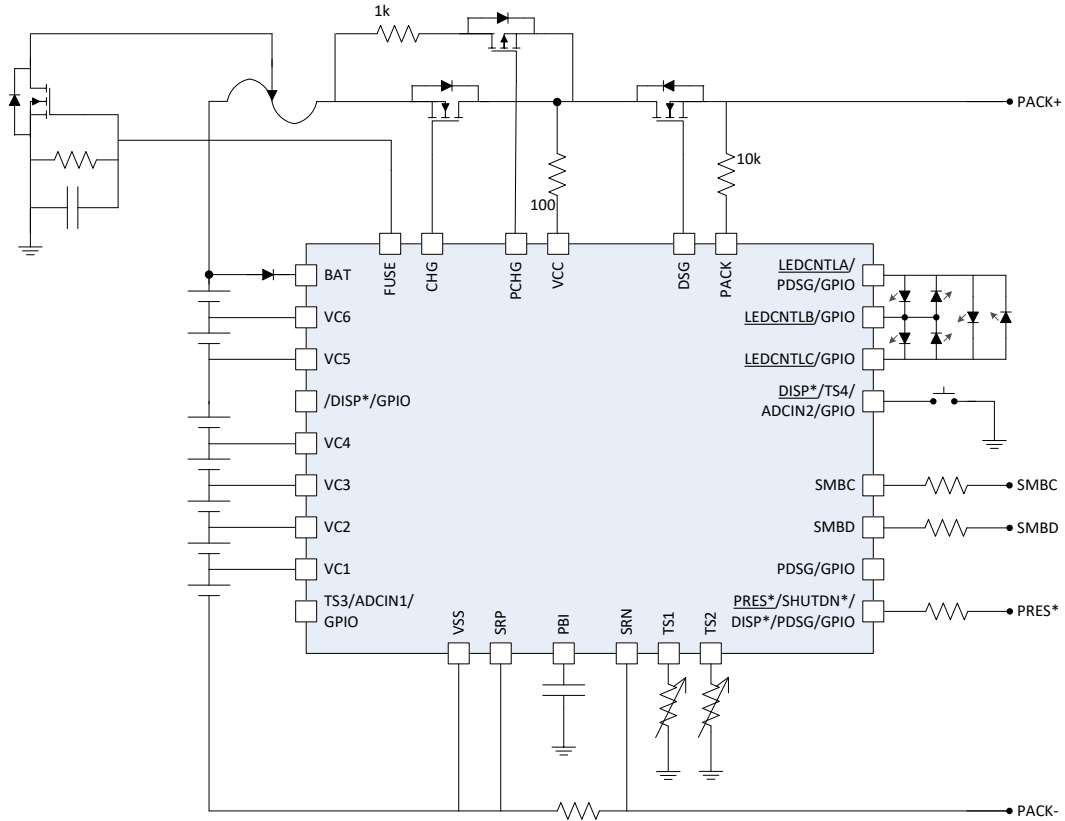
封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
BQ40Z80	VQFN (RSM , 32)	4.00mm × 4.00mm

(1) 有关更多信息，请参阅[机械、封装和可订购信息](#)

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。





简化版原理图

内容

1 特性	1	7 应用和实施	27
2 应用	1	7.1 应用信息免责声明.....	27
3 说明	1	7.2 应用信息.....	27
4 引脚配置和功能	4	7.3 典型应用.....	28
5 规格	8	7.4 电源相关建议.....	32
5.1 绝对最大额定值.....	8	7.5 布局.....	33
5.2 ESD 等级.....	8	8 器件和文档支持	39
5.3 建议运行条件.....	9	8.1 器件支持.....	39
5.4 热性能信息.....	9	8.2 文档支持.....	39
5.5 电气特性.....	10	8.3 接收文档更新通知.....	39
5.6 典型特性.....	19	8.4 支持资源.....	39
6 详细说明	21	8.5 商标.....	39
6.1 概述.....	21	8.6 静电放电警告.....	39
6.2 功能方框图.....	21	8.7 术语表.....	39
6.3 特性说明.....	22	9 修订历史记录	40
6.4 器件功能模式.....	26	10 机械、封装和可订购信息	40

4 引脚配置和功能

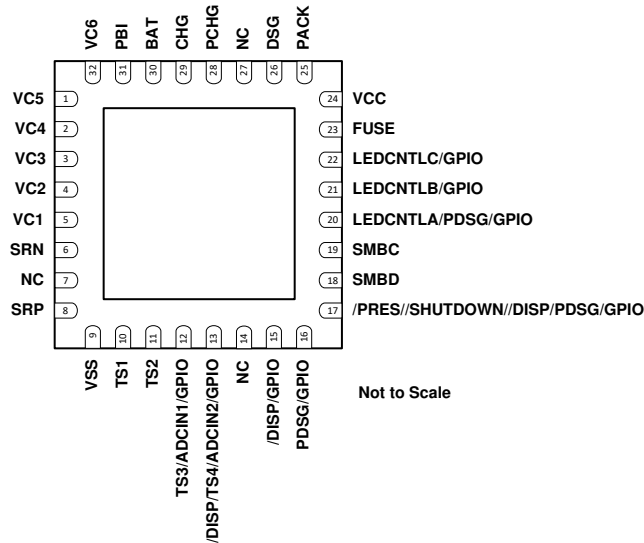


图 4-1. RSM 封装 32 引脚 VQFN (带外露散热焊盘) 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
名称	编号		
VC5	1	AI ⁽¹⁾	电池组底部第五个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第五个电芯提供均衡电流输入，并为电池组底部第六个电芯返回均衡电流。通过一个 100 Ω 串联电阻器和一个 0.1 μF 电容器连接到电池组底部第五个电芯的正极端子，并将其连接到 VC4。如果不使用，则连接到 VC4。
VC4	2	AI	电池组底部第四个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第四个电芯提供均衡电流输入，并为电池组底部第五个电芯返回均衡电流。通过一个 100 Ω 串联电阻器和一个 0.1 μF 电容器连接到电池组底部第四个电芯的正极端子，并将其连接到 VC3。如果不使用，则连接到 VC3。
VC3	3	AI	电池组底部第三个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第三个电芯提供均衡电流输入，并为电池组底部第四个电芯返回均衡电流。通过一个 100 Ω 串联电阻器和一个 0.1 μF 电容器连接到电池组底部第三个电芯的正极端子，并将其连接到 VC2。如果不使用，则连接到 VC2。
VC2	4	AI	电池组底部第二个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第二个电芯提供均衡电流输入，并为电池组底部第三个电芯返回均衡电流。通过一个 100 Ω 串联电阻器和一个 0.1 μF 电容器连接到电池组底部第二个电芯的正极端子，并将其连接到 VC1。如果不使用，则连接到 VC1。
VC1	5	AI	电池组底部第一个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第一个电芯提供均衡电流输入，并为电池组底部第二个电芯返回均衡电流。通过一个 100 Ω 串联电阻器和一个 0.1 μF 电容器连接到电池组底部第一个电芯的正极端子，并将其连接到 VSS。
SRN	6	I	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 是检测电阻的顶部，充电电流是从 SRP 流向 SRN。通过 RC 滤波器连接到与 PACK - (并非 CELL -) 相连的检测电阻端子。
NC	7	—	无内部连接
SRP	8	I	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 是检测电阻的顶部，充电电流是从 SRP 流向 SRN。通过 RC 滤波器连接到检测电阻正极端子，该端子连接到最小正极电芯负极端子。
VSS	9	P	器件接地
TS1	10	AI	温度传感器 1 热敏电阻输入引脚。连接至热敏电阻-1。如果不使用，则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。

表 4-1. 引脚功能 (续)

引脚		类型	说明
名称	编号		
TS2	11	AI	温度传感器 2 热敏电阻输入引脚。连接至热敏电阻-2。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。
TS3/ADCIN1/ GPIO	12	IO	用于 TS3、ADCIN1 和 GPIO 的多功能引脚。可通过控制寄存器进行配置。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。 TS3: 温度传感器 3 热敏电阻输入引脚。连接至热敏电阻-3。 ADCIN1: 通用 ADCIN 引脚。将经过适当缩放的输入连接到此引脚。 GPIO: 可定制的 GPIO
DISP/TS4/ADCIN2/GPIO	13	IO	用于显示按钮、温度传感器输入、ADC 输入或 GPIO 的多功能引脚。可通过控制寄存器进行配置。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。 DISP: 连接到显示按钮或 LED。 TS4: 温度传感器 4 热敏电阻输入引脚。连接至热敏电阻-4。 ADCIN2: 通用 ADCIN 引脚。将经过适当缩放的输入连接到此引脚。 GPIO: 可定制的 GPIO
NC	14	—	无内部连接
DISP/GPIO	15	I/OD	用于显示按钮或 GPIO 的多功能引脚。可通过控制寄存器进行配置。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。 DISP: 连接到显示按钮或 LED。 GPIO: 可定制的 GPIO
PDSG/GPIO	16	I/OD	用于预放电 FET 控制或 GPIO 的多功能引脚。可通过控制寄存器进行配置。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。 PDSG: 连接到 N 沟道 FET 以控制 PRE-DISCHARGE 模式。 GPIO: 可定制的 GPIO
PRES/ SHUTDN/ DISP/ PDSG/GPIO	17	I/OD	多功能引脚(用于主机系统存在输入)、紧急系统关断、LED 按钮控制、预放电控制或 GPIO。可通过控制寄存器进行配置。如果不使用,则直接连接到 VSS 并相应地配置数据闪存。 PRES: 连接到主机以便检测可拆卸电池包的系统存在输入。不要上拉此引脚。 SHUTDN: 嵌入式电池包的紧急关闭输入 DISP: 连接到显示按钮或 LED。 PDSG: 连接到 N 沟道 FET 以控制 PRE-DISCHARGE 模式。 GPIO: 可定制的 GPIO
SMBD	18	I/OD	SMBus 数据引脚
SMBC	19	I/OD	SMBus 时钟引脚
LEDCNTLA/PDSG/GPIO	20	O	用于 LED 显示、预放电或 GPIO 的多功能引脚。如果不使用,请将 VSS 连接到 20k Ω 电阻器。 LEDCNTLA: LED 显示段,可根据固件配置驱动外部 LED。 PDSG: 连接到 N 沟道 FET 以控制 PRE-DISCHARGE 模式。 GPIO: 可定制的 GPIO
LEDCNTLB/GPIO	21	O	用于 LED 显示或 GPIO 的多功能引脚。如果不使用,请将 VSS 连接到 20k Ω 电阻器。 LEDCNTLB: LED 显示段,可根据固件配置驱动外部 LED。 GPIO: 可定制的 GPIO
LEDCNTLC/GPIO	22	O	用于 LED 显示或 GPIO 的多功能引脚。如果不使用,请将 VSS 连接到 20k Ω 电阻器。 LEDCNTLC: LED 显示段,可根据固件配置驱动外部 LED GPIO: 可定制的 GPIO
FUSE	23	O	保险丝驱动输出引脚。可与次级保护器一起在保险丝 N 沟道 FET 栅极驱动器中进行 OR 运算。如果不使用,则直接连接到 VSS。
VCC	24	P	辅助电源输入。通过串联电阻器连接到保护 FET 的中间。
PACK	25	AI	电池包检测输入引脚。通过串联电阻器连接到 PACK+。
DSG	26	O	NMOS 放电 FET 驱动输出引脚。连接到 DSG FET 栅极。
NC	27	—	无内部连接。

表 4-1. 引脚功能 (续)

引脚		类型	说明
名称	编号		
PCHG	28	O	PMOS 预充电 FET 驱动输出引脚。如果使用预充电功能，则连接到 PCHG FET 栅极。不使用时保持悬空。
CHG	29	O	NMOS 充电 FET 驱动输出引脚。连接到 CHG FET 栅极。
BAT	30	P	主电源输入引脚。通过二极管和串联电阻器连接到电池组顶部。
PBI	31	P	电源备用输入引脚。将 2.2μF 电容器连接至 VSS。
VC6	32	AI	电池组底部第六个电芯的检测电压输入引脚，为电池组底部第六个电芯提供均衡电流输入。通过一个 100Ω 串联电阻器和一个 0.1μF 电容器连接到电池组底部第六个电芯的正极端子，并将其连接到 VC5。如果不使用，则连接到 VC5。

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

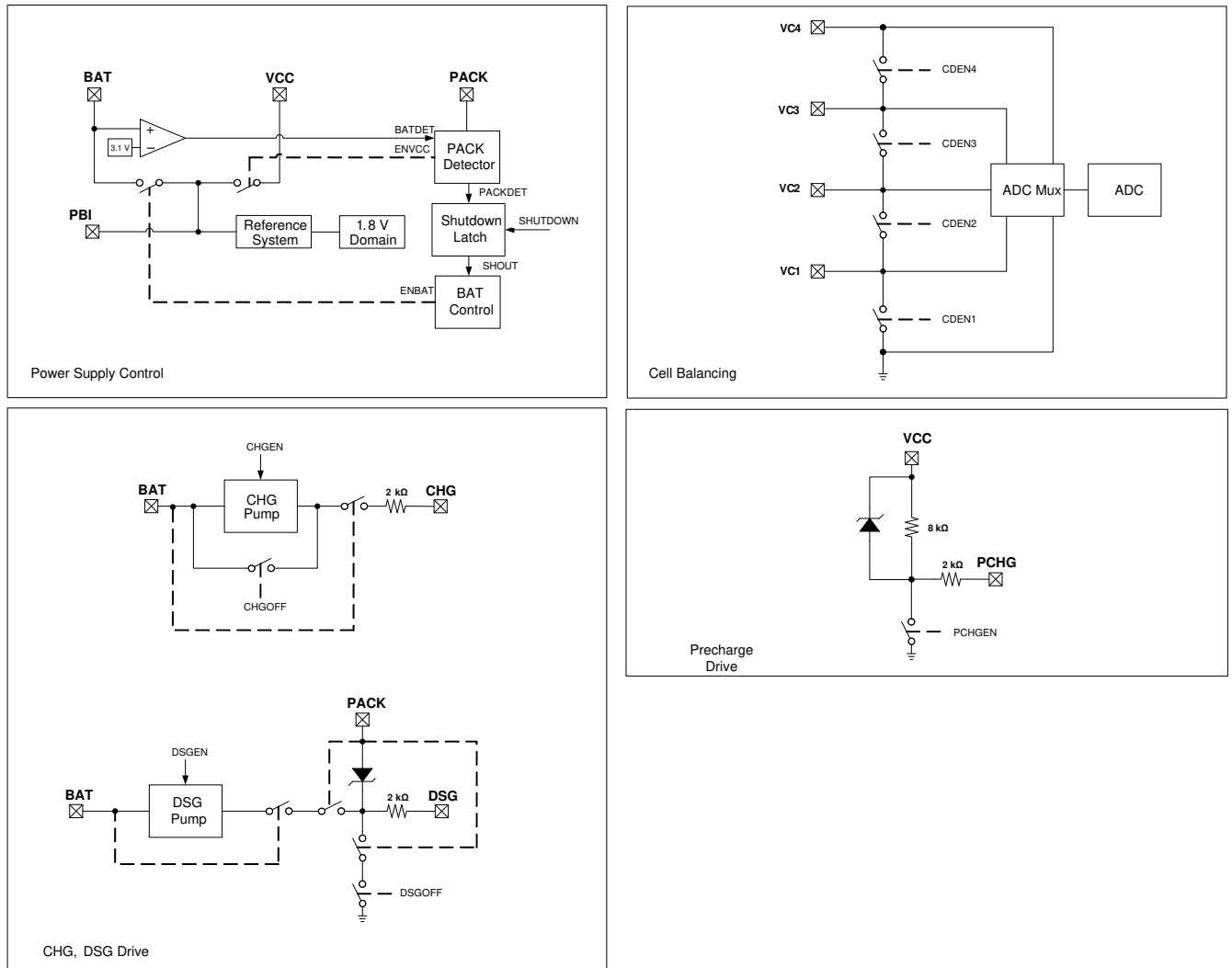


图 4-2. 引脚等效图 1

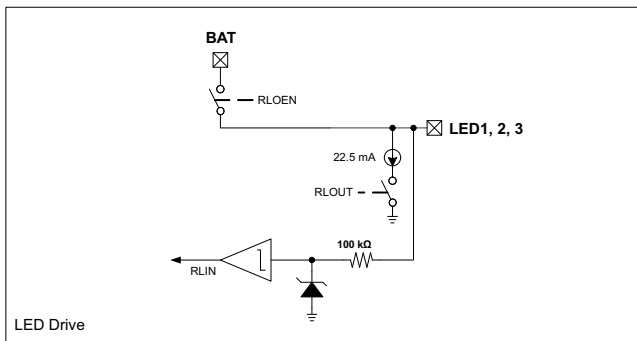
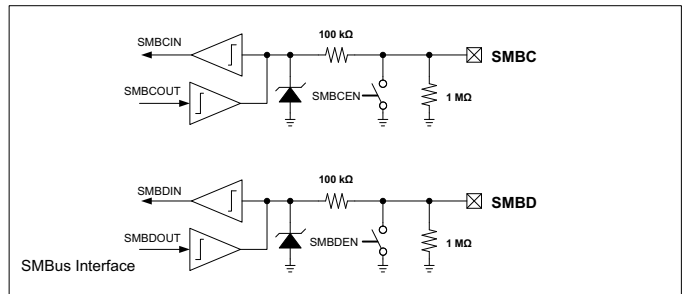
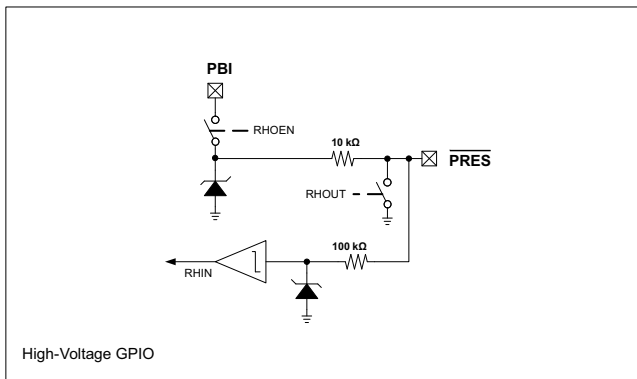
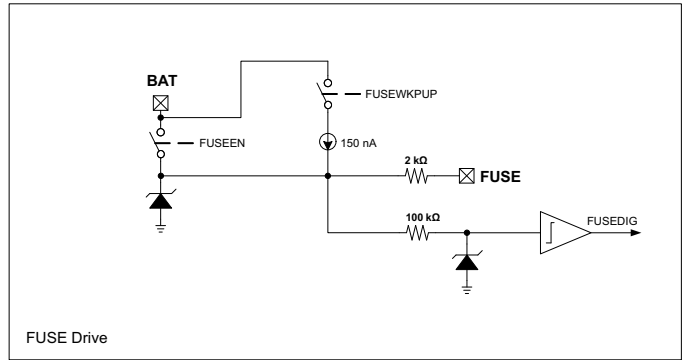
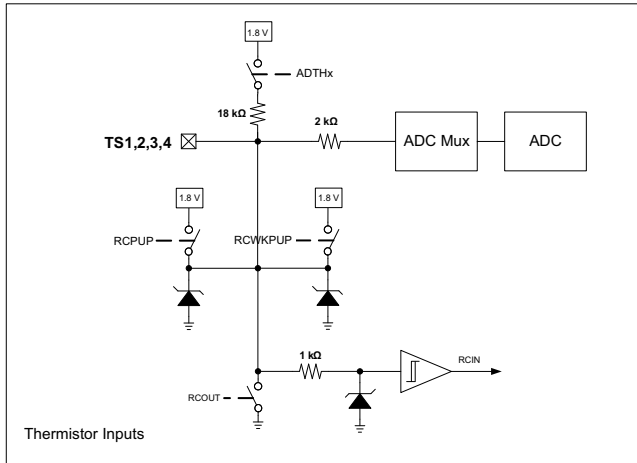


图 4-3. 引脚等效图 2

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 ⁽²⁾ 、VCC ⁽²⁾ 、PBI ⁽²⁾ 、PACK ⁽²⁾	-0.3	35	V
输入电压范围, V_{IN}	SMBC、SMBD、 \overline{DISP} /GPIO、PDSG/GPIO、 \overline{PRES} /SHUTDOWN/ \overline{DISP} /PDSG/GPIO ⁽²⁾	-0.3	35	V
	TS1、TS2、TS3/ADCIN1/GPIO、 \overline{DISP} /TS4/ADCIN2/GPIO	-0.3	$V_{REG} + 0.3$	V
	LEDCNTLA/PDSG/GPIO、LEDCNTLB/GPIO、LEDCNTLC/GPIO ⁽²⁾	-0.3	$V_{BAT} + 0.3$	V
	SRP、SRN	-0.3	$V_{REG} + 0.3$	V
	VC6	$VC5 - 0.3$	$VSS + 35$	V
	VC5	$VC4 - 0.3$	$VSS + 35$	V
	VC4	$VC3 - 0.3$	$VSS + 35$	V
	VC3	$VC2 - 0.3$	$VSS + 35$	V
	VC2	$VC1 - 0.3$	$VSS + 35$	V
VC1	$VSS - 0.3$	$VSS + 35$	V	
输出电压范围, V_O	CHG、DSG ⁽²⁾	-0.3	43	
	PCHG、FUUSE	-0.3	35	V
最大 VSS 电流 I_{SS}			50	mA
正常运行温度 T_{FUNC}		-40	110	
贮存温度, T_{STG}		-65	150	°C
引线温度 (焊接, 10s), T_{SOLDER}			300	°C

(1) 在绝对最大额定值范围外运行可能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的工作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使用, 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。

(2) 当施加的电压超过 28V 时, 需要一个串联 50 Ω 或更大的电阻器。

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 标准 ⁽¹⁾	± 2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 ⁽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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 25.2\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

			最小值	标称值	最大值	单位
V_{CC}	电源电压	BAT ⁽¹⁾ 、VCC ⁽¹⁾ 、PBI ⁽¹⁾ 、PACK ⁽¹⁾	2.2		32	V
$V_{SHUTDOWN-}$	关断电压	$V_{PACK} < V_{SHUTDOWN-}$	1.8	2.0	2.2	V
$V_{SHUTDOWN+}$	启动电压	$V_{PACK} > V_{SHUTDOWN-} + V_{HYS}$	2.05	2.25	2.45	V
V_{HYS}	关断电压迟滞	$V_{SHUTDOWN+} - V_{SHUTDOWN-}$		250		mV
V_{IN}	输入电压范围	SMBC、SMBD、 \overline{DISP} /GPIO、PDSG/GPIO、 \overline{PRES} /SHUTDN/、 \overline{DISP} /PDSG/GPIO ⁽¹⁾			32	V
		TS1、TS2、TS3/ADCIN1/GPIO、 \overline{DISP} /TS4/ADCIN2/GPIO			V_{REG}	
		LEDCNTLA/PDSG/GPIO、LEDCNTLB/GPIO、LEDCNTLC/GPIO ⁽¹⁾			V_{BAT}	
		SRP、SRN	-0.2		0.2	
		VC6	V_{VC5}		$VC5 + 5$	
		VC5	V_{VC4}		$VC4 + 5$	
		VC4	V_{VC3}		$VC3 + 5$	
		VC3	V_{VC2}		$VC2 + 5$	
		VC2	V_{VC1}		$VC1 + 5$	
VC1	V_{VSS}		$VSS + 5$			
V_O	输出电压范围	PCHG、FUSE ⁽¹⁾			32	V
C_{PBI}	外部 PBI 电容器		2.2			μF
T_{OPR}	工作温度		-40		85	$^\circ\text{C}$

(1) 当施加的电压超过 28V 时，需要一个串联 50 Ω 或更大的电阻器。

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		BQ40Z80	单位
		RSM (QFN)	
		32 引脚	
$R_{\theta JA, High K}$	结至环境热阻	47.4	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	40.3	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	14.7	$^\circ\text{C/W}$
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.8	$^\circ\text{C/W}$
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	14.4	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JC(bottom)}$	结至外壳 (底部) 热阻	3.8	$^\circ\text{C/W}$

(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 电气特性

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流						
I_{NORMAL}	NORMAL 模式	CPU 未激活、CHG 开启。DSG 开启、高频振荡器开启、低频振荡器开启、REG18 开启、ADC 开启、ADC_Filter 开启、CC_Filter 开启、CC 开启、LED/按钮/GPIO 关闭、SMBus 未激活、无闪存写入		663		μA
I_{SLEEP}	SLEEP 模式	CPU 未激活、CHG 导通、DSG 导通、高频振荡器关闭、低频振荡器开启、REG18 开启、ADC 关闭、ADC_Filter 关闭、CC_Filter 关闭、LED/按钮/GPIO 关闭、SMBus 未激活、无闪存写入		96		μA
		CPU 未激活、CHG 关闭。DSG 开启、高频振荡器关闭、低频振荡器开启、REG18 开启、ADC 关闭、ADC_Filter 关闭、CC_Filter 关闭、LED/按钮/GPIO 关闭、SMBus 未激活、无闪存写入、BAT = 14.4V		90		μA
I_{SHUTDOWN}	SHUTDOWN 模式	CPU 未激活、CHG 关闭。DSG 关闭、高频振荡器关闭、低频振荡器关闭、REG18 关闭、ADC 关闭、ADC_Filter 关闭、CC_Filter 关闭、LED/按钮/GPIO 关闭、SMBus 未激活、无闪存写入、BAT = 14.4V		1.4		μA
电源控制						
$V_{\text{SWITCHOVER-}}$	BAT 至 VCC 切换电压	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{SWITCHOVER-}}$	1.95	2.1	2.2	V
$V_{\text{SWITCHOVER+}}$	VCC 至 BAT 切换电压	$V_{\text{BAT}} > V_{\text{SWITCHOVER-}} + V_{\text{HYS}}$	2.9	3.1	3.25	V
V_{HYS}	切换电压迟滞	$V_{\text{SWITCHOVER+}} - V_{\text{SWITCHOVER-}}$		1000		mV
I_{LKG}	输入漏电流	BAT 引脚, BAT = 0V, VCC = 32V, PACK = 32V			1	μA
		PACK 引脚, BAT = 32V, VCC = 0V, PACK = 0V			1	
		BAT 和 PACK 端子, BAT = 0V, VCC = 0V, PACK = 0V, PBI = 32V			1	
R_{PD}	内部下拉电阻	PACK	30	40	50	$\text{k}\Omega$
AFE 上电复位						
$V_{\text{REGIT-}}$	负向输入电压	V_{REG}	1.51	1.55	1.59	V
V_{HYS}	上电复位迟滞	$V_{\text{REGIT+}} - V_{\text{REGIT-}}$	70	100	130	mV
t_{RST}	上电复位时间		200	300	400	μs
AFE 看门狗复位和唤醒计时器						
t_{WDT}	AFE 看门狗超时	$t_{\text{WDT}} = 500$	372	500	628	ms
		$t_{\text{WDT}} = 1000$	744	1000	1256	ms
		$t_{\text{WDT}} = 2000$	1488	2000	2512	ms
		$t_{\text{WDT}} = 4000$	2976	4000	5024	ms
t_{WAKE}	AFE 唤醒计时器	$t_{\text{WAKE}} = 250$	186	250	314	ms
		$t_{\text{WAKE}} = 500$	372	500	628	ms
		$t_{\text{WAKE}} = 1000$	744	1000	1256	ms
		$t_{\text{WAKE}} = 2000$	1488	2000	2512	ms
t_{FETOFF}	复位后的 FET 关断延迟	$t_{\text{FETOFF}} = 512$	409	512	614	ms
内部 1.8V LDO						
V_{REG}	稳压器电压		1.6	1.8	2	V
$\Delta V_{\text{O(TEMP)}}$	温度范围内的稳压器输出	$\Delta V_{\text{REG}} / \Delta T_A, I_{\text{REG}} = 10\text{mA}$		$\pm 0.25\%$		
$\Delta V_{\text{O(LINE)}}$	线路调整率	$\Delta V_{\text{REG}} / \Delta V_{\text{BAT}}, I_{\text{BAT}} = 10\text{mA}$	-0.6%		0.5%	

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
$\Delta V_{O(\text{LOAD})}$	负载调整率	$\Delta V_{\text{REG}} / \Delta I_{\text{REG}}$, $I_{\text{REG}} = 0\text{mA}$ 至 10mA	-1.5%		1.5%	
I_{REG}	稳压器输出电流限制	$V_{\text{REG}} = 0.9 \times V_{\text{REG}(\text{NOM})}$, $V_{\text{IN}} > 2.2\text{V}$	20			mA
I_{SC}	内部短路电流限制	$V_{\text{REG}} = 0 \times V_{\text{REG}(\text{NOM})}$	25	40	55	mA
PSRR_{REG}	电源抑制比	$\Delta V_{\text{BAT}} / \Delta V_{\text{REG}}$, $I_{\text{REG}} = 10\text{mA}$, $V_{\text{IN}} > 2.5\text{V}$, $f = 10\text{Hz}$		40		dB
V_{SLEW}	压摆率增强电压阈值	V_{REG}	1.58	1.65		V
电压基准 1						
V_{REF1}	内部基准电压	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 调整后	1.215	1.22	1.225	V
$V_{\text{REF1}(\text{DRIFT})}$	内部基准电压漂移	$T_A = 0^\circ\text{C}$ 至 60°C , 调整后		± 50		PPM/ $^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C , 调整后		± 80		PPM/ $^\circ\text{C}$
电压基准 2						
V_{REF2}	内部基准电压	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 调整后	1.22	1.225	1.23	V
$V_{\text{REF2}(\text{DRIFT})}$	内部基准电压漂移	$T_A = 0^\circ\text{C}$ 至 60°C , 调整后		± 50		PPM/ $^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C , 调整后		± 80		PPM/ $^\circ\text{C}$
VC1、VC2、VC3、VC4、VC5、VC6、BAT、PACK						
K	比例因数	VC1 - VSS、VC2 - VC1、VC3 - VC2、VC4 - VC3、VC5 - VC4、VC6 - VC5	0.198	0.2	0.202	-
		VC6 - VSS	0.032	0.0333	0.034	
		BAT - VSS、PACK - VSS	0.0275	0.0286	0.0295	
		V_{REF2}	0.49	0.5	0.51	
V_{IN}	输入电压范围	VC1 - VSS、VC2 - VC1、VC3 - VC2、VC4 - VC3、VC5 - VC4、VC6 - VC5	-0.2		5	V
		VC6 - VSS	-0.2		30	
		PACK - VSS	-0.2		32	
I_{LKG}	输入漏电流	VC1、VC2、VC3、VC4、VC5、VC6、电芯均衡关闭、电芯分离检测关闭、ADC 多路复用器关闭			1	μA
电芯均衡和电芯分离检测						
R_{CB}	内部电芯均衡电阻	用于内部 FET 开关的 $R_{\text{DS(ON)}}$, $2\text{V} < V_{\text{DS}} < 4\text{V}$			200	Ω
I_{CD}	内部电芯分离检查电流	$V_{\text{Cx}} > V_{\text{SS}} + 0.8\text{V}$	30	50	70	μA
ADC						
V_{IN}	输入电压范围	内部基准 (V_{REF1})	-0.2		1	V
		外部基准 (V_{REG})	-0.2		$0.8 \times V_{\text{REG}}$	
	满量程范围相关	$V_{\text{FS}} = V_{\text{REF1}}$ 或 V_{REG}	$-V_{\text{FS}}$		V_{FS}	V
INL	积分非线性 ($1\text{LSB} = V_{\text{REF1}} / (10 \times 2^N) = 1.225 / (10 \times 2^{15}) = 37.41\mu\text{V}$)	16 位、最佳拟合、 -0.1V 至 $0.8 \times V_{\text{REF1}}$			± 8.5	LSB
		16 位、最佳拟合、 -0.2V 至 -0.1V			± 13.1	
OE	偏移误差	16 位、校准后、 $V_{\text{FS}} = V_{\text{REF1}}$		± 67	± 157	μV
OED	失调电压误差漂移	16 位、校准后、 $V_{\text{FS}} = V_{\text{REF1}}$		0.6	3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
GE	增益误差	16 位、 -0.1 至 $0.8 \times V_{\text{FS}}$		$\pm 0.2\%$	$\pm 0.8\%$	/FSR
GED	增益误差漂移	16 位、 -0.1 至 $0.8 \times V_{\text{FS}}$			150	PPM/ $^\circ\text{C}$
EIR	有效输入电阻		8			M Ω

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
ADC 数字滤波器						
t_{CONV}	转换时间	ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 0, 0		31.25	ms	
		ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 0, 1		15.63		
		ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 1, 0		7.81		
		ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 1, 1		1.95		
Res	分辨率	不缺失代码、ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 0, 0		16	位	
Eff_Res	有效分辨率	带符号、ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 0, 0	14	15	位	
		带符号、ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 0, 1	13	14		
		带符号、ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 1, 0	11	12		
		带符号、ADCTL[SPEED1, SPEED0] = 1, 1	9	10		
电流唤醒比较器						
V_{WAKE}	唤醒电压阈值	$V_{\text{WAKE}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = \pm 0.625\text{mV}$	± 0.3	± 0.625	± 0.9	mV
		$V_{\text{WAKE}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = \pm 1.25\text{mV}$	± 0.6	± 1.25	± 1.8	
		$V_{\text{WAKE}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = \pm 2.5\text{mV}$	± 1.2	± 2.5	± 3.6	
		$V_{\text{WAKE}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = \pm 5\text{mV}$	± 2.4	± 5.0	± 7.2	
$V_{\text{WAKE(DRIFT)}}$	V_{WAKE} 精度的温漂			0.5%	$^\circ\text{C}$	
t_{WAKE}	从施加电流到唤醒中断的时间			250	700	μs
$t_{\text{WAKE(SU)}}$	唤醒比较器启动时间			500	1000	μs
库仑计						
V_{INPUT}	输入电压范围			-0.1	0.1	V
V_{RANGE}	满量程范围相关			$V_{\text{REF1}}/10$	$V_{\text{REF1}}/10$	V
INL	积分非线性 (1LSB = $V_{\text{REF1}}/(10 \times 2^N) = 1.215/(10 \times 2^{15}) = 3.71\mu\text{V}$)	16 位, 输入电压范围最佳拟合		± 5.2	± 22.3	LSB
OE	偏移误差	16 位、校准后		± 5.0	± 10	μV
OED	失调电压误差漂移	15 位 + 符号, 校准后		0.2	0.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
GE	增益误差	15 位 + 符号, 在输入电压范围内		$\pm 0.2\%$	$\pm 0.8\%$	/FSR
GED	增益误差漂移	15 位 + 符号, 在输入电压范围内		150		PPM/ $^\circ\text{C}$
EIR	有效输入电阻			2.5		M Ω
t_{CONV}	转换时间	单次转换		250		ms
Eff_Res	有效分辨率	单次转换		15		位
电流保护阈值						
V_{OCD}	OCD 检测阈值电压范围	$V_{\text{OCD}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1	-16.6	-100	mV	
		$V_{\text{OCD}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0	-8.3	-50	mV	
ΔV_{OCD}	OCD 检测阈值电压程序步骤	$V_{\text{OCD}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1	-5.56		mV	
		$V_{\text{OCD}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0	-2.78		mV	

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{SCC}	SCC 检测阈值电压范围	$V_{\text{SCC}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1	44.4		200	mV
		$V_{\text{SCC}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0	22.2		100	mV
ΔV_{SCC}	SCC 检测阈值电压程序步骤	$V_{\text{SCC}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1		22.2		mV
		$V_{\text{SCC}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0		11.1		mV
V_{SCD1}	SCD1 检测阈值电压范围	$V_{\text{SCD1}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1	-44.4		-200	mV
		$V_{\text{SCD1}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0	-22.2		-100	mV
ΔV_{SCD1}	SCD1 检测阈值电压程序步骤	$V_{\text{SCD1}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1		-22.2		mV
		$V_{\text{SCD1}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0		-11.1		mV
V_{SCD2}	SCD2 检测阈值电压范围	$V_{\text{SCD2}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1	-44.4		-200	mV
		$V_{\text{SCD2}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0	-22.2		-100	mV
ΔV_{SCD2}	SCD2 检测阈值电压程序步骤	$V_{\text{SCD2}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 1		-22.2		mV
		$V_{\text{SCD2}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$, PROTECTION_CONTROL[RSNS] = 0		-11.1		mV
V_{OFFSET}	OCD、SCC 和 SCDx 偏移误差	调整后	-2.5		2.5	mV
V_{SCALE}	OCD、SCC 和 SCDx 量程误差	无修整	-10%		10%	
		调整后	-5%		5%	
电流保护时序						
t_{OCD}	OCD 检测延迟时间		1		31	ms
Δt_{OCD}	OCD 检测延迟时间程序步骤			2		ms
t_{SCC}	SCC 检测延迟时间		0		915	μs
Δt_{SCC}	SCC 检测延迟时间程序步骤			61		μs
t_{SCD1}	SCD1 检测延迟时间	PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 0	0		915	μs
		PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 1	0		1850	μs
Δt_{SCD1}	SCD1 检测延迟时间程序步骤	PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 0		61		μs
		PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 1		121		μs
t_{SCD2}	SCD2 检测延迟时间	PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 0	0		458	μs
		PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 1	0		915	μs
Δt_{SCD2}	SCD2 检测延迟时间程序步骤	PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 0		30.5		μs
		PROTECTION_CONTROL[SCDDx2] = 1		61		μs
t_{DETECT}	电流故障检测时间	$V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = V_T - 3\text{mV}$ (适用于 OCD、SCD1 和 SCD2)、 $V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}} = V_T - 3\text{mV}$ (适用于 SCC)			160	μs
t_{ACC}	电流故障延迟时间精度	最大延迟设置	-10%		10%	

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
内部温度传感器						
V_{TEMP}	内部温度传感器电压漂移	V_{TEMP}	-1.9		-2.1	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
		$V_{\text{TEMP}} - V_{\text{TEMPN}}$ (根据设计确定)	0.177	0.178	0.179	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
NTC 热敏电阻测量支持 (TS1、TS2, 引脚 12 和 13 配置为 TS3 和 TS4)						
$R_{\text{NTC(PU)}}$	内部上拉电阻	TS1	14.4	18	21.6	$\text{k}\Omega$
		TS2	14.4	18	21.6	$\text{k}\Omega$
		TS3	14.4	18	21.6	$\text{k}\Omega$
		TS4	14.4	18	21.6	$\text{k}\Omega$
$R_{\text{NTC(DRIFT)}}$		-360	-280	-200	$\text{PPM}/^\circ\text{C}$	
低电压通用 I/O (多功能引脚 12 和 13 配置为 GPIO)						
V_{IH}	高电平输入		$0.65 \times V_{\text{REG}}$			V
V_{IL}	低电平输入			$0.35 \times V_{\text{REG}}$		V
V_{OH}	输出电压高电平	输出高电平、启用上拉、 $I_{\text{OH}} = -1.0\text{mA}$	$0.75 \times V_{\text{REG}}$			V
		输出高电平、启用上拉、 $I_{\text{OH}} = -10\mu\text{A}$				
V_{OL}	输出电压低电平	输出低电平、 $I_{\text{OL}} = 1\text{mA}$			$0.2 \times V_{\text{REG}}$	V
C_{IN}	输入电容			5		pF
I_{LKG}	输入漏电流				1	μA
高压通用 I/O (多功能引脚 15、16、17 配置为 GPIO, PRES、DISP 或 SHUTDN 引脚 15 配置为 GPIO; 引脚 16 配置为 PDSG)						
V_{IH}	高电平输入		1.3			V
V_{IL}	低电平输入			0.55		V
V_{OH}	输出电压高电平	输出已启用、 $V_{\text{BAT}} > 5.5\text{V}$ 、 $I_{\text{OH}} = -0\mu\text{A}$	3.5			V
		输出已启用、 $V_{\text{BAT}} > 5.5\text{V}$ 、 $I_{\text{OH}} = -10\mu\text{A}$	1.8			
V_{OL}	输出电压低电平	输出禁用、 $I_{\text{OL}} = 1.5\text{mA}$			0.4	V
C_{IN}	输入电容			5		pF
I_{LKG}	输入漏电流				3	μA
R_{O}	输出反向电阻	在 GPIO、PRES、DISP、SHUTDN、PDSG 和 PBI 之间	8			$\text{k}\Omega$
具有恒流阱的通用 I/O (多功能引脚 20、21、22 配置为 LEDCNTLx)						
V_{IH}	高电平输入	LEDCNTLx	1.45			V
V_{IL}	低电平输入	LEDCNTLx		0.55		V
V_{OH}	输出电压高电平	LEDCNTLx、输出启用、 $V_{\text{BAT}} > 3.0\text{V}$ 、 $I_{\text{OH}} = -22.5\text{mA}$	$V_{\text{BAT}} - 1.6$			V
V_{OL}	输出电压低电平	LEDCNTLx、输出禁用、 $V_{\text{BAT}} > 3.0\text{V}$ 、 $I_{\text{OH}} = 3\text{mA}$			0.4	V
I_{SC}	高电平输出电流保护	LEDCNTLx	-30	-45	-60	mA
I_{OL}	低电平输出电流	LEDCNTLx、 $V_{\text{BAT}} > 3.0\text{V}$ 、 $V_{\text{OL}} > 0.4\text{V}$	15.75	22.5	29.25	mA
I_{LEDCNTLx}	输出之间的电流匹配	LEDCNTLx、 $V_{\text{BAT}} = V_{\text{LED}} + 2.5\text{V}$		+/- 1%		
C_{IN}	输入电容	LEDCNTLx		20		pF
I_{LKG}	输入漏电流	LEDCNTLx			1	μA
f_{LED}	LED 的频率模式	LEDCNTLx		124		Hz
t_{SHUTDOWN}	热关断	LEDCNTLx, 根据设计确定	120	135	150	$^\circ\text{C}$

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
通用 I/O (多功能引脚 20、21、22 配置为 GPIO) (引脚 20 配置为 PDSG)						
V_{IH}	高电平输入		1.45			V
V_{IL}	低电平输入				0.55	V
V_{OH}	输出电压高电平	输出已启用、 $V_{BAT} > 3.0\text{V}$ 、 $I_{OH} = -22.5\text{mA}$	$V_{BAT} - 1.6$			V
		输出禁用、 $I_{OL} = 3\text{mA}$			0.4	V
I_{SC}	高电平输出电流保护		-30	-45	-60	mA
I_{OL}	低电平输出电流	$V_{BAT} > 3.0\text{V}$ 、 $V_{OL} > 0.4\text{V}$	15.75	22.5	29.25	mA
C_{IN}	输入电容			20		pF
I_{LKG}	输入漏电流				1	μA
SMBD、SMBC 高电压 I/O						
V_{IH}	输入电压高电平	SMBC、SMBD、 $V_{REG} = 1.8\text{V}$	1.3			V
V_{IL}	输入电压低电平	SMBC、SMBD、 $V_{REG} = 1.8\text{V}$			0.8	V
V_{OL}	输出低电压	SMBC、SMBD、 $V_{REG} = 1.8\text{V}$ 、 $I_{OL} = 1.5\text{mA}$			0.4	V
C_{IN}	输入电容			5		pF
I_{LKG}	输入漏电流				1	μA
R_{PD}	下拉电阻		0.7	1	1.3	M Ω
SMBus						
f_{SMB}	SMBus 工作频率	SLAVE 模式，SMBC 50% 占空比	10		100	kHz
f_{MAS}	SMBus 主时钟频率	MASTER 模式，无时钟低电平从模式延长		51.2		kHz
t_{BUF}	开始和停止之间的总线空闲时间		4.7			μs
$t_{HD}(\text{START})$	(重复) 开始后的保持时间		4			μs
$t_{SU}(\text{START})$	重复启动建立时间		4.7			μs
$t_{SU}(\text{STOP})$	停止设置时间		4			μs
$t_{HD}(\text{DATA})$	数据保持时间		300			ns
$t_{SU}(\text{DATA})$	数据设置时间		250			ns
$t_{TIMEOUT}$	误差信号检测时间		25		35	ms
t_{LOW}	时钟低电平时间		4.7			μs
t_{HIGH}	时钟高电平周期		4		50	μs
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
$t_{LOW}(\text{SEXT})$	累计时钟低电平从模式延长 时间				25	ms
$t_{LOW}(\text{MEXT})$	累计时钟低电平主模式延长 时间				10	ms
SMBus XL						
f_{SMBXL}	SMBus XL 工作频率	SLAVE 模式，SMBC 50% 占空比	40		400	kHz
t_{BUF}	开始和停止之间的总线空闲 时间		4.7			μs
$t_{HD}(\text{START})$	(重复) 开始后的保持时间		4			μs
$t_{SU}(\text{START})$	重复启动建立时间		4.7			μs
$t_{SU}(\text{STOP})$	停止设置时间		4			μs

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{TIMEOUT}	误差信号检测时间		5		20	ms
t_{LOW}	时钟低电平时间				20	μs
t_{HIGH}	时钟高电平周期				20	μs
FUSE 驱动器 (AFEFUSE)						
V_{OH}	输出电压高电平	$V_{\text{BAT}} \geq 8\text{V}$ 、 $C_L = 1\text{nF}$ 、 $I_{\text{AFEFUSE}} = 0\mu\text{A}$	6	7	8.65	V
		$V_{\text{BAT}} < 8\text{V}$ 、 $C_L = 1\text{nF}$ 、 $I_{\text{AFEFUSE}} = 0\mu\text{A}$	$V_{\text{BAT}} - 0.1$		V_{BAT}	V
V_{IH}	高电平输入		1.5	2	2.5	V
$I_{\text{AFEFUSE(PU)}}$	内部上拉电流	$V_{\text{BAT}} < 8\text{V}$ 、 $V_{\text{AFEFUSE}} = V_{\text{SS}}$		150	330	nA
R_{AFEFUSE}	输出阻抗		2	2.6	3.2	k Ω
C_{IN}	输入电容			5		pF
t_{DELAY}	保险丝修整检测延迟		128		256	μs
t_{RISE}	保险丝输出上升时间			5	20	μs
N 沟道 FET 驱动器 (CHG、DSG)						
	输出电压比率	$\text{Ratio}_{\text{DSG}} = (V_{\text{DSG}} - V_{\text{BAT}}) / V_{\text{BAT}}$ 、 $2.2\text{V} < V_{\text{BAT}} < 4.92\text{V}$ 、PACK 和 DSG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	2.133	2.333	2.45	--
		$\text{Ratio}_{\text{CHG}} = (V_{\text{CHG}} - V_{\text{BAT}}) / V_{\text{BAT}}$ 、 $2.2\text{V} < V_{\text{BAT}} < 4.92\text{V}$ 、BAT 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	2.133	2.333	2.433	--
V_{FETON}	输出电压、CHG 和 DSG 导通	$V_{\text{DSG(ON)}} = (V_{\text{DSG}} - V_{\text{BAT}})$ 、 $V_{\text{BAT}} \geq 4.92\text{V}$ (高达 32V)、PACK 和 DSG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	10.5	11.5	12.5	V
		$V_{\text{CHG(ON)}} = (V_{\text{CHG}} - V_{\text{BAT}})$ 、 $V_{\text{BAT}} \geq 4.92\text{V}$ (高达 32V)、BAT 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	10.5	11.5	12.5	V
V_{FETOFF}	输出电压、CHG 和 DSG 关断	$V_{\text{DSG(OFF)}} = (V_{\text{DSG}} - V_{\text{PACK}})$ 、PACK 和 DSG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	-0.4		0.4	V
		$V_{\text{CHG(OFF)}} = (V_{\text{CHG}} - V_{\text{BAT}})$ 、BAT 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	-0.4		0.4	V
t_{R}	上升时间	V_{DSG} 为 $V_{\text{DSG(ON)(TYP)}}$ 的 0% 至 35%、 $V_{\text{BAT}} \geq 2.2\text{V}$ 、 $C_L = \text{DSG}$ 和 PACK 之间的 4.7nF 、DSG 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、PACK 和 DSG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$		200	500	μs
		V_{CHG} 为 $V_{\text{CHG(ON)(TYP)}}$ 的 0% 至 35%、 $V_{\text{BAT}} \geq 2.2\text{V}$ 、 $C_L = \text{CHG}$ 和 BAT 之间的 4.7nF 、CHG 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、BAT 和 CHG 之间的电阻为 $10\text{M}\Omega$		200	500	μs
t_{F}	下降时间	V_{DSG} 为 $V_{\text{DSG(ON)(TYP)}}$ 至 1V 、 $V_{\text{BAT}} \geq 2.2\text{V}$ 、 $C_L = \text{DSG}$ 和 PACK 之间的 4.7nF 、DSG 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、PACK 和 DSG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$		40	300	μs
		V_{CHG} 为 $V_{\text{CHG(ON)(TYP)}}$ 至 1V 、 $V_{\text{BAT}} \geq 2.2\text{V}$ 、 $C_L = \text{CHG}$ 和 BAT 之间的 4.7nF 、CHG 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、BAT 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$		40	200	μs
P 沟道 FET 驱动器 (PCHG)						
V_{FETON}	输出电压，PCHG 导通	$V_{\text{PCHG(ON)}} = V_{\text{CC}} - V_{\text{PCHG}}$ 、VCC 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$ 、 $V_{\text{BAT}} \geq 8\text{V}$	6	7	8	V
V_{FETOFF}	输出电压，PCHG 关断	$V_{\text{PCHG(OFF)}} = V_{\text{CC}} - V_{\text{PCHG}}$ 、VCC 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$	-0.4		0.4	V

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_R	上升时间	V_{PCHG} 为 $V_{PCHG(ON)(TYP)}$ 的 10% 至 90%、 $V_{SS} \geq 8\text{V}$ 、 $C_L = PCHG$ 和 V_{CC} 之间的 4.7nF 、 $PCHG$ 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、 V_{CC} 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$		40	200	μs
t_F	下降时间	V_{PCHG} 为 $V_{PCHG(ON)(TYP)}$ 的 90% 至 10%、 $V_{SS} \geq 8\text{V}$ 、 $C_L = PCHG$ 和 V_{CC} 之间的 4.7nF 、 $PCHG$ 和 C_L 之间的电阻为 $5.1\text{k}\Omega$ 、 V_{CC} 和 CHG 之间电阻为 $10\text{M}\Omega$		40	200	μs
高频振荡器						
f_{HFO}	工作频率			16.78		MHz
$f_{HFO(ERR)}$	频率误差	$T_A = -20^\circ\text{C}$ 至 70°C ，包括频率漂移	-2.5%	$\pm 0.25\%$	2.5%	
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C ，包括频率漂移	-3.5%	$\pm 0.25\%$	3.5%	
$t_{HFO(SU)}$	启动时间	$T_A = -20^\circ\text{C}$ 至 85°C 、 $CLKCTL[HFRAMP] = 1$ 、振荡器频率在标称频率的 $\pm 3\%$ 范围内			4	ms
		$T_A = -20^\circ\text{C}$ 至 85°C 、 $CLKCTL[HFRAMP] = 0$ 、振荡器频率在标称频率的 $\pm 3\%$ 范围内			100	μs
低频振荡器						
f_{LFO}	工作频率			262.14 4		kHz
$f_{LFO(ERR)}$	频率误差	$T_A = -20^\circ\text{C}$ 至 70°C ，包括频率漂移	-1.5%	$\pm 0.25\%$	1.5%	
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C ，包括频率漂移	-2.5%	$\pm 0.25\%$	2.5%	
$t_{LFO(FAIL)}$	故障检测频率		30	80	100	kHz
指令闪存						
	数据保存时间		10			年
	闪存编程写入周期数		1000			周期
$t_{PROGWORD}$	字编程时间				40	μs
$t_{MASSERASE}$	批量擦除时间				40	ms
$t_{PAGEERASE}$	页擦除时间				40	ms
$t_{FLASHREAD}$	闪存读取电流				2	mA
$t_{FLASHWRITE}$	闪存写入电流				5	mA
$I_{FLASHERASE}$	闪存擦除电流				15	mA
数据闪存						
	数据保存时间		10			年
	闪存编程写入周期数		20000			周期
$t_{PROGWORD}$	字编程时间				40	μs
$t_{MASSERASE}$	批量擦除时间				40	ms
$t_{PAGEERASE}$	页擦除时间				40	ms
$t_{FLASHREAD}$	闪存读取电流				1	mA
$t_{FLASHWRITE}$	闪存写入电流				5	mA
$I_{FLASHERASE}$	闪存擦除电流				15	mA
ECC 身份验证						
$I_{NORMAL+AUTH}$	NORMAL 模式 + 身份验证	CPU 活动、CHG 开启。DSG 开启、高频振荡器开启、低频振荡器开启、REG18 开启、ADC 开启、ADC_Filter 开启、CC_Filter 开启、CC 开启、SMBus 未激活、身份验证启动		1350		μA

5.5 电气特性 (续)

所述典型值的条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{CC} = 21.6\text{V}$ ，最小值/最大值的条件是 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 且 $V_{CC} = 2.2\text{V}$ 至 32V (除非另有说明)

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SIGN}	EC-KCDSA 签名时间	$3.8\text{V} < V_{CC}$ 或 $\text{BAT} < 32\text{V}$		375		ms
	身份验证操作的数量		20000			操作

5.6 典型特性

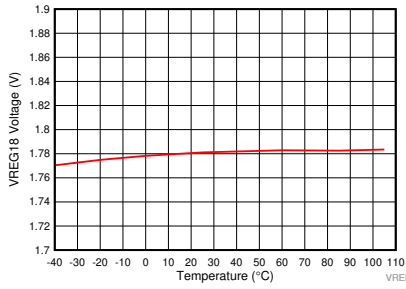


图 5-1. VREG 1.8V 电压与温度间的关系

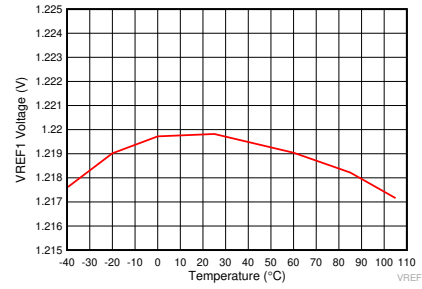


图 5-2. VREF 1 电压与温度间的关系

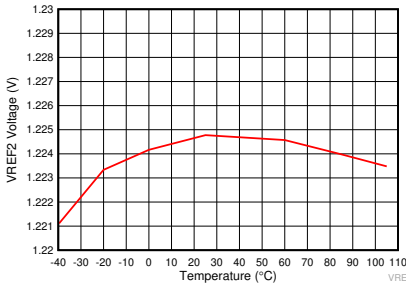


图 5-3. VREF 2 电压与温度间的关系

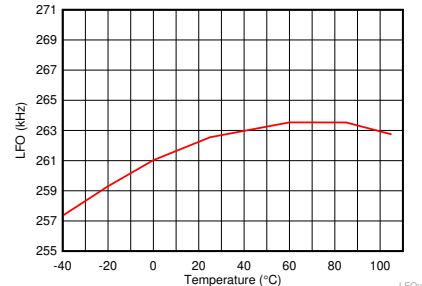


图 5-4. 低频振荡器与温度间的关系

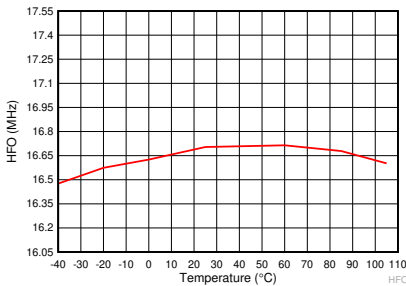


图 5-5. 高频振荡器与温度间的关系

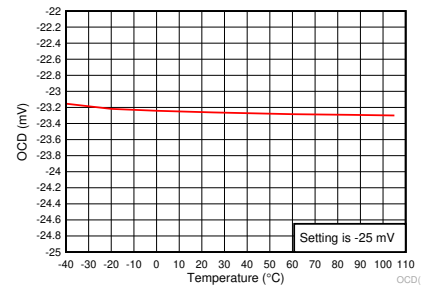


图 5-6. 放电过流保护阈值与温度间的关系

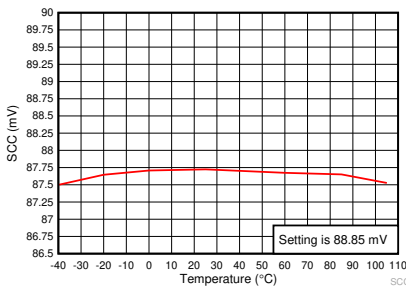


图 5-7. 放电短路保护阈值与温度间的关系

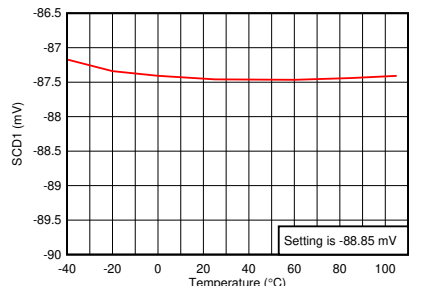
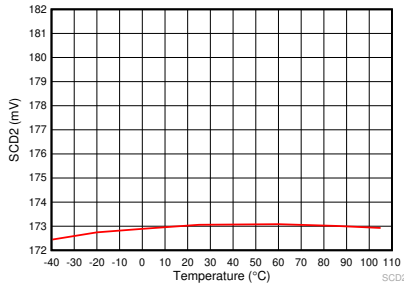


图 5-8. 放电短路 1 保护阈值与温度间的关系



阈值设置为 -177.7 mV。

图 5-9. 放电短路 2 保护阈值与温度间的关系

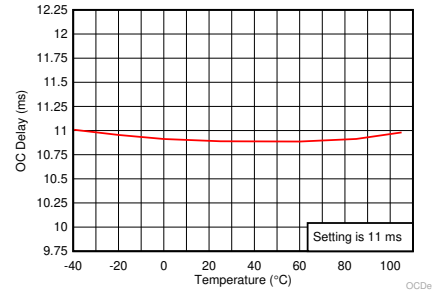


图 5-10. 过流延迟时间与温度间的关系

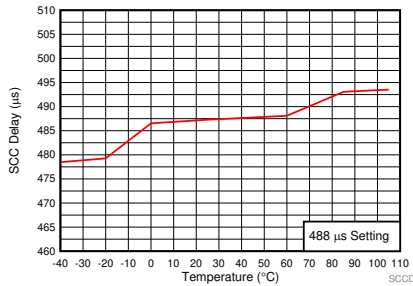


图 5-11. 短路充电电流延迟时间与温度间的关系

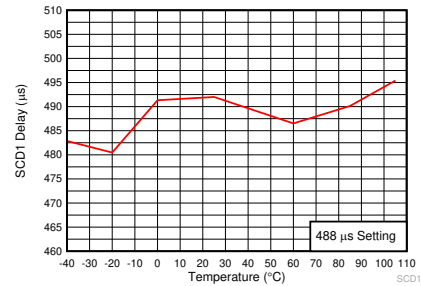


图 5-12. 放电短路 1 延迟时间与温度间的关系

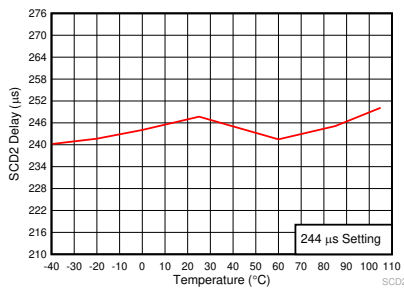


图 5-13. 放电短路 2 延迟时间与温度间的关系

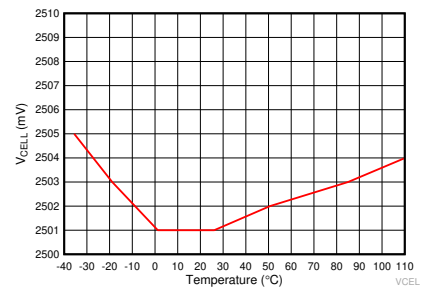
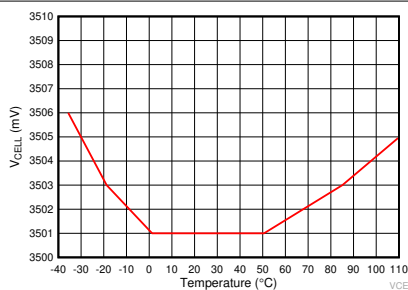
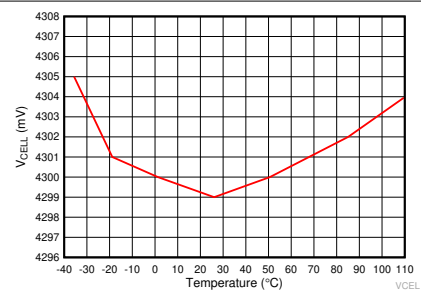


图 5-14. 2.5V 下的 V_{CELL} 测量与温度间的关系



这是单节电芯的 V_{CELL} 平均值。

图 5-15. 3.5V 下的 V_{CELL} 测量与温度间的关系



这是单节电芯的 V_{CELL} 平均值。

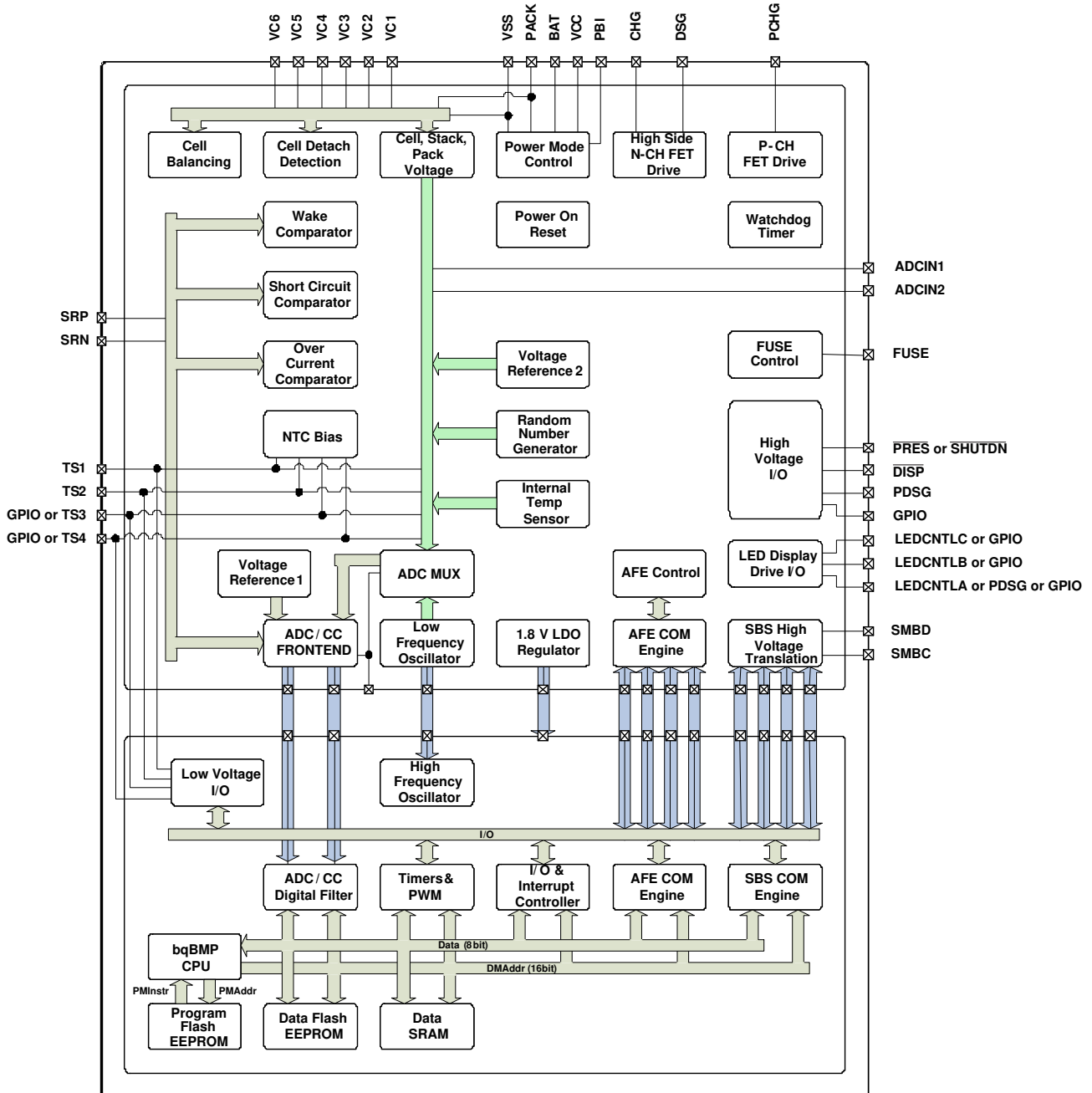
图 5-16. 4.3V 下的 V_{CELL} 测量与温度间的关系

6 详细说明

6.1 概述

BQ40Z80 器件采用已获专利的 Impedance Track 技术，可在充电或静置时提供电芯平衡功能。这种完全集成式、单芯片、基于 PACK 的选择可为 2 至 7 节串联锂离子和锂聚合物电池包提供电量监测、保护和身份验证等一系列丰富功能，包括诊断性使用寿命数据监控器和黑盒记录器。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 初级 (一级) 安全特性

BQ40Z80 支持各种可以轻松配置的电池和系统保护特性。有关每种保护功能的详细说明，请参阅 *BQ40Z80 技术参考手册 (SLUUBT5)*。

主要保护特性包括：

- 电芯过压保护
- 电芯欠压保护
- 电芯欠压保护补偿
- 充电过流保护
- 放电过流保护
- 放电过载保护
- 充电短路保护
- 放电短路保护
- 充电过热保护
- 放电过热保护
- 充电欠温保护
- 放电欠温保护
- 过热 FET 保护
- 预充电超时保护
- 主机看门狗超时保护
- 快速充电超时保护
- 过度充电保护
- 过充电电压保护
- 过充电电流保护
- 预充电过流保护

6.3.2 次级 (二级) 安全特性

BQ40Z80 的次级安全特性可用于通过 FUSE 引脚指示更严重的故障。这个引脚可用来熔断内嵌式保险丝，从而永久禁止电池包充电或放电。有关每种保护功能的详细说明，请参阅 *BQ40Z80 技术参考手册 (SLUUBT5)*。

次级安全特性可针对以下情况提供保护：

- 安全过压永久失效
- 安全欠压永久失效
- 过热安全永久失效
- FET 过热安全永久失效
- Qmax 不平衡永久失效
- 阻抗不平衡永久失效
- 容量降额永久失效
- 电芯平衡永久失效
- 保险丝故障永久失效
- 静止时电压不平衡永久失效
- 有效运行时电压不平衡永久失效
- 充电 FET 永久失效
- 放电 FET 永久失效
- AFE 寄存器永久失效
- AFE 通信永久失效
- 二级保护器永久失效
- 指令闪存校验和永久失效
- 电芯开路连接永久失效
- 数据闪存永久失效
- 热敏电阻开路永久失效

6.3.3 充电控制特性

BQ40Z80 充电控制特性包括：

- 支持 JEITA 温度范围。根据工作温度范围报告充电电压和充电电流
- 处理更复杂的充电曲线。允许将标准温度范围拆分为两个子范围，并允许根据电芯电压来改变充电电流
- 使用 SMBus 广播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
- 在充电过程中，利用基于电压的电芯均衡算法，逐步减小电池包在充满电状态下电池电芯的电荷差。可以设置电压阈值，以激活电芯均衡功能。这可防止充满电的电芯过度充电和性能过度下降，还可通过防止过早终止充电来增加电池包的可用能量。
- 支持在电池包温度超出温度范围时的充电禁止和充电暂停功能
- 报告充电故障并通过充电和放电警报指示荷电状态

6.3.4 Gas Gauging

BQ40Z80 使用 Impedance Track 算法测量和计算电池电芯的可用容量。BQ40Z80 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、荷电状态的影响。BQ40Z80 会估算电池的自放电，并且还根据温度调整自放电估算。该器件还支持 TURBO 模式 2.0/DBPTv2，使 BQ40Z80 能够为 MCU 提供必要的数​​据，以确定可应用的峰值功耗水平，不会导致系统复位或瞬态电池电压电平尖峰触发终止标志。有关详细信息，请参阅 *BQ40Z80 技术参考手册 (SLUUBT5)*。

6.3.5 多功能引脚

BQ40Z80 包含多个多功能引脚，固件使用这些引脚实现不同的功能。图 6-1 是一个示例系统实现的简化原理图，该示例系统实现使用具有 PRECHARGE 模式的 6 节串联电池包、六个 LED、两个热敏电阻和系统存在功能。

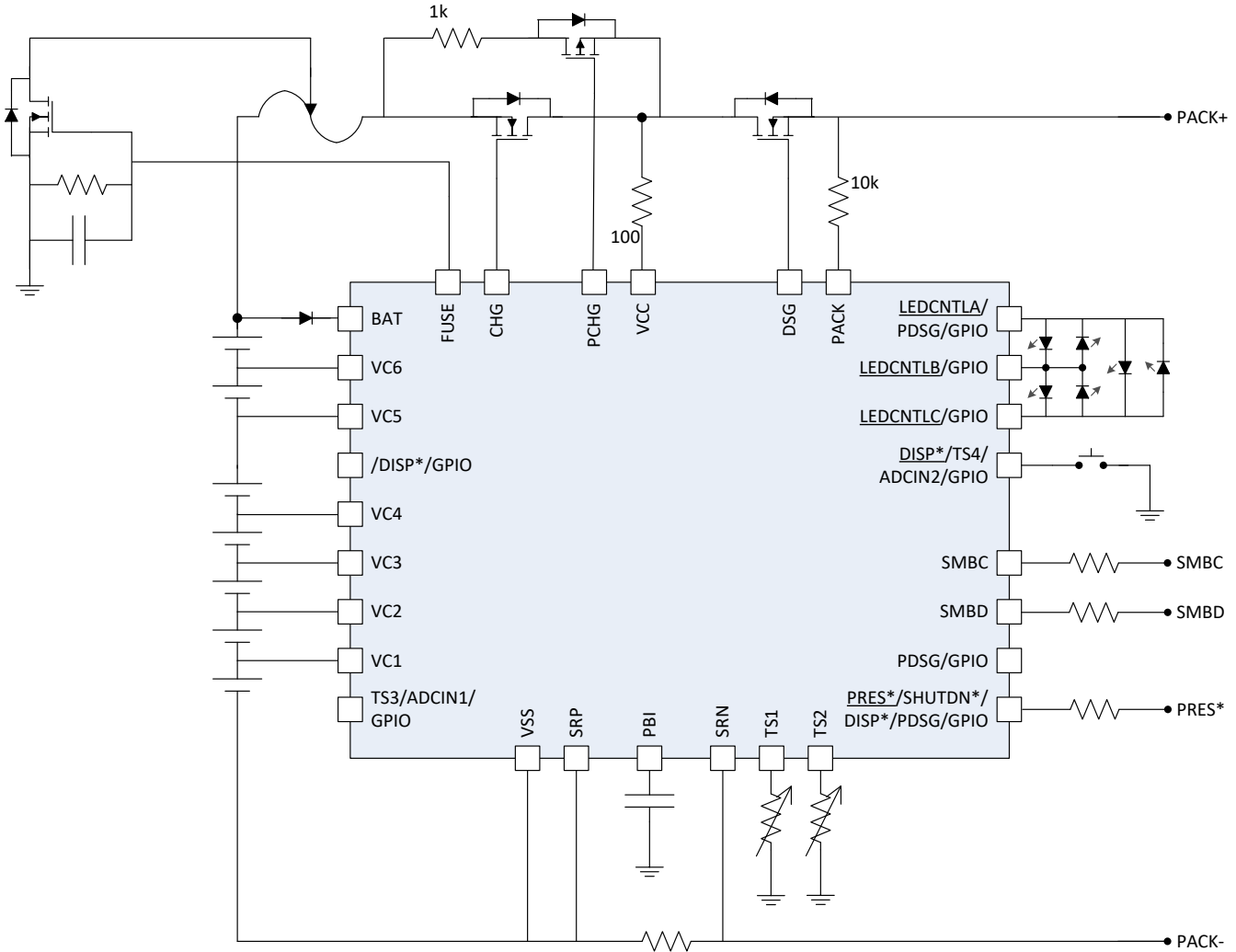


图 6-1. BQ40Z80 配置的简化原理图

表 6-1 汇总了其他常见配置。

表 6-1. BQ40Z80 多功能引脚组合

电芯数 (具有均衡功能)	热敏电阻数量	LED	LED 按钮	预放电	SYSPRES
2S - 6S	4	是	是 (使用 $\overline{\text{DISP}}$)	是 (使用 PDSG)	是

6.3.6 配置

6.3.6.1 振荡器功能

BQ40Z80 完全集成了系统振荡器，无需任何外部元件即可支持此特性。

6.3.6.2 系统存在运行

BQ40Z80 会定期检查 $\overline{\text{PRES}}$ 引脚 (1s)。如果 $\overline{\text{PRES}}$ 输入被外部系统拉至接地，BQ40Z80 会将这种情况检测为系统存在。

6.3.6.3 紧急关闭

为了进行电池维护，取出电池之前，紧急关断特性可通过连接 $\overline{\text{SHUTDN}}$ 引脚的按钮操作来关断嵌入式电池包系统。 $\overline{\text{SHUTDN}}$ 引脚的高电平至低电平转换会向 BQ40Z80 发送信号，以关闭 CHG 和 DSG FET，从而断开系统的电源以安全地取出电池包。当 $\overline{\text{SHUTDN}}$ 引脚检测到另一个高电平至低电平转换，或在达到数据闪存可配置超时的情况下，CHG 和 DSG FET 可再次导通。

6.3.6.4 2 节、3 节、4 节、5 节或 6 节串联电芯配置

在 2 节串联电芯配置中，VC6 短接至 VC5、VC4、VC3 和 VC2。在 3 节串联电芯配置中，VC6 短接至 VC5、VC4 和 VC3。在 4 节串联电芯配置中，VC6 短接至 VC5 和 VC4。在 5 节串联电芯配置中，VC6 短接至 VC5。

6.3.6.5 电芯均衡

对于多达 6 节串联电芯配置，该器件通过在充电或静止时旁路每个电芯的电流来支持电芯均衡。如果使用该器件的内部旁路，最多可以旁通 10mA 电流，并可同时旁通多节电芯。通过使用外部电芯均衡电路，可以实现更高的电芯均衡电流。在 EXTERNAL CELL BALANCING 模式下，一次只能对一节电芯进行均衡。

电芯均衡算法可确定需要旁通的电荷量，以均衡所有电芯的容量。

6.3.7 电池参数测量

6.3.7.1 充电和放电计数

BQ40Z80 使用一个积分 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器 (ADC) 来测量电流，并使用第二个 $\Delta-\Sigma$ ADC 来测量单个电芯及电池的电压和温度。

积分 $\Delta-\Sigma$ ADC 通过测量 SRP 和 SRN 端子之间的小值检测电阻上的压降来测量电池充电和放电时的电流。积分 ADC 可测量 -0.1V 至 0.1V 范围内的双极信号。BQ40Z80 在 $V_{\text{SR}} = V_{(\text{SRP})} - V_{(\text{SRN})}$ 为正时检测充电活动，在 $V_{\text{SR}} = V_{(\text{SRP})} - V_{(\text{SRN})}$ 为负时检测放电活动。BQ40Z80 使用一个内部计数器，随着时间的推移持续对信号进行积分。计数器的基本速率为 0.26nVh 。

6.3.8 寿命数据记录特性

BQ40Z80 可为多个关键电池参数提供寿命数据记录特性。如果检测到 RAM 和数据闪存中的值存在差异，则以下参数每 10 小时更新一次：

- 最大和最小电芯电压
- 最大电芯电压差
- 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
- 最大电芯温度差
- 最高和最低内部传感器温度
- 最高 FET 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
- Q_{max} 和 R_{a} 更新次数以及 Q_{max} 和 R_{a} 更新的最后一个周期
- 关断事件数量
- 每个电芯的电芯均衡时间 (若检测到差异，则该数据每 2 小时更新一次)
- 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)

6.3.9 身份验证

为了支持主机身份验证，BQ40Z80 使用椭圆曲线加密 (ECC)，该技术需要一个强大的 163 位密钥系统来进行身份验证过程。此外，私钥只需存储在 BQ40Z80 电池包管理器中，这使得密钥管理更加简单安全。有关详细信息，请参阅 *BQ40Z80 技术参考手册 (SLUUBT5)*。

6.3.10 防篡改

BQ40Z80 器件具备防篡改安全特性，旨在防止对电池身份验证中使用的安全密钥进行黑客攻击。如果在 TS1、TS2、TS3 或 TS4 引脚上超过绝对最大电压，则会触发此安全功能，从而擦除器件数据闪存并终止与器件的通信。仅当观察到此电压至少 1 μ s 时，才会触发防篡改安全功能。

6.3.11 LED 显示

BQ40Z80 驱动 3、4 或 5 段式 LED 显示屏，用于指示剩余容量或永久故障 (PF) 错误代码。

6.3.12 IATA 支持

BQ40Z80 通过多个新命令和程序来支持 IATA。有关更多详细信息，请参阅 [BQ40Z80 技术参考手册](#)。

6.3.13 电压

BQ40Z80 以 1 秒的间隔更新各个串联电芯电压。BQ40Z80 的内部 ADC 测量电压，并且设计成对电压进行缩放和校准。该数据还用于计算 Impedance Track 电量监测的电芯阻抗。

6.3.14 电流

BQ40Z80 使用 SRP 和 SRN 输入来测量和计算电池充电和放电电流（采用 1m Ω 至 3m Ω 典型值检测电阻）。

6.3.15 温度

BQ40Z80 含有一个内部温度传感器和用于最多四个外部温度传感器的输入。所有五个温度传感器选项均可针对电芯或 FET 温度用途单独启用和配置。除了使用不同热敏电阻曲线的 FET 温度外，还提供了两种可配置的热敏电阻模型用于监控电芯温度。

6.3.16 通信

BQ40Z80 使用 SMBus v1.1（带 MASTER 模式）和符合 SBS 规范的数据包错误检查 (PEC) 选项。

6.3.16.1 SMBus 开启和关闭状态

BQ40Z80 在 SMBC 和 SMBD 处于逻辑低电平的时间不低于 2 秒时检测到 SMBus 关闭状态。清除关闭状态需要 SMBC 或 SMBD 转换为高电平。通信总线会在 1ms 内恢复活动。

6.3.16.2 SBS 命令

有关详细信息，请参阅 [BQ40Z80 技术参考手册 \(SLUUBT5\)](#)。

6.4 器件功能模式

BQ40Z80 支持三种电源模式以降低功耗：

- 在正常模式下，BQ40Z80 器件以 250ms 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，BQ40Z80 器件处于降低的功率级。
- 在 SLEEP 模式下，BQ40Z80 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，BQ40Z80 器件处于降低的功率级。BQ40Z80 具有唤醒功能，可在检测到电流流动或故障时退出 SLEEP 模式。
- 在关断模式下，BQ40Z80 被完全禁用。

7 应用和实施

7.1 应用信息免责声明

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。

7.2 应用信息

BQ40Z80 是一款具有初级保护支持的电量监测计，并可与 2 至 6 节串联锂离子或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)**，它是开发过程中 PC 上的图形用户界面工具。

7.3 典型应用

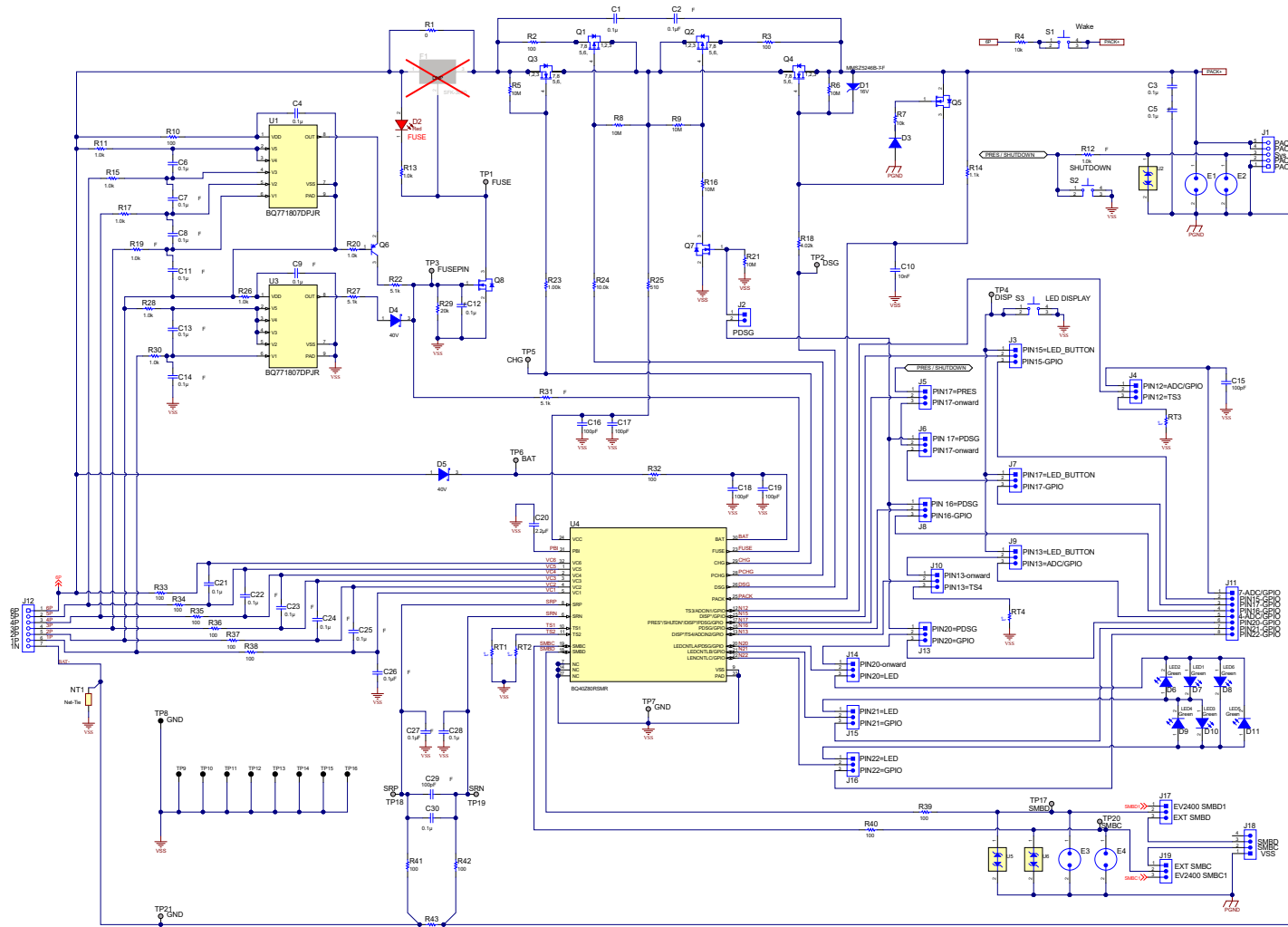


图 7-1. BQ40Z80EVM 电量监测计和保护器原理图

7.3.1 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。

在进行任何电量监测测试之前校准器件。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。设计参数 显示了在 BQSTUDIO 和 BQ40Z80 固件中可配置的所有设置。

表 7-1. 设计参数

设计参数	示例
电芯配置	6S (6 节串联) ⁽¹⁾
设计容量	6000mAh
器件化学成分	1210 (LiCoO ₂ /石墨化碳)
标准温度下的电芯过压	4300mV
电池欠压	2500mV
关断电压	2300mV
CHARGE 模式下的过流	6000mA
DISCHARGE 模式下的过流	-6000mA
CHARGE 模式下的短路	0.1V/Rsense (SRP、SRN 上)
DISCHARGE 模式下的短路	0.1V/Rsense (SRP、SRN 上)
过压保护	4500mV
电芯均衡	禁用
内部和外部温度传感器	使用外部温度传感器
欠温充电	0°C
欠温放电	0°C
BROADCAST 模式	禁用

(1) 首次使用该器件时，如果使用 1s 或 2s 电池包，则应将充电器或电源连接到 PACK+ 端子，以防止器件关断。然后在断开充电器连接之前，更新电芯配置 (请参阅 BQ40Z80 技术参考手册)。

7.3.2 详细设计过程

本应用部分使用 BQ40Z80 锂离子电池包管理器评估模块 EVM 用户指南和跳线配置，让用户评估 BQ40Z80 的许多特性。

7.3.2.1 使用带 BQSTUDIO 的 BQ40Z80EVM

BQSTUDIO 工具上安装的固件使用 BQ40Z80 默认值；BQ40Z80 技术参考手册 (SLUUBT5) 中提供了摘要。一旦系统参数已知，使用 BQSTUDIO 工具更改默认值，以在开发过程中满足具体的应用要求。系统参数选项包括用于保护的故障触发阈值、某些运行特性的启用和禁用、电芯配置以及与电芯最匹配的化学成分。

7.3.2.2 高电流路径

高电流路径从电池包的 PACK+ 端子开始。当充电电流通过电池包流出时，它会流经保护 FET、化学保险丝、锂离子电芯和电芯连接点、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。

7.3.2.2.1 保护 FET

为给定应用选择 N 沟道充电和放电 FET。对于 7 节串联电芯应用，充电 FET 额定电压必须高于最大电压，因此使用 TI CSD18504Q5A。TI CSD18504Q5A 是一款 50A、40V 器件，在栅极驱动电压为 10V 时具有 5.3mΩ 的 Rds(on)。放电 FET 可承受更高电压；使用 TI CSD18540Q5B。TI CSD18540Q5B 是一款 100A、60V 器件，在栅极驱动电压为 10V 时具有 1.8mΩ 的 Rds(on)。

如果使用预充电 FET，则需要计算 R2，以将预充电电流限制为所需的速率。请务必考虑串联电阻的功率损耗。预充电电流限制为 $(V_{\text{CHARGER}} - V_{\text{BAT}})/R2$ ，最大功率耗散为 $(V_{\text{CHARGER}} - V_{\text{BAT}})^2/R2$ 。

所有保护 FET 的栅极均由栅极和源极之间的高阻值电阻拉至源极，以确保在栅极驱动开路时将 FET 关断。

电容器 C1 和 C2 有助于在 ESD 事件期间保护 FET。使用两个器件可实现在其中一个器件短路时正常运行。设计电容器引线的覆铜迹线电感时应尽可能短而宽，以实现良好的 ESD 保护。保证 C1 和 C2 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。

7.3.2.2.2 化学保险丝

化学保险丝 (Dexerials、Uchihashi 等) 在 bq771800 次级电压保护 IC 或电量监测计 FUSE 引脚的指令下点燃。其中任一点燃事件都会给 Q9 的栅极施加正电压，然后从保险丝的第三个端子灌入电流，使保险丝点燃并永久断开。

请务必仔细检查保险丝规格，并将所需的点火电流与 N 沟道 FET 提供的电流进行匹配。确保对该器件使用适当的电压、电流和 Rds(on) 额定值。节 7.3.2.3.5 中详细讨论了保险丝控制电路。

7.3.2.2.3 锂离子电芯连接

关于电芯连接，一定要记住的一点是，高电流会流经顶部和底部连接点；因此，这些位置的电压检测引线必须采用开尔文连接，避免由于高电流铜布线上的压降导致任何误差。标记为 6P 的位置表示直接测量的最正极电池节点的开尔文连接。当电量监测计测量底部电芯电压时，需要在 1N 与低电流接地端之间进行单点连接，以避免长布线产生不必要的压降。

7.3.2.2.4 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。选择检测电阻的值，使其与 BQ40Z80 可用的过流和短路范围相对应。选择尽可能小的值，以便更大幅度地减小短路期间 BQ40Z80 V_{SS} 节点上产生的负电压。该引脚的绝对最小值为 -0.3V。只要保持良好的开尔文检测，就可以使用并联电阻。该器件旨在支持 1mΩ 转 3mΩ 感应电阻器，并使用 1mΩ 感应电阻器 (显示为 R52)。使用 1mΩ 时，短路事件期间的大电流会导致检测电阻上的电压超过引脚的绝对最大值。因此，如原理图中所示，需要放置 100Ω 串联电阻 R47 和 R48。

7.3.2.2.5 降低 ESD

在 PACK+ 和 PACK- 端子之间放置一对串联 0.1μF 陶瓷电容器，可缓解外部静电放电。串联的两个器件可在其中一个电容器短路时让电池包能够继续运行。

或者，可在端子之间放置一个板上瞬态吸收器，如 SMBJ2A，以提高 ESD 抗扰度。

7.3.2.3 电量监测计电路

电量监测计电路包括 BQ40Z80 及外设元件。外设元件分为以下几组：

- 差分低通滤波器
- PBI
- 系统存在
- SMBus 通信
- 保险丝电路
- LED

7.3.2.3.1 库伦计数接口

BQ40Z80 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 100pF (C29) 滤波电容器。如果电路需要，可添加 0.1μF 滤波电容器 (C26 和 C27) 以进行额外的噪声滤波。

7.3.2.3.2 电源去耦和 PBI

BQ40Z80 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。

PBI 引脚用作电源备用输入引脚，以便在短暂的瞬态断电期间供电。标准 2.2 μ F 陶瓷电容器从 PBI 引脚接地。

7.3.2.3.3 系统存在

系统存在信号用于通知电量监测计是将电池包安装在系统中还是从系统中卸下。在主机系统中，该引脚接地。如果安装了 J5[1, 2] 跳线，则使用 BQ40Z80 的 $\overline{\text{PRES}}$ 引脚，偶尔对其进行采样以测试系统是否存在。为了省电，电量监测计每秒在 4 μ s 采样脉冲期间提供一次内部上拉。使用电阻将信号拉至低电平；电阻必须为 20k Ω 或更低，才能验证测试脉冲是否低于 VIL 限制。上拉电流源通常为 10 μ A 至 20 μ A。

由于系统存在信号是与外界连接的电池包连接器的一部分，因此必须防止其受到外部静电放电事件的影响。 $\overline{\text{PRES}}$ 器件引脚上集成的 ESD 保护功能可将外部保护要求降至 R12，以达到 8kV ESD 接触额定值。如果可能有系统存在信号短接至 PACK+ 的情况，则包括用于高压保护的 E2 火花隙。

7.3.2.3.4 SMBus 通信

SMBus 时钟和数据引脚具有集成式高压 ESD 保护电路；但是，如果添加 ESD 保护器件 TPD1E10B06D (U5 和 U6) 和串联电阻器 (R50 和 R51)，可以提供更稳健的性能。

SMBus 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），该器件会执行自动偏移校准，然后进入 SLEEP 模式以节省电量。

7.3.2.3.5 FUSE 电路

BQ40Z80 的 FUSE 引脚设计为在违反各种安全标准之一时点燃化学保险丝。FUSE 引脚还会监控次级电压保护 IC 的状态。当 Q9 栅极为高电平时，Q9 点燃化学保险丝。bq7718xx 的输出经 R22 和 R30 分压，可为 Q9 提供足够的栅极驱动，同时可在 FUSE 信号为高电平时，防止过大的反向电流进入 bq7718xx。

使用 C8 通常是一种很好的做法，尤其在 RFI 抗扰度方面。可以去除 C8，因为化学保险丝是相对较慢的器件，不受电芯连接过程中 FUSE 输出产生的任何亚微秒干扰的影响。

如果不使用 AFEFUSE 输出，则将输出连接到 VSS。

当命令 BQ40Z80 点燃化学保险丝时，FUSE 引脚激活以释放 8V 典型输出。

7.3.2.4 次级电流保护

BQ40Z80 提供次级过流和短路保护、电芯均衡、电芯电压多路复用和电压转换功能。以下内容探讨了电芯和电池输入、电池包和 FET 控制、温度输出和电芯均衡。

7.3.2.4.1 电芯和电池输入

每个电芯输入均由一个简单的 RC 滤波器进行调节，该滤波器在电芯连接期间提供 ESD 保护，并用于滤除不必要的电压瞬变。电阻值可在电芯均衡和安全保护之间进行某种权衡。

BQ40Z80 具有集成的电芯平衡 FET，而内部电芯平衡 FET 使 AFE 能够绕过某个给定电芯或多个电芯周围的电芯电流。放置在电芯连接和 VCx I/O 引脚之间的外部串联电阻用于设置均衡电流大小。内部 FET 提供 200 Ω 电阻 (2V < VDS < 4V)。建议在 100 Ω 和 1k Ω 之间连接串联输入电阻，以实现有效的电芯均衡。

在发生由短路事件引起的电压瞬态骤降时，BAT 输入使用二极管 (D6) 将输入与电芯隔离和解耦。

7.3.2.4.2 外部电芯均衡

内部电芯均衡功能最多只能支持 10mA 的电流。外部电芯均衡是实现更快电芯均衡的另一种选项。有关详细信息，请参阅 [采用外部 MOSFET 快速实现电芯均衡](#) 应用手册。

7.3.2.4.3 PACK 和 FET 控制

PACK 和 VCC 输入通过充电器为 BQ40Z80 供电。PACK 输入还提供了一种测量和检测充电器是否存在的方法。PACK 输入使用 100 Ω 电阻器。VCC 输入使用二极管来防止输入瞬变，并防止短路事件中日期驱动器误操作。

N 沟道充电和放电 FET 由 10k Ω 串联栅极电阻控制，其开关时间常数为几微秒。10M Ω 电阻可保证在 FET 驱动器断开连接时 FET 关断。Q4 用于在充电器反接时保护放电 FET (Q3)。如果没有 Q4，Q3 会被驱动到其线性区

域，并在 PACK+ 输入变为轻微负值时受到严重损坏。在这种情况下，Q4 导通，通过将 Q3 栅极与源极短接来保护 Q3。要使用简单的接地栅极电路，FET 必须具有低栅极导通阈值。如果需要使用更标准的器件，例如将 2N7002 作为参考原理图，则应使用高阻值电阻将栅极偏置至 3.3V。BQ40Z80 器件能够提供一个限流充电路径，通常用于低电池电压或低温充电。BQ40Z80 器件使用由 PCHG 控制的外部 P 沟道和预充电 FET。

7.3.2.4.4 预放电控制

一些应用具有大容量负载，需要预放电功能，缓慢为电容器充电并避免出现能够触发 OC 保护的大电流。BQ40Z80 器件可配置为使用引脚 16、17 或 20 的 PDSG 输出来驱动 N 沟道 FET Q7，以打开预放电 P 沟道 FET Q5。调整电阻器 R9 以设置预充电速率。

7.3.2.4.5 温度输出

对于 BQ40Z80 器件，最多可以配置四个热敏电阻输入。TS1、TS2、TS3 和 TS4 在程序控制下提供热敏电阻驱动。每个引脚均通过集成式 18k Ω （典型值）线性化上拉电阻启用，以支持使用 10k Ω （25°C (103)）NTC 外部热敏电阻，例如 Mitsubishi™ BN35-3H103。该参考设计包含四个 10k Ω 热敏电阻：

- RT1
- RT2
- RT3
- RT4

7.3.2.4.6 LED

多功能引脚 20、21 和 22 可配置为三个 LED 控制输出，提供恒定电流阱来驱动外部 LED。这些输出端经过配置，可为多达六个 LED 提供电压和控制。无需外部偏置电压。未使用的 LEDCNTL 引脚可保持开路或连接到 V_{SS}。如果不使用 LED 功能，请将 $\overline{\text{DISP}}$ 引脚连接到 V_{SS}。

7.3.3 应用曲线

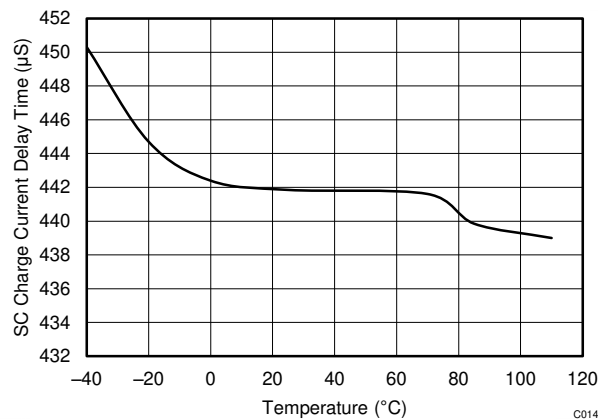


图 7-2. 短路充电电流延迟时间与温度间的关系

7.4 电源相关建议

器件根据运行条件动态管理电源电压。通常，BAT 输入是器件的主电源。将 BAT 引脚连接到电池组的正极端子。BAT 引脚的输入电压范围为 2.2V 至 32V。

VCC 引脚是辅助电源输入，在 BAT 电压降至最小 V_{CC} 以下时激活。这样激活后便可通过连接到 PACK 引脚的充电器（如有）为器件供电。将 VCC 引脚连接到 CHG 和 DSG FET 的共漏极。将充电器输入端连接到 PACK 引脚。

7.5 布局

7.5.1 布局指南

由于高电流布线和超低电流半导体器件基本不相容，因此电池电量监测计电路板是一个具有挑战性的环境。防止不必要的布线到布线耦合的妥善方法是采用元件放置，其中高电流部分位于电路板与电子器件相对的一侧。图 7-3 展示了元件放置位置。由于机械方面的限制，许多情况下无法做到这种元件放置。尽力使高电流布线远离直接进入 BQ40Z80 的信号布线。IC 基准和寄存器可能会受到干扰，在极少数情况下，会因来自高电流路径的磁耦合和电容耦合而损坏。

备注

在浪涌电流和 ESD 事件期间，高电流布线会出现电感现象，会将不必要的噪声耦合到电量监测计电子器件的敏感节点中，如图 7-4 中所示。

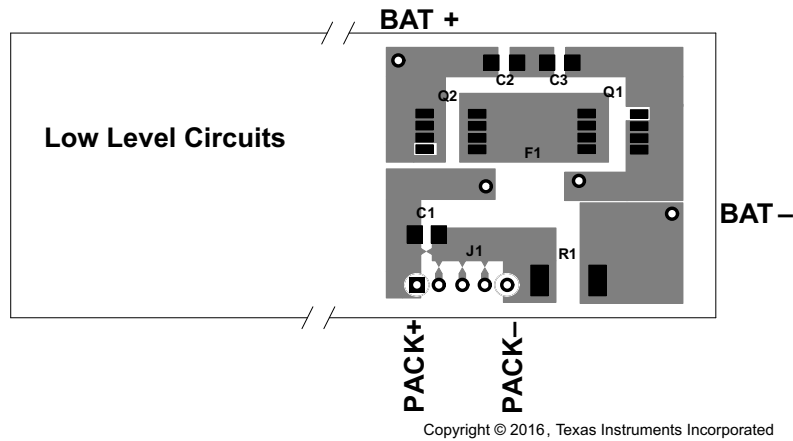


图 7-3. 分离高电流部分和低电流部分可提高抗噪能力

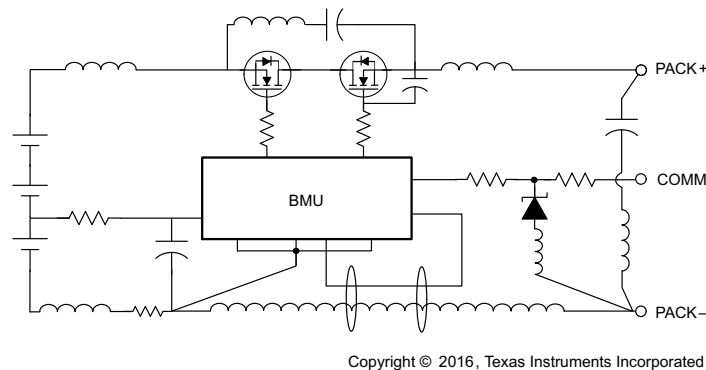


图 7-4. 避免高电流和低电平信号线之间的间距过近

开尔文电压检测对于精确测量电流以及顶部和底部电芯电压很重要。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。图 7-5 和图 7-6 展示了正确的开尔文电流检测。

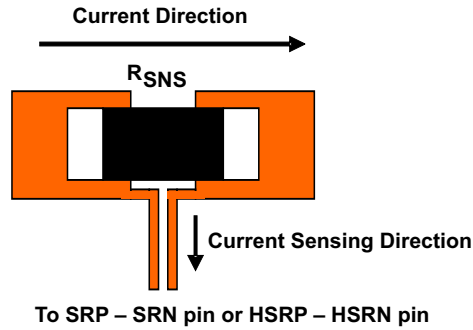


图 7-5. 检测电阻 PCB 布局

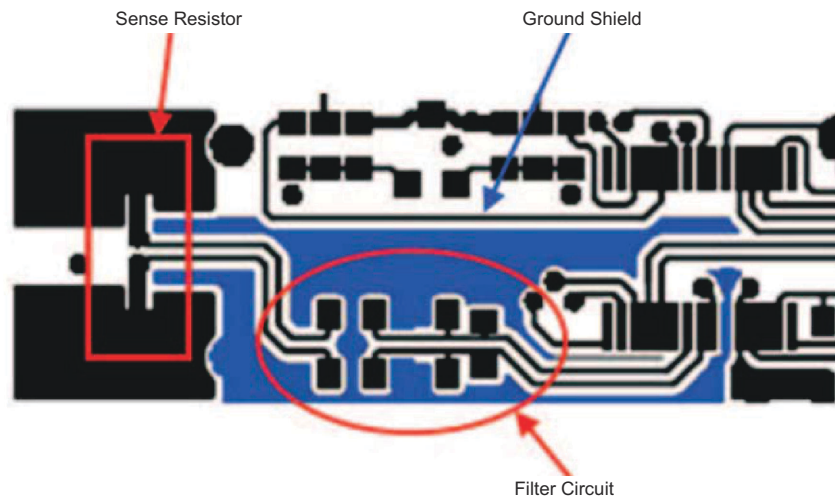


图 7-6. 检测电阻、接地屏蔽和滤波器电路布局

7.5.1.1 保护器 FET 旁路电容器和电池包端子旁路电容器

使用宽覆铜布线来降低旁路电容器电路的电感。此技术如图 7-7 中的示例布局所示。请注意，在 [BQ40Z80EVM-Rev A 原理图](#) 中，这些电容器为 C1、C2、C3 和 C4。

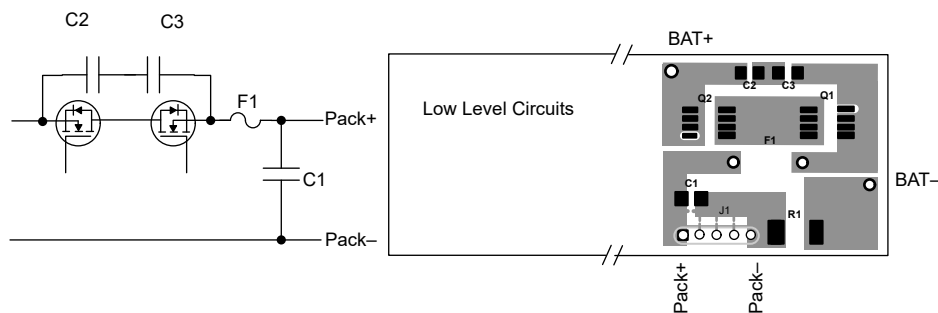


图 7-7. 宽覆铜线迹降低旁路电容器 C1、C2 和 C3 的电感

7.5.1.2 ESD 火花隙

通过连接器位置的火花隙可保护 SMBus 时钟、数据和其他通信线路免受 ESD 影响。建议使用图 7-8 中的模式，使点与点之间的间距保持为 0.2mm。

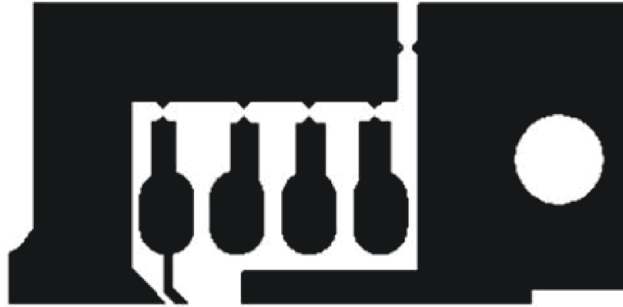


图 7-8. 建议的火花隙模式有助于保护通信线路免受 ESD 影响

7.5.2 布局示例

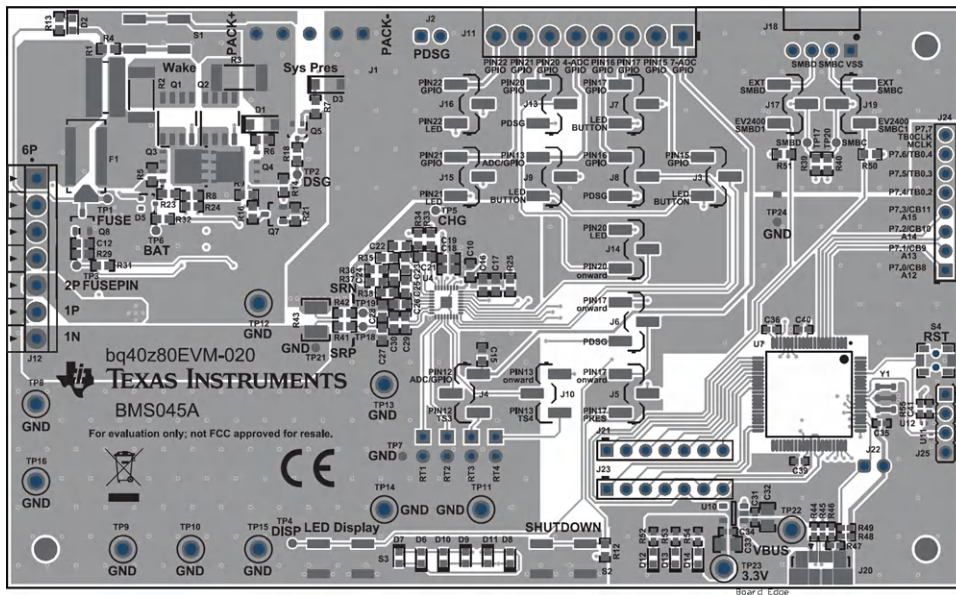


图 7-9. BQ40Z80EVM 顶层复合

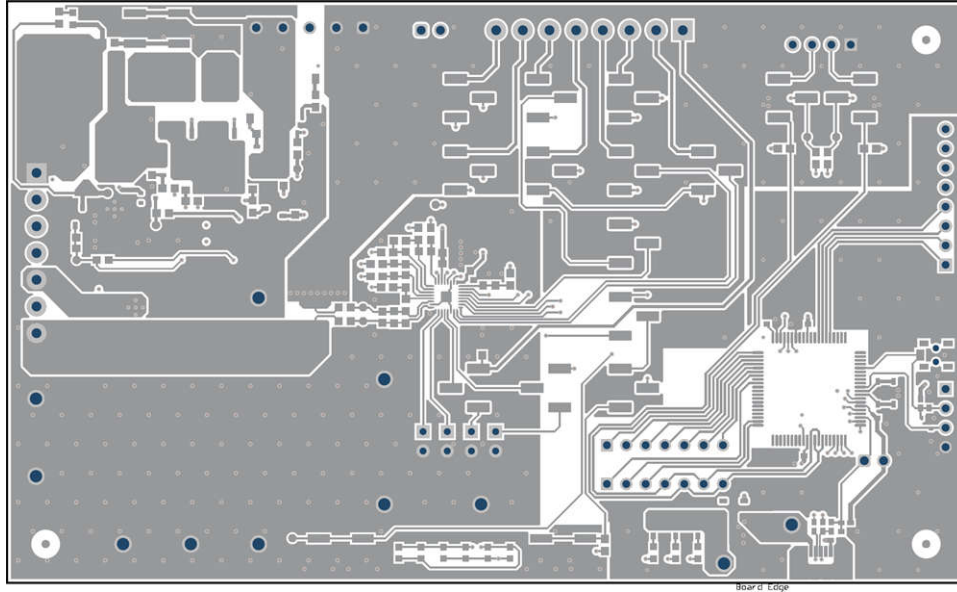


图 7-10. BQ40Z80EVM 顶层

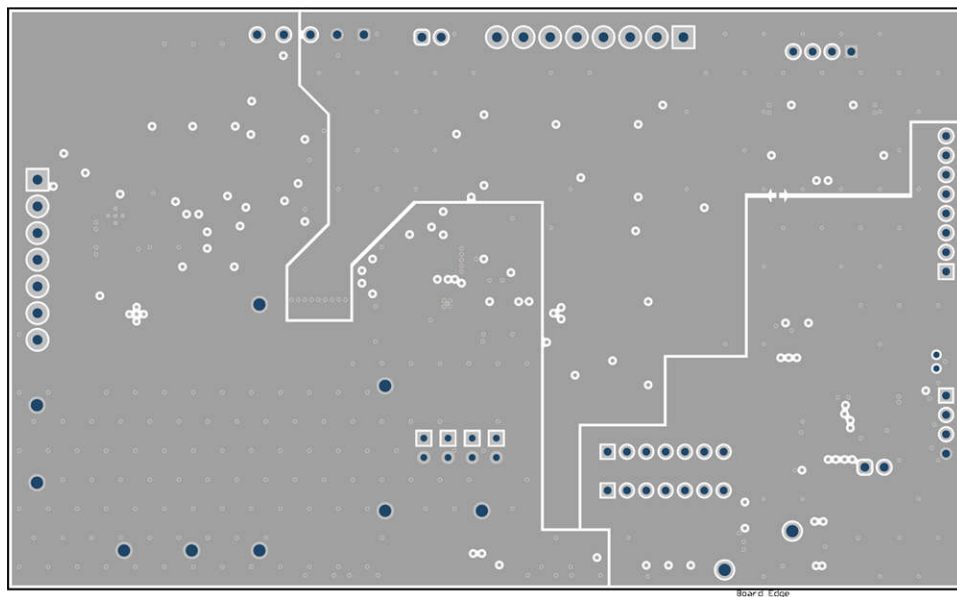


图 7-11. BQ40Z80EVM GND 层

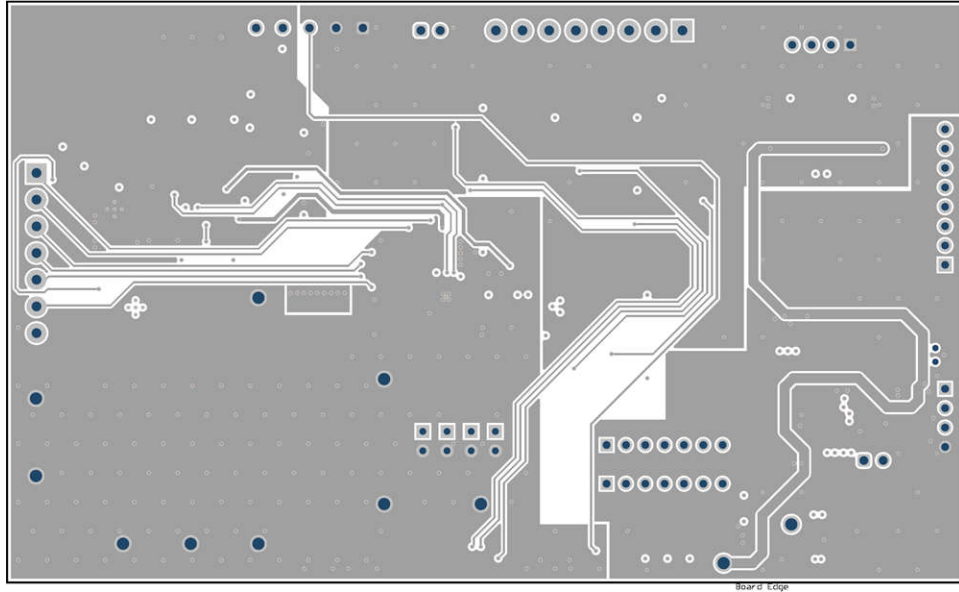


图 7-12. BQ40Z80EVM 信号层

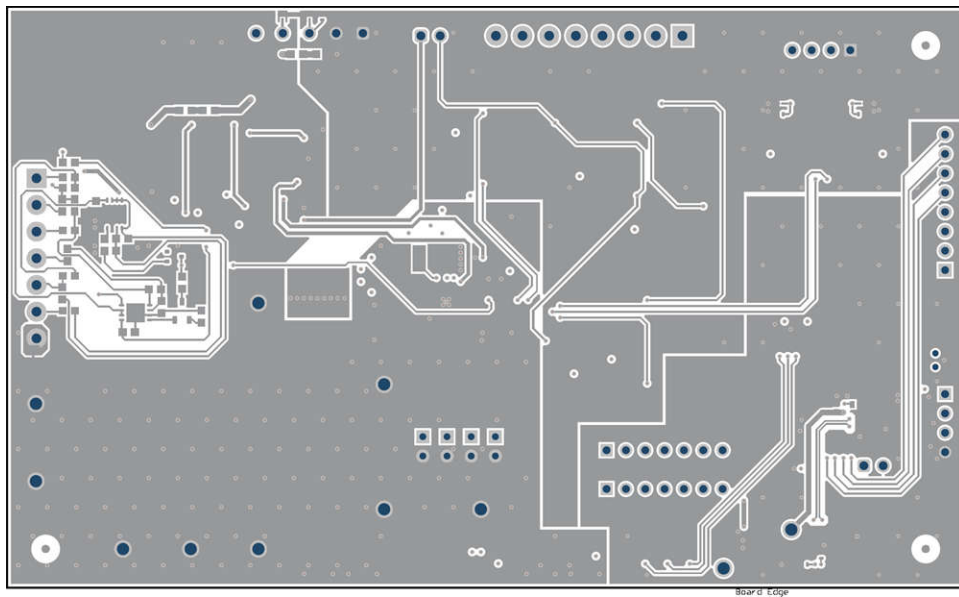


图 7-13. BQ40Z80EVM 底层

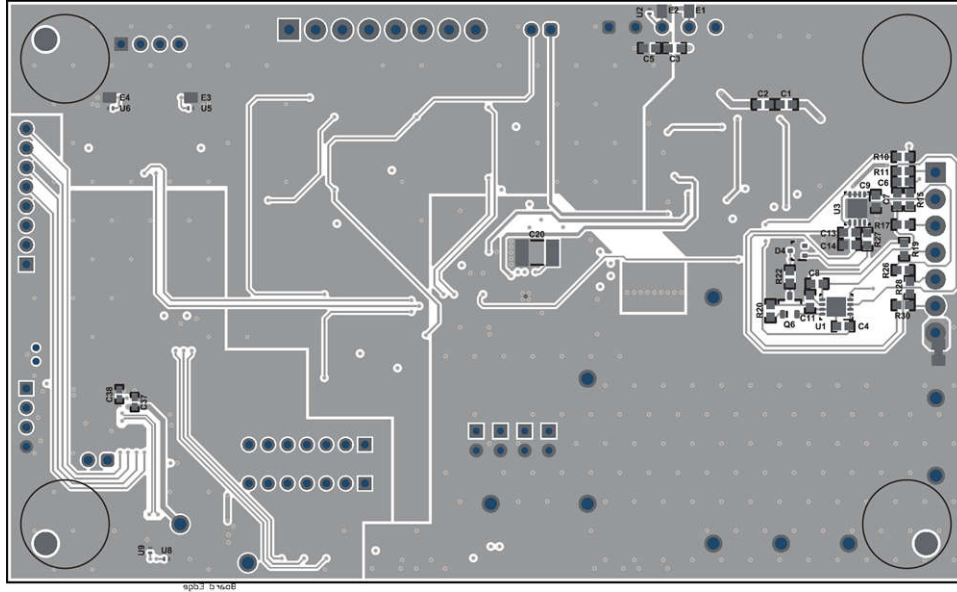


图 7-14. BQ40Z80EVM 底层复合

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

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI), [BQ40Z80 技术参考手册](#)
- 德州仪器 (TI), [BQ40Z80 的制造、生产和校准 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [BQ40Z80EVM 锂离子电池包管理器评估模块 EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [如何完成 BQ40Z80 的成功学习周期 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [TI 电量监测计身份验证密钥封装器和编程器工具 用户指南](#)

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 [提醒我](#) 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.

Mitsubishi™ is a trademark of Mitsubishi Corporation.

Intel® is a registered trademark of Intel Corporation.

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 C (June 2025) to Revision D (May 2026) Page

- 更新了图 7-1 的图像质量.....28

Changes from Revision B (September 2020) to Revision C (June 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
- 更新了文档以便反映 TI 技术写作标准.....1
- 添加了防篡改部分.....26

Changes from Revision A (June 2018) to Revision B (September 2020) Page

- 删除了数据表中的 7 节串联器件选项.....1
- 将高电压 GPIO 默认值从 7 节串联电芯选项更改为 GPIO.....10
- 删除了 7 节串联电芯选项和 BQ40Z80 多功能引脚组合.....23
- 更改了 6 节串联 EVM 原理图的 7 节串联 EVM 原理图.....28
- 更新了布局示例.....35

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。

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