

# BQ24138 具有 NVDC 电源路径管理和 USB OTG 升压输出的 I<sup>2</sup>C 控制型、单节电池 5A 充电器

## 1 特性

- 适用于单节电池的高效 5A、1.5MHz 同步开关模式降压充电器
  - 输入电压为 5V 时，输出电流低至 10mA，效率大于 90%
  - 充电电流高达 5A，阶跃为 80mA
  - 充电终止范围为 60 至 1000mA，阶跃为 10mA
  - 灵活的 JEITA 曲线，可在过热条件下实现安全充电
- BATFET 控制，支持关断和完全系统复位
  - 纯电池模式下静态电流 4  $\mu$ A
  - 超低功耗模式下的 1.5  $\mu$ A 静态电流
  - 关断模式下电池漏电流为 0.1  $\mu$ A
- 支持 USB On-The-Go (OTG)
  - 升压模式运行，输出为 3.84V 至 7.52V
  - 可编程电流限制高达 3.2A
- 支持多种输入源
  - 3.9V 至 14V 宽输入工作电压范围，绝对最大输入电压为 22V
  - VINDPM 阈值自动跟踪电池电压
  - 输入电流优化器 (ICO)，无需过载适配器即可更大幅度地提高输入功率
- 使用 7m $\Omega$  BATFET 实现高效电池运行
- 窄 VDC (NVDC) 电源路径管理
  - 系统在电池耗尽或无电池的情况下可瞬时启动
  - 适配器满载时，电池可为系统补充电量
- 灵活的自主或 I<sup>2</sup>C 控制模式
- 用于电压、电流和温度监控的集成 12 位 ADC
- 高精度
  - 充电电压调节范围为  $\pm 0.5\%$
  - 充电电流调节范围为  $\pm 5\%$
  - 输入电流调节范围为  $\pm 5\%$
- 安全
  - 电池温度检测
  - 热调节和热关断
  - 电池/转换器过流保护
  - 充电安全计时器

## 2 应用

- 游戏和计算机配件
- 智能手机、平板电脑
- IP 摄像机、EPOS
- 便携式医疗设备
- 消费类可穿戴设备、智能手表
- 便携式扬声器、TWS 耳机

## 3 说明

BQ24138 是一款适用于单节锂离子电池和锂聚合物电池的高度集成型 5A 开关模式电池充电管理和系统电源路径管理器件。该设计在系统和电池之间高度集成了内置电流检测、环路补偿、输入反向阻断 FET (RBFET, Q1)、高侧开关 FET (HSFET, Q2)、低侧开关 FET (LSFET, Q3) 以及电池 FET (BATFET, Q4)。该器件使用 NVDC 电源路径管理，将系统电压调节至稍高于电池电压的水平，但是不会下降至低于可配置的最小系统电压。低阻抗电源路径提高了开关模式的工作效率、缩短了电池充电时间，延长了放电阶段的电池寿命。具有充电和系统设置的 I<sup>2</sup>C 串行接口使得 BQ24138 成为一种真正灵活的设计。

### 封装信息

器件型号	封装 <sup>(1)</sup>	封装尺寸 <sup>(2)</sup>
BQ24138	YBG (DSBGA 30)	2.0mm × 2.4mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。

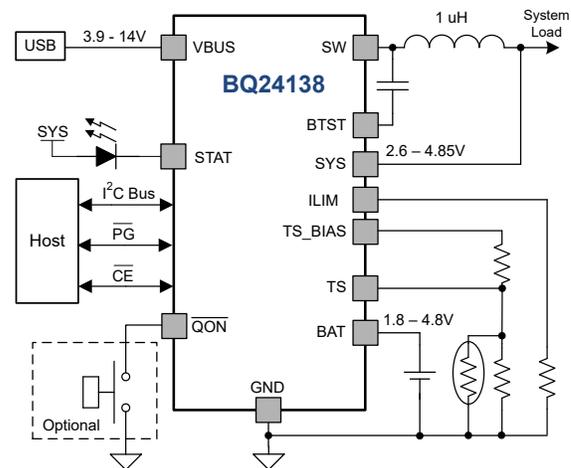


图 3-1. BQ24138 简化版应用



## 内容

<b>1 特性</b> .....	<b>1</b>	<b>7 寄存器映射</b> .....	<b>34</b>
<b>2 应用</b> .....	<b>1</b>	7.1 BQ24138 寄存器.....	34
<b>3 说明</b> .....	<b>1</b>	<b>8 应用和实施</b> .....	<b>62</b>
<b>4 引脚配置和功能</b> .....	<b>3</b>	8.1 应用信息.....	62
<b>5 规格</b> .....	<b>5</b>	8.2 典型应用.....	62
5.1 绝对最大额定值.....	5	8.3 电源相关建议.....	67
5.2 ESD 等级.....	5	8.4 布局.....	67
5.3 建议运行条件.....	5	<b>9 器件和文档支持</b> .....	<b>69</b>
5.4 热性能信息.....	6	9.1 器件支持.....	69
5.5 电气特性.....	6	9.2 文档支持.....	69
5.6 时序要求.....	12	9.3 接收文档更新通知.....	69
<b>6 详细说明</b> .....	<b>14</b>	9.4 支持资源.....	69
6.1 概述.....	14	9.5 商标.....	69
6.2 功能方框图.....	15	9.6 静电放电警告.....	69
6.3 特性说明.....	16	9.7 术语表.....	69
6.4 器件功能模式.....	30	<b>10 修订历史记录</b> .....	<b>69</b>
6.5 编程.....	31	<b>11 机械、封装和可订购信息</b> .....	<b>70</b>

## 4 引脚配置和功能

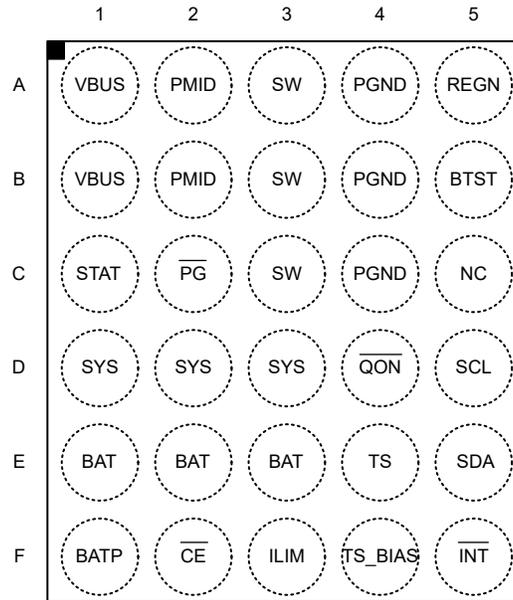


图 4-1. BQ24138 引脚排列、30 焊球 YBG DSBGA 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型 <sup>(1)</sup>	说明
名称	编号		
NC	C5	不适用	无连接。保持该引脚悬空
BAT	E1	P	电池组连接的正极端子 - 内部 BATFET 连接在 SYS 和 BAT 之间。将一个 10μF 陶瓷电容器尽可能靠近该 BAT 引脚和 GND 连接。
	E2		
	E3		
BATP	F1	AI	正极电池电压检测 - 开尔文连接到电池正极端子。在引脚和电池正极端子之间串联 100 Ω 电阻。
BTST	B5	P	PWM 高压侧驱动器电源 - 在内部，BTST 连接到自举二极管的阴极。在 SW 和 BTST 之间连接 0.047μF 自举电容器。
CE	F2	DI	低电平有效充电使能引脚 - 当 EN_CHG 位为 1 且 CE 引脚为低电平时，会启用电池充电。必须将 CE 引脚拉至高电平或低电平，不要保持悬空。
TS_BIAS	F4	AO	TS 电阻分压器的偏置 - 为 TS 电阻分压器提供偏置电压。
ILIM	F3	AI	输入电流限制设置输入引脚 - ILIM 引脚将输入电流限制设置为 IINREG = KILIM / RILIM，其中 RILIM 连接在 ILIM 引脚到 GND 之间。输入电流被限制在 ILIM 引脚和 IINDPM 寄存器位设置的两个值中的较低值。ILIM 引脚还可用于监测输入电流。输入电流与 ILIM 引脚上的电压成正比，可通过以下公式计算得出：IIN = (KILIM × VILIM) / (RILIM × 0.8V)。当 EN_EXTILIM 位设置为 0 时，ILIM 引脚功能会被禁用。
INT	F5	DO	开漏低电平有效中断输出 - 通过 10kΩ 电阻器将 INT 连接到逻辑轨。INT 引脚向主机发送一个低电平有效的 256 μs 脉冲，以报告充电器器件状态和故障。
PG	C2	DO	开漏低电平有效电源正常状态指示器 - 通过 2.2kΩ 电阻器连接到上拉电源轨。低电平表示的有效输入源
PGND	A4	P	接地回路
	B4		
	C4		
PMID	A2	P	阻断 MOSFET 连接 - 鉴于总输入电容，请将 1μF 放置在 VBUS 上，将其余部分放置在 PMID 上，尽可能靠近 IC。典型值：10μF 和 0.1μF 陶瓷电容器并联。
	B2		

表 4-1. 引脚功能 (续)

引脚		类型 <sup>(1)</sup>	说明
名称	编号		
QON	D4	DI	<b>BATFET 使能或系统电源复位控制输入</b> - 如果充电器处于超低功率模式, 则该引脚上具有 $t_{SM\_EXIT}$ 持续时间的逻辑低电平将强制器件退出运输模式。如果充电器未处于超低功率模式, 则当 $V_{VBUS} < V_{VBUS\_UVLO}$ 或 $BATFET\_CTRL\_WVBUS = 1$ 时, 该引脚上具有 $t_{QON\_RST}$ 持续时间的逻辑低电平将启动完全系统电源复位。 $\overline{QON}$ 在关断模式下无效。该引脚有一个内部上拉电阻器用于保持默认的高电平逻辑。
REGN	A5	P	<b>内部线性稳压器输出</b> - REGN 在内部连接到自举二极管的阳极。在 REGN 与电源地之间连接一个 10V 或更高额定值的 4.7 $\mu$ F 陶瓷电容器。电容器必须靠近 IC 放置。REGN LDO 输出用于 TS 引脚电阻分压器的内部 MOSFET 栅极驱动电压和偏置。
SCL	D5	DI	<b>I<sup>2</sup>C 接口时钟</b> - 通过 10k $\Omega$ 电阻器将 SCL 连接到逻辑轨。
SDA	E5	DIO	<b>I<sup>2</sup>C 接口数据</b> - 通过 10k $\Omega$ 电阻器将 SDA 连接到逻辑轨。
STAT	C1	DO	<b>开漏充电状态输出</b> - 表示各种充电器操作。通过 2.2k $\Omega$ 电阻器连接到上拉电源轨。低电平表示正在充电。高电平表示充电完成或充电被禁用。当发生任何故障情况时, STAT 引脚以 1Hz 的频率闪烁。设置 $DIS\_STAT = 1$ 会禁用 STAT 引脚功能, 从而导致该引脚被拉至高电平。如果未使用, 则保持悬空。
SW	A3	P	<b>连接到输出电感器的开关节点</b> - SW 在内部连接到 N 沟道 HSFET 的源极和 N 沟道 LSFET 的漏极。在 SW 和 BTST 之间连接 47nF 自举电容器。
	B3		
	C3		
SYS	D1	P	<b>连接到系统的充电器输出电压</b> - 连接到系统的降压转换器输出连接点。内部 BATFET 连接在 SYS 和 BAT 之间。将 20 $\mu$ F 紧靠 SYS 引脚连接。
	D2		
	D3		
TS	E4	AI	<b>温度鉴定电压输入</b> - 连接负温度系数热敏电阻。使用电阻分压器将温度窗口从 TS 引脚偏置基准编程到 TS, 然后到 GND。当 TS 引脚电压超出范围时, 充电暂停。建议使用 103AT-2 10k $\Omega$ 热敏电阻。
VBUS	A1	P	<b>充电器输入电压</b> - 内部 N 沟道反向阻断 MOSFET (RBFET) 连接在 VBUS 和 PMID 之间, 确保 VBUS 位于源极上。在 VBUS 和 GND 之间放置一个 1 $\mu$ F 陶瓷电容器, 使其尽可能靠近 IC。
	B1		

(1) AI = 模拟输入, AO = 模拟输出, AIO = 模拟输入/输出, DI = 数字输入, DO = 数字输出, DIO = 数字输入/输出, P = 电源

## 5 规格

### 5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) <sup>(1)</sup>

		最小值	最大值	单位
电压范围 (相对于 GND)	VBUS (转换器不进行开关)	-2	22	V
	PMID (转换器不进行开关)	-0.3	22	V
	BAT、SYS (转换器不进行开关)	-0.3	6	V
	SW	-2 (50 ns)	21	V
	BATP、 $\overline{CE}$ 、 $\overline{ILIM}$ 、 $\overline{INT}$ 、 $\overline{PG}$ 、 $\overline{QON}$ 、REGN、SCL、SDA、STAT、TS、TS_BIAS、NC	-0.3	6	V
差分电压	BTST-SW	-0.3	6	V
	PMID-VBUS	-0.3	6	V
	SYS-BAT	-0.3	6	V
输出灌电流	$\overline{INT}$ 、STAT、 $\overline{PG}$		6	mA
T <sub>J</sub>	结温	-40	150	°C
T <sub>stg</sub>	贮存温度	-55	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。

### 5.2 ESD 等级

			值	单位
V <sub>(ESD)</sub>	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准, 所有引脚 <sup>(1)</sup>	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22C101, 所有引脚 <sup>(2)</sup>	±250	

(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

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
V <sub>VBUS</sub>	输入电压	3.9		14	V
V <sub>BAT</sub>	电池电压			4.8	V
I <sub>VBUS</sub>	输入电流			3.2	A
I <sub>SW</sub>	输出电流 (SW)			5.0	A
I <sub>BAT</sub>	快速充电电流			5.0	A
	RMS 放电电流 (持续)			7	A
	峰值放电电流 (最高 50ms)			9	A
I <sub>REGN</sub>	最大 REGN 电流, V <sub>VBUS</sub> ≤ 18V			20	mA
I <sub>REGN</sub>	最大 REGN 电流, 18V ≤ V <sub>VBUS</sub> ≤ 28V			8.5	mA
T <sub>A</sub>	环境温度	-40		85	°C
T <sub>J</sub>	结温	-40		125	°C
L <sub>SW</sub>	开关稳压器的电感器	0.68		2.2	μH
C <sub>VBUS</sub>	VBUS 电容器 (未降额)	1			μF
C <sub>PMID</sub>	PMID 电容器 (未降额)	10			μF
C <sub>SYS</sub>	SYS 电容器 (无降额)	20			μF

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
C <sub>BAT</sub>	BAT 电容器（未降额）	10			μF

## 5.4 热性能信息

热指标 <sup>(1)</sup>		BQ24138			
		YBG (DSBGA)			
		30 引脚			
				单位	
R <sub>θJA</sub>	结至环境热阻	60			°C/W
R <sub>θJC(top)</sub>	结至外壳（顶部）热阻	0.3			°C/W
R <sub>θJB</sub>	结至电路板热阻	12.4			°C/W
Ψ <sub>JT</sub>	结至顶部特征参数	0.2			°C/W
Ψ <sub>JB</sub>	结至电路板特征参数	12.4			°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

典型值在 V<sub>VBUS\_UVLOZ</sub> < V<sub>VBUS</sub> < V<sub>VBUS\_OVP</sub>、T<sub>J</sub> = -40°C 至 +125°C 以及 T<sub>J</sub> = 25°C 条件下测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>静态电流</b>						
I <sub>Q_BAT</sub>	当充电器处于纯电池模式、BATFET 启用、ADC 禁用时的静态电池电流（BAT、SYS、SW）	VBAT = 4V，无 VBUS，BATFET 启用，I2C 启用，ADC 禁用，系统由电池供电。-40°C < T <sub>J</sub> < 60°C		4		μA
I <sub>Q_BAT_ADC</sub>	当充电器处于纯电池模式、BATFET 启用、ADC 启用时的静态电池电流（BAT、SYS、SW）	VBAT = 4V，无 VBUS，BATFET 启用，I2C 启用，ADC 启用，系统由电池供电。-40°C < T <sub>J</sub> < 60°C		260		μA
I <sub>Q_BAT_SD</sub>	充电器处于关断模式、BATFET 禁用、ADC 禁用时的静态电池电流（BAT）	VBAT = 4V，无 VBUS，BATFET 禁用，I2C 禁用，处于关断模式，ADC 禁用，T <sub>J</sub> < 60°C		100	200	nA
I <sub>Q_BAT_ULPM</sub>	充电器处于超低功耗模式、BATFET 禁用、ADC 禁用时的静态电池电流（BAT）	VBAT = 4V，无 VBUS，BATFET 禁用，I2C 启用，处于超低功耗模式，ADC 禁用，T <sub>J</sub> < 60°C		1.5		μA
I <sub>Q_VBUS</sub>	静态输入电流（VBUS）	VBUS = 5V，VBAT = 4V，充电禁用，转换器开关，ISYS = 0A，PFM 启用		450		μA
I <sub>SD_VBUS</sub>	静态输入电流（VBUS），以 HIZ 为单位	VBUS = 5V，VBAT = 4V，高阻态模式，ADC 禁用		5	20	μA
		VBUS = 15V，VBAT = 4V，高阻态模式，ADC 禁用		20	35	μA
I <sub>Q_OTG</sub>	升压 OTG 模式下的静态电池电流（BAT、SYS、SW）	VBAT = 4V，VBUS = 5V，OTG 模式启用，转换器开关，PFM 启用，I <sub>VBUS</sub> = 0A		220		μA
<b>VBUS/VBAT 电源</b>						
V <sub>VBUS_OP</sub>	VBUS 工作范围		3.9		14	V
V <sub>VBUS_UVLO</sub>	VBUS 下降以关闭 I2C，无电池	VBUS 下降	3.0	3.15	3.3	V
V <sub>VBUS_UVLOZ</sub>	VBUS 上升用于有源 I2C，无电池	VBUS 上升	3.2	3.35	3.5	V
V <sub>VBUS_OVP</sub>	VBUS 过压上升阈值	VBUS 上升，VBUS_OVP = 0	6.1	6.5	6.7	V
		VBUS 上升，VBUS_OVP = 1	18.2	18.5	18.8	V
V <sub>VBUS_OVPZ</sub>	VBUS 过压下降阈值	VBUS 下降，VBUS_OVP = 0	5.8	6.0	6.2	V
		VBUS 下降，VBUS_OVP = 1	17.6	17.8	18.3	V

典型值在  $V_{VBUS\_UVLOZ} < V_{VBUS} < V_{VBUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{SLEEP}$	睡眠模式下降阈值	(VBUS - VBAT), VBUS 下降	9	45	85	mV
$V_{SLEEPZ}$	睡眠模式上升阈值	(VBUS - VBAT), VBUS 上升	115	220	340	mV
$V_{BAT\_UVLOZ}$	用于有源 I2C 的电池电压, 打开 BATFET, 无 VBUS	VBAT 上升	2.3	2.4	2.5	V
$V_{BAT\_UVLO}$	BAT 电压关闭 I2C, 关闭 BATFET, 无 VBUS	VBAT 下降, VBAT_UVLO = 0	2.1	2.2	2.3	V
		VBAT 下降, VBAT_UVLO = 1	1.7	1.8	1.9	V
$V_{BAT\_OTG}$	启用 OTG 模式的电池电压上升阈值	VBAT 上升, VBAT_OTG_MIN = 0	2.9	3.0	3.1	V
		VBAT 上升, VBAT_OTG_MIN = 1	2.5	2.6	2.7	V
$V_{BAT\_OTGZ}$	禁用 OTG 模式的电池电压下降阈值	VBAT 下降, VBAT_OTG_MIN = 0	2.7	2.8	2.9	V
		VBAT 下降, VBAT_OTG_MIN = 1	2.3	2.4	2.5	V
$V_{POORSRC}$	适配器不良检测阈值	VBUS 下降	3.6	3.7	3.75	V
$I_{POORSRC}$	适配器不良检测电流源			10		mA
<b>电源路径管理</b>						
$V_{SYS\_REG\_ACC}$	典型系统电压调节	ISYS = 0A, VBAT > VSYSTEMIN, 禁用充电。失调电压高于 VBAT		50		mV
		ISYS = 0A, VBAT < VSYSTEMIN, 禁用充电。失调电压高于 VSYSTEMIN		230		mV
$V_{SYSTEMIN\_RNG}$	VSYSTEMIN 寄存器范围		2.56		3.84	V
$V_{SYSTEMIN\_REG\_STEP}$	VSYSTEMIN 寄存器步长量			80		mV
$V_{SYSTEMIN\_REG\_ACC}$	最小直流系统电压输出	ISYS = 0A, VBAT < VSYSTEMIN = B00h (3.52V), 禁用充电	3.52	3.75		V
$V_{SYS\_SHORT}$	用于进入强制 PFM 的 VSYS 短路电压下降阈值			0.9		V
$V_{SYS\_SHORTZ}$	用于退出强制 PFM 的 VSYS 短路电压上升阈值			1.1		V
<b>电池充电器</b>						
$V_{REG\_RANGE}$	典型充电电压调节范围		3.50		4.80	V
$V_{REG\_STEP}$	典型充电电压步长			10		mV
$V_{REG\_ACC}$	充电电压精度	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-0.3		0.3	%
		$T_J = 0^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$	-0.5		0.5	%
$I_{CHG\_RANGE}$	典型充电电流调节范围		0.08		5.04	A
$I_{CHG\_STEP}$	典型充电电流调节步长			80		mA
$I_{CHG\_ACC}$	典型充电电流精度	VBAT = 3.1V 或 3.8V, ICHG = 1760mA	-5		5	%
		VBAT = 3.1V 或 3.8V, ICHG = 1040mA	-6		6	%
		VBAT = 3.1V 或 3.8V, ICHG = 480mA	-10		10	%
$I_{PRECHG\_RANGE}$	典型预充电电流范围		40		1000	mA
$I_{PRECHG\_STEP}$	典型预充电电流步长			20		mA
$I_{PRECHG\_ACC}$	VBAT 低于 VSYSTEMIN 设置时的预充电电流精度	VBAT = 2.5V, IPRECHG = 480mA	-10		10	%
		VBAT = 2.5V, IPRECHG = 200mA	-10		10	%
		VBAT = 2.5V, IPRECHG = 100mA	-30		30	%
		VBAT = 2.5V, IPRECHG = 40mA	-70		70	%
$I_{TERM\_RANGE}$	典型终止电流范围		60		1000	mA
$I_{TERM\_STEP}$	典型终止电流阶跃			10		mA
$I_{TERM\_ACC}$	终止电流精度	ITERM = 100mA	-15		15	%
		ITERM = 200mA	-10		10	%

典型值在  $V_{BUS\_UVLOZ} < V_{BUS} < V_{BUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BAT\_SHORTZ}$	开始预充电的电池短路电压上升阈值	VBAT 上升		2.25		V
$V_{BAT\_SHORT}$	停止预充电的电池短路电压下降阈值	VBAT 下降, $VBAT\_UVLO=0$		2.05		V
$V_{BAT\_SHORT}$	停止预充电的电池短路电压下降阈值	VBAT 下降, $VBAT\_UVLO=1$		1.85		V
$I_{BAT\_SHORT}$	电池短路涓流充电电流	$VBAT < V_{BAT\_SHORTZ}$ , $ITRICKLE = 0$	6	20	34	mA
		$VBAT < V_{BAT\_SHORTZ}$ , $ITRICKLE = 1$	64	80	102	mA
$V_{BAT\_LOWV}$	开始快速充电的电池 LOW 上升电压阈值	$BATLOWV = 3.0V$	2.9	3.0	3.1	V
	开始快速充电的电池 LOW 下降电压阈值	$BATLOWV = 3.0V$	2.7	2.8	2.9	V
$V_{RECHG}$	电池充电阈值低于 $V_{REG}$	VBAT 下降, $VRECHG = 0$		100		mV
		VBAT 下降, $VRECHG = 1$		200		mV
$I_{PMID\_LOAD}$	PMID 放电负载电流		20			mA
$I_{BAT\_LOAD}$	电池放电负载电流		20			mA
$I_{SYS\_LOAD}$	系统放电负载电流		20			mA
<b>BATFET</b>						
$V_{SUPPZ}$	退出补充模式的 $SYS < BAT$ 阈值			5		mV
$R_{BATFET}$	从 $SYS$ 到 $BAT$ 的 MOSFET 导通电阻			7	12	m $\Omega$
<b>电池保护</b>						
$V_{BAT\_OVP}$	电池过压上升阈值	占 $V_{REG}$ 的百分比	103	104	105	%
$V_{BAT\_OVZ}$	电池过压下降阈值	占 $V_{REG}$ 的百分比	101	102	103	%
$I_{BATFET\_OCP}$	<b>BATFET</b> 过流上升阈值		7			A
$I_{BAT\_PK}$	电池放电峰值电流上升阈值	$IBAT\_PK = 01$	6			A
		$IBAT\_PK = 10$	9			A
<b>输入电压/电流调节</b>						
$V_{INDPM\_RANGE}$	典型输入电压调节范围		3.8		13	V
$V_{INDPM\_STEP}$	典型输入电压调节步长			40		mV
$V_{INDPM\_ACC}$	输入电压调节精度	$VINDPM=4.6V$	-3		3	%
		$VINDPM=8V$	-3		3	%
$V_{INDPM\_BAT\_TRACK}$	电池跟踪 $VINDPM$ 精度	$VBAT = 3.9V$ , $VINDPM\_BAT\_TRACK=1$ , $VINDPM = 4V$	4.1	4.25	4.4	V
$I_{INDPM\_RANGE}$	典型输入电流调节范围		0.1		3.2	A
$I_{INDPM\_STEP}$	典型输入电流调节步长			20		mA
$I_{INDPM\_ACC}$	输入电流调节精度	$IINDPM = 500mA$ , $VBUS=5V$	450	475	500	mA
		$IINDPM = 900mA$ , $VBUS=5V$	750	825	900	mA
		$IINDPM = 1500mA$ , $VBUS=5V$	1350	1425	1500	mA
$K_{ILIM}$	$ILIM$ 引脚比例因子, $IINREG = K_{ILIM}/R_{ILIM}$	$INREG = 1.5A$	3000	3333	3666	A $\Omega$
<b>热调节和热关断</b>						
$T_{REG}$	结温调节精度	$TREG = 1$		120		$^{\circ}\text{C}$
		$TREG = 0$		60		$^{\circ}\text{C}$
$T_{SHUT}$	热关断上升阈值	温度升高		150		$^{\circ}\text{C}$
$T_{SHUT\_HYS}$	热关断下降迟滞	温度下降了 $T_{SHUT\_HYS}$		30		$^{\circ}\text{C}$

典型值在  $V_{BUS\_UVLOZ} < V_{BUS} < V_{BUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>热敏电阻比较器 (充电模式)</b>						
$V_{TS\_COLD}$	TH1 比较器从 TS_COOL 转换到 TS_COLD 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $-5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH1 = 0	74.75	75.25	75.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $0^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH1 = 1	72.75	73.25	73.75	%
$V_{TS\_COLDZ}$	TH1 比较器从 TS_COLD 转换到 TS_COOL 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $-2.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH1 = 0	73.75	74.25	74.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $2.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH1 = 1	71.75	72.25	72.75	%
$V_{TS\_COOL}$	TH2 比较器从 TS_PRECOOL 转换到 TS_COOL 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 0	70.25	70.75	71.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $7.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 1	69.25	69.75	70.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $10^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 2	67.75	68.25	68.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $13.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 3	65.75	66.25	66.75	%
$V_{TS\_COOLZ}$	TH2 比较器从 TS_COOL 转换到 TS_PRECOOL 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $7.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 0	69.25	69.75	70.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $10^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 1	67.75	68.25	68.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $13.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 2	65.75	66.25	66.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $15^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH2 = 3	64.75	65.25	65.75	%
$V_{TS\_PRECOOL}$	TH3 比较器从 TS_NORMAL 转换到 TS_PRECOOL 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $15^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 0	64.75	65.25	65.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $17^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 1	63.75	64.25	64.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $20^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 2	61.75	62.25	62.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $22.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 3	60.25	60.75	61.25	%
$V_{TS\_PRECOOLZ}$	TH3 比较器从 TS_PRECOOL 转换到 TS_NORMAL 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $17^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 0	63.75	64.25	64.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $20^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 1	61.75	62.25	62.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $22.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 2	60.25	60.75	61.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $25^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH3 = 3	58.5	59.00	59.5	%
$V_{TS\_PREWARM}$	TH4 比较器从 TS_NORMAL 转换到 TS_PREWARM 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $32.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH4 = 0	53.25	53.75	54.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $35^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH4 = 1	51.50	52.00	52.50	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $37.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH4 = 2	50.00	50.50	51.00	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $40^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_TH4 = 3	47.75	48.25	48.75	%

典型值在  $V_{VBUS\_UVLOZ} < V_{VBUS} < V_{VBUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{TS\_PREWARMZ}$	TH4 比较器从 TS_PREWARM 转换到 TS_NORMAL 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (30°C, 带 103AT), TS_TH4 = 0	55.00	55.50	56.00	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (32.5°C, 带 103AT), TS_TH4 = 1	53.25	53.75	54.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (35°C, 带 103AT), TS_TH4 = 2	51.50	52.00	52.50	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (37.5°C, 带 103AT), TS_TH4 = 3	50.00	50.50	51.00	%
$V_{TS\_WARM}$	TH5 比较器从 TS_PREWARM 转换到 TS_WARM 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (42.5°C, 带 103AT), TS_TH5 = 0	46.25	46.75	47.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (45°C, 带 103AT), TS_TH5 = 1	44.25	44.75	45.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (47.5°C, 带 103AT), TS_TH5 = 2	42.50	43.00	43.50	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (50°C, 带 103AT), TS_TH5 = 3	40.75	41.25	41.75	%
$V_{TS\_WARMZ}$	TH5 比较器从 TS_WARM 转换到 TS_PREWARM 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (40°C, 带 103AT), TS_TH5 = 0	47.75	48.25	48.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (42.5°C, 带 103AT), TS_TH5 = 1	46.25	46.75	47.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (45°C, 带 103AT), TS_TH5 = 2	44.25	44.75	45.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (47.5°C, 带 103AT), TS_TH5 = 3	42.50	43.00	43.50	%
$V_{TS\_HOT}$	TH6 比较器从 TS_WARM 转换到 TS_HOT 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (55°C, 带 103AT), TS_TH6 = 0	37.25	37.75	38.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (60°C, 带 103AT), TS_TH6 = 1	34.00	34.50	35.00	%
$V_{TS\_HOTZ}$	TH6 比较器从 TS_HOT 转换到 TS_WARM 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (52.5°C, 带 103AT), TS_TH6 = 0	39.25	39.75	40.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (57.5°C, 带 103AT), TS_TH6 = 1	35.75	36.25	36.75	%
<b>热敏电阻比较器 (OTG 模式)</b>						
$V_{TS\_OTG\_COLD}$	从 TS_OTG_NORMAL 转换到 TS_OTG_COLD 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (-20°C, 带 103AT), TS_TH_OTG_COLD = 0	79.50	80.00	80.50	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (-10°C, 带 103AT), TS_TH_OTG_COLD = 1	76.50	77.00	77.50	%
$V_{TS\_OTG\_COLDZ}$	从 TS_OTG_COLD 转换到 TS_OTG_NORMAL 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (-15°C, 带 103AT), TS_TH_OTG_COLD = 0	78.00	78.50	79.00	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (-5°C, 带 103AT), TS_TH_OTG_COLD = 1	74.75	75.25	75.75	%
$V_{TS\_OTG\_HOT}$	从 TS_OTG_NORMAL 转换到 TS_OTG_HOT 的 TS 引脚下降电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 (55°C, 带 103AT), TS_OTG_HOT = 00	37.25	37.75	38.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (60°C, 带 103AT), TS_OTG_HOT = 01	34.00	34.50	35.00	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 (65°C, 带 103AT), TS_OTG_HOT = 10	30.75	31.25	31.75	%

典型值在  $V_{VBUS\_UVLOZ} < V_{VBUS} < V_{VBUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{TS\_OTG\_HOTZ}$	从 TS_OTG_HOT 转换到 TS_OTG_NORMAL 的 TS 引脚上升电压阈值。	占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $52.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_OTG_HOT = 00	39.25	39.75	40.25	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $57.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_OTG_HOT = 01	35.75	36.25	36.75	%
		占 TS 引脚偏置基准的百分比 ( $62.5^{\circ}\text{C}$ , 带 103AT ) , TS_OTG_HOT = 10	32.50	33.00	33.50	%
<b>开关转换器</b>						
$F_{SW}$	PWM 开关频率	振荡器频率	1.35	1.5	1.65	MHz
<b>MOSFET 导通电阻</b>						
$R_{Q1\_ON}$	VBUS 至 PMID 导通电阻	$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ - $85^{\circ}\text{C}$ ( 典型值低于 $25^{\circ}\text{C}$ )		15	20	m $\Omega$
$R_{Q2\_ON}$	PMID 和 SW 之间的降压高侧开关 MOSFET 导通电阻	$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ - $85^{\circ}\text{C}$ ( 典型值低于 $25^{\circ}\text{C}$ )		20	27	m $\Omega$
$R_{Q3\_ON}$	SW 和 PGND 之间的降压低侧开关 MOSFET 导通电阻	$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ - $85^{\circ}\text{C}$ ( 典型值低于 $25^{\circ}\text{C}$ )		16	20	m $\Omega$
<b>OTG 模式转换器</b>						
$V_{OTG\_RANGE}$	典型 OTG 模式电压调节范围		3.84		7.52	V
$V_{OTG\_STEP}$	典型 OTG 模式电压调节步长			80		mV
$V_{OTG\_ACC}$	OTG 模式电压调节精度	IVBUS = 0A , VOTG = 5V	-3		3	%
$I_{OTG\_RANGE}$	典型 OTG 模式电流调节范围		0.1		3.2	A
$I_{OTG\_STEP}$	典型 OTG 模式电流调节步长			20		mA
$I_{OTG\_ACC}$	OTG 模式电流调节精度	IOTG = 1.8A	-3		3	%
		IOTG = 1.5A	-5		5	%
		IOTG = 1.0A	-10		10	%
$V_{OTG\_UVP}$	PMID 处的 OTG 模式欠压下降阈值			3.4		V
<b>REGN LDO</b>						
$V_{REGN}$	REGN LDO 输出电压	$V_{VBUS} = 5\text{V}$ , $I_{REGN} = 20\text{mA}$	4.4	4.6		V
		$V_{VBUS} = 9\text{V}$ , $I_{REGN} = 20\text{mA}$	4.8	5.0	5.2	V
$V_{REGNZ\_OK}$	REGN 不正常下降阈值	转换器开关		3.2		V
		转换器不进行开关		2.3		V
$I_{REGN\_LIM}$	REGN LDO 电流限制	$V_{VBUS} = 5\text{V}$ , $V_{REGN} = 4.3\text{V}$	20			mA
$I_{TS\_BIAS\_FAULT}$	从 TSBIAS 正常状态转换到故障状态的上升阈值	REGN=5V ; ISINK 施加在 TS_BIAS 引脚上	2.5	4.5	8	mA
$I_{TS\_BIAS\_FAULTZ}$	从 TSBIAS 故障状态转换为正常状态的下降阈值	REGN=5V ; ISINK 施加在 TS_BIAS 引脚上	2	3.85	7	mA
<b>ADC 测量精度和性能</b>						
$t_{ADC\_CONV}$	转换时间, 每次测量	ADC_SAMPLE = 00		30		ms
		ADC_SAMPLE = 01		15		ms
		ADC_SAMPLE = 10		7.5		ms
		ADC_SAMPLE = 11		3.75		ms
ADC_RES	有效分辨率	ADC_SAMPLE = 00	11	12		位
		ADC_SAMPLE = 01	10	11		位
		ADC_SAMPLE = 10	9	10		位
		ADC_SAMPLE = 11	8	9		位
<b>ADC 测量范围和 LSB</b>						

典型值在  $V_{VBUS\_UVLOZ} < V_{VBUS} < V_{VBUS\_OVP}$ 、 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  以及  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
IBUS_ADC	ADC 总线电流读数 (正向和 OTG)	范围	-5		5	A
		LSB		2.5		mA
VBUS_ADC	ADC VBUS 电压读数	范围	0		20	V
		LSB		5		mV
VPMID_ADC	ADC PMID 电压读数	范围	0		20	V
		LSB		5		mV
VBAT_ADC	ADC BAT 电压读数	范围	0		5	V
		LSB		1.25		mV
VBAT_ADC	ADC BAT 电压读数精度	4V 时的精度, ADC_SAMPLE = 00	-0.5		0.5	%
VSYS_ADC	ADC SYS 电压读数	范围	0		5	V
		LSB		1.25		mV
IBAT_ADC	ADC BAT 电流读数	范围	-10		5	A
		LSB		5		mA
TS_ADC	ADC TS 电压读数	范围, 以 REGN 的百分比表示	0		99.9	%
	ADC TS 电压读数	LSB		0.098		%
TDIE_ADC	ADC 内核温度读数	范围	-40		150	$^{\circ}\text{C}$
		LSB		0.5		$^{\circ}\text{C}$
<b>I2C 接口 (SCL、SDA)</b>						
$V_{IH}$	输入高阈值电平, SDA 和 SCL		0.78			V
$V_{IL}$	输入低阈值电平, SDA 和 SCL				0.42	V
$V_{OL\_SDA}$	输出低阈值电平	灌电流 = 5mA, 1.2V VDD			0.3	V
$I_{BIAS}$	高电平漏电流	上拉电源轨 1.8V			1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输出引脚 (<math>\overline{\text{INT}}</math>、<math>\overline{\text{PG}}</math>、STAT)</b>						
$V_{OL}$	输出低阈值电平	灌电流 = 5mA			0.3	V
$I_{OUT\_BIAS}$	高电平漏电流	上拉电源轨 1.8V			1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输入引脚 (<math>\overline{\text{CE}}</math>、QON)</b>						
$V_{IH\_CE}$	输入高阈值电平, /CE		0.78			V
$V_{IL\_CE}$	输入低阈值电平, /CE				0.4	V
$I_{IN\_BIAS\_CE}$	高电平漏电流, /CE	上拉电源轨 1.8V			1	$\mu\text{A}$
$V_{IH\_QON}$	输入高阈值电平, /QON		1.3			V
$V_{IL\_QON}$	输入低阈值电平, /QON				0.4	V
$V_{QON}$	内部 /QON 上拉	/QON 从内部上拉至 VAA		5		V
$R_{QON}$	内部 /QON 上拉电阻			250		k $\Omega$

## 5.6 时序要求

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
<b>VBUS/VBAT 上电</b>						
$t_{VBUS\_OVP}$	用于设置 VBUS_OVP_STAT 和 VBUS_OVP_FLAG 的 VBUS OVP 抗尖峰脉冲时间			200		$\mu\text{s}$
$t_{POORSRC}$	适配器不良检测持续时间			30		ms
<b>电池充电器</b>						

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
t <sub>TOP_OFF</sub>	典型的充电完成计时器精度		14	17.5	21	min
			28	35	42	min
			39	52	63	min
t <sub>SAFETY_TRKCHG</sub>	涓流充电中的充电安全计时器精度		1	1.15	1.3	hr
t <sub>SAFETY_PRECHG</sub>	预充电中的充电安全计时器精度	PRECHG_TMR = 0	2.1	2.3	2.6	hr
		PRECHG_TMR = 1	0.53	0.6	0.65	hr
t <sub>SAFETY</sub>	快速充电时的充电安全计时器精度	CHG_TMR = 0	12.5	14	15.5	hr
		CHG_TMR = 1	25	27	31	hr
<b>BATFET 控制</b>						
t <sub>BATFET_DLY</sub>	写入 BATFET_CTRL 后且 BATFET 因超低功率模式或关断而关闭之前的时间	BATFET_DLY = 1	12			s
		BATFET_DLY = 0	24			ms
t <sub>SM_EXIT</sub>	$\overline{QON}$ 拉至低电平以退出超低功耗模式的抗尖峰脉冲时间	TSM_EXIT = 0	0.6	0.7	0.8	s
		TSM_EXIT = 1	8.7	10.5	12.3	ms
t <sub>QON_RST</sub>	$\overline{QON}$ 保持低电平以启动系统电源复位的时间	TQON_RST = 0	9.3	11	12.8	s
		TQON_RST = 1	17.5	21	24.5	s
t <sub>BATFET_RST</sub>	在系统电源复位期间禁用 BATFET 的持续时间		400			ms
<b>I2C 接口</b>						
f <sub>SCL</sub>	SCL 时钟频率	更多详细信息, 请参阅 <a href="#">串行接口</a>	1.0			MHz
C <sub>b</sub>	每个总线的容性负载		550			pF
<b>数字时钟和看门狗</b>						
t <sub>LP_WDT</sub>	看门狗复位时间 ( EN_HIZ = 1 , WATCHDOG = 200s )		100	200		s
t <sub>WDT</sub>	看门狗复位时间 ( EN_HIZ = 0 , WATCHDOG = 200s )		136	200		s

## 6 详细说明

### 6.1 概述

BQ24138 是一款高度集成的 5A 开关模式电池充电器，具有 NVDC 电源路径管理，适用于单节锂离子和锂聚合物电池。该器件具有快速充电和高输入电压的特点，支持各种便携式设备。器件的低阻抗电源路径对开关模式运行效率进行了优化，缩短了电池充电时间并延长了放电阶段的电池运行时间。器件的输入电压和输入电流调节为电池提供最大充电功率，而不会使输入电源过载。

器件支持多种输入源，包括标准 USB 主机端口、USB 充电端口以及符合 USB 标准的高电压适配器。器件符合 USB 2.0 和 USB 3.0 电源规格，具有输入电流和电压调节功能。此外，输入电流优化器 (ICO) 还能够检测输入源未发生过载时的最大功率点。BQ24138 具有用于设置默认输入电流限制的 ILIM 引脚和用于控制热敏电阻偏置的 TS\_BIAS 引脚。该器件还具有高达 3.2A 的恒定电流限制能力，符合 USB On-the-Go (OTG) 运行功率额定值规格。

电源路径管理将系统电压调节至稍高于电池电压的水平，但是不会下降至可编程最小系统电压以下。借助于这个特性，即使在电池电量完全耗尽或者电池被拆除时，系统也能保持运行。当达到输入电流限值或输入电压限值时，电源路径管理系统会自动减小充电电流。如果系统负载持续增加，则电源路径会使电池放电，直到满足系统电源要求。该补充模式可防止输入源过载。

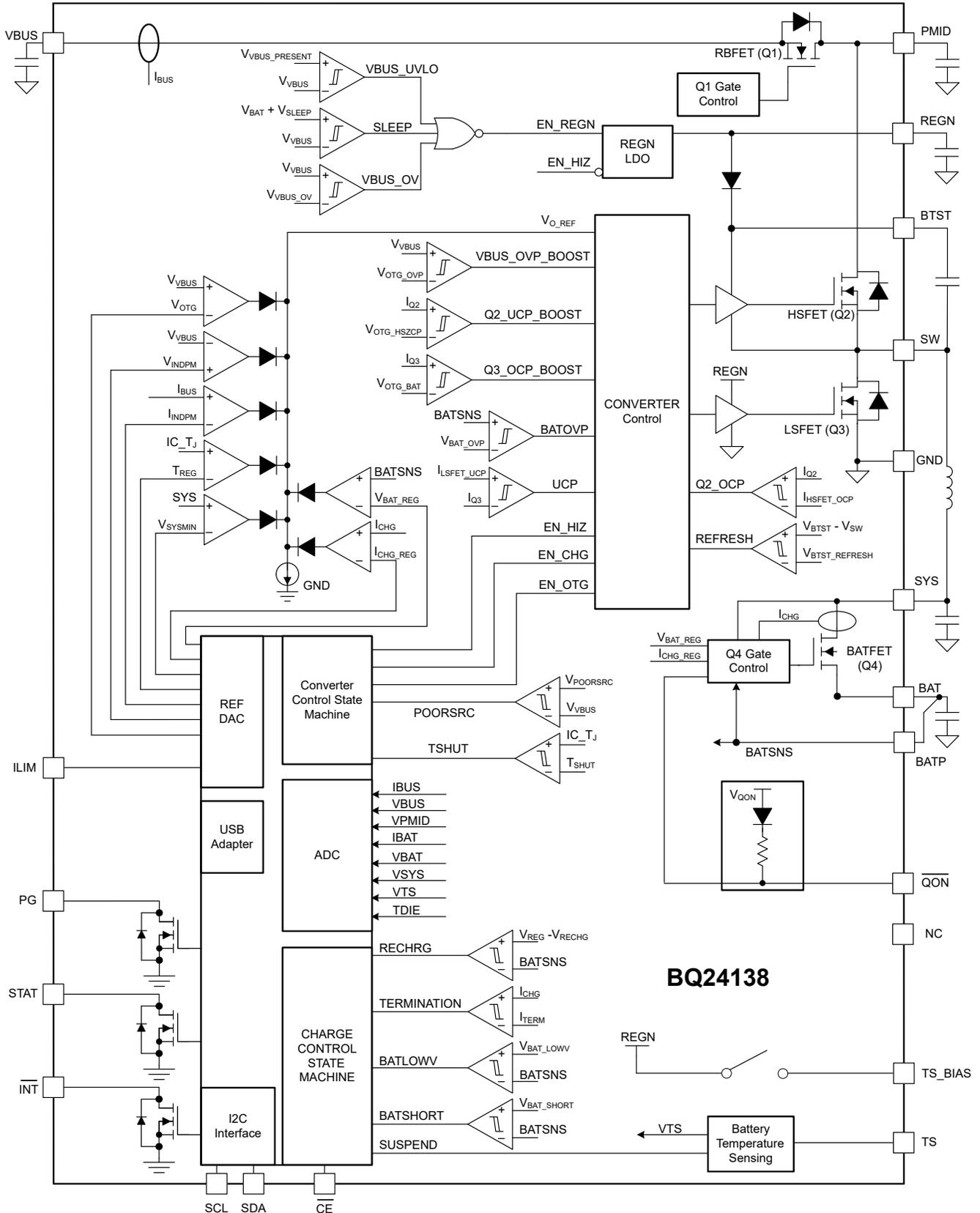
此器件无需主机控制即可启动并完成一个充电周期。器件通过检测电池电压，在四个不同阶段为电池充电：涓流充电、预充电、恒定电流 (CC) 充电和恒定电压 (CV) 充电。在充电周期的末尾，当充电电流低于预设阈值并且电池电压高于再充电阈值时，充电器自动终止。TS 引脚 COOL、PRECOOL、NORMAL、WARM 和 PREWARM 温度区域支持端接。当整个电池电压下降到低于可编程充电阈值时，充电器会自动启动新的充电周期。

此充电器提供针对电池充电和系统运行的多种安全特性，其中包括电池负温度系数 (NTC) 热敏电阻监视、充电安全性计时器以及过压和过流保护。当结温超过可编程的阈值时，热调节会减小充电电流。STAT 输出报告充电状态和任何故障状况。其他安全特性包括针对充电模式和 OTG 升压模式的电池温度感应、热关断以及输入 UVLO 和过压保护。PG 输出指示电源是否正常。当发生故障或状态改变时，INT 输出会立即通知主机。

该器件还提供了一个 12 位模数转换器 (ADC)，用于监视充电电流和输入/电池/系统 (VBUS、BAT、SYS、TS) 电压。QON 引脚提供 BATFET 使能和复位控制，以使器件退出超低功耗模式或启动完全系统复位。

BQ24138 采用 2.0mm × 2.4mm 30 焊球 DSBGA 封装。

## 6.2 功能方框图



## 6.3 特性说明

### 6.3.1 上电复位 (POR)

BQ24138 通过 VBUS 与 BAT 中的较高电压为内部偏置电路供电。当任一电压上升到高于欠压锁定 (UVLO) 阈值时，所有寄存器都会复位为 POR 值，并会启用 I<sup>2</sup>C 接口以进行通信。这种情况下会产生一个不可屏蔽的  $\overline{\text{INT}}$  脉冲。在这个脉冲过后，主机才能访问所有寄存器。

### 6.3.2 通过电池实现器件上电

如果仅存在电池且电压高于耗尽阈值 ( $V_{\text{BAT\_UVLOZ}}$ )，则 BQ24138 执行上电复位，然后导通 BATFET 以将电池连接到系统。REGN 保持关断状态，以更大程度地减小静态电流。BATFET 的低 RDSON 和 BAT 上的低静态电流可更大限度地降低导通损耗并更大限度地延长电池运行时间。

### 6.3.3 通过输入源实现器件上电

在插入输入源且  $V_{\text{BAT}} < V_{\text{BAT\_UVLOZ}}$  的情况下，BQ24138 执行上电复位，然后检查输入源电压以开启 REGN LDO 和所有偏置电路。该器件在降压转换器启动之前检测并设置输入电流限制。从输入源进行的上电顺序如下：

1. REGN LDO 上电 (节 6.3.3.1)
2. 不良源鉴定 (节 6.3.3.2)
3. 输入电压限制阈值设置 (节 6.3.3.3)
4. 转换器上电 (节 6.3.3.4)

#### 6.3.3.1 REGN LDO 上电

REGN LDO 为内部偏置电路以及 HSFET 和 LSFET 栅极驱动器供电。REGN 还为 TS 外部电阻器提供偏置轨。STAT 的上拉电源轨也可连接至 REGN。满足以下所有条件时将启用 REGN：

- VBUS 高于  $V_{\text{VBUS\_UVLOZ}}$
- VBUS 高于  $V_{\text{BAT}} + V_{\text{SLEEPZ}}$
- EN\_HIZ = 0
- 220ms 延迟完成后

如果不满足上述任一条件，REGN LDO 和转换器功率级将保持关闭状态，并会禁用转换器。在此状态下，由电池为系统供电。

#### 6.3.3.2 不良源鉴定

REGN LDO 上电后，该器件会检查输入源的电流能力。输入源必须满足以下要求才能继续执行后续上电步骤。

1. VBUS 电压低于  $V_{\text{VBUS\_OVP}}$
2. 拉取  $I_{\text{POORSRC}}$  时的 VBUS 电压高于  $V_{\text{POORSRC}}$

#### 6.3.3.3 输入电压限制阈值设置 (VINDPM 阈值)

BQ24138 支持较宽的输入电压限制 (3.8V - 13V)。POR 默认 VINDPM 设置为 4.4V。充电器还支持动态 VINDPM 跟踪功能，该功能可跟踪电池电压，在输入电压和电池电压之间提供足够的裕量，从而使降压转换器正常运行。此功能默认启用，将 VINDPM\_BAT\_TRACK 寄存器位清除为 0 后，可对其禁用。启用后，实际输入电压限值为 VINDPM 寄存器值和  $V_{\text{INDPM\_BAT\_TRACK}} (V_{\text{BAT}} + 350\text{mV 失调电压})$  中的较高者。

#### 6.3.3.4 转换器上电

设置输入电流和电压限值后，转换器将启用，并且 HSFET 和 LSFET 开始开关。如果电池充电被禁用，BATFET 会关断。否则，BATFET 保持导通状态，以便为电池充电。转换器启动需要满足以下条件：

- VBUS 通过了不良源鉴定 (节 6.3.3.2)
- $V_{\text{BUS}} > V_{\text{BAT}} + V_{\text{SLEEPZ}}$
- $V_{\text{VBUS}} < V_{\text{VBUS\_OVP}}$

- EN\_HIZ = 0
- $V_{SYS} < V_{SYS\_OVP}$
- $T_J < T_{SHUT}$

当系统电源轨上升时，BQ24138 提供软启动，同时，当系统电源轨低于  $V_{SYS\_SHORT}$  时，系统短路保护将输出电流限值在大约 0.5A。

此器件使用一个高效 1.5MHz 固定频率脉宽调制 (PWM) 降压开关稳压器。内部补偿反馈环路可在所有输入电压、电池电压、充电电流和温度条件下严格控制开关频率，从而简化输出滤波器设计。

为了提高轻负载时的效率，器件在轻负载条件下切换为 PFM 控制。DIS\_PFM\_FWD 和 DIS\_PFM\_OTG 位可用于分别在降压和升压下禁用 PFM 运行。

### 6.3.3.5 输入电流优化器 (ICO)

该器件提供创新的输入电流优化器 (ICO)，可在不使输入源过载的情况下确定最大功率点。该算法自动识别电源的最大输入电流限制，而无需输入 VINDPM，以避免输入源过载。

默认启用该功能 (EN\_ICO = 1)，可以通过将 EN\_ICO 位设置为 0 来禁用该功能。该算法会在设置 EN\_ICO 位时自动运行。不管检测到输入源类型如何，还可以通过设置 FORCE\_ICO 位 (要使 FORCE\_ICO 工作，需要 EN\_ICO = 1) 来强制执行该算法。

动态电源管理使用的实际输入电流限制在 ICO\_IINDPM 寄存器中报告 (当输入电流优化器被启用 (EN\_ICO = 1) 时) 或者由 IINDPM 寄存器设置 (当算法被禁用 (EN\_ICO = 0) 时)。此外，除非 EN\_EXTILIM 位为 0 以禁用 ILIM 引脚功能，否则电流限制由 ILIM 引脚钳制。。

启用该算法后，其将持续运行以使用 ICO\_IINDPM 寄存器调整动态电源管理 (IINDPM) 的输入电流限制，直到设置了 ICO\_STAT[1:0] 和 ICO\_FLAG 位 (ICO\_FLAG 指示 ICO\_STAT[1:0] 位的任何变化)。该算法根据电池电压运行：

1. 当电池电压低于  $V_{SYS\_MIN}$  时，该算法使用 IINDPM 启动 ICO\_IINDPM 寄存器，IINDPM 是系统允许的最大输入电流限制。
2. 当电池电压高于  $V_{SYS\_MIN}$  时，该算法使用 500mA 电流启动 ICO\_IINDPM 寄存器，该电流是可最大程度降低适配器过载的最小输入电流限制。

确定最佳输入电流后，会设置 ICO\_STAT[1:0] 和 ICO\_FLAG 位以指示 ICO\_IINDPM 寄存器中的输入电流限制不会更改，直到算法被以下事件强制运行 (这些事件还会将 ICO\_STAT[1:0] 位复位为“01”)：

1. 插入了新的输入源，或者 EN\_HIZ 位被切换
2. IINDPM 寄存器被改变
3. VINDPM 寄存器被改变
4. FORCE\_ICO 位被设置为 1
5. VBUS\_OVP 事件

如果未识别最佳电流 (例如，如果输出功率 < 最大输入功率)，ICO 例程将暂停，直到需要输入提供更多功率。在这种情况下，ICO\_STAT 位设置为“11”。

### 6.3.3.6

### 6.3.4 电源路径管理

BQ24138 可适应 USB、壁式适配器或车载充电器等各种输入源。该器件提供自动电源路径选择功能，以通过输入源 (VBUS)、电池 (BAT) 或两者为系统 (SYS) 供电。

### 6.3.4.1 窄 VDC 架构

BQ24138 采用窄 VDC 架构 (NVDC)，通过 BATFET 将系统与电池分开。最小系统电压取决于 VSYSMIN 寄存器设置。即使电池电量完全耗尽，也可将系统调节至最小系统电压。如果启用了充电，则 BATFET 以线性模式 (LDO 模式) 运行。POR 时的默认最小系统电压为 3.52V。

当电池电压上升到高于最小系统电压时，BATFET 将完全导通，系统和电池之间的电压差为 BATFET 的  $R_{DS(on)}$  乘以充电电流。当电池充电被禁用并且 VBAT 高于最小系统电压设置，或者充电终止时，系统电压将调节至比电池电压高 50mV (典型值) 当系统处于最小系统电压调节状态时，状态寄存器 VSYS\_STAT 位变为高电平。

### 6.3.4.2 动态电源管理

为了最大程度增加输入电流并避免适配器过载，此充电器具有动态电源管理 (DPM) 功能，此功能可持续监控输入电流和输入电压。当输入源过载时，电流会超出输入电流限值 (IINDPM)，或者电压会降至输入电压限值 (VINDPM) 以下。该器件随后会降低充电电流，直到输入电流降至输入电流限值以下以及输入电压上升至输入电压限值以上。

当充电电流降至零，但输入源仍然过载时，系统电压开始下降。一旦系统电压下降到低于电池电压，器件即会自动进入补充模式，此时 BATFET 导通，电池开始放电，以便系统由输入源和电池提供支持。

在 DPM 模式期间，状态寄存器位 VINDPM\_STAT 和/或 IINDPM\_STAT 会设置为高电平。图 6-1 显示了使用 9V/1.2A 适配器、3.2V 电池、2.8A 充电电流和 3.4V 最小系统电压设置时的 DPM 响应。

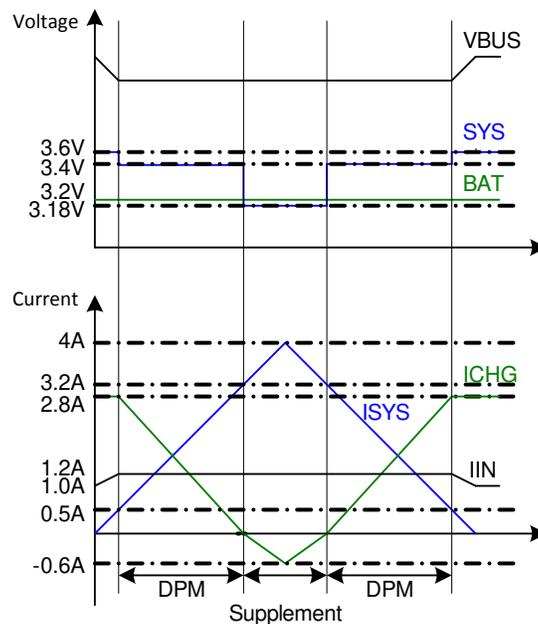


图 6-1. DPM 响应

#### 6.3.4.2.1 ILIM 引脚上的输入电流限制

为确保安全运行，器件在 ILIM 上有一个附加硬件引脚，用于限制 ILIM 引脚上的最大输入电流。最大输入电流通过 ILIM 引脚和 GND 之间的电阻器进行设置，如下所示：

$$I_{INREG} = \frac{K_{ILIM}}{R_{ILIM}} \quad (1)$$

实际输入电流被限制在 ILIM 引脚和 IINDPM 寄存器位设置的两个值中的较低值。该器件将 ILIM 引脚调节为 0.8V。如果 ILIM 电压超过 0.8V，则器件进入输出电流调节 (请参阅动态电源管理)。

ILIM 引脚还可用于监测输入电流。输入电流和 ILIM 引脚上的电压成正比，可以通过以下公式计算得出：

$$I_{IN} = \frac{K_{ILIM} \times V_{ILIM}}{R_{ILIM} \times 0.8} \quad (2)$$

当 EN\_EXTILIM 位设置为 0 时，ILIM 引脚功能会被禁用。当该引脚被禁用时，输入电流限制和监控功能均不可用。

当 ILIM 引脚上的输入电流设置为以下值时，需要一个与 R<sub>ILIM</sub> 并联的 RC 滤波器：

1. 低于 400mA 或
2. 大于 2A (使用 2.2 μH 电感器时)

RC 滤波器的值分别为 1.2kΩ 和 330nF。

#### 6.3.4.3 高阻抗 (HIZ) 模式

当连接了适配器且仅当器件处于正向模式时，主机才能通过写入 EN\_HIZ = 1 将器件置于高阻抗模式。在高阻抗模式下，RBFET (Q1)、HSFET (Q2) 和 LSFET (Q3) 将关断。RBFET 和 HSFET 会阻止电流流入和流出 VBUS，从而使 VBUS 引脚进入高阻抗状态。BATFET (Q4) 将导通以将 BAT 连接到 SYS。在高阻抗模式期间，REGN 被禁用，数字时钟减慢以节省功耗。

#### 6.3.5 电池充电管理

该器件可为单节锂离子电池充电，最高充电电流达 5A。7mΩ BATFET 可提高充电效率，并在放电期间更大幅度地减小压降。

##### 6.3.5.1 自主充电周期

当电池充电启用 (EN\_CHG 位 =1 且  $\overline{CE}$  引脚为低电平) 时，器件自主完成一个充电周期，而无需主机参与。表 6-1 中列出了器件的默认充电参数。主机始终可以通过 I<sup>2</sup>C 写入相应的寄存器来控制充电操作并优化充电参数。

表 6-1. 充电参数默认设置

	VREG	VRECHG	ITRICKLE	IPRECHG	ICHG	ITERM	TOPOFF 计时器
BQ24138	4.2V	VREG - 100mV	80mA	200mA	2,000mA	200mA	禁用

当以下条件有效时，新的充电周期启动：

- 转换器将根据节 6.3.3.4 中的条件启动
- EN\_CHG = 1
- $\overline{CE}$  引脚为低电平
- TS 上无热敏电阻故障
- 无安全计时器故障

当充电电流低于终止阈值、电池电压高于再充电阈值且器件不处于 DPM 或热调节状态时，该充电器自动终止充电周期。当充满电的电池放电至低于 VRECHG 时，器件会自动启动新的充电周期。充电终止后，切换  $\overline{CE}$  引脚或 EN\_CHG 位也会启动一个新的充电周期。

STAT 输出指示充电状态。有关 STAT 引脚运行的详细信息，请参阅节 6.3.8.2。此外，状态寄存器 (CHG\_STAT) 指示不同的充电阶段：

- 000 - 未充电
- 001 - 涓流充电 ( $V_{BAT} < V_{BAT\_SHORTZ}$ )
- 010 - 预充电 ( $V_{BAT\_SHORTZ} < V_{BAT} < V_{BAT\_LOWV}$ )
- 011 - 快速充电 (CC 模式)
- 100 - 恒压充电 (CV 模式)
- 101 - 保留
- 110 - 充电完成计时器激活充电

- 111 - 充电终止完成

当 CHG\_STAT 转换到任何这些状态时（包括充电周期完成时），一个 INT 脉冲被置为有效以通知主机。

### 6.3.5.2 电池充电曲线

该器件分五个阶段为电池充电：涪流充电、预充电、恒流充电、恒压充电和可选充电完成涪流充电阶段。在充电周期开始时，器件会检查电池电压并相应地调节电流和电压。

如果充电器器件在充电期间处于 DPM 调节或热调节状态，则充电电流可以小于编程值。在这种情况下，终止被暂时禁用，并且充电安全计时器以时钟速率的一半进行计数。

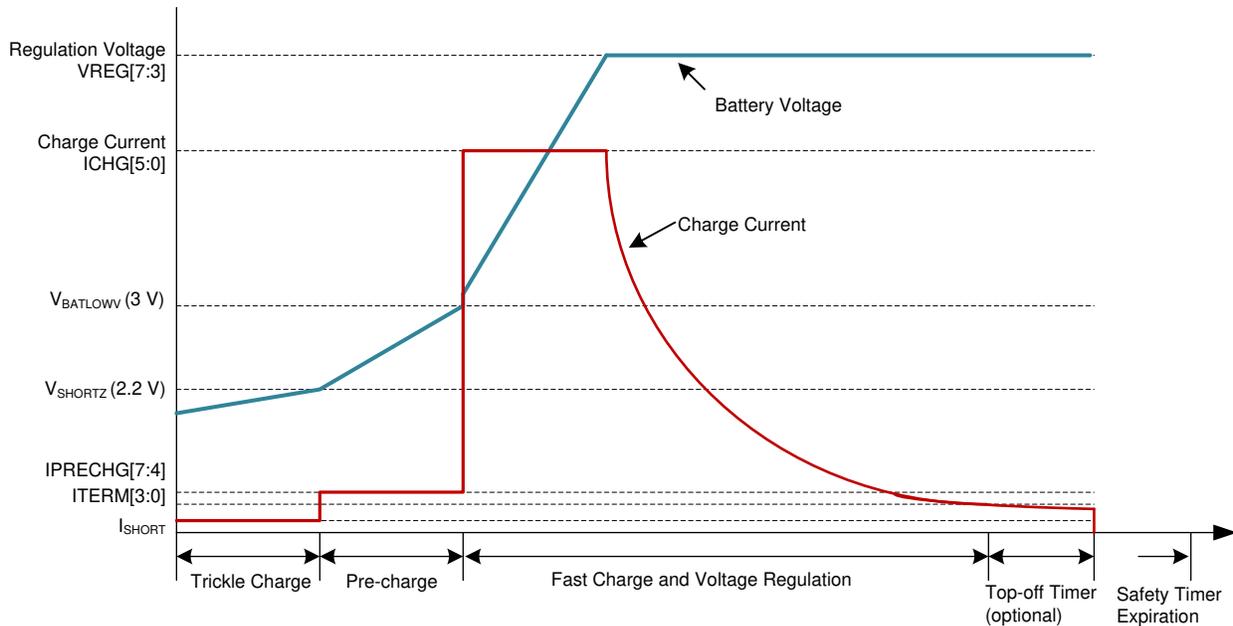


图 6-2. 电池充电曲线

### 6.3.5.3 充电终止

当电池电压高于再充电阈值且电池电流低于 ITERM 时，器件会终止充电周期。当 IINDPM、VINDPM 或热调节环路激活时，器件不会终止。充电周期完成后，BATFET 关闭。转换器会继续运行以为系统供电，BATFET 可以再次导通以启用补电模式。在充电终止之前，可以通过向 EN\_TERM 位写入 0 来永久禁用终止。

当终止发生时，状态寄存器 CHG\_STAT 被设置为 111，并且一个 INT 脉冲被置为有效以发送至主机。当充电器器件处于输入电流、输入电压或热调节状态时，终止功能被暂时禁用。在充电终止之前，可以通过向 EN\_TERM 位写入 0 来永久禁用终止。

在低终止电流下，由于比较器偏移，实际终止电流可能比终止目标高 10mA 至 20mA。可以在 SW 引脚与接地之间添加一个可选的缓冲器电路，以提高低电流下的终止精度。缓冲器电路的建议值为 28 Ω 和 3nF。

为了补偿比较器偏移，可在检测到终止后应用可编程充电完成计时器。充电完成计时器启用并且发生终止时，状态寄存器 CHG\_STAT 被设置为 110。充电完成计时器遵循安全计时器限制，因此，如果安全计时器暂停，充电完成计时器也暂停。同样，如果安全计时器以半时钟速率计数，则充电完成计时器也是如此。有关条件列表，请参阅节 6.3.5.5。主机可以读取 CHG\_STAT 以了解终止状态。

充电完成计时器会在以下任何情况下复位：

1. 充电周期停止和重新开始（切换 CE 引脚、切换 EN\_CHG 位、充电电压降至充电阈值以下或移除并重新插入适配器）
2. 终止状态从低电平变为高电平

### 3. 设置了 REG\_RST 寄存器位

充电器检测到终止后，将读取充电完成计时器设置。除非启动充电周期，否则终止后对充电完成计时器值进行编程无效。进入充电完成计时器段时 CHG\_FLAG 设置为 1，而在充电完成计时器到期时再次设置为 1。

#### 6.3.5.4 热敏电阻认证

充电器器件会提供一个热敏电阻输入 (TS) 来监测电池温度。可以通过设置 TS\_IGNORE = 1 来忽略 TS 引脚。当 TS 引脚反馈被忽略时，充电器在充电模式和 OTG 模式下将 TS 视为始终良好，并且 TS\_STAT 始终报告 TS\_NORMAL。如果 TS\_IGNORE 设置为 1，则 TS 引脚可保持悬空。

当 TS\_IGNORE = 0 时，充电器按照节 6.3.5.4.1 中所述的可配置曲线，根据 TS 引脚反馈信息调整充电曲线。当电池温度从一个温度范围跨到另一个温度范围时，TS\_STAT 会相应地更新，并且充电器会为新输入的温度范围设置 FLAG 位，除非温度是 TS\_NORMAL，这种情况下没有 FLAG。如果 TS\_MASK 设置为 0，则对 TS\_STAT 的任何更改 (包括转换到 TS\_NORMAL) 都会产生 INT 脉冲。

##### 6.3.5.4.1 充电模式下的高级温度曲线

为了提高锂离子电池充电的安全性，2007 年 4 月 20 日发布了 JEITA 指南。该指南强调了在特定的低温和高温范围内避免高充电电流和高充电电压的重要性。随着电池技术的不断发展，电池制造商发布了超出 JEITA 标准的温度安全规范。BQ24138 具有高度灵活的基于温度的充电曲线，可满足这些高级规格，同时保持与原始 JEITA 标准的向后兼容。

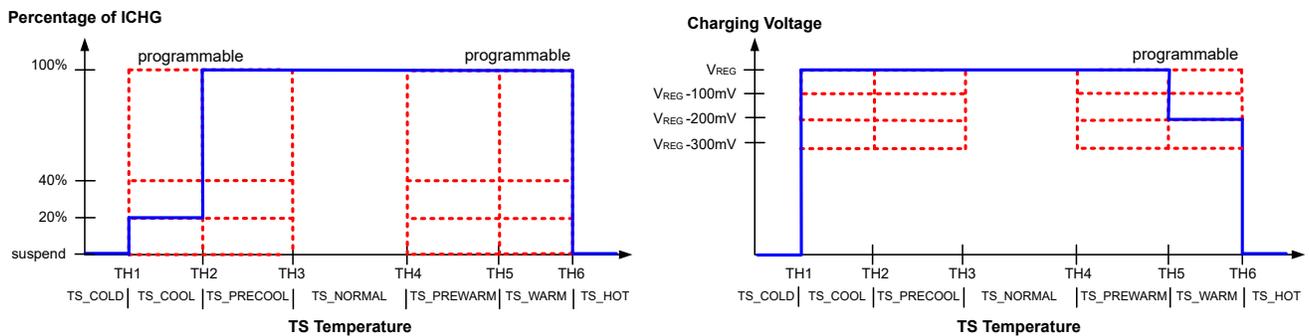


图 6-3. 高级 TS 充电值

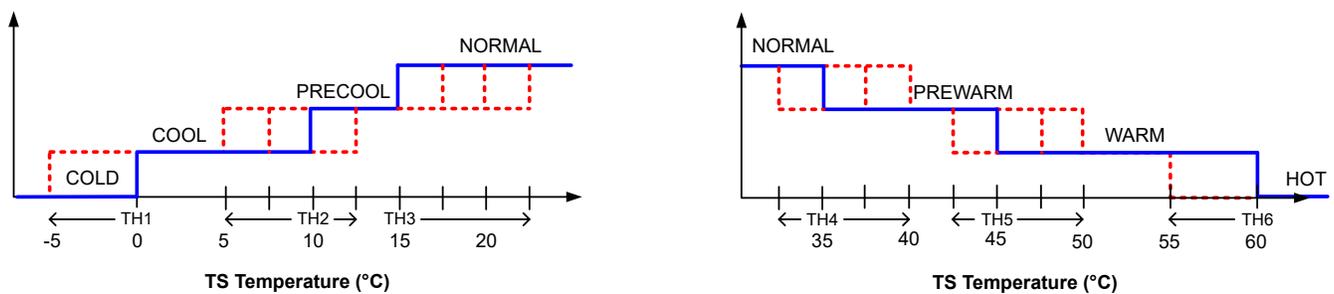


图 6-4. 高级 TS 充电区域

表 6-2. TS 阈值设置 (默认值为蓝色)

区域	控制寄存器	控制值
COLD	TS_TH1	-5°C
		0°C

表 6-2. TS 阈值设置 (默认值为蓝色) (续)

区域	控制寄存器	控制值
COOL	TS_TH2	5°C
		7.5°C
		10°C
		13.5°C
PRECOOL	TS_TH3	15°C
		17°C
		20°C
		22.5°C
PREWARM	TS_TH4	32.5°C
		35°C
		37.5°C
		40°C
WARM	TS_TH5	42.5°C
		45°C
		47.5°C
		50°C
HOT	TS_TH6	55°C
		60°C

充电终止和充电安全计时器在温区内进行调节，以反映充电电流的变化。当 IPRECHG 和 ICHG 在低温或暖温区降至 20% 或 40% 时，充电安全计时器以半速率计数。如果充电暂停，则安全计时器暂停，STAT 引脚闪烁，CHG\_STAT 设置为 000 (不充电)。当充电电流在低温或暖温区下降时，充电终止仍处于启用状态 (当 EN\_TERM = 1 时)，终止电流 (ITERM) 保持不变。

#### 6.3.5.4.2 TS 引脚热敏电阻配置

典型的 TS 电阻器网络如下图所示。

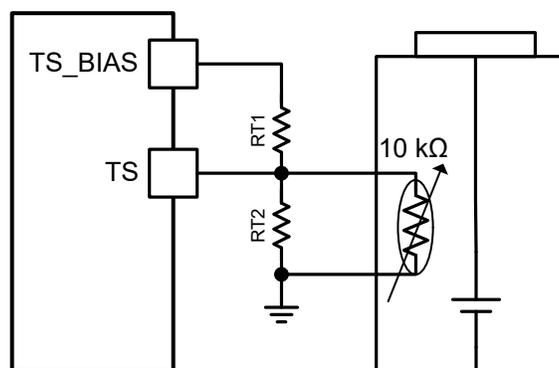


图 6-5. TS 电阻器网络

RT1 和 RT2 的值取决于推荐的 103AT-2 热敏电阻在 0°C 和 60°C 时的阻值 ( $R_{TH0^{\circ}C} = 27.28k\Omega$  和  $R_{TH60^{\circ}C} = 3.02k\Omega$ ) 以及相应的电压阈值  $V_{TS\_COLD}$  和  $V_{TS\_HOT}$  (以 REGN 的百分比表示，值介于 0 和 1 之间)。

$$RT2 = \frac{R_{TH0^{\circ}C} \times R_{TH60^{\circ}C} \times \left( \frac{1}{V_{TS\_0^{\circ}C}} - \frac{1}{V_{TS\_60^{\circ}C}} \right)}{R_{TH60^{\circ}C} \times \left( \frac{1}{V_{TS\_60^{\circ}C}} - 1 \right) - R_{TH0^{\circ}C} \times \left( \frac{1}{V_{TS\_0^{\circ}C}} - 1 \right)} \quad (3)$$

$$RT1 = \frac{1}{\frac{1}{RT2} + \frac{1}{RTH_{0^{\circ}C}} - 1} - 1 \quad (4)$$

假设电池包上有一个 103AT-2 NTC 热敏电阻，RT1 的计算结果是 5.23kΩ，RT2 的计算结果是 30.1kΩ。

如果热敏电阻从 TS\_BIAS 偏置，则必须对照 I<sub>TS\_BIAS\_FAULT</sub> 来检查最大电流。在热敏电阻处于 0Ω 阻抗的最坏情况下（非常热），偏置电流为：

$$I_{BIAS\_MAX} = \frac{V_{REGN}}{RT1} \quad (5)$$

当 RT1 为 5.23kΩ 时，最大 I<sub>BIAS</sub> 为 0.94mA，远低于最小 I<sub>TS\_BIAS\_FAULT</sub> 阈值。103AT-2 NTC 热敏电阻是建议的热敏电阻，具有 10kΩ 标称阻抗。使用阻抗较低的热敏电阻会更改 R1 的值，并会产生超过 TS\_BIAS 引脚故障阈值的偏置电流。TS\_STAT[2:0] 设置为 111。

#### 6.3.5.4.3 OTG 模式下的冷/热温度窗口

为了在升压 OTG 模式期间提供电池保护，器件监测电池温度，确保温度处于 TS\_TH\_OTG\_COLD 至 TS\_TH\_OTG\_HOT 阈值范围内。对于 RT1 为 5.3kΩ、RT2 为 31.1kΩ 的 103AT-2 NTC 热敏电阻，TS\_TH\_OTG\_COLD 默认值为 -10°C，TS\_TH\_OTG\_HOT 默认值为 60°C。当温度超出此范围时，OTG 模式将暂停，而 REGN 保持打开状态。此外，VBUS\_STAT 位设置为 000，TS\_STAT 设置为 001 (TS\_OTG\_COLD) 或 010 (TS\_OTG\_HOT)，并设置 TS\_FLAG。在升压 OTG 模式下，转换器会停止开关。一旦电池温度恢复到正常温度，升压 OTG 将重新启动，TS\_STAT 返回到 000 (TS\_NORMAL)。

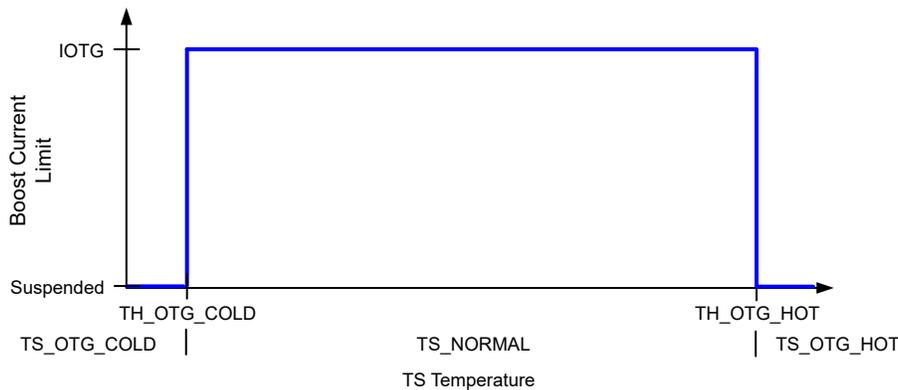


图 6-6. 升压模式下的 TS 引脚热敏电阻检测阈值

#### 6.3.5.4.4 JEITA 充电率调节

TS\_ISET\_PRECOOL、TS\_ISET\_COOL、TS\_ISET\_PREWARM 和 TS\_ISET\_WARM 凉 (cool) 和温 (warm) 充电电流折返基于 1C 充电速率。1C 速率是电池容量（以毫安时为单位）除以 1 小时的结果，因此 500 毫安时电池的 1C 充电速率为 500mA。同样电池的 2C 充电速率为 1,000mA。要转换充电折返，主机必须将 CHG\_RATE 寄存器设置为电池的 C 速率。此操作会相应地缩放折返。

当 TS\_ISET\_PRECOOL、TS\_ISET\_COOL、TS\_ISET\_PREWARM 或 TS\_ISET\_WARM 设置为 00（暂停）或 11（未更改）时，CHG\_RATE 设置无效。表 6-3 中提供了概要

表 6-3. ICHG 折返

TS_ISET_PRECOOL、TS_ISET_COOL、 TS_ISET_PREWARM 或 TS_ISET_WARM	CHG_RATE	折返电流占 ICHG 的百分比
00	不限	0%（已暂停）

表 6-3. ICHG 折返 (续)

TS_ISET_PRECOOL、TS_ISET_COOL、 TS_ISET_PREWARM 或 TS_ISET_WARM	CHG_RATE	折返电流占 ICHG 的百分比
01 (20%)	00 (1C)	20%
	01 (2C)	10%
	10 (4C)	5%
	11 (6C)	3.3%
10 (40%)	00 (1C)	40%
	01 (2C)	20%
	10 (4C)	10%
	11 (6C)	6.6%
11	不限	100%

#### 6.3.5.4.5 TS\_BIAS 引脚

器件的 TS\_BIAS 引脚可以将电池温度检测热敏电阻及相关电阻分压器与 REGN 进行隔离。具有典型电阻分压器网络的 103AT-2 热敏电阻需要大约 400  $\mu$ A 的偏置电流。充电器提供 TS\_BIAS 引脚，该引脚通过背靠背 MOSFET 在内部连接到 REGN LDO。不进行温度测量时会禁用开关以断开热敏电阻和电阻分压器与 REGN LDO 的连接，从而避免消耗不必要的 400  $\mu$ A 偏置电流。此外，如果 TS\_IGNORE = 1，则 TS\_BIAS 引脚与 REGN 断开连接。

TS\_BIAS 引脚具有短路保护功能。如果在 TS\_BIAS 引脚上检测到短路，则会禁用开关以将短路与 REGN 断开。如果发生这种情况，则 TS\_STAT 寄存器设置为 111。充电和 OTG 模式会被暂停，直到短路消失。

#### 6.3.5.5 充电安全计时器

BQ24138 内置三个安全计时器，可防止因电池状况异常导致充电周期延长。快速充电安全计时器和预充电安全计时器分别通过 I<sup>2</sup>C CHG\_TMR 和 PRECHG\_TMR 字段进行设置。涓流充电计时器固定为 1 小时。

通过设置 EN\_SAFETY\_TMRS = 0，可以禁用涓流充电、预充电和快速充电安全计时器。无论充电器处于哪个充电阶段，都可以随时启用 EN\_SAFETY\_TMRS。只要以下两个条件同时为真，每个计时器就会开始计数：EN\_SAFETY\_TMRS=1，且相应的充电阶段处于激活状态。

当快速充电、涓流充电或预充电安全计时器到期时，SAFETY\_TMR\_STAT 和 SAFETY\_TMR\_FLAG 位设置为 1。

如果设置 EN\_TMR2X 位，会导致充电电流减小的事件也会导致充电安全计时器以半时钟速率计数。

在会暂停充电的故障期间，无论 EN\_TMR2X 位的状态如何，充电、预充电和涓流安全计时器也会暂停。一旦故障消失，充电即会恢复，安全计时器会从计时器停止位置恢复。

充电安全计时器和充电终止可同时禁用。在这种情况下，充电会持续运行，直到主机禁用计时器。

### 6.3.6 USB On-The-Go (OTG)

#### 6.3.6.1 升压 OTG 模式

该器件支持升压转换器运行模式，以从电池向 VBUS 供电。输出电压在 VOTG 中设置，最大电流在 IOTG 中设置。成功进入升压 OTG 后，VBUS\_STAT 设置为 111。当满足以下条件时，将启用升压运行：

1. BAT 高于  $V_{BAT\_OTG}$
2. VBUS 低于  $V_{BAT}+V_{SLEEP}$
3. 升压模式运行启用 (EN\_OTG = 1)
4.  $V_{TS\_OTG\_HOT} < V_{TS} < V_{TS\_OTG\_COLD}$

5.  $V_{REGN} > V_{REGN\_OK}$
6. EN\_OTG = 1 后延迟 30ms
7. 升压模式调节电压 (VOTG) 大于电池电压的 105%。

以下任何情况都将导致退出升压 OTG。除非另有说明，否则通过设置 EN\_OTG = 0 退出将进入仅电池模式：

- 禁用了 OTG 模式 (EN\_OTG = 0)。
- 通过设置 EN\_OTG = 0，进入关断、，然后根据选择进入关断、超低功率模式或系统电源复位状态。

### 6.3.7 用于监测的集成 12 位 ADC

BQ24138 提供了一个集成的 12 位 ADC 供主机监测各种系统参数。ADC\_RATE 位可控制连续转换或单次转换行为。

要启用 ADC，必须将 ADC\_EN 位设置为“1”。默认情况下会禁用 ADC (ADC\_EN = 0) 以节能。如果  $V_{BUS} > V_{POORSRC}$  或  $V_{BAT} > V_{BAT\_LOWV}$  有效，则允许 ADC 运行。如果在  $V_{BUS}$  或  $V_{BAT}$  达到各自的有效阈值之前 ADC\_EN 设置为“1”，则 ADC\_EN 保持为“0”。当充电器切换至 HIZ 模式时，ADC 将暂停。

在仅电池状态下，如果启用 TS\_ADC 通道，则 ADC 仅在电池电压高于 3.2V (打开 REGN 所需的最小值) 时运行，否则，ADC 在电池电压高于  $V_{BAT\_LOWV}$  时运行。

仅在单次模式下完成转换时才会设置 ADC\_DONE\_STAT 和 ADC\_DONE\_FLAG 位。在连续转换模式期间，ADC\_DONE\_STAT 和 ADC\_DONE\_FLAG 位没有任何意义并且保持为 0。在单次触发模式下，当转换完成时，EN\_ADC 位将设置为 0，同时还会设置 ADC\_DONE\_FLAG 位。在连续模式下，位保持为 1，直到用户通过将 EN\_ADC 设置为 0 来禁用 ADC。

### 6.3.8 状态输出 ( $\overline{INT}$ 、 $\overline{PG}$ 、STAT)

#### 6.3.8.1 $\overline{PG}$ 引脚电源正常指示器

在以下情况下， $\overline{PG}$  引脚会变为低电平以指示输入源正常：

- $V_{BUS}$  高于  $V_{BUS\_UVLOZ}$
- $V_{BUS}$  高于电池电压 (未处于睡眠状态)
- $V_{BUS}$  低于  $V_{BUS\_OVP}$  阈值
- 施加  $I_{POORSRC}$  电流时， $V_{BUS}$  高于  $V_{POORSRC}$  (非不良源问题)

#### 6.3.8.2 充电状态指示灯 (STAT)

BQ24138 会在开漏 STAT 引脚上指示充电状态。STAT 引脚可驱动一个 LED。STAT 引脚功能可使用 DIS\_STAT 位禁用。禁用后，开漏 STAT 引脚被置于高阻抗状态，如果有一个外部上拉电阻，这会将导致该引脚被拉至高电平。如果 DIS\_STAT 设置为 1 (禁用)，则该引脚可保持悬空。

表 6-4. STAT 引脚状态

充电状态	STAT 指示灯
正在充电 (包括再充电)	低电平
未充电，未检测到故障。(包括充电完成，EN_CHG = 0， $\overline{CE}$ 高电平，EN_HIZ = 1，无适配器存在，处于 OTG 模式。)	高电平
充电暂停 升压模式暂停	以 1Hz 的频率闪烁

#### 6.3.8.3 主机中断 ( $\overline{INT}$ )

在许多应用中，主机不会持续轮询充电器状态寄存器，而是会使用  $\overline{INT}$  引脚以 256  $\mu$ s 的  $\overline{INT}$  脉冲向主机告知状态变化。在接收到中断脉冲时，主机可以读取标志寄存器 (Charger\_Flag\_X 和 FAULT\_Flag\_X) 以确定引起中断的事件，对于每个已确定的事件，还会读取相应的状态寄存器 (Charger\_Status\_X 和 FAULT\_Status\_X) 以确定当前状态。一旦设置为 1，标志位便会保持锁存，直到主机读取标志位而将其清零。但是，只要状态发生变化，状态位就会更新，因此始终代表系统的当前状态。

可以屏蔽掉  $\overline{\text{INT}}$  事件，防止在发生这些脉冲时发出  $\overline{\text{INT}}$  脉冲，但初始上电中断除外。屏蔽中断事件的方法是在寄存器中设置其屏蔽位 (Charger\_Mask\_X 和 FAULT\_Mask\_X)。无论中断脉冲是否被屏蔽，事件始终会导致相应的标志位设置为 1。

### 6.3.9 BATFET 控制

器件具有集成的双向阻断 BATFET，可关闭该 BATFET 以消除电池到系统的漏电流。BATFET 由 BATFET\_CTRL 寄存器位控制，并支持关断模式、超低功耗模式和系统电源复位。

表 6-5. BATFET 控制模式

模式	BATFET	I <sup>2</sup> C	进入，无适配器	进入，有适配器， BATFET_CTRL_WVBUS = 0	进入，有适配器， BATFET_CTRL_WVBUS = 1	退出
正常	开启	有效	不适用			不适用
关断模式	关闭	关闭	写入 BATFET_CTRL = 01 会在 BATFET_DLY 之后关闭 BATFET 并进入关断模式。	无论 BATFET_CTRL_WVBUS 设置怎样，在存在适配器的情况下写入 BATFET_CTRL = 01 都会被忽略，并且 BATFET_CTRL 会复位至 00。		适配器插入
超低功率模式	关闭	有效	写入 BATFET_CTRL = 10 会在 BATFET_DLY 之后关闭 BATFET 并进入超低功耗模式。	当存在适配器时，写入 BATFET_CTRL = 10 无效。当 BATFET_DLY 过期且适配器已移除时，器件会关闭 BATFET 并进入超低功耗模式。在移除适配器之前写入 BATFET_CTRL = 00 会中止超低功耗模式。	写入 BATFET_CTRL = 10 会在 BATFET_DLY 之后关闭 BATFET。当 BATFET_DLY 过期且适配器已移除时，器件会进入超低功耗模式。在移除适配器之前写入 BATFET_CTRL = 00 会打开 BATFET 并中止超低功耗模式。	$\overline{\text{QON}}$ 、I <sup>2</sup> C、适配器插入
系统复位	从开到关再到开	有效	写入 BATFET_CTRL = 11 会在 BATFET_DLY 之后启动系统复位。保持 $t_{\text{QON\_RST}}$ 的 $\overline{\text{QON}}$ 为低电平会立即启动复位 ( 不应使用 BATFET_DLY )。	写入 BATFET_CTRL = 11 会被忽略，并且 BATFET_CTRL 复位至 00。保持 $t_{\text{QON\_RST}}$ 的 $\overline{\text{QON}}$ 为低电平会被忽略。	写入 BATFET_CTRL = 11 会在 BATFET_DLY 之后启动系统复位。保持 $t_{\text{QON\_RST}}$ 的 $\overline{\text{QON}}$ 为低电平会立即启动复位。在系统复位期间，转换器被置于 HIZ，并在系统复位完成时退出 HIZ。	不适用

#### 6.3.9.1 关断模式

为了尽可能减小电池漏电流，主机可以通过将寄存器位 BATFET\_CTRL 设置为 01 来关闭器件。在此模式下，BATFET 关闭以防止电池为系统供电，I<sup>2</sup>C 禁用，充电器完全关断。只有插入适配器才能唤醒充电器。插入适配器后，器件将以其 POR 默认值中的所有寄存器设置重新启动。

主机将 BATFET\_CTRL 设置为 01 后，BATFET 在等待 24ms 或 12s 后关闭，如 BATFET\_DLY 寄存器位所配置。只有当  $V_{\text{VBUS}} < V_{\text{VBUS\_UVLO}}$  时才能进入关断模式，而不管 BATFET\_CTRL\_WVBUS 设置怎样，它对关断模式的进入没有影响。如果主机在  $V_{\text{VBUS}} > V_{\text{VBUS\_UVLOZ}}$  的情况下写入 BATFET\_CTRL = 01，则将忽略请求并将 BATFET\_CTRL 位设置回 00。

如果主机在升压 OTG 将 BATFET\_CTRL 写入 01，则 BQ24138 首先通过设置 EN\_OTG = 0 退出升压 OTG，然后进入关机模式。

$\overline{\text{QON}}$  在关断模式下无效。在关断期间， $\overline{\text{QON}}$  引脚上的内部上拉禁用，以防止引脚产生漏电流。

### 6.3.9.2 超低功耗模式 (ULPM)

在超低功耗模式下，BATFET 会关闭以防止电池为系统供电。主机可以通过设置  $BATFET\_CTRL = 10$  来让 BQ24138 进入超低功耗模式。超低功耗模式的静态电流略高于关断模式，但可以使用  $\overline{QON}$  或 I<sup>2</sup>C 命令来退出超低功耗模式。器件通过以下任一方法退出超低功耗模式：

- 将  $t_{SM\_EXIT}$  的  $\overline{QON}$  引脚拉至低电平
- 通过 I<sup>2</sup>C 将  $BATFET\_CTRL$  写入 00
- $V_{VBUS} > V_{VBUS\_UVLOZ}$  (适配器插入)

当充电器退出超低功耗模式时，寄存器重置为 POR 值。

仅当不存在适配器时才进入超低功耗模式。当  $V_{VBUS} > V_{VBUS\_UVLOZ}$  (存在适配器) 时，设置  $BATFET\_CTRL = 10$  会禁用 BATFET 或不会立即生效，具体取决于  $BATFET\_CTRL\_WVBUS$  的设置。

### 6.3.9.3 系统电源复位

当转换器未运行时，BATFET 充当电池和系统之间的负载开关。将 BATFET 的状态从开更改为关，可以对连接到 SYS 的系统进行下电上电。以下任一情况都会启动系统电源复位：

- $BATFET\_CTRL\_WVBUS = 1$  且  $\overline{QON}$  拉至低电平达  $t_{QON\_RST}$
- $BATFET\_CTRL\_WVBUS = 1$  且  $BATFET\_CTRL = 11$
- $BATFET\_CTRL\_WVBUS = 0$ 、 $V_{BUS} < V_{VBUS\_UVLO}$ ，同时  $\overline{QON}$  拉至低电平达  $t_{QON\_RST}$
- $BATFET\_CTRL\_WVBUS = 0$ 、 $V_{BUS} < V_{VBUS\_UVLO}$  且  $BATFET\_CTRL = 11$

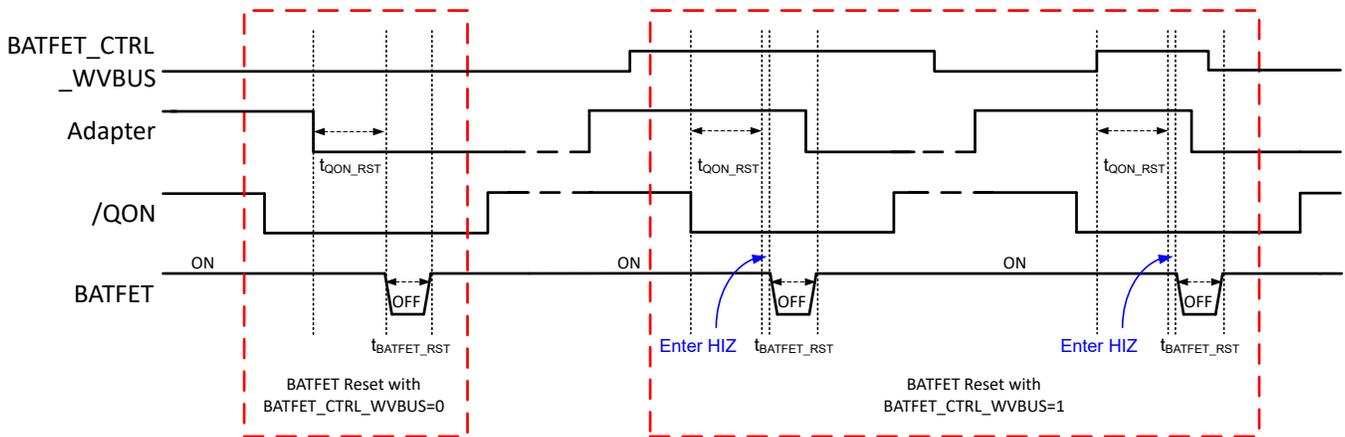


图 6-7. 系统电源复位时序

当  $BATFET\_CTRL\_WVBUS$  设置为 1 时，如果  $BATFET\_CTRL = 11$  或  $\overline{QON}$  拉至低电平达  $t_{QON\_RST}$ ，无论  $V_{BUS}$  是否存在，系统电源复位都会继续。在启动系统电源复位之前，有一个  $t_{BATFET\_DLY}$  的延迟。如果  $\overline{QON}$  拉至低电平，无论  $BATFET\_DLY$  如何设置， $t_{QON\_RST}$  完成后都不会有延迟。

系统电源复位可在仅电池条件、OTG 模式或正向充电模式 (存在适配器) 下启动。如果在充电器处于升压 OTG 模式时复位系统电源，则首先通过设置  $EN\_OTG = 0$  来终止升压 OTG 模式。

### 6.3.10 保护功能

#### 6.3.10.1 仅电池模式和 HIZ 模式下的电压和电流监测

在没有适配器的情况下使用电池运行或在高阻抗模式下使用电池运行时，器件监测一组减少的电压和电流。

##### 6.3.10.1.1 电池过流保护

BQ24138 具有两级电池过流保护。 $I_{BAT\_PK}$  阈值由  $IBAT\_PK$  设置，可为电池放电提供快速 (100  $\mu$ s) 保护。 $I_{BATFET\_OCP}$  为 BATFET 提供较慢的 (50ms) 固定阈值保护。如果电池放电电流在抗尖峰脉冲时间内高于任一阈值，则  $BAT\_FAULT\_STAT$  和  $BAT\_FAULT\_FLAG$  故障寄存器位会设置为 1，而 BATFET 将进入一种关断时间为

100ms、(仅限规格)。在断续模式下禁用 BATFET 后，BAT\_FAULT\_STAT 立即返回 0。一旦 BATFET 重新打开， $I_{BAT\_PK}$  和  $I_{BATFET\_OCP}$  阈值将根据其各自的抗尖峰脉冲时间进行重新计算。在升压 OTG 模式下，如果电池放电电流在各自的抗尖峰脉冲时间内高于  $I_{BAT\_PK}$  或  $I_{BATFET\_OCP}$ ，则充电器通过清除 EN\_OTG 位退出 OTG 模式。

#### 6.3.10.1.2 电池欠压锁定

在纯电池模式下，如果  $V_{BAT}$  下降到低于  $V_{BAT\_UVLO}$  以下，则 BQ24138 会禁用 BATFET，断开系统与电池的连接。 $I^2C$  也被禁用。当  $V_{BAT}$  上升到高于  $V_{BAT\_UVLOZ}$  或  $V_{VBUS}$  上升到高于  $V_{VBUS\_UVLOZ}$  时，退出欠压锁定条件后， $I^2C$  被重新启用，并且寄存器被复位为 POR 值。

#### 6.3.10.2 降压模式下的电压和电流监测

##### 6.3.10.2.1 输入过压

如果 VBUS 电压上升到高于  $V_{VBUS\_OVP}$ ，则转换器会立即停止开关以保护内部功率 MOSFET，并施加  $I_{PMID\_LOAD}$  放电电流以降低 VBUS 电压。VBUS\_FAULT\_FLAG 设置为 1，VBUS\_FAULT\_STAT 位转换为 1。当 VBUS 电压降回到  $V_{VBUS\_OVPZ}$  以下时，VBUS\_FAULT\_STAT 转换为 0，转换器恢复开关行为。

##### 6.3.10.2.2 系统过压保护 (SYSOVP)

当 VSYS 在正向转换器运行模式下下降至高于  $V_{SYS\_OVP}$  时，转换器立即停止开关以限制电压过冲，并应用  $I_{SYS\_LOAD}$  来拉低系统电压。VSYS\_FAULT\_FLAG 设置为 1，VSYS\_FAULT\_STAT 转换为 1。VSYS 降至低于  $V_{SYS\_OVP}$  后，转换器恢复开关行为，30mA 放电电流将消失，VSYS\_FAULT\_STAT 转换为 0。

##### 6.3.10.2.3 正向转换器逐周期电流限制

转换器在开关 MOSFET 中具有逐周期峰值过流保护。在正向模式下，如果流经 Q2 的电流超过  $I_{HSFET\_OCP}$ ，转换器在开关周期的剩余时间内立即关闭高侧栅极驱动器。正常开关在下一个开关周期恢复。

##### 6.3.10.2.4 系统短路

当 SYS 电压降至低于  $V_{SYS\_SHORT}$  时，充电器会进入 PFM 运行模式，以便将输出电流限制在大约 0.5A 或更低。SYS\_FAULT\_STAT 和 SYS\_FAULT\_FLAG 位设置为 1。如果  $V_{SYS}$  升至高于  $V_{SYS\_SHORTZ}$ ，则转换器会退出强制 PFM 模式，并且 SYS\_FAULT\_STAT 位设置为 0。

##### 6.3.10.2.5 电池过压保护 (BATOVP)

当  $V_{BAT}$  转换高于  $V_{BAT\_OVP}$  时，BQ24138 立即通过关闭转换器来禁用充电。则 BAT\_FAULT\_FLAG 设置为 1，BAT\_FAULT\_STAT 转换为 1。一旦  $V_{BAT}$  下降到低于  $V_{BAT\_OVPZ}$ ，充电就会恢复并且 BAT\_FAULT\_STAT 转换回 0。

##### 6.3.10.2.6 睡眠比较器和不良源比较器

如果适配器电压不足以在为电池充电时维持降压转换器的运行，则会使用睡眠比较器来暂停转换器。如果  $V_{VBUS}$  降至低于  $V_{BAT} + V_{SLEEP}$  并，则转换器会停止开关， $\overline{PG}$  引脚转换为高电平。如果  $V_{VBUS}$  升回至高于  $V_{BAT} + V_{SLEEPZ}$ ，则转换器会重启，并且  $\overline{PG}$  引脚转换为低电平。

如果  $V_{VBUS}$  降至低于  $V_{POORSRC}$ ，则转换器会停止开关， $\overline{PG}$  引脚转换为高电平（如果由于睡眠比较器而尚未暂停和处于高电平），VBUS\_STAT 转换为 000，并且该器件转换为纯电池模式。如果  $V_{VBUS}$  升至高于  $V_{POORSRC}$ ，则连接了新的适配器并且不良源鉴定运行。VBUS\_STAT 和  $\overline{PG}$  引脚状态将由节 6.3.3 中所述的适配器连接序列确定。

#### 6.3.10.3 升压模式下的电压和电流监测

器件可密切监测 VBUS、SYS 和 BAT 电压以及 VBUS、BAT 和 FET 电流，以在反向模式下安全运行。

##### 6.3.10.3.1 升压模式过压保护

在 OTG 运行期间，BQ24138 使用两个比较器来检测 VBUS 和 PMID 上的输出过压。如果 VBUS 或 PMID 电压上升到高于其 OVP 阈值，则转换器停止开关并尝试对电压放电。

如果 VBUS 上的 OVP 条件 或者 PMID 上的 OVP 条件持续存在 t，则 OTG\_FAULT\_FLAG 设置为 1、OTG\_FAULT\_STAT 转换为 1 并且转换器断电进入故障状态且器件通过设置 EN\_OTG = 0 退出 OTG 模式。

#### **6.3.10.3.2 升压模式占空比保护**

在初始启动消隐期后，BQ24138 在升压 OTG 模式下监测 PMID 电压，以验证 PMID 电压是否保持在 VSYS 以上，从而保持最小占空比。如果  $V_{PMID}$  降至低于  $V_{BOOST\_DUTY}$  (典型值为 105%  $V_{SYS}$ )，转换器将停止并进入断续模式。

如果升压转换器无法从断续模式中恢复，EN\_OTG 位将清零，器件退出升压模式。主机可以通过设置 EN\_OTG = 1 来尝试重新启动升压 OTG 模式。

#### **6.3.10.3.3 升压模式 PMID 欠压保护**

在升压 OTG 模式期间，BQ24138 转换器监测 PMID 是否欠压。如果 PMID 电压下降到低于  $V_{OTG\_UVP}$ ，转换器将停止并进入断续模式。

如果升压转换器无法从断续模式中恢复，EN\_OTG 位将清零，器件退出升压模式。主机可以通过设置 EN\_OTG = 1 来尝试重新启动升压 OTG 模式。

#### **6.3.10.3.4 升压模式电池欠压**

如果  $V_{BAT}$  在 OTG 模式期间降至低于  $V_{BAT\_OTGZ}$ ，则充电器通过设置 EN\_OTG = 0 退出 OTG 模式，并且 BAT\_FAULT\_STAT 和 BAT\_FAULT\_FLAG 设置为 1。在  $V_{BAT} < V_{BAT\_OTG}$  时设置 EN\_OTG = 1 不会进入 OTG，并且 EN\_OTG 位将清零。当电池的充电电压高于  $V_{BAT\_OTG}$  时，可以通过设置 EN\_OTG = 1 来进入 OTG 模式。

#### **6.3.10.3.5 升压转换器逐周期电流限制**

转换器在开关 MOSFET 中具有逐周期峰值过流保护。在 OTG 模式下，如果流经 Q3 的电流超过  $I_{Q3\_CBC}$ ，转换器将在开关周期的剩余时间内立即关闭低侧栅极驱动。正常开关在下一个开关周期恢复。

#### **6.3.10.3.6 升压模式 SYS 短路**

如果 VSYS 在升压 OTG 模式中下降到低于 VSYS\_SHORT，则 BQ24138 会立即停止升压转换器，进入断续模式，并将 SYS\_FAULT\_FLAG 设置为 1。

如果升压转换器无法从断续模式中恢复，EN\_OTG 位将清零，器件退出升压模式。主机可以通过设置 EN\_OTG = 1 来尝试重新启动升压 OTG 模式。

### **6.3.10.4 热调节和热关断**

#### **6.3.10.4.1 降压模式下的过热保护**

该器件会监测内部结温  $T_J$  以避免芯片过热，并在降压模式下限制 IC 结温。当内部结温超过  $T_{REG}$  热调节限值 (TREG 寄存器配置) 时，该器件会降低充电电流。在热调节期间，安全计时器以一半的时钟速率运行，并且 TREG\_FLAG 和 TREG\_STAT 位设置为 1。此外，该器件还具有热关断功能，可在 IC 结温超过  $T_{SHUT}$  时关闭转换器和 BATFET。故障位 TSHUT\_FLAG 设置为 1，TSHUT\_STAT 转换为 1。当 IC 温度比  $T_{SHUT}$  低  $T_{SHUT\_HYS}$  时，BATFET 和转换器重新启用，TSHUT\_STAT 转换到 0。

#### **6.3.10.4.2 升压模式下的过热保护**

该器件会监测内部结温以便在升压模式期间提供热关断。当 IC 结温超过  $T_{SHUT}$  时，通过将 EN\_OTG 位设置为低电平来禁用升压模式，BATFET 将关断，TSHUT\_FLAG 将设置为 1。当 IC 结温低于  $T_{SHUT} - T_{SHUT\_HYS}$  时，BATFET 会自动启用以允许系统恢复，并且主机可以重新启用 EN\_OTG 位以进行恢复。

#### **6.3.10.4.3 仅电池模式下的过热保护**

该器件会监测内部结温  $T_J$  以避免芯片过热，并在仅电池模式下限制 IC 结温。该器件具有热关断功能，可在 IC 结温超过  $T_{SHUT}$  时关断 BATFET。故障位 TSHUT\_FLAG 设置为 1，TSHUT\_STAT 转换为 1。当 IC 温度比  $T_{SHUT}$  低  $T_{SHUT\_HYS}$  时，BATFET 重新启用，TSHUT\_STAT 转换到 0。

## 6.4 器件功能模式

### 6.4.1 主机模式和默认模式

该器件是主机控制的充电器，但可在默认模式下运行，无需主机管理。在默认模式下，该器件可用作无主机或主机处于睡眠模式的自主充电器。当充电器处于默认模式时，WD\_STAT 位变为高电平，WD\_FLAG 设置为 1，INT 置为低电平以提醒主机（除非被 WD\_MASK 屏蔽）。在第一次读取时，WD\_FLAG 位读取值为 1，在后续读取时读取值为 0。当充电器处于主机模式时，WD\_STAT 位为低电平。

上电复位后，该器件在看门狗计时器到期的状态下以默认模式启动。所有寄存器均处于默认设置。

在默认模式下，该器件以默认的 1 小时涓流充电安全计时器、2.3 小时预充电安全计时器和 14 小时快速充电安全计时器为电池充电。1 小时/2.3 小时/14 小时计时器到期后，充电将停止，降压转换器继续运行，以便为系统负载供电。

对任何 I<sup>2</sup>C 寄存器的写入值均会将充电器从默认模式转换为主机模式，并启动看门狗计时器。主机可对所有器件参数进行编程。为了使器件保持在主机模式下，主机必须在看门狗计时器到期（WD\_STAT 位被置位）之前通过向 WD\_RST 位写入 1 来复位看门狗计时器，或者通过设置 WATCHDOG 位 = 00 来禁用看门狗计时器。

当看门狗到期时，该器件恢复到默认模式。当看门狗计时器到期时，ICHG 值会减半，而许多其他字段会复位为 POR 默认值，如寄存器映射部分中寄存器表的注释列所示。如果看门狗计时器已到期，则在写入任何值时都会将看门狗计时器复位。当看门狗计时器到期时，WD\_STAT 和 WD\_FLAG 设置为 1，INT 置为低电平以提醒主机（除非被 WD\_MASK 屏蔽）。

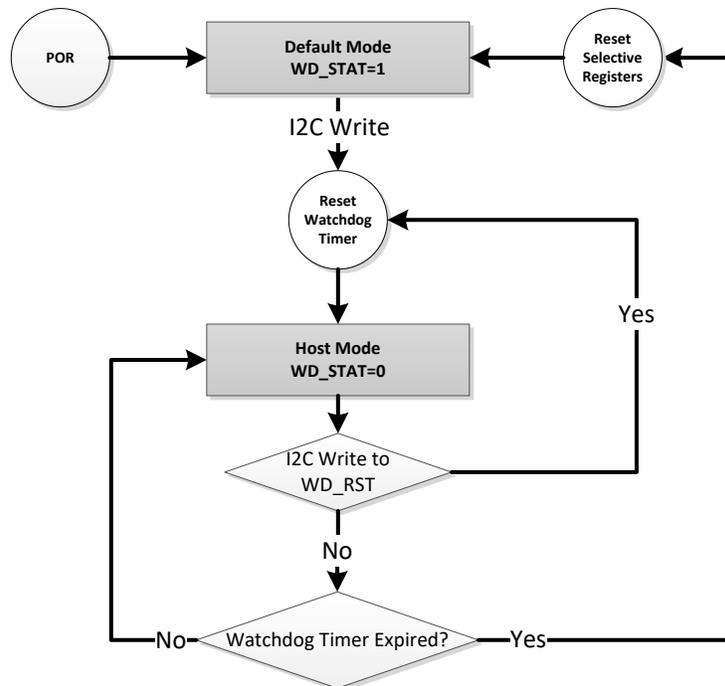


图 6-8. 看门狗计时器流程图

### 6.4.2 复位寄存器位

除了在默认模式下由看门狗计时器复位寄存器外，还可以通过向 REG\_RST 位写入 1 将寄存器和计时器复位为默认值。寄存器映射一节中针对可由 REG\_RST 位进行复位的寄存器位进行了说明。寄存器复位后，REG\_RST 位自动从 1 恢复为 0。

## 6.5 编程

### 6.5.1 串行接口

BQ24138 使用与 I<sup>2</sup>C 兼容的接口，可实现灵活的充电参数编程和瞬时器件状态报告。I<sup>2</sup>C 是一种双向 2 线制串行接口。只需要两条开漏总线线路：一条串行数据线 (SDA) 和一条串行时钟线 (SCL)。

该器件具有 7 位 I<sup>2</sup>C 地址 0x6B，通过“寄存器映射”中定义的寄存器地址从主机器件（例如微控制器或数字信号处理器）接收控制输入。主机器件启动所有传输，然后充电器做出响应。这些地址之外的寄存器读取操作会返回 0xFF。当总线空闲时，SDA 和 SCL 线都为高电平。

I<sup>2</sup>C 接口支持标准模式（高达 100kb/s）、快速模式（高达 400kb/s）和快速+ 模式（高达 1Mbps）。这些线路通过上拉电阻器上拉至基准电压。该器件的 I<sup>2</sup>C 检测阈值支持 1.2V 至 5V 的通信基准电压。

由于器件在低功耗模式下运行时具有超低 I<sub>Q</sub>，因此需要在 I<sup>2</sup>C 总线上的 START 命令和任何后续 START 命令之间验证至少 90 μs。建议的最小 t<sub>buf</sub>（停止和启动条件之间的总线空闲时间）取决于 I<sup>2</sup>C 模式：

- 标准模式 (100kb/s) :
  - 无额外要求
- 快速模式 (400kb/s) :
  - 将 I<sup>2</sup>C t<sub>buf</sub> 增加到至少 68 μs
  - 如果使用重复的开始命令，请确保 I<sup>2</sup>C tsu:STA 至少为 68 μs
- 超快速模式 (1Mb/s) :
  - 将 I<sup>2</sup>C t<sub>buf</sub> 增加到至少 81 μs
  - 如果使用重复的开始命令，请确保 I<sup>2</sup>C tsu:STA 至少为 81 μs

这些建议假定 I<sup>2</sup>C 事务成功完成。在 NACK 的情况下，确保两条 START 命令之间至少相隔 90 μs。

#### 6.5.1.1 数据有效性

在时钟的高电平期间，SDA 线上的数据必须保持稳定。数据线的高电平或低电平状态只能在 SCL 线上的时钟信号为低电平时发生变化。为每个已传输的数据位生成一个时钟脉冲。

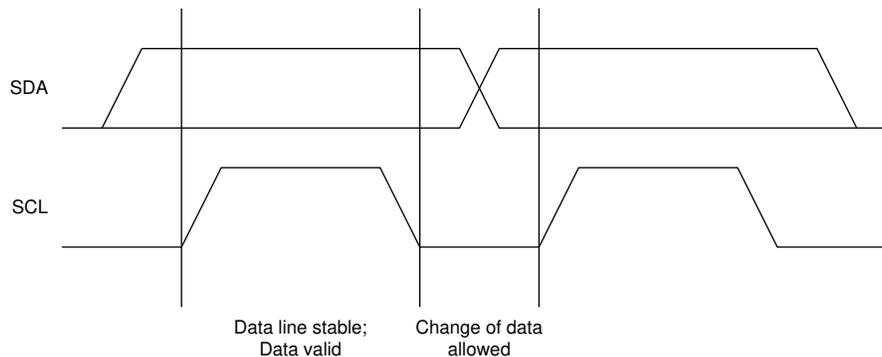
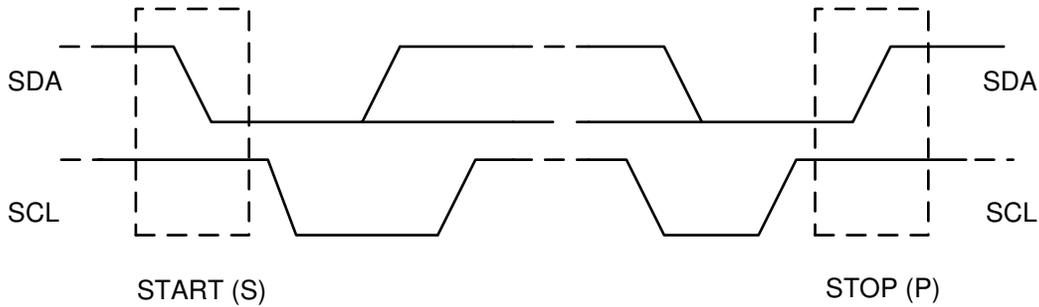


图 6-9. 在 I<sup>2</sup>C 总线上的位传输

#### 6.5.1.2 启动条件和停止条件

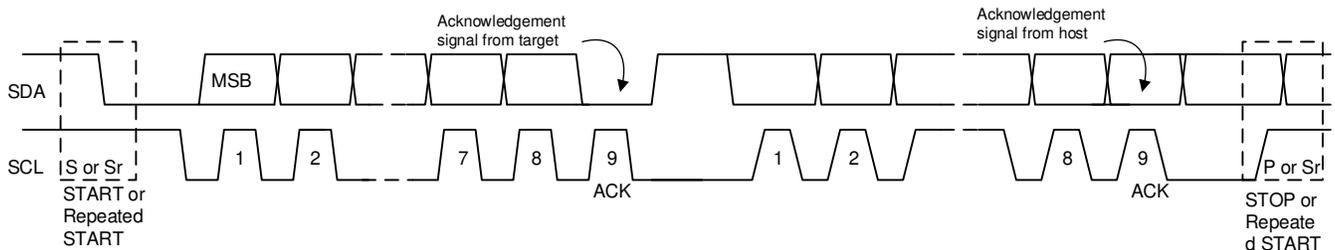
所有事务均以 START (S) 开始，并以 STOP (P) 终止。当 SCL 为高电平时，SDA 线上从低电平到高电平的转换将定义 START 条件。当 SCL 为高电平时，SDA 线上从低电平到高电平的转换将定义 STOP 条件。

START 和 STOP 条件始终由主机产生。总线在 START 条件之后被视为繁忙状态，在 STOP 条件之后被视为空闲状态。

图 6-10. I<sup>2</sup>C 总线上的 START 和 STOP 条件

### 6.5.1.3 字节格式

SDA 线上每个字节的长度都必须为 8 位。每次传输所要传输的字节数不受限制。每个数据字节必须后跟一个确认 (ACK) 位。传输数据时，最高有效位 (MSB) 优先。如果目标在执行完某个其他功能之前，无法接收或发送另外一个完整的数据字节，它可以将 SCL 线保持为低电平，以强制主机进入等待状态（时钟延展）。当目标准备好接收另一个数据字节并释放 SCL 线时，数据传输将继续。

图 6-11. I<sup>2</sup>C 总线上的数据传输

### 6.5.1.4 确认 (ACK) 和否定确认 (NACK)

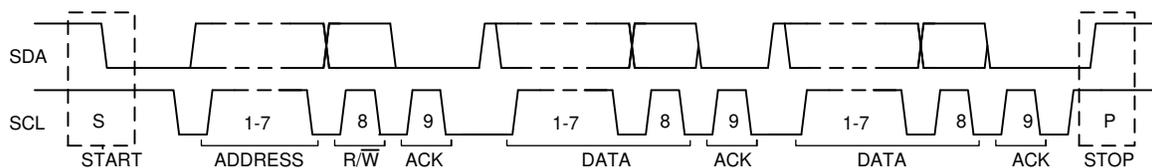
ACK 信号在每个传输字节之后发生。ACK 位允许主机向发送器发送信号，表明已成功收到该字节，可以发送另一个字节了。所有时钟脉冲（包括确认第 9 个时钟脉冲）均由主机生成。

发送器在确认时钟脉冲期间释放 SDA 线，让主机可以将 SDA 线拉至低电平，并在此第 9 个时钟脉冲的高电平期间保持稳定的低电平。

当 SDA 线在第 9 个时钟脉冲期间保持高电平时，会发出 NACK 信号。然后，主机可以生成 STOP（停止）来中止传输，或者生成重复的 START（开始）来开始新的传输。

### 6.5.1.5 目标地址和数据方向位

在 START 信号之后会发送目标地址。该地址为 7 位长，后跟第 8 位作为数据方向位（位 R/W）。零表示传输 (WRITE)，一表示数据请求 (READ)。该器件的 7 位地址定义为 1101 011' (0x6B)。地址位排列如下所示。

图 6-12. I<sup>2</sup>C 总线上的完整数据传输

### 6.5.1.6 单独写入和读取

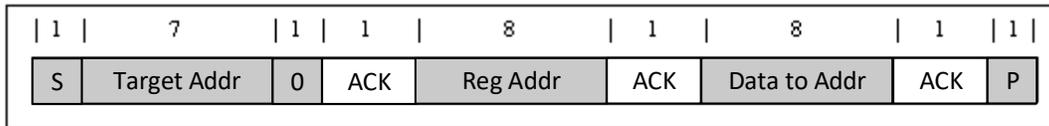


图 6-13. 单独写入

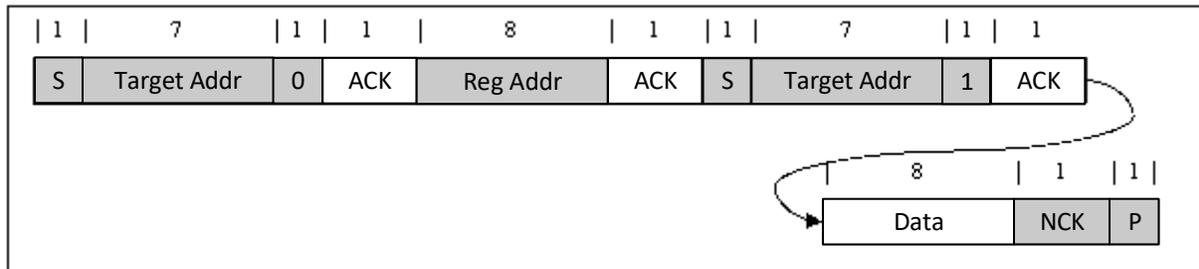


图 6-14. 单次读取

如果未定义寄存器地址，则充电器 IC 发回 NACK 并返回到空闲状态。

### 6.5.1.7 多个写入和多个读取

充电器器件支持对所有寄存器进行多字节读取和多字节写入。这些多字节操作可以跨越寄存器边界。例如，可以通过从寄存器地址 0x01 开始的 39 字节读取操作对整个寄存器映射进行单次读取。

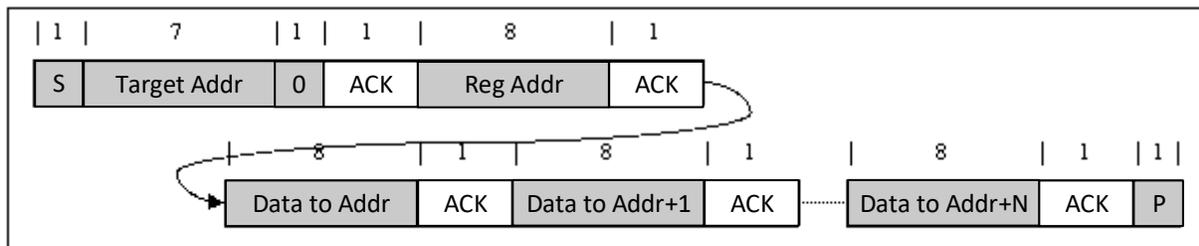


图 6-15. 多重写入

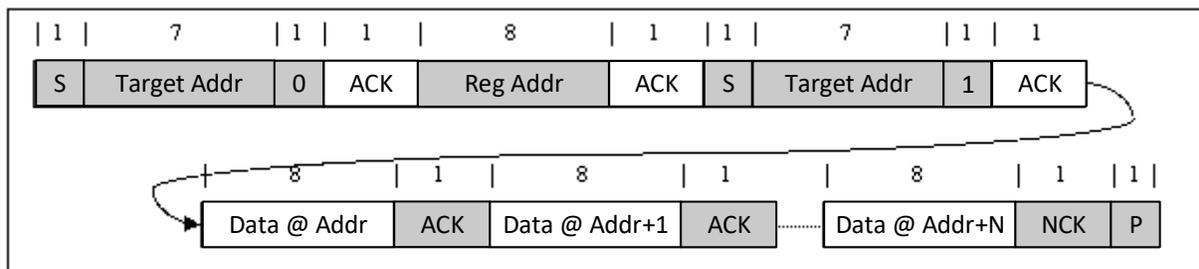


图 6-16. 多重读取

## 7 寄存器映射

I<sup>2</sup>C 器件地址：0x6B。

### 7.1 BQ24138 寄存器

表 7-1 列出了 BQ24138 寄存器的存储器映射寄存器。表 7-1 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留位置，并且不应修改寄存器内容。

**表 7-1. BQ24138 寄存器**

地址	首字母缩写词	寄存器名称	部分
0x2	REG0x02_Charge_Current_Limit	充电电流限制	<a href="#">转到</a>
0x4	REG0x04_Charge_Voltage_Limit	充电电压限值	<a href="#">转到</a>
0x6	REG0x06_Input_Current_Limit	输入电流限值	<a href="#">转到</a>
0x8	REG0x08_Input_Voltage_Limit	输入电压限值	<a href="#">转到</a>
0xA	REG0x0A_IOTG_regulation	IOTG 调节	<a href="#">转到</a>
0xC	REG0x0C_VOTG_regulation	VOTG 调节	<a href="#">转到</a>
0xE	REG0x0E_Minimal_System_Voltage	最小系统电压	<a href="#">转到</a>
0x10	REG0x10_Precharge_Control	预充电控制	<a href="#">转到</a>
0x12	REG0x12_Termination_Control	端接控制	<a href="#">转到</a>
0x14	REG0x14_Charge_Timer_Control	充电计时器控制	<a href="#">转到</a>
0x15	REG0x15_Charger_Control_0	充电器控制 0	<a href="#">转到</a>
0x16	REG0x16_Charger_Control_1	充电器控制 1	<a href="#">转到</a>
0x17	REG0x17_Charger_Control_2	充电器控制 2	<a href="#">转到</a>
0x18	REG0x18_Charger_Control_3	充电器控制 3	<a href="#">转到</a>
0x19	REG0x19_Charger_Control_4	充电器控制 4	<a href="#">转到</a>
0x1A	REG0x1A_Charger_Control_5	充电器控制 5	<a href="#">转到</a>
0x1C	REG0x1C_NTC_Control_0	NTC 控制 0	<a href="#">转到</a>
0x1D	REG0x1D_NTC_Control_1	NTC 控制 1	<a href="#">转到</a>
0x1E	REG0x1E_NTC_Control_2	NTC 控制 2	<a href="#">转到</a>
0x1F	REG0x1F_NTC_Control_3	NTC 控制 3	<a href="#">转到</a>
0x20	REG0x20_Charger_Status_0	充电器状态 0	<a href="#">转到</a>
0x21	REG0x21_Charger_Status_1	充电器状态 1	<a href="#">转到</a>
0x22	REG0x22_FAULT_Status	FAULT 状态	<a href="#">转到</a>
0x23	REG0x23_Charger_Flag_0	充电器标志 0	<a href="#">转到</a>
0x24	REG0x24_Charger_Flag_1	充电器标志 1	<a href="#">转到</a>
0x25	REG0x25_FAULT_Flag	FAULT 标志	<a href="#">转到</a>
0x26	REG0x26_Charger_Mask_0	充电器屏蔽 0	<a href="#">转到</a>
0x27	REG0x27_Charger_Mask_1	充电器屏蔽 1	<a href="#">转到</a>
0x28	REG0x28_FAULT_Mask	FAULT 屏蔽	<a href="#">转到</a>
0x29	REG0x29_ICO_Current_Limit	ICO 电流限值	<a href="#">转到</a>
0x2B	REG0x2B_ADC_Control	ADC 控制	<a href="#">转到</a>
0x2C	REG0x2C_ADC_Channel_Disable	ADC 通道禁用	<a href="#">转到</a>
0x2D	REG0x2D_IBUS_ADC	IBUS ADC	<a href="#">转到</a>
0x2F	REG0x2F_IBAT_ADC	IBAT ADC	<a href="#">转到</a>
0x31	REG0x31_VBUS_ADC	VBUS ADC	<a href="#">转到</a>

表 7-1. BQ24138 寄存器 (续)

地址	首字母缩写词	寄存器名称	部分
0x33	REG0x33_VPMID_ADC	VPMID ADC	<a href="#">转到</a>
0x35	REG0x35_VBAT_ADC	VBAT ADC	<a href="#">转到</a>
0x37	REG0x37_VSYS_ADC	VSYS ADC	<a href="#">转到</a>
0x39	REG0x39_TS_ADC	TS ADC	<a href="#">转到</a>
0x3B	REG0x3B_TDIE_ADC	TDIE ADC	<a href="#">转到</a>
0x3F	REG0x3F_Part_Information	器件信息	<a href="#">转到</a>

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-2 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-2. BQ24138 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

### 7.1.1 REG0x02\_Charge\_Current\_Limit 寄存器 (地址 = 0x2) [复位 = 0x0640]

图 7-1 展示了 REG0x02\_Charge\_Current\_Limit，表 7-3 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-1. REG0x02\_Charge\_Current\_Limit 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					ICHG		
R-0x0					R/W-0x19		
7	6	5	4	3	2	1	0
ICHG		RESERVED					
R/W-0x19		R-0x0					

表 7-3. REG0x02\_Charge\_Current\_Limit 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:6	ICHG	R/W	0x19	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例。看门狗计时器到期将 ICHG 设置为其先前值的 1/2 (向下舍入) 复位方法： REG_RESET 看门狗	充电电流调节限值： 注意：当 Q4_FULLLON=1 时，该寄存器的最小值为 320mA POR：2000mA (19h) 范围：80mA-5040mA (1h-3Fh) 钳位至低电平 位步长：80mA
5:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.2 REG0x04\_Charge\_Voltage\_Limit 寄存器 (地址 = 0x4) [复位 = 0x0D20]

图 7-2 展示了 REG0x04\_Charge\_Voltage\_Limit，表 7-4 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-2. REG0x04\_Charge\_Voltage\_Limit 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				VREG			
R-0x0				R/W-0x1A4			
7	6	5	4	3	2	1	0
VREG				RESERVED			
R/W-0x1A4				R-0x0			

表 7-4. REG0x04\_Charge\_Voltage\_Limit 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:3	VREG	R/W	0x1A4	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET	电池电压调节限值： POR：4200mV (1A4h) 范围：3500mV-4800mV (15Eh-1E0h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：10mV
2:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.3 REG0x06\_Input\_Current\_Limit 寄存器 (地址 = 0x6) [复位 = 0x0A00]

图 7-3 展示了 REG0x06\_Input\_Current\_Limit，表 7-5 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-3. REG0x06\_Input\_Current\_Limit 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				IINDPM			
R-0x0				R/W-0xA0			
7	6	5	4	3	2	1	0
IINDPM				RESERVED			
R/W-0xA0				R-0x0			

表 7-5. REG0x06\_Input\_Current\_Limit 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:4	IINDPM	R/W	0xA0	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET 适配器拔下	输入电流调节限值： POR：3200mA (A0h) 范围：100mA-3200mA (5h-A0h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.4 REG0x08\_Input\_Voltage\_Limit 寄存器 (地址 = 0x8) [复位 = 0x0DC0]

图 7-4 展示了 REG0x08\_Input\_Voltage\_Limit，表 7-6 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-4. REG0x08\_Input\_Voltage\_Limit 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				VINDPM			
R-0x0				R/W-0x6E			

图 7-4. REG0x08\_Input\_Voltage\_Limit 寄存器 (续)

7	6	5	4	3	2	1	0
VINDPM			RESERVED				
R/W-0x6E			R-0x0				

表 7-6. REG0x08\_Input\_Voltage\_Limit 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:14	RESERVED	R	0x0		保留
13:5	VINDPM	R/W	0x6E	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例	绝对输入电压调节限值： POR : 4400mV (6Eh) 范围 : 3800mV-13000mV (5Fh-145h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 40mV
4:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.5 REG0x0A\_IOTG\_regulation 寄存器 (地址 = 0xA) [复位 = 0x04B0]

图 7-5 展示了 REG0x0A\_IOTG\_regulation，表 7-7 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-5. REG0x0A\_IOTG\_regulation 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					IOTG		
R-0x0					R/W-0x4B		
7	6	5	4	3	2	1	0
IOTG				RESERVED			
R/W-0x4B				R-0x0			

表 7-7. REG0x0A\_IOTG\_regulation 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:4	IOTG	R/W	0x4B	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET 看门狗	OTG 模式电流调节限值： POR : 1500mA (4Bh) 范围 : 100mA-3200mA (5h-A0h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.6 REG0x0C\_VOTG\_regulation 寄存器 (地址 = 0xC) [复位 = 0x1000]

图 7-6 展示了 REG0x0C\_VOTG\_regulation，表 7-8 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-6. REG0x0C\_VOTG\_regulation 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					VOTG		
R-0x0					R/W-0x40		
7	6	5	4	3	2	1	0
VOTG		RESERVED					
R/W-0x40		R-0x0					

图 7-6. REG0x0C\_VOTG\_regulation 寄存器 (续)

表 7-8. REG0x0C\_VOTG\_regulation 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:13	RESERVED	R	0x0		保留
12:6	VOTG	R/W	0x40	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET	OTG 模式调节电压： POR : 5120mV (40h) 范围 : 3840mV-7520mV (30h-5Eh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 80mV
5:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.7 REG0x0E\_Minimal\_System\_Voltage 寄存器 (地址 = 0xE) [复位 = 0x0B00]

图 7-7 展示了 REG0x0E\_Minimal\_System\_Voltage，表 7-9 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-7. REG0x0E\_Minimal\_System\_Voltage 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED						VSYSMIN	
R-0x0						R/W-0x2C	
7	6	5	4	3	2	1	0
VSYSMIN		RESERVED					
R/W-0x2C		R-0x0					

表 7-9. REG0x0E\_Minimal\_System\_Voltage 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:6	VSYSMIN	R/W	0x2C	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET	最小系统电压： POR : 3520mV (2Ch) 范围 : 2560mV-3840mV (20h-30h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 80mV
5:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.8 REG0x10\_Precharge\_Control 寄存器 (地址 = 0x10) [复位 = 0x00A0]

图 7-8 展示了 REG0x10\_Precharge\_Control，表 7-10 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-8. REG0x10\_Precharge\_Control 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED						IPRECHG	
R-0x0						R/W-0xA	
7	6	5	4	3	2	1	0
IPRECHG			RESERVED				
R/W-0xA			R-0x0				

表 7-10. REG0x10\_Precharge\_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:10	RESERVED	R	0x0		保留
9:4	IPRECHG	R/W	0xA	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： REG_RESET	预充电电流调节限值： 注意：当 Q4_FULLON=1 时，该寄存器的最小值为 320mA  POR：200mA (Ah) 范围：40mA-1000mA (2h-32h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.9 REG0x12\_Termination\_Control 寄存器 (地址 = 0x12) [复位 = 0x00A0]

图 7-9 展示了 REG0x12\_Termination\_Control，表 7-11 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-9. REG0x12\_Termination\_Control 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED						ITERM	
R-0x0						R/W-0x14	
7	6	5	4	3	2	1	0
ITERM				RESERVED			
R/W-0x14				R-0x0			

表 7-11. REG0x12\_Termination\_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:10	RESERVED	R	0x0		保留
9:3	ITERM	R/W	0x14	复位方式： REG_RESET	终止电流阈值： 注意：当 Q4_FULLON=1 时，该寄存器的最小值为 240mA  POR：200mA (14h) 范围：60mA-1000mA (6h-64h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：10mA
2:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.10 REG0x14\_Charge\_Timer\_Control 寄存器 (地址 = 0x14) [复位 = 0x0C]

图 7-10 展示了 REG0x14\_Charge\_Timer\_Control，表 7-12 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-10. REG0x14\_Charge\_Timer\_Control 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
DIS_STAT	RESERVED	RESERVED	RESERVED	EN_TMR2X	EN_SAFETY_TMRS	PRECHG_TMR	CHG_TMR
R/W-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x0	R/W-0x0

表 7-12. REG0x14\_Charge\_Timer\_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	DIS_STAT	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	禁用 /STAT 引脚输出 0b = 启用 (默认值) 1b = 禁用
6	RESERVED	R	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	保留
5	RESERVED	R	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	保留
4	RESERVED	R	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	保留
3	EN_TMR2X	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	2X 充电计时器控制 0b = 在输入 DPM 或热调节期间，涓流充电、预充电和快速充电计时器不会减慢 2 倍。 1b = 在输入 DPM 或热调节期间，涓流充电、预充电和快速充电计时器会减慢 2 倍 (默认值)
2	EN_SAFETY_TMRS	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用快速充电、预充电和涓流充电计时器 0b = 禁用 1b = 启用 (默认值)
1	PRECHG_TMR	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	预充电安全计时器设置 0b = 2.3 小时 (默认值) 1b = 0.6 小时
0	CHG_TMR	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	快速充电安全计时器设置 0b = 14 小时 (默认值) 1b = 27 小时

## 7.1.11 REG0x15\_Charger\_Control\_0 寄存器 (地址 = 0x15) [复位 = 0x26]

图 7-11 展示了 REG0x15\_Charger\_Control\_0，表 7-13 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-11. REG0x15\_Charger\_Control\_0 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
Q1_FULLON	Q4_FULLON	ITRICKLE	TOPOFF_TMR	EN_TERM	VINDPM_BAT_TRAC K	VRECHG	
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x1	R/W-0x0	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x0

表 7-13. REG0x15\_Charger\_Control\_0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	Q1_FULLON	R/W	0x0		无论 IINDPM 设置怎样，强制将 RBFET (Q1) 置于低电阻状态 (15mΩ)。 0b = RBFET RDSON 由 IINDPM 设置确定 1b = RBFET RDSON 始终为 15mΩ
6	Q4_FULLON	R/W	0x0		无论 ICHG 设置怎样，强制将 BATFET (Q4) 置于低电阻状态 (7mΩ)。 0b = BATFET RDSON 由充电电流确定 1b = BATFET RDSON 始终为 7mΩ

表 7-13. REG0x15\_Charger\_Control\_0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
5	ITRICKLE	R/W	0x1	当 Q4_FULLON 时, 此设置强制为 80mA 复位方式: REG_RESET	涓流充电电流设置: 0b = 20mA 1b = 80mA
4:3	TOPOFF_TMR	R/W	0x0	复位方式: REG_RESET	充电完成计时器控制: 00b = 禁用 (默认值) 01b = 17.5 分钟 10b = 35 分钟 11b = 52 分钟
2	EN_TERM	R/W	0x1	复位方式: REG_RESET 看门狗	启用终止 0b = 禁用 1b = 启用 (默认值)
1	VINDPM_BAT_TRACK	R/W	0x1	复位方式: REG_RESET	设置 VINDPM 以跟踪 BAT 电压。实际 VINDPM 是 VINDPM 寄存器值和 VBAT + VINDPM_BAT_TRACK 中的较高者。 0b = 禁用功能 (VINDPM 由寄存器设置) 1b = VBAT + 350mV (默认值)
0	VRECHG	R/W	0x0	复位方式: REG_RESET	电池充电阈值偏移 (低于 VREG) 0b = 100mV (默认值) 1b = 200mV

### 7.1.12 REG0x16\_Charger\_Control\_1 寄存器 (地址 = 0x16) [复位 = 0xA1]

图 7-12 展示了 REG0x16\_Charger\_Control\_1, 表 7-14 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-12. REG0x16\_Charger\_Control\_1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
EN_AUTO_IBAT_DS CHG	FORCE_IBAT_DSCH G	EN_CHG	EN_HIZ	FORCE_PMI_DSC HG	WD_RST	看门狗	
R/W-0x1	R/W-0x0	R/W-0x1	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x1	

表 7-14. REG0x16\_Charger\_Control\_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_AUTO_IBAT_DS CHG	R/W	0x1	复位方式: REG_RESET	在电池 OVP 故障期间启用电池自动放电 0b = 在触发电池 OVP 期间, 充电器将不在 BAT 上施加放电电流 1b = 在触发电池 OVP 期间, 充电器将会在 BAT 上施加放电电流 (默认值)
6	FORCE_IBAT_DSC HG	R/W	0x0	复位方式: REG_RESET 看门狗	启用 BAT 下拉电流源 0b = 禁用 1b = 启用
5	EN_CHG	R/W	0x1	复位方式: REG_RESET 看门狗	充电器启用配置 0b = 充电禁用 1b = 充电启用 (默认值)
4	EN_HIZ	R/W	0x0	复位方式: REG_RESET 看门狗 适配器插入	启用 HIZ 模式。 在 VBUS 上插入适配器时, 该位将复位为 0。 0b = 禁用 (默认值) 1b = 启用

表 7-14. REG0x16\_Charger\_Control\_1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
3	FORCE_P MID_DSC HG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用 PMID 下拉电流源 (~30mA) 0b = 禁用 1b = 启用
2	WD_RST	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	I2C 看门狗计时器复位 0b = 正常 (默认值) 1b = 复位 (计时器复位后该位返回 0)
1:0	看门狗	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	看门狗计时器设置 00b = 禁用 01b = 40s (默认值) 10b = 80s 11b = 160s

## 7.1.13 REG0x17\_Charger\_Control\_2 寄存器 (地址 = 0x17) [复位 = 0x4F]

图 7-13 展示了 REG0x17\_Charger\_Control\_2，表 7-15 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-13. REG0x17\_Charger\_Control\_2 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
REG_RST	TREG	RESERVED		SET_CONV_STRN		SET_BATFET_STRN	VBUS_OVP
R/W-0x0	R/W-0x1	R-0x0		R/W-0x3		R/W-0x1	R/W-0x1

表 7-15. REG0x17\_Charger\_Control\_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	REG_RST	R/W	0x0		复位完成后，将寄存器复位为默认值，将计时器值复位为 0。 0b = 未复位 (默认值) 1b = 复位
6	TREG	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	热调节阈值。 0b = 60°C 1b = 120°C
5:4	RESERVED	R	0x0		保留
3:2	SET_CONV_STRN	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	调整转换器的驱动强度，以在效率与 EMI 之间进行调整。 00b = 将驱动强度降低三个步长 01b = 将驱动强度降低两个步长 10b = 将驱动强度降低一个步长 11b = 最大驱动强度 (默认设置)
1	SET_BATFET_STR N	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	调整 BATFET 的驱动强度以控制导通和关断速度。 0b = 降低驱动强度 1b = 最大驱动强度 (默认设置)
0	VBUS_OVP	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	设置 VBUS 过压保护阈值 0b = 6.3V 1b = 18.5V

## 7.1.14 REG0x18\_Charger\_Control\_3 寄存器 (地址 = 0x18) [复位 = 0x04]

图 7-14 展示了 REG0x18\_Charger\_Control\_3，表 7-16 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-14. REG0x18\_Charger\_Control\_3 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
EN_BYPASS_OTG	EN_OTG	DIS_PFM_OTG	DIS_PFM_FWD	BATFET_CTRL_WV BUS	BATFET_DLY	BATFET_CTRL	
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x1	R/W-0x0	

表 7-16. REG0x18\_Charger\_Control\_3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_BYPASS_OTG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用 OTG 旁路模式。 仅限规格：对于不支持 OTG 旁路模式的器件， 如果用户尝试设置为 1，则该位应复位为 0。  0b = 禁用 (默认值) 1b = 启用
6	EN_OTG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	OTG 模式控制  0b = OTG 禁用 (默认值) 1b = OTG 启用
5	DIS_PFM_OTG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	在 OTG 升压模式下禁用 PFM  0b = 启用 (默认值) 1b = 禁用
4	DIS_PFM_FWD	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	在正向降压模式下禁用 PFM  0b = 启用 (默认值) 1b = 禁用
3	BATFET_CTRL_WV BUS	R/W	0x0		无论是否存在适配器，均启动系统电源复位。  0b = 从 VBUS 中卸下适配器后开始系统电源复位。 (默认值) 1b = 启动系统电源复位，无论 VBUS 上是否存在适配器。
2	BATFET_DLY	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	BATFET_CTRL [1:0] 位采取操作所增加的延迟  0b = 添加 20ms 延迟时间 1b = 添加 10s 延迟时间
1:0	BATFET_CTRL	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	BATFET 控制 BATFET 的控制逻辑以强制器件进入不同的模式。  00b = 空闲 01b = 关断模式 10b = 运输模式 11b = 系统电源复位

### 7.1.15 REG0x19\_Charger\_Control\_4 寄存器 (地址 = 0x19) [复位 = 0x85]

图 7-15 展示了 REG0x19\_Charger\_Control\_4，表 7-17 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

EN\_EXT\_ILIM[2] 启用外部 ILIM 引脚输入电流调节 0b = 禁用 1b = 启用 POR = 1 复位方式：REG\_RESET 看门狗

图 7-15. REG0x19\_Charger\_Control\_4 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
IBAT_PK	VBAT_UVLO	VBAT_OTG_MIN	RESERVED	EN_EXT_ILIM	FORCE_ICO	EN_ICO	
R/W-0x2	R/W-0x0	R/W-0x0	R-0x0	R/W-0x1	R/W-0x0	R/W-0x1	

表 7-17. REG0x19\_Charger\_Control\_4 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	IBAT_PK	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	电池放电过流保护阈值 设置 00b = 3A 01b = 6A 10b = 9A 11b = 保留
5	VBAT_UVLO	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	选择 VBAT UVLO 下降阈值 0b = 2.2V (默认值) 1b = 1.8V
4	VBAT_OTG_MIN	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	选择最小电池电压以启动 OTG 模式 0b = 3V 上升/2.8V 下降 (默认值) 1b = 2.4V 上升/2.2V 下降
3	RESERVED	R	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	保留
2	EN_EXT_ILIM	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用外部 ILIM 引脚输入电流调节 0b = 禁用 1b = 启用
1	FORCE_ICO	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	强制启动输入电流优化器 (ICO)： 注意：仅可设置该位，并且在 ICO 启动后，该位始终返回到 0。仅当 EN_ICO = 1 时该位才有效 0b = 不强制启动 ICO 1b = 强制启动 ICO
0	EN_ICO	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	输入电流优化器 (ICO) 算法控制： 0b = 禁用 ICO 1b = 启用 ICO

## 7.1.16 REG0x1A\_Charger\_Control\_5 寄存器 (地址 = 0x1A) [复位 = 0x00]

图 7-16 展示了 REG0x1A\_Charger\_Control\_5，表 7-18 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-16. REG0x1A\_Charger\_Control\_5 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED			TQON_RST	TSM_EXIT	FORCE_ISYS_DSC HG	BATLOWV	
R-0x0			R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	

表 7-18. REG0x1A\_Charger\_Control\_5 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:5	RESERVED	R	0x0		保留
4	TQON_RST	R/W	0x0		系统复位 (tQON_RST) 控制： 0b = 10s 1b = 18s
3	TSM_EXIT	R/W	0x0		运输模式退出 (tSM_EXIT) 控制： 0b = 780ms 1b = 10ms

表 7-18. REG0x1A\_Charger\_Control\_5 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
2	FORCE_ISYS_DSC HG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用 SYS 下拉电流源 0b = 禁用 1b = 启用
1:0	BATLOWV	R/W	0x0		电池预充电至快速充电阈值： 00b = 3.0V 01b = 2.8V 10b = 2.7V 11b = 2.5V

### 7.1.17 REG0x1C\_NTC\_Control\_0 寄存器 (地址 = 0x1C) [复位 = 0x0F]

图 7-17 展示了 REG0x1C\_NTC\_Control\_0，表 7-19 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-17. REG0x1C\_NTC\_Control\_0 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TS_IGNORE	CHG_RATE	TS_TH_OTG_HOT	TS_TH_OTG_COLD	TS_TH1	TS_TH6		
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x1	R/W-0x1

表 7-19. REG0x1C\_NTC\_Control\_0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	TS_IGNORE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	忽略 TS 反馈：充电器认为 TS 始终良好以允许充电和 OTG 模式， TS_STAT 始终报告 TS_NORMAL 0b = 不忽略 1b = 忽略
6:5	CHG_RATE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	器件处于快速充电状态时使用充电率。一旦器件进入充 电电流减小的 JEITA 区域，产生的电流 = ( ICHG *折返 比率 ) /CHG_RATE： 00b = 1C 01b = 2C 10b = 4C 11b = 6C
4:3	TS_TH_OTG_HOT	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	从正常运行转换到暂停 OTG 模式的 OTG 模式 TS_HOT 下降电压阈值 (占 REGN 的百分比) 。 00b = 55°C 01b = 60°C 10b = 65°C 11b = 禁用
2	TS_TH_OTG_COLD	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	从正常运行转换到暂停 OTG 模式的 OTG 模式 TS_COLD 上升电压阈值 (占 REGN 的百分比) 。 0b = -10°C 1b = -20°C
1	TS_TH1	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH1 比较器下降温度阈值， RT1=5.24kΩ 并且 RT2=30.31kΩ 0b = -5°C 1b = 0°C

表 7-19. REG0x1C\_NTC\_Control\_0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
0	TS_TH6	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH6 比较器上升温度阈值， RT1=5.24k $\Omega$ 并且 RT2=30.31k $\Omega$  0b = 55°C 1b = 60°C

## 7.1.18 REG0x1D\_NTC\_Control\_1 寄存器 (地址 = 0x1D) [复位 = 0x85]

图 7-18 展示了 REG0x1D\_NTC\_Control\_1，表 7-20 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-18. REG0x1D\_NTC\_Control\_1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TS_TH2		TS_TH3		TS_TH4		TS_TH5	
R/W-0x2		R/W-0x0		R/W-0x1		R/W-0x1	

表 7-20. REG0x1D\_NTC\_Control\_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TS_TH2	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH2 比较器下降温度阈值， RT1=5.24k $\Omega$ 并且 RT2=30.31k $\Omega$  00b = 5°C 01b = 7.5°C 10b = 10°C 11b = 12.5°C
5:4	TS_TH3	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH3 比较器下降温度阈值， RT1=5.24k $\Omega$ 并且 RT2=30.31k $\Omega$  00b = 15°C 01b = 17.5°C 10b = 20°C 11b = 22.5°C
3:2	TS_TH4	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH4 比较器上升温度阈值， RT1=5.24k $\Omega$ 并且 RT2=30.31k $\Omega$  00b = 32.5°C 01b = 35°C 10b = 37.5°C 11b = 40°C
1:0	TS_TH5	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	使用 103AT NTC 热敏电阻时的 TS TH5 比较器上升温度当阈值， RT1=5.24k $\Omega$ 并且 RT2=30.31k $\Omega$  00b = 42.5°C 01b = 45°C 10b = 47.5°C 11b = 50°C

## 7.1.19 REG0x1E\_NTC\_Control\_2 寄存器 (地址 = 0x1E) [复位 = 0x7F]

图 7-19 展示了 REG0x1E\_NTC\_Control\_2，表 7-21 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-19. REG0x1E\_NTC\_Control\_2 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TS_VSET_WARM		TS_ISET_WARM		TS_VSET_PREWARM		TS_ISET_PREWARM	
R/W-0x1		R/W-0x3		R/W-0x3		R/W-0x3	

表 7-21. REG0x1E\_NTC\_Control\_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TS_VSET_WARM	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	TS_WARM (TH5 - TH6) 电压设置 00b = 将 VREG 设置为 VREG-300mV 01b = 将 VREG 设置为 VREG-200mV 10b = 将 VREG 设置为 VREG-100mV 11b = VREG 不变
5:4	TS_ISET_WARM	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_WARM (TH5 - TH6) 电流设置 00b = 充电暂停 01b = 将 ICHG 设置为 20% 10b = 将 ICHG 设置为 40% 11b = ICHG 不变
3:2	TS_VSET_PREWARM	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_PREWARM (TH4 - TH5) 电压设置 00b = 将 VREG 设置为 VREG-300mV 01b = 将 VREG 设置为 VREG-200mV 10b = 将 VREG 设置为 VREG-100mV 11b = VREG 不变
1:0	TS_ISET_PREWARM	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_PREWARM (TH4 - TH5) 电流设置 00b = 充电暂停 01b = 将 ICHG 设置为 20% 10b = 将 ICHG 设置为 40% 11b = ICHG 不变

### 7.1.20 REG0x1F\_NTC\_Control\_3 寄存器 (地址 = 0x1F) [复位 = 0xDF]

图 7-20 展示了 REG0x1F\_NTC\_Control\_3，表 7-22 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-20. REG0x1F\_NTC\_Control\_3 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TS_VSET_COOL		TS_ISET_COOL		TS_VSET_PRECOOL		TS_ISET_PRECOOL	
R/W-0x3		R/W-0x1		R/W-0x3		R/W-0x3	

表 7-22. REG0x1F\_NTC\_Control\_3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TS_VSET_COOL	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_COOL (TH1 - TH2) 电压设置 00b = 将 VREG 设置为 VREG-300mV 01b = 将 VREG 设置为 VREG-200mV 10b = 将 VREG 设置为 VREG-100mV 11b = VREG 不变
5:4	TS_ISET_COOL	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	TS_COOL (TH1 - TH2) 电流设置 00b = 充电暂停 01b = 将 ICHG 设置为 20% 10b = 将 ICHG 设置为 40% 11b = ICHG 不变

表 7-22. REG0x1F\_NTC\_Control\_3 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
3:2	TS_VSET_PRECOOL	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_PRECOOL (TH2 - TH3) 电压设置： 00b = 将 VREG 设置为 VREG-300mV 01b = 将 VREG 设置为 VREG-200mV 10b = 将 VREG 设置为 VREG-100mV 11b = VREG 不变
1:0	TS_ISET_PRECOOL	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	TS_PRECOOL (TH2 - TH3) 电流设置： 00b = 充电暂停 01b = 将 ICHG 设置为 20% 10b = 将 ICHG 设置为 40% 11b = ICHG 不变

## 7.1.21 REG0x20\_Charger\_Status\_0 寄存器 (地址 = 0x20) [复位 = 0x00]

图 7-21 展示了 REG0x20\_Charger\_Status\_0，表 7-23 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-21. REG0x20\_Charger\_Status\_0 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PG_STAT	ADC_DONE_STAT	TREG_STAT	VSYS_STAT	IINDPM_STAT	VINDPM_STAT	SAFETY_TMR_STAT	WD_STAT
R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0

表 7-23. REG0x20\_Charger\_Status\_0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	PG_STAT	R	0x0	电源正常指示状态： 0b = VBUS 低于 3.7V 1b = VBUS 高于 3.7V
6	ADC_DONE_STAT	R	0x0	ADC 转换状态 (仅限单次触发模式) 注意：始终在连续模式下读取 0 0b = 转换未完成 1b = 转换完成
5	TREG_STAT	R	0x0	IC 热调节状态 0b = 正常 1b = 器件处于热调节状态
4	VSYS_STAT	R	0x0	VSYS 调节状态 (正向模式) 0b = 未处于 VSYSMIN 调节状态 (BAT>VSYSMIN) 1b = 处于 VSYSMIN 调节状态 (BAT<VSYSMIN)
3	IINDPM_STAT	R	0x0	IINDPM 状态 (正向模式) 或 IOTG 状态 (OTG 模式) 0b = 正常 1b = 处于 IINDPM 调节或 IOTG 调节状态
2	VINDPM_STAT	R	0x0	VINDPM 状态 (正向模式) 或 VOTG 状态 (OTG 模式、备用模式) 0b = 正常 1b = 处于 VINDPM 调节或 VOTG 调节状态
1	SAFETY_TMR_STAT	R	0x0	快速充电、涓流充电和预充电计时器状态 0b = 正常 1b = 安全计时器到期

表 7-23. REG0x20\_Charger\_Status\_0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
0	WD_STAT	R	0x0	I2C 看门狗计时器状态 0b = 正常 1b = WD 计时器已到期

### 7.1.22 REG0x21\_Charger\_Status\_1 寄存器 (地址 = 0x21) [复位 = 0x00]

图 7-22 展示了 REG0x21\_Charger\_Status\_1，表 7-24 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-22. REG0x21\_Charger\_Status\_1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
ICO_STAT		CHG_STAT			VBUS_STAT		
R-0x0		R-0x0			R-0x0		

表 7-24. REG0x21\_Charger\_Status\_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7:6	ICO_STAT	R	0x0	输入电流优化器 (ICO) 状态： 00b = 已禁用 ICO 01b = 正在进行 ICO 优化 10b = 检测到最大输入电流 11b = ICO 程序已暂停
5:3	CHG_STAT	R	0x0	充电状态： 000b = 未充电 001b = 涓流充电 010b = 预充电 011b = 快速充电 (CC) 100b = 恒压充电 (CV) 101b = 保留 110b = 充电完成计时器充电 111b = 充电终止完成
2:0	VBUS_STAT	R	0x0	VBUS 状态： 000b = 不由 VBUS 供电 100b = 未知适配器 (如果 EN_ICO = 1，则为 500mA 或更高) 111b = 处于升压 OTG 状态

### 7.1.23 REG0x22\_FAULT\_Status 寄存器 (地址 = 0x22) [复位 = 0x00]

图 7-23 展示了 REG0x22\_FAULT\_Status，表 7-25 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-23. REG0x22\_FAULT\_Status 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
VBUS_FAULT_STAT	BAT_FAULT_STAT	VSYS_FAULT_STAT	OTG_FAULT_STAT	TSHUT_STAT	TS_STAT		
R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0		

表 7-25. REG0x22\_FAULT\_Status 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	VBUS_FAULT_STAT	R	0x0	VBUS 过压状态 0b = 正常 1b = 器件处于过压保护状态
6	BAT_FAULT_STAT	R	0x0	电池故障状态 0b = 正常 1b = 检测到电池电量耗尽或过压
5	VSYS_FAULT_STAT	R	0x0	VSYS 欠压和过压状态 0b = 正常 1b = SYS 处于 SYS 短路或过压状态
4	OTG_FAULT_STAT	R	0x0	OTG 欠压和过压状态。 0b = 正常 1b = 检测到故障
3	TSHUT_STAT	R	0x0	IC 温度关断状态 0b = 正常 1b = 器件处于热关断保护状态
2:0	TS_STAT	R	0x0	TS 温度区。 000b = TS_NORMAL 001b = TS_COLD 或 TS_OTG_COLD 010b = TS_HOT 或 TS_OTG_HOT 011b = TS_COOL 100b = TS_WARM 101b = TS_PRECOOL 110b = TS_PREWARM 111b = RESERVED

## 7.1.24 REG0x23\_Charger\_Flag\_0 寄存器 (地址 = 0x23) [复位 = 0x00]

图 7-24 展示了 REG0x23\_Charger\_Flag\_0，表 7-26 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-24. REG0x23\_Charger\_Flag\_0 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PG_FLAG	ADC_DONE_FLAG	TREG_FLAG	VSYS_FLAG	IINDPM_FLAG	VINDPM_FLAG	SAFETY_TMR_FLG G	WD_FLAG
R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0

表 7-26. REG0x23\_Charger\_Flag\_0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	PG_FLAG	R	0x0	电源正常指示器标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = PG 状态已更改
6	ADC_DONE_FLAG	R	0x0	ADC 转换标志 (仅限单次转换模式) 访问：R (ClearOnRead) 0b = 转换未完成 1b = 转换完成

表 7-26. REG0x23\_Charger\_Flag\_0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
5	TREG_FLAG	R	0x0	IC 热调节标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 TREG 信号上升沿阈值
4	VSYS_FLAG	R	0x0	VSYS 最小值调节标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 进入或退出 VSYS 最小值调节
3	IINDPM_FLAG	R	0x0	IINDPM 或 IOTG 标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 IINDPM 信号上升沿
2	VINDPM_FLAG	R	0x0	VINDPM 或 VOTG 标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 VINDPM 稳压信号上升沿
1	SAFETY_TMR_FLAG	R	0x0	快速充电、涓流充电和预充电计时器标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到快速充电计时器到期上升沿
0	WD_FLAG	R	0x0	I2C 看门狗计时器标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 WD 计时器信号上升沿

### 7.1.25 REG0x24\_Charger\_Flag\_1 寄存器 (地址 = 0x24) [复位 = 0x00]

图 7-25 展示了 REG0x24\_Charger\_Flag\_1, 表 7-27 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-25. REG0x24\_Charger\_Flag\_1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	ICO_FLAG	RESERVED	CHG_FLAG	RESERVED	VBUS_FLAG		
R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0		R-0x0

表 7-27. REG0x24\_Charger\_Flag\_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R	0x0	保留
6	ICO_FLAG	R	0x0	输入电流优化器 (ICO) 标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = ICO_STAT[1:0] 已更改 (转换至任何状态)
5:4	RESERVED	R	0x0	保留
3	CHG_FLAG	R	0x0	充电状态标志 访问: R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 充电状态已更改
2:1	RESERVED	R	0x0	保留

表 7-27. REG0x24\_Charger\_Flag\_1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
0	VBUS_FLAG	R	0x0	VBUS 状态标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = VBUS 状态已更改

### 7.1.26 REG0x25\_FAULT\_Flag 寄存器 (地址 = 0x25) [复位 = 0x00]

图 7-26 展示了 REG0x25\_FAULT\_Flag，表 7-28 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-26. REG0x25\_FAULT\_Flag 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
VBUS_FAULT_FLAG	BAT_FAULT_FLAG	VSYS_FAULT_FLAG	OTG_FAULT_FLAG	TSHUT_FLAG	RESERVED		TS_FLAG
R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0	R-0x0		R-0x0

表 7-28. REG0x25\_FAULT\_Flag 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	VBUS_FAULT_FLAG	R	0x0	VBUS 过压标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 进入 VBUS OVP
6	BAT_FAULT_FLAG	R	0x0	VBAT 过压标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 进入 VBAT OVP
5	VSYS_FAULT_FLAG	R	0x0	VSYS 过压和 SYS 短路标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 由于系统过压或 SYS 短路故障而停止开关
4	OTG_FAULT_FLAG	R	0x0	OTG 欠压和过压标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 因 VBUS 欠压或过压故障而停止 OTG
3	TSHUT_FLAG	R	0x0	IC 热关断标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 TS 关断信号上升沿阈值
2:1	RESERVED	R	0x0	保留
0	TS_FLAG	R	0x0	TS 状态标志 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 TS 状态发生变化

### 7.1.27 REG0x26\_Charger\_Mask\_0 寄存器 (地址 = 0x26) [复位 = 0x00]

图 7-27 展示了 REG0x26\_Charger\_Mask\_0，表 7-29 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-27. REG0x26\_Charger\_Mask\_0 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PG_MASK	ADC_DONE_MASK	TREG_MASK	VSYS_MASK	IINDPM_MASK	VINDPM_MASK	SAFETY_TMR_MAS K	WD_MASK
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0

表 7-29. REG0x26\_Charger\_Mask\_0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	PG_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	电源良好指示灯 INT 掩码 0b = PG 状态变化会产生 INT 脉冲 1b = PG 状态变化不会产生 INT 脉冲
6	ADC_DONE_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	ADC 转换 INT 屏蔽 ( 仅限单次触发模式 ) 0b = ADC 转换完成会产生 INT 脉冲 1b = ADC 转换完成不会产生 INT 脉冲
5	TREG_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IC 热调节 INT 屏蔽 0b = 进入 TREG 会产生 INT 1b = 进入 TREG 不会产生 INT
4	VSYS_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VSYS 最小值调节 INT 屏蔽 0b = 进入或退出 VSYSMIN 调节会产生 INT 脉冲 1b = 进入或退出 VSYSMIN 调节不会产生 INT 脉冲
3	IINDPM_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IINDPM 或 IOTG INT 屏蔽 0b = 进入 IINDPM 或 IOTG 会产生 INT 脉冲 1b = 进入 IINDPM 或 IOTG 不会产生 INT 脉冲
2	VINDPM_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VINDPM 或 VOTG INT 屏蔽 0b = 进入 VINDPM 会产生 INT 脉冲 1b = 进入 VINDPM 不会产生 INT 脉冲
1	SAFETY_TMR_MAS K	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	快速充电、涓流充电和预充电计时器 INT 屏蔽 0b = 快速充电、涓流充电或预充电计时器到期会产生 INT 1b = 快速充电、涓流充电或预充电计时器到期不会产生 INT
0	WD_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	I2C 看门狗计时器 INT 屏蔽 0b = I2C 看门狗计时器到期会产生 INT 脉冲 1b = I2C 看门狗计时器到期不会产生 INT 脉冲

### 7.1.28 REG0x27\_Charger\_Mask\_1 寄存器 ( 地址 = 0x27 ) [复位 = 0x00]

图 7-28 展示了 REG0x27\_Charger\_Mask\_1，表 7-30 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-28. REG0x27\_Charger\_Mask\_1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	ICO_MASK	RESERVED		CHG_MASK	RESERVED		VBUS_MASK
R-0x0	R/W-0x0	R-0x0		R/W-0x0	R-0x0		R/W-0x0

表 7-30. REG0x27\_Charger\_Mask\_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	RESERVED	R	0x0		保留

表 7-30. REG0x27\_Charger\_Mask\_1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
6	ICO_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	输入电流优化器 (ICO) INT 屏蔽 0b = ICO_STAT 变化会产生 INT 1b = ICO_STAT 变化不会产生 INT
5:4	RESERVED	R	0x0		保留
3	CHG_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	充电状态 INT 屏蔽 0b = 充电状态变化不会产生 INT 1b = 状态变化不会产生 INT
2:1	RESERVED	R	0x0		保留
0	VBUS_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VBUS 状态 INT 屏蔽 0b = VBUS 状态变化会产生 INT 1b = VBUS 状态变化不会产生 INT

## 7.1.29 REG0x28\_FAULT\_Mask 寄存器 (地址 = 0x28) [复位 = 0x00]

图 7-29 展示了 REG0x28\_FAULT\_Mask，表 7-31 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-29. REG0x28\_FAULT\_Mask 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
VBUS_FAULT_MAS K	BAT_FAULT_MAS K	VSYS_FAULT_MAS K	OTG_FAULT_MAS K	TSHUT_MASK	RESERVED		TS_MASK
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R-0x0		R/W-0x0

表 7-31. REG0x28\_FAULT\_Mask 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	VBUS_FAULT_MAS K	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VBUS 过压 INT 屏蔽 0b = 进入 VBUS OVP 不会产生 INT 1b = 进入 VBUS OVP 不会产生 INT
6	BAT_FAULT_MAS K	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IBAT/VBAT 过流/过压 INT 屏蔽 0b = 进入 IBAT OCP 或 VBAT OVP 会产生 INT 1b = 进入 IBAT OCP 或 VBAT OVP 不会产生 INT
5	VSYS_FAULT_MAS K	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VSYS 过压和 SYS 短路 INT 屏蔽 0b = 系统过压或 SYS 短路故障会产生 INT 1b = 系统过压或 SYS 短路故障都不会产生 INT
4	OTG_FAULT_MAS K	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	OTG 欠压和过压 INT 屏蔽 0b = OTG VBUS 欠压或过压故障会产生 INT 1b = OTG VBUS 欠压和过压故障都不会产生 INT
3	TSHUT_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IC 热关断 INT 屏蔽 0b = TSHUT 不会产生 INT 1b = TSHUT 不会产生 INT
2:1	RESERVED	R	0x0		保留
0	TS_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	温度充电曲线 INT 屏蔽 0b = TS 温度区域的变化会产生 INT 1b = TS 温度区域的变化不会产生 INT

### 7.1.30 REG0x29\_ICO\_Current\_Limit 寄存器 (地址 = 0x29) [复位 = 0x0000]

图 7-30 展示了 REG0x29\_ICO\_Current\_Limit，表 7-32 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-30. REG0x29\_ICO\_Current\_Limit 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				ICO_IINDPM			
R-0x0				R-0x0			
7	6	5	4	3	2	1	0
ICO_IINDPM				RESERVED			
R-0x0				R-0x0			

表 7-32. REG0x29\_ICO\_Current\_Limit 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15:12	RESERVED	R	0x0		保留
11:4	ICO_IINDPM	R	0x0	该 16 位寄存器遵循最低有效字节 (LSB) 优先惯例 复位方式： 适配器拔下	启用 ICO 时优化的输入电流限制： POR：0mA (0h) 范围：100mA-3200mA (5h-A0h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.31 REG0x2B\_ADC\_Control 寄存器 (地址 = 0x2B) [复位 = 0x31]

图 7-31 展示了 REG0x2B\_ADC\_Control，表 7-33 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-31. REG0x2B\_ADC\_Control 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
EN_ADC	ADC_RATE	ADC_SAMPLE		ADC_AVG	ADC_AVG_INIT	RESERVED	RESERVED
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x3		R/W-0x0	R/W-0x0	R-0x0	R-0x0

表 7-33. REG0x2B\_ADC\_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	ADC 控制 0b = 禁用 (默认值) 1b = 启用
6	ADC_RATE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	ADC 转换率控制 0b = 连续转换 (默认值) 1b = 单次转换
5:4	ADC_SAMPLE	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	ADC 采样速度 00b = 11 位有效分辨率 01b = 10 位有效分辨率 10b = 9 位有效分辨率 11b = 8 位有效分辨率 (默认值)
3	ADC_AVG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	ADC 平均值控制 0b = 单个值 (默认设置) 1b = 运行平均值

表 7-33. REG0x2B\_ADC\_Control 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
2	ADC_AVG_INIT	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	ADC 平均初始值控制 0b = 使用现有寄存器值开始计算平均值 1b = 使用新的 ADC 转换开始计算平均值
1	RESERVED	R	0x0		保留
0	RESERVED	R	0x0		保留

### 7.1.32 REG0x2C\_ADC\_Channel\_Disable 寄存器 (地址 = 0x2C) [复位 = 0x00]

图 7-32 展示了 REG0x2C\_ADC\_Channel\_Disable，表 7-34 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-32. REG0x2C\_ADC\_Channel\_Disable 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
DIS_IBUS_ADC	DIS_IBAT_ADC	DIS_VBUS_ADC	DIS_VBAT_ADC	DIS_VSYS_ADC	DIS_TS_ADC	DIS_TDIE_ADC	DIS_VPMID_ADC
R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0	R/W-0x0

表 7-34. REG0x2C\_ADC\_Channel\_Disable 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	DIS_IBUS_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IBUS ADC 通道禁用 0b = 启用 1b = 禁用
6	DIS_IBAT_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IBAT ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
5	DIS_VBUS_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VBUS ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
4	DIS_VBAT_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VBAT ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
3	DIS_VSYS_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VSYS ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
2	DIS_TS_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	TS ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
1	DIS_TDIE_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	TDIE ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用
0	DIS_VPMID_ADC	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VPMID ADC 控制 0b = 启用 1b = 禁用

### 7.1.33 REG0x2D\_IBUS\_ADC 寄存器 (地址 = 0x2D) [复位 = 0x0000]

图 7-33 展示了 REG0x2D\_IBUS\_ADC，表 7-35 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-33. REG0x2D\_IBUS\_ADC 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
IBUS_ADC							
R-0x0							
7	6	5	4	3	2	1	0
IBUS_ADC							RESERVED
R-0x0							R-0x0

表 7-35. REG0x2D\_IBUS\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:1	IBUS_ADC	R	0x0	用二进制补码报告的 IBUS ADC 读数。当电流从 VBUS 流向 PMID 时，IBUS ADC 报告正值，当电流从 PMID 流向 VBUS 时，IBUS ADC 报告负值。  POR : 0mA (0h) 格式 : 二进制补码 范围 : -5000mA - 5000mA (7830h-7D0h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位阶跃 : 2.5mA
0	RESERVED	R	0x0	保留

#### 7.1.34 REG0x2F\_IBAT\_ADC 寄存器 (地址 = 0x2F) [复位 = 0x0000]

图 7-34 展示了 REG0x2F\_IBAT\_ADC，表 7-36 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-34. REG0x2F\_IBAT\_ADC 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
IBAT_ADC							
R-0x0							
7	6	5	4	3	2	1	0
IBAT_ADC					RESERVED		
R-0x0					R-0x0		

表 7-36. REG0x2F\_IBAT\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:3	IBAT_ADC	R	0x0	用二进制补码报告的 IBAT ADC 读数。IBAT ADC 报告的电池充电电流为正值，电池放电电流为负值。  POR : 0mA (0h) 格式 : 二进制补码 范围 : -10000mA-5025mA (1830h-3EDh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位阶跃 : 5mA
2:0	RESERVED	R	0x0	保留

#### 7.1.35 REG0x31\_VBUS\_ADC 寄存器 (地址 = 0x31) [复位 = 0x0000]

图 7-35 展示了 REG0x31\_VBUS\_ADC，表 7-37 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

**图 7-35. REG0x31\_VBUS\_ADC 寄存器**

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED		VBUS_ADC					
R-0x0		R-0x0					
7	6	5	4	3	2	1	0
VBUS_ADC						RESERVED	
R-0x0						R-0x0	

**表 7-37. REG0x31\_VBUS\_ADC 寄存器字段说明**

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R	0x0	保留
14:2	VBUS_ADC	R	0x0	VBUS ADC 读数 POR : 0mV (0h) 范围 : 0mV-20000mV (0h-FA0h) 钳位至高电平 位步长 : 5mV
1:0	RESERVED	R	0x0	保留

### 7.1.36 REG0x33\_VPMID\_ADC 寄存器 ( 地址 = 0x33 ) [复位 = 0x0000]

[图 7-36](#) 展示了 REG0x33\_VPMID\_ADC , [表 7-38](#) 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

**图 7-36. REG0x33\_VPMID\_ADC 寄存器**

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED		VPMID_ADC					
R-0x0		R-0x0					
7	6	5	4	3	2	1	0
VPMID_ADC						RESERVED	
R-0x0						R-0x0	

**表 7-38. REG0x33\_VPMID\_ADC 寄存器字段说明**

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R	0x0	保留
14:2	VPMID_ADC	R	0x0	VPMID ADC 读数 POR : 0mV (0h) 范围 : 0mV-20000mV (0h-FA0h) 钳位至高电平 位步长 : 5mV
1:0	RESERVED	R	0x0	保留

### 7.1.37 REG0x35\_VBAT\_ADC 寄存器 ( 地址 = 0x35 ) [复位 = 0x0000]

[图 7-37](#) 展示了 REG0x35\_VBAT\_ADC , [表 7-39](#) 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

**图 7-37. REG0x35\_VBAT\_ADC 寄存器**

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED			VBAT_ADC				

图 7-37. REG0x35\_VBAT\_ADC 寄存器 (续)

R-0x0				R-0x0			
7	6	5	4	3	2	1	0
VBAT_ADC							RESERVED
R-0x0							R-0x0

表 7-39. REG0x35\_VBAT\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:13	RESERVED	R	0x0	保留
12:1	VBAT_ADC	R	0x0	VBAT ADC 读数 POR : 0mV (0h) 范围 : 0mV-5000mV (0h-FA0h) 钳位至高电平 位阶跃 : 1.25mV
0	RESERVED	R	0x0	保留

### 7.1.38 REG0x37\_VSYS\_ADC 寄存器 (地址 = 0x37) [复位 = 0x0000]

图 7-38 展示了 REG0x37\_VSYS\_ADC，表 7-40 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-38. REG0x37\_VSYS\_ADC 寄存器

R-0x0				R-0x0			
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				VSYS_ADC			
R-0x0				R-0x0			
7	6	5	4	3	2	1	0
VSYS_ADC							RESERVED
R-0x0							R-0x0

表 7-40. REG0x37\_VSYS\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:13	RESERVED	R	0x0	保留
12:1	VSYS_ADC	R	0x0	VSYS ADC 读数 POR : 0mV (0h) 范围 : 0mV-5000mV (0h-FA0h) 钳位至高电平 位阶跃 : 1.25mV
0	RESERVED	R	0x0	保留

### 7.1.39 REG0x39\_TS\_ADC 寄存器 (地址 = 0x39) [复位 = 0x0000]

图 7-39 展示了 REG0x39\_TS\_ADC，表 7-41 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-39. REG0x39\_TS\_ADC 寄存器

R-0x0				R-0x0			
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				TS_ADC			
R-0x0				R-0x0			
7	6	5	4	3	2	1	0
TS_ADC							RESERVED
R-0x0							R-0x0

图 7-39. REG0x39\_TS\_ADC 寄存器 (续)

表 7-41. REG0x39\_TS\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	RESERVED	R	0x0	保留
11:0	TS_ADC	R	0x0	TS ADC 读数 POR : 0%(0h) 范围 : 0% - 99.90234375% (0h-3FFh) 钳位至高电平 位步长 : 0.09765625%

#### 7.1.40 REG0x3B\_TDIE\_ADC 寄存器 (地址 = 0x3B) [复位 = 0x0000]

图 7-40 展示了 REG0x3B\_TDIE\_ADC , 表 7-42 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-40. REG0x3B\_TDIE\_ADC 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				TDIE_ADC			
R-0x0				R-0x0			
7	6	5	4	3	2	1	0
TDIE_ADC							
R-0x0							

表 7-42. REG0x3B\_TDIE\_ADC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	RESERVED	R	0x0	保留
11:0	TDIE_ADC	R	0x0	用二进制补码报告的 TDIE ADC 读数。 POR : 0°C(0h) 格式 : 二进制补码 范围 : -40°C - 150°C (FB0h-12Ch) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 0.5°C

#### 7.1.41 REG0x3F\_Part\_Information 寄存器 (地址 = 0x3F) [复位 = 0x08]

图 7-41 展示了 REG0x3F\_Part\_Information , 表 7-43 对其进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-41. REG0x3F\_Part\_Information 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TEST_REV		PN			DEV_REV		
R-0x0		R-0x2			R-0x0		

表 7-43. REG0x3F\_Part\_Information 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7:6	TEST_REV	R	0x0	测试版本
5:2	PN	R	0x2	器件型号

**表 7-43. REG0x3F\_Part\_Information 寄存器字段说明 (续)**

位	字段	类型	复位	说明
1:0	DEV_REV	R	0x0	器件修订版本

## 8 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 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

### 8.1 应用信息

典型应用包括可配置为 I<sup>2</sup>C 控制电源路径管理器件的器件，以及用于各种智能手机和其他便携式设备中锂离子和锂聚合物电池的单节电池充电器。它在系统和电池之间集成输入反向阻断 FET (RBFET, Q1)、高侧开关 FET (HSFET, Q2)、低侧开关 FET (LSFET, Q3) 以及电池 FET (BATFET, Q4)。器件还集成了一个用于高侧栅极驱动的自举二极管。

### 8.2 典型应用

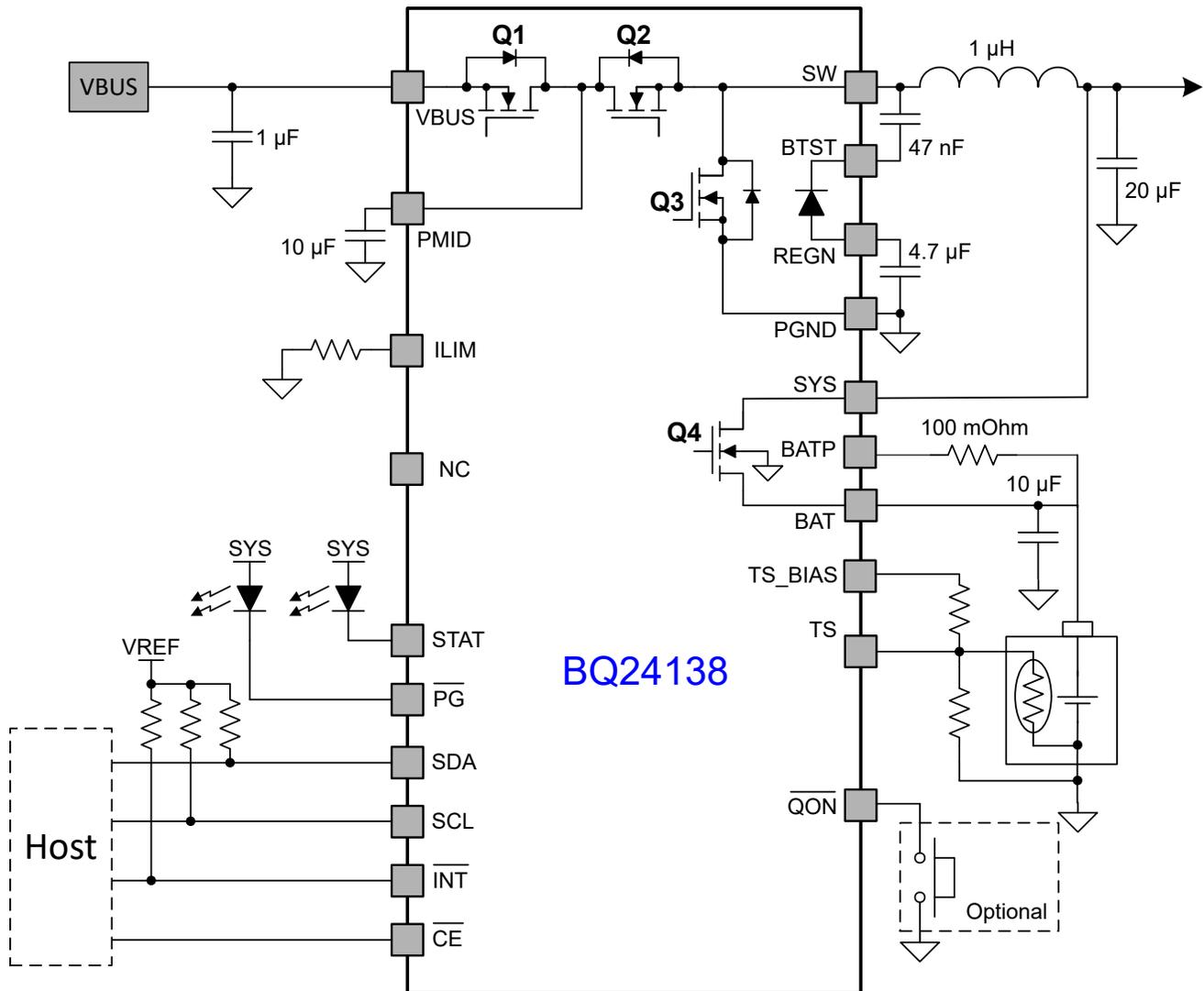


图 8-1. BQ24138 典型应用

## 8.2.1 设计要求

表 8-1. 设计要求

参数	值
VBUS 范围	3.9 - 14.0V
输入电流限值 (REG0x06-0x07)	3200mA
快速充电电流 (REG0x02-0x03)	5040mA
最小系统电压 (REG0x0E-0x0F)	3520mV
电池调节电压 (REG0x04-0x05)	4200mV

## 8.2.2 详细设计过程

### 8.2.2.1 电感器选型

由于开关频率为 1.5MHz，因此允许使用小电感值和电容值来保持电感器饱和电流高于充电电流 ( $I_{CHG}$ ) 加上纹波电流 ( $I_{RIPPLE}$ ) 的一半：

$$I_{SAT} \geq I_{CHG} + (1/2) I_{RIPPLE} \quad (6)$$

电感器纹波电流取决于输入电压 ( $V_{VBUS}$ )、占空比 ( $D = V_{BAT}/V_{VBUS}$ )、开关频率 ( $f_s$ ) 和电感 ( $L$ )。

$$I_{RIPPLE} = \frac{V_{IN} \times D \times (1-D)}{f_s \times L} \quad (7)$$

当占空比 ( $D$ ) 为 0.5 或近似 0.5 时，电感器纹波电流将达到最大。通常，电感器纹波的设计范围为最大充电电流的 20% 至 40%，这是实际设计中电感器尺寸和效率之间的折衷。

### 8.2.2.2 输入电容器

在设计输入电容时应确保能够提供足够的额定纹波电流以吸收输入开关纹波电流。当占空比为 0.5 时，最坏情况下的 RMS 纹波电流是充电电流的一半。如果转换器不以 50% 的占空比运行，则最坏情况电容器 RMS 电流  $I_{CIN}$  发生在占空比最接近 50% 的位置，并可使用 [方程式 8](#) 估算得出。

$$I_{CIN} = I_{CHG} \times \sqrt{D \times (1-D)} \quad (8)$$

X7R 或 X5R 等低 ESR 陶瓷电容器是输入去耦电容器的首选，必须尽可能靠近高侧 MOSFET 的漏极和低侧 MOSFET 的源极放置。电容器的额定电压必须高于正常输入电压电平。对于 14V 输入电压，首选额定电压为 25V 或更高的电容器。一般充电电流为 4.0A 时，建议使用 10  $\mu$ F 的陶瓷电容器。

### 8.2.2.3 输出电容器

确认输出电容具有足够的额定纹波电流以吸收输出开关纹波电流。[方程式 9](#) 展示了输出电容器 RMS 电流  $I_{COUT}$  的计算。

$$I_{COUT} = \frac{I_{RIPPLE}}{2 \times \sqrt{3}} \approx 0.29 \times I_{RIPPLE} \quad (9)$$

输出电容器电压纹波可按如下公式计算：

$$\Delta V_O = \frac{V_{OUT}}{8LCf_s^2} \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (10)$$

在特定的输入和输出电压以及开关频率下，可以通过增大输出滤波器 LC 来降低电压纹波。

该充电器器件具有内部环路补偿，针对不低于  $\geq 10 \mu\text{F}$  的陶瓷输出电容器进行了优化。首选陶瓷电容器为 10V 额定电压的 X7R 或 X5R 电容器。

### 8.2.3 应用曲线

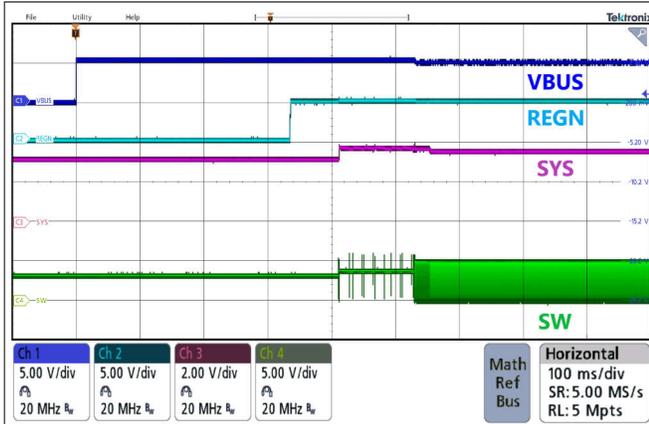


图 8-2. 在充电启用时上电

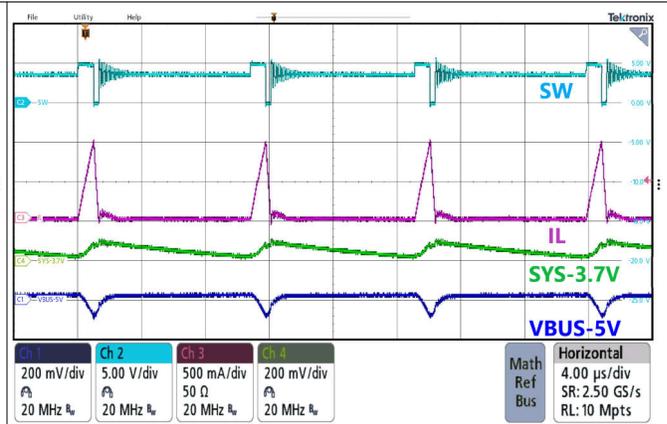


图 8-3. 降压模式下的 PFM 开关

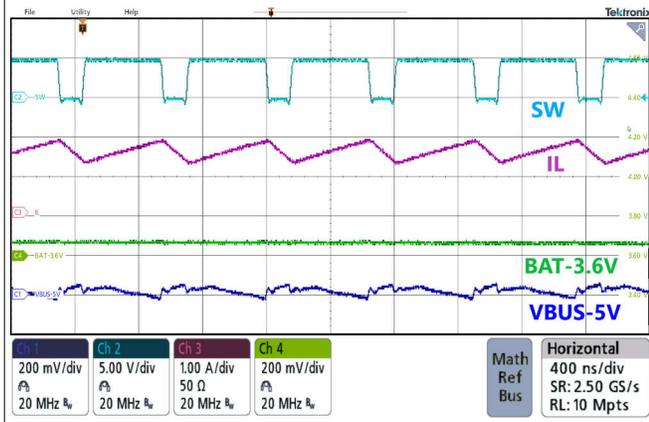


图 8-4. 降压模式下的 PWM 开关

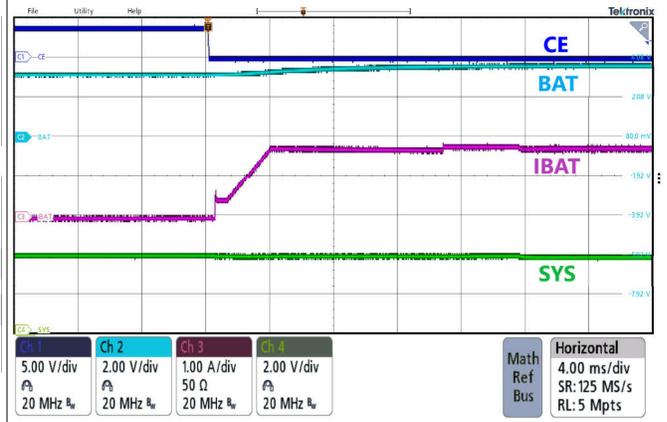


图 8-5. 充电启用

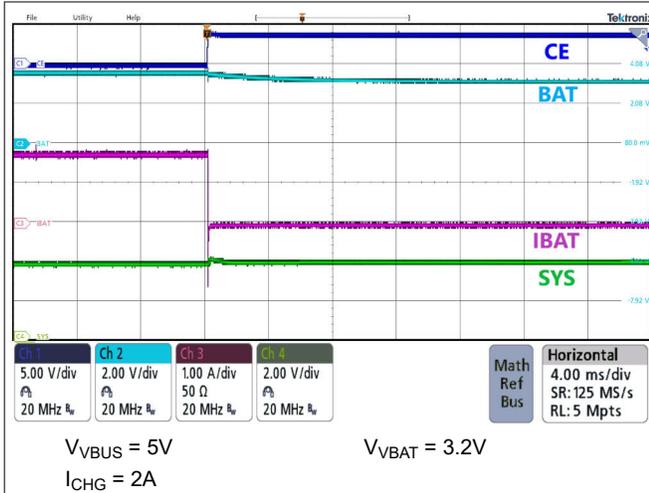


图 8-6. 充电禁用

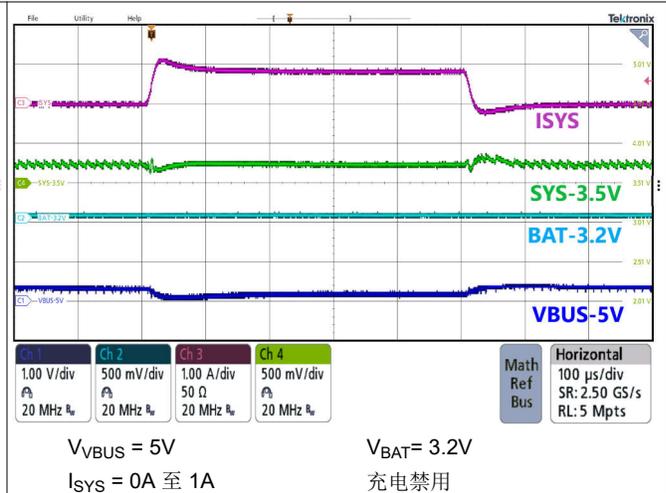


图 8-7. 系统负载瞬态响应

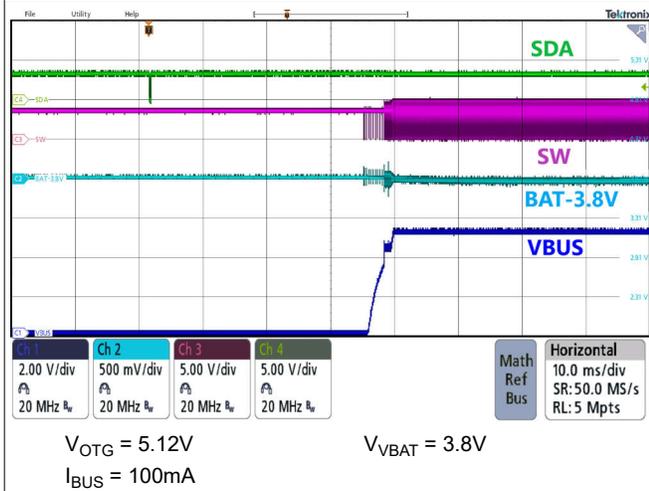


图 8-8. 升压模式上电

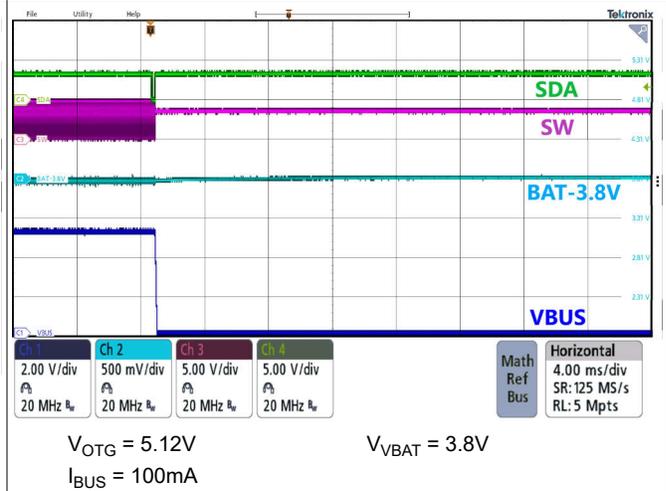


图 8-9. 升压模式断电

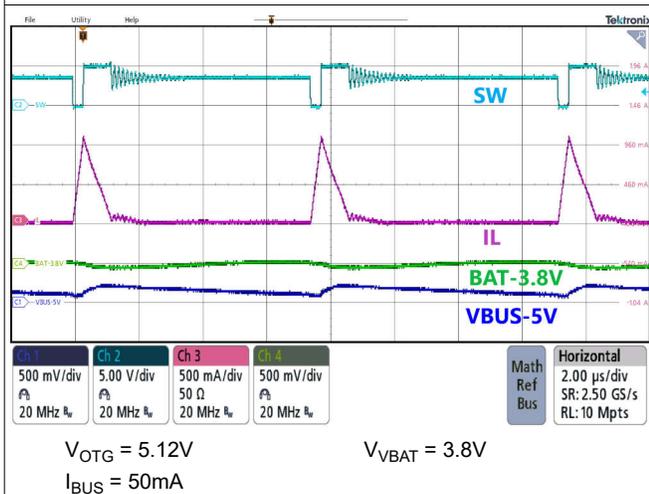


图 8-10. 升压模式下的 PFM 开关

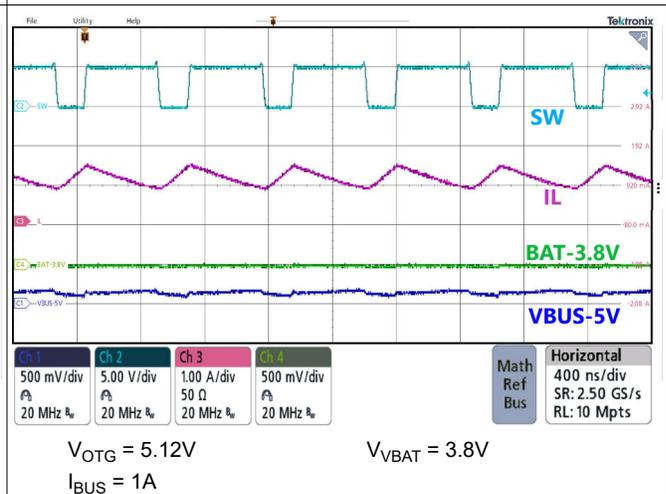
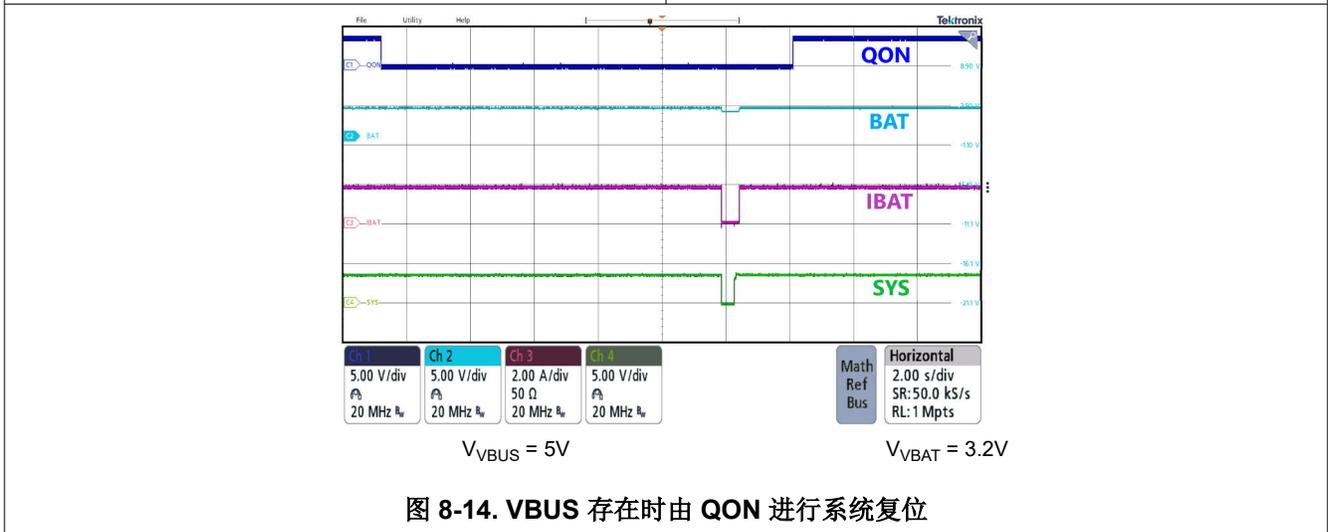
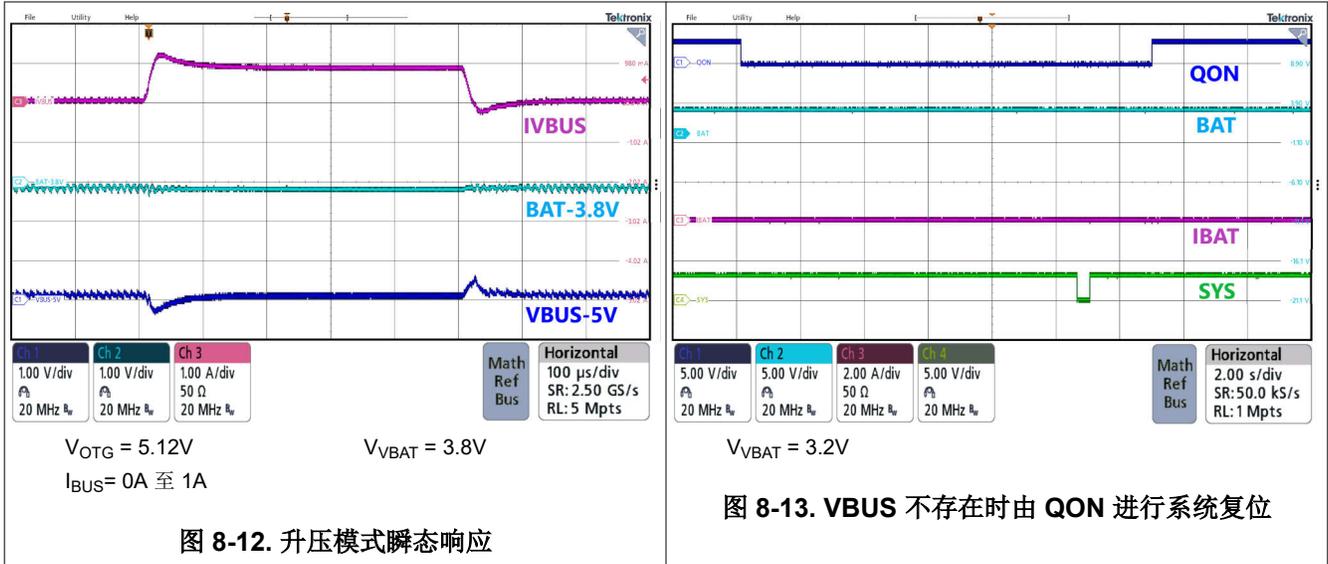


图 8-11. 升压模式下的 PWM 开关



### 8.3 电源相关建议

为了在 SYS 上提供输出电压，器件需要一个输入电压介于 3.9V 至 18V 之间、额定电流至少为 100mA 且连接到 VBUS 的电源，或电池电压大于  $V_{BATUVLO}$  且连接到 BAT 的单节锂离子电池。

### 8.4 布局

#### 8.4.1 布局指南

为了尽可能减少开关损耗，必须尽可能缩短开关节点的上升和下降时间。为了防止电场和磁场辐射以及高频谐振问题，请务必确保元件布局合理，以尽可能减小高频电流路径环路（参阅图 8-15）。请仔细按照以下特定顺序来实现正确的布局。

1. 将输入电容器尽可能靠近 PMID 引脚和 GND 引脚连接放置，并使用尽可能短的覆铜线迹连接或 GND 层。
2. 将电感器输入引脚放置在尽可能靠近 SW 引脚的位置。最大限度地减小此布线的覆铜面积，以减少电场和磁场辐射，但应确保该布线足够宽，能够承载充电电流。不要为此连接并联使用多个层。更大限度地降低从此区域到任何其他布线或平面的寄生电容。
3. 将输出电容器靠近电感器和器件放置。需要通过短铜引线连接或 GND 平面将接地接头连接至 IC 接地端。
4. 将去耦电容器靠近 IC 引脚放置，并尽量缩短引线连接。
5. 确认过孔的数量和尺寸能够让给定电流路径接触到足够的铜。

### 8.4.2 布局示例

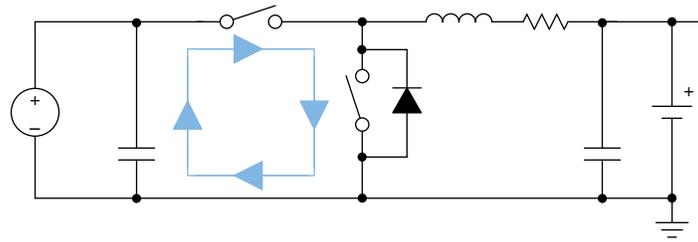


图 8-15. 高频电流路径

## 9 器件和文档支持

### 9.1 器件支持

#### 9.1.1 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。

### 9.2 文档支持

#### 9.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- [BQ25601 和 BQ25601D \(PWR877\) 评估模块用户指南](#)

### 9.3 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。

### 9.4 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](#)。

### 9.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 9.6 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。

### 9.7 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。

## 10 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

日期	修订版本	注释
January 2026	*	初始发行版

## 11 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。

**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)
<a href="#">BQ24138YBGR</a>	Active	Production	DSBGA (YBG)   30	6000   LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-	BQ24138

(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.

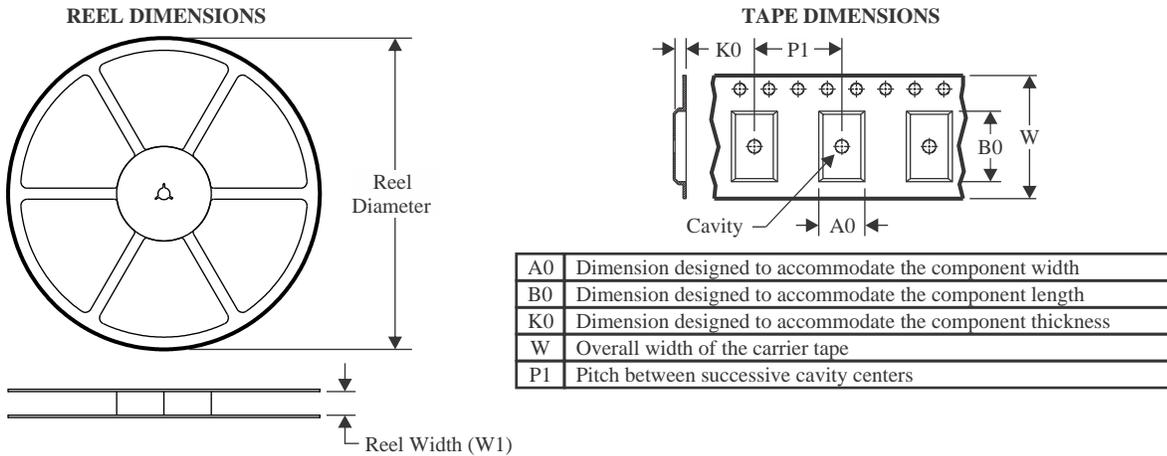
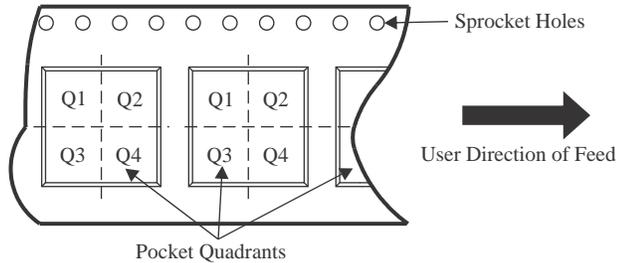
(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

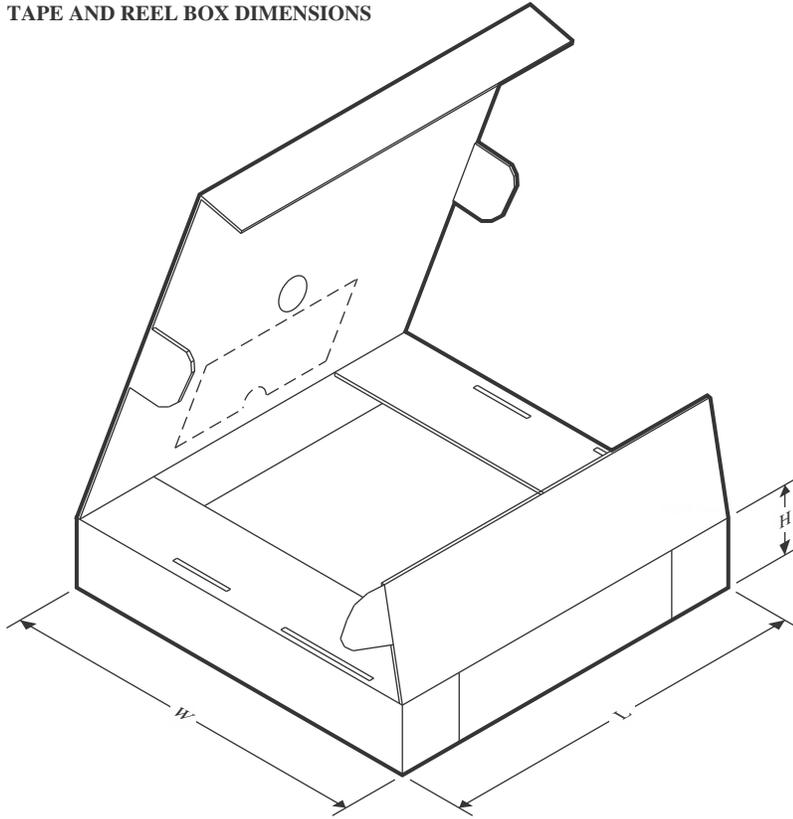
**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. 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**

**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**


\*All dimensions are nominal

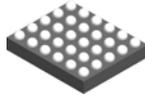
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ24138YBGR	DSBGA	YBG	30	6000	330.0	12.4	2.3	2.68	0.65	8.0	12.0	Q1

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ24138YBGR	DSBGA	YBG	30	6000	367.0	367.0	35.0

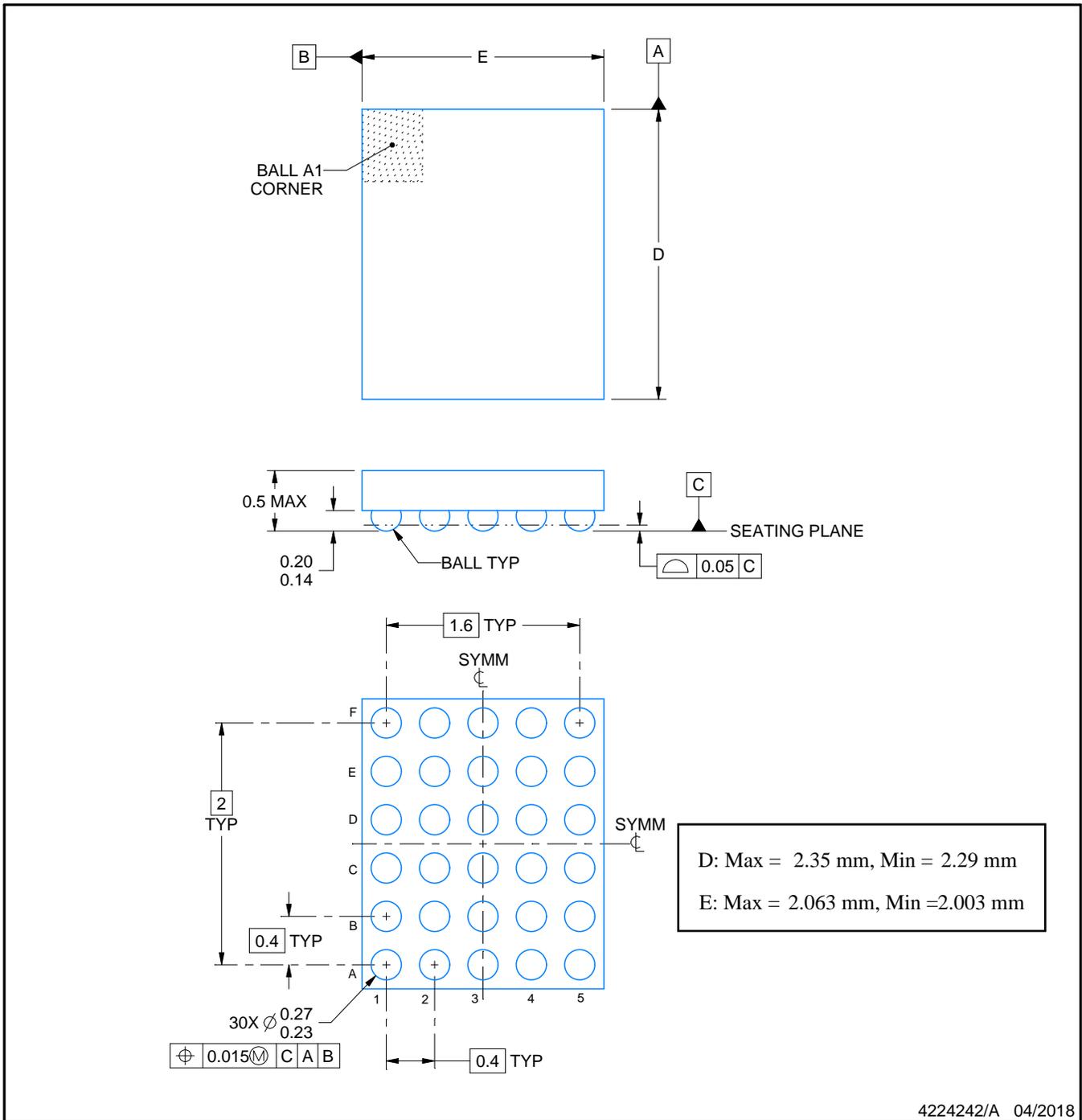
YBG0030



# PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

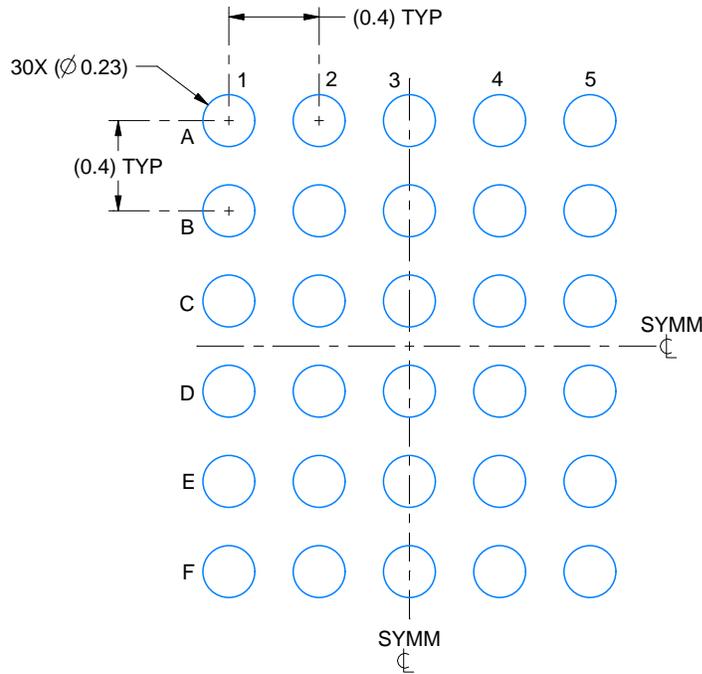
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

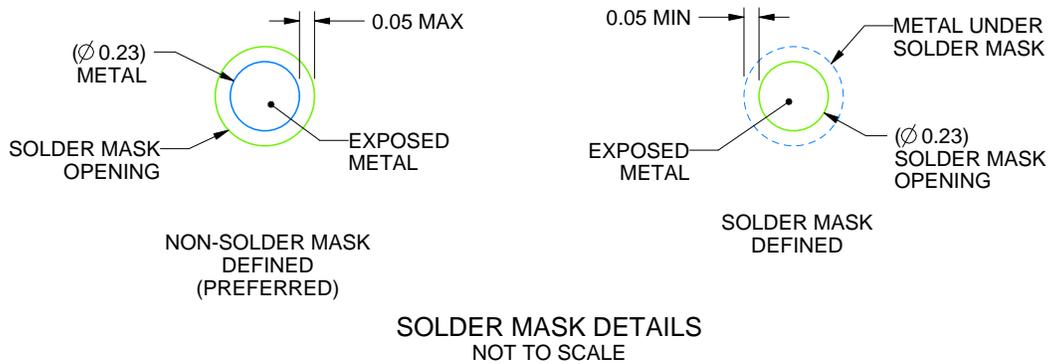
YBG0030

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE: 30X



4224242/A 04/2018

NOTES: (continued)

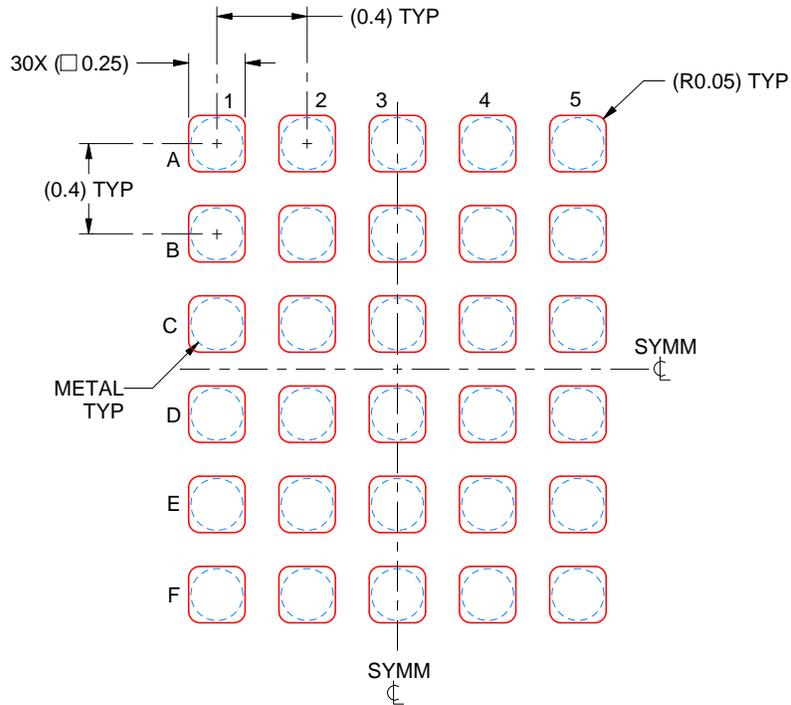
- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 ([www.ti.com/lit/snva009](http://www.ti.com/lit/snva009)).

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBG0030

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE  
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL  
SCALE: 30X

4224242/A 04/2018

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