BQ25692-Q1：汽车级独立/ I²C 控制、34V、1 节至 7 节锂离子电池、3.3A 降压/升压双向电池充电器，具备 USB-PD 3.0 OTG 输出功能

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 1：–40°C ≤ T_A ≤ 125°C
- 高度集成降压/升压正向（灌电流）模式充电器，适用于 1-7 节锂离子电池通过集成开关 MOSFET 和环路补偿支持 USB PD 充电档位
- 高效
  - 可编程开关频率范围为 450kHz 至 2.2MHz
  - 旁路模式下，在 3A 电流下从 20V 输入进行 USB-PD PPS 直接充电，效率 > 98.0%
  - 效率高达 96.0%：在 3A 电流下从 20V 输入为 19V 电池充电
  - 在 3A 电流下从 20V 输入为 15.2V 电池充电，转换器效率为 95.2%
  - 可进行音频外 (Out-of-Audio, OOA) 运行的可选 PFM，可提高轻负载效率
- 支持多种输入源，工作电压范围为 2.5V 至 34V，绝对最大额定值为 45V
  - 当 SRN > 3.2V 时，支持低至 2.5V 的 V_{IN}
  - USB PD 输入
  - 输入电压动态电源管理 (VINDPM) 高达 34V，可防止输入崩溃
  - 可选输入电流动态电源管理 (IINDPM) 高达 3.3A，可实现最大功率限制
- 通过 I2C 控制，用于通过电阻可编程选项实现优异的系统性能
  - 硬件可选默认电芯数、充电电压、输入和充电电流限制
  - 3.3A 充电电流，分辨率为 20mA
- 反向/OTG（拉电流）模式从电池为输入端口供电
  - 3.5V 至 34V 反向输出电压，分辨率为 20mV，支持 USB-PD PPS
  - 高达 3.3A 的反向输出电流调节，分辨率为 20mA，而支持 USB-PD PPS
- 低静态电流
  - 仅电池操作时为 6.5 μA
  - 转换器开关操作时为 700 μA
- 高精确度
  - 充电电压调节范围为 ±0.5%
  - ±5% 输入和输出电流调节
- 安全
  - 输入和电池 OVP
  - 热调节和热关断
  - 转换器 MOSFET OCP
  - 充电安全计时器

2 应用

- 低压电池系统
- 前门模块
- 远程信息处理控制单元
- ADAS 域控制器

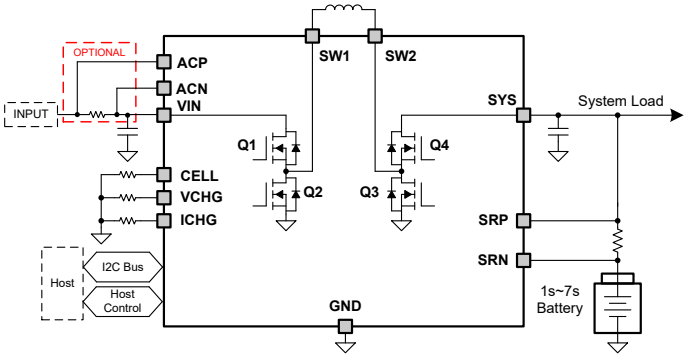
3 说明

BQ25692-Q1 是一款完全集成的开关模式降压/升压充电器，适用于 1-7 节锂离子电池和锂聚合物电池。2.5V 至 34V 的宽输入电压范围支持由电池、标准 USB-PD 适配器及高压专用直流适配器供电的应用。该器件集成了四个开关 MOSFET（Q_1、Q_2、Q_3、Q_4），以及降压/升压转换器的所有环路补偿，设计简单，能实现小尺寸设计。该器件还支持 USB Type-C 和 USB 供电 (USB-PD) 应用的完整输入（灌电流）和输出（反向或拉电流模式）电压范围。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
BQ25692-Q1	RBA（WQFN-HR，26）	3.5mm × 4mm

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



简化版原理图

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

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
5 规格 5
5.1 绝对最大额定值 5
5.2 ESD 等级 5
5.3 建议运行条件 5
5.4 热性能信息 6
5.5 电气特性 6
5.6 时序要求 11
5.7 典型特性 13
6 详细说明 16
6.1 概述 16
6.2 功能方框图 17
6.3 特性说明 17
6.4 器件功能模式 38
7 寄存器映射 40
7.1 BQ25692Q1 寄存器 40
8 应用和实施 57
8.1 应用信息 57
8.2 典型应用设计示例 58
8.3 电源相关建议 64
8.4 布局 64
9 器件和文档支持 67
9.1 器件支持 67
9.2 接收文档更新通知 67
9.3 支持资源 67
9.4 商标 67
9.5 静电放电警告 67
9.6 术语表 67
10 修订历史记录 68
11 机械、封装和可订购信息 69

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

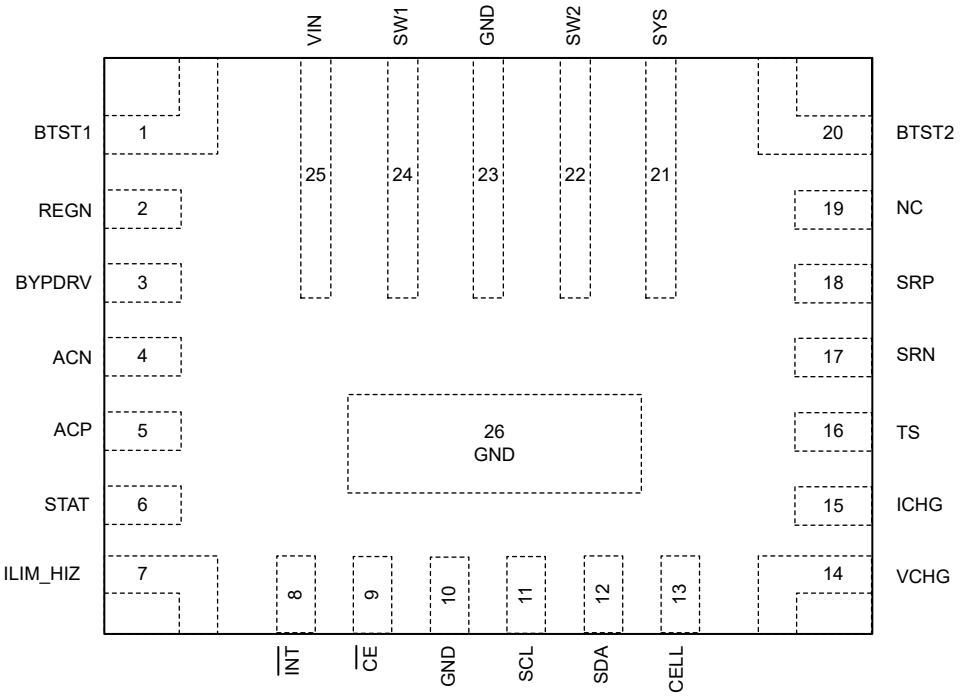


图 4-1. BQ25692-Q1 RBA 封装 26 引脚 WQFN-HR（带可湿性侧面）顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
ACN	4	AI	**适配器电流检测电阻，负输入** – 在 ACN 和 ACP 之间放置一个 0.1 µF 陶瓷电容器，以提供差模滤波。在 ACN 引脚和 GND 之间放置一个 33nF 陶瓷电容器，以实现共模滤波如果未使用输入电流检测功能，则直接连接到 VIN。
ACP	5	AI	**适配器电流检测电阻，正输入** – 在 ACN 和 ACP 之间放置一个 0.1 µF 陶瓷电容器，以提供差模滤波。在 ACP 引脚和 GND 之间放置一个 33nF 陶瓷电容器，以实现共模滤波如果未使用输入电流检测功能，则直接连接到 VIN。
BTST1	1	P	**降压高侧功率 MOSFET 栅极驱动器电源** – 在 BTST1 和 SW1 之间连接一个 47nF 陶瓷电容器和 2.2Ω 电阻器，用于驱动高侧降压 MOSFET (Q1)。REGN 和 BTST1 之间的自举二极管为集成式二极管。
BTST2	20	P	**升压高侧功率 MOSFET 栅极驱动器电源** – 在 BTST2 和 SW2 之间连接一个 47nF 陶瓷电容器和 2.2Ω 电阻器，用于驱动高侧增压 MOSFET (Q4)。REGN 和 BTST2 之间的自举二极管为集成式二极管。
BYPDRV	3	P	**旁路 FET 栅极驱动器** – 直接连接到背对背外部旁路 FET 栅极。当 EN_BYPASS = 1 且 EN_EXT_BYPASS = 1 时，引脚以相对于 SRN 5V 的电压驱动栅极，以导通外部旁路 FET。将 15V 齐纳二极管从 BYPDRV 连接到外部旁路 FET 的共源。如果不使用外部旁路，可使该引脚其保持悬空状态。
$\overline{CE}$	9	DI	**低电平有效充电使能引脚** – 当 EN_CHG 位为 1 且 $\overline{CE}$ 引脚为低电平时，会启用充电。必须将 $\overline{CE}$ 引脚拉至高电平或低电平，不要保持悬空。
电芯	13	AI	**电池节数计数程序** – 上电时，充电器检测连接到 CELL 引脚的电阻，以确定默认的节数计数并设置相应的 充电电压。建议使用容差为 ±1% 或 ±2% 的表面贴装电阻器。
GND	10	P	**接地回路**
GND	23	P	**接地回路**
ICHG	15	AI	**充电电流程序** – 上电时，充电器检测连接到 ICHG 引脚的电阻，以确定默认的充电电流。建议使用容差为 ±1% 或 ±2% 的表面贴装电阻器。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 4-1. 引脚功能（续）

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
ILIM_HIZ	7	AI	**输入电流限制设置** – ILIM_HIZ 引脚设置最大输入电流，可用于监测输入电流，并可拉至高电平以强制器件进入高阻态模式。连接到 GND 的编程电阻用于将输入电流限制设置为 I_{IN_MAX} = K_{ILIM} / R_{ILIM}。当器件处于输入电流调节状态时，ILIM_HIZ 引脚上的电压为 1V。当 ILIM 引脚电压 (V_{ILIM}) 小于 1V 时，实际输入电流可按下式计算：IIN = K_{ILIM} × V_{ILIM} / (R_{ILIM} × 1V)。实际输入电流限制是 ILIM_HIZ 引脚或 IINDPM 寄存器位设置的限制中的较低者。当 EN_EXTILIM 位为 0 时，可以禁用该引脚功能。如果不使用 ILIM_HIZ 引脚，则将该引脚拉至 GND，不要悬空。
$\overline{INT}$	8	DO	**开漏中断输出** – 使用 10kΩ 电阻器将 $\overline{INT}$ 引脚连接到逻辑轨。$\overline{INT}$ 引脚向主机发送一个低电平有效的 256μs 脉冲，以报告充电器器件状态和故障。
NC	19	-	**无连接** – 该引脚必须保持悬空。
REGN	2	P	**充电器内部线性稳压器输出** – 在 REGN 与接地之间连接一个 4.7μF 陶瓷电容器。REGN LDO 输出用于 TS 引脚电阻分压器的内部 MOSFET 栅极驱动电压和电压偏置。
SCL	11	DI	**I2C 接口时钟** – 通过 10kΩ 电阻器将 SCL 连接到逻辑轨。
SDA	12	DIO	**I2C 接口数据** – 通过 10kΩ 电阻器将 SDA 连接到逻辑轨。
SRN	17	AI	**充电电流检测电阻，负输入** – 在 SRN 和 SRP 引脚之间需要放置一个陶瓷电容，以提供差模滤波。该电容的容值为：0.1μF。在 SRN 引脚和 GND 之间放置一个 33nF 陶瓷电容器，以实现共模滤波
SRP	18	AI	**充电电流检测电阻，正输入** – 在 SRN 和 SRP 引脚之间需要放置一个陶瓷电容，以提供差模滤波。该电容的容值为：0.1μF。在 SRP 引脚和 GND 之间放置一个 33nF 陶瓷电容器，以实现共模滤波
STAT	6	DO	**开漏状态输出** – 使用 10kΩ 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。当 DIS_STAT_PIN 位设置为 1 时，可以禁用 STAT 引脚功能。
SW1	24	P	**降压侧半桥开关节点** – 电感器连接到 Q1 和 Q2 开关的中点。
SW2	22	P	**升压侧半桥开关节点** – 电感器连接到 Q3 和 Q4 开关的中点。
SYS	21	P	**连接到系统的充电器输出电压** – 内部 N 沟道高侧 MOSFET (Q4) 的漏极连接到 SYS，源极连接到 SW2。这是开关转换器的输出，必须使用尽可能靠近引脚的陶瓷电容器进行去耦。结合使用 0.1μF 和更高的电容值，在 SYS 与 GND 之间实现低阻抗连接。
散热焊盘	26	–	**IC 下方的外露焊盘** – 始终将散热焊盘焊接到电路板上并通过多个过孔连接到 GND 和电源接地平面。外露焊盘用于散热。
TS	16	AI	**温度鉴定电压输入** – 连接负温度系数热敏电阻。使用从 REGN 到 TS 再到 GND 的电阻分压器对温度窗口进行编程。当 TS 引脚电压超出范围时，充电暂停。建议使用 103AT-2 10kΩ 热敏电阻。
VCHG	14	AI	**充电电压程充** – 上电时，充电器检测连接到 VCHG 引脚的电阻，以确定默认充电电压。建议使用容差为 ±1% 或 ±2% 的表面贴装电阻器。
VIN	25	P	**充电器输入电压** – 内部 N 沟道高侧 MOSFET (Q1) 的漏极连接到 VIN，源极连接到 SW1。这是开关转换器的输入，必须使用尽可能靠近引脚的陶瓷电容器进行去耦。结合使用 0.1μF 和更高的电容值，在 VIN 与 GND 之间实现低阻抗连接。

(1) AI = 模拟输入、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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
电压	VIN、ACP、ACN、SYS、SRP、SRN	-0.3	45	V
	SW1、SW2	-0.3	45	V
	SW1、SW2（50ns 瞬态）	-2	45	V
	BYPDRV	-0.3	45	V
	BTST1，以 SW1 为基准	-0.3	6	V
	BTST2，以 SW2 为基准	-0.3	6	V
	REGN	-0.3	6	V
	ACP，以 ACN 为基准；SRP，以 SRN 为基准	-0.3	0.3	V
	CELL、/CE、ICHG、ILIM_HIZ、/INT、SCL、SDA、STAT、TS、VCHG	-0.3	6	V
输出灌电流	/CE、STAT		5	mA
T_J	结温	-40	150	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，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
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002 标准(1)		±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 标准	转角引脚（BTST1、ILIM_HIZ、VCHG、BTST2）	±750	
			所有引脚	±500	

(1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

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_{IN}	输入电压	2.5		34	V
V_{BAT}	电池电压	0		33	V
V_{I2C}	SCL 和 SDA 上拉电压 VDD	1.8		5V	V
F_{SW}	开关频率	450		2,200	kHz
C_{VIN}	VIN 总电容（降额后的最小值）($C_{VIN} = C_{VIN_ACN} + C_{VIN_ACP}$) ($C_{VIN_ACP} \geq C_{VIN_ACN}$)	10			μF
C_{VIN_ACN}	C_{VIN_ACN} 电容（降额后的最小值）	100			nF
C_{SYS_1s-2s}	SYS 电容 (1s、2s)（降额后的最小值）	15			μF
C_{SYS_3s-7s}	SYS 电容 (3s-7s)（降额后的最小值）	8			μF
C_{BAT}	电池电容（降额后的最小值）	5			μF
L	建议用于 f_{SW} 的电感器：450kHz 至 500kHz	6.8		15	μH
	建议用于 f_{SW} 的电感器：550kHz 至 700kHz	4.7		10	μH
	f_{SW} > 700kHz 时的建议电感器	2.2		4.7	μH

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.3 建议运行条件（续）

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
R_{AC_SNS}	输入电流检测电阻	0	5	10	mΩ
R_{BAT_SNS}	电池电流检测电阻		5	10	mΩ
R_{CELL}	CELL 下拉电阻器	4.6		27.4	kΩ
R_{VCHG}	VCHG 下拉电阻器	4.6		27.4	kΩ
R_{ICHG}	ICHG 下拉电阻器	4.6		27.4	kΩ
R_{ILIM_HIZ}	ILIM_HIZ 下拉电阻器	0.0		33	kΩ
T_A	环境温度	-40		125	°C
T_J	结温	-40		125	°C

5.4 热性能信息

热指标(1)		BQ25692-Q1 RBA (QFN) 26-PIN	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻 (EVM(2))	22.9	°C/W
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻 (JEDEC(1))	37.9	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	22.5	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	6.8	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.9	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	6.8	°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。
(2) 在 70 µm 厚铜上测得，4 层电路板。

5.5 电气特性

典型值在 $V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$、$T_J$ = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
静态电流						
I_{Q_BAT}	静态电池电流 (I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SYS})	V_{SRP} = V_{SRN} = V_{SYS} = 20V、VIN = 0V、T_J < 105°C		6.5	16	µA
I_{HIZ_VIN}	高组态模式输入电流 (IACP + IACN + IVIN)	EN_HIZ = 1、VIN = 12V		11	30	µA
I_{Q_VIN}	静态输入电流 (IACP + IACN + IVIN)	不进行开关		250	300	µA
		开关，ISYS = ICHG = 0A		700		µA
I_{Q_REV}	反向模式下的静态电池电流 (I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SYS})	不进行开关		320	370	µA
		开关		700		µA
VIN/VBAT 电源						
V_{VIN_OP}	VIN 工作范围	VBAT >3.2V	2.5		34	V
		VBAT < 3.2V	3.2		34	V
V_{VIN_OK}	VIN 转换器启用阈值	VIN 上升，无电池	2.9			V
V_{VIN_OKZ}	VIN 转换器禁用阈值	VIN 下降，无电池			2.35	V
V_{VIN_OVP}	VIN 过压上升阈值	VIN 上升	35.5	36.3	37	V
	VIN 内部过压下降阈值	VIN 下降	33.8	34.5	35.2	V
V_{BAT_OK}	允许 OTG 运行的电池电压	V_{SRN} 上升，无输入		2.8		V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

典型值在 V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}、T_J = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（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_OKZ}	禁用 OTG 运行的电池电压	V_{SRN} 下降，无输入			2.4	V
V_{SYS_SHORT}	VSYS 短路电压上升阈值		2.085	2.2	2.3	V
	VSYS 短路电压下降阈值		1.9	2.0	2.1	V
电池充电器						
V_{REG_RANGE}	典型充电电压调节范围		2.4		33.0	V
V_{REG_STEP}	典型充电电压步长			10		mV
V_{REG_ACC}	充电电压调节精度	1 节至 7 节电池、T_J = 0°C 至 85°C	-0.55		0.5	%
		1 节至 7 节电池、T_J = -40°C 至 125°C	-1.15		0.9	%
	充电电压调节精度、4.2V/节	1 节，TJ = 0°C 至 85°C	4.1769	4.2	4.221	V
		2 节，TJ = 0°C 至 85°C	8.358	8.4	8.442	V
		3 节，TJ = 0°C 至 85°C	12.537	12.6	12.663	V
		4 节，TJ = 0°C 至 85°C	16.716	16.8	16.884	V
		5 节，TJ = 0°C 至 85°C	20.895	21.0	21.105	V
		6 节，TJ = 0°C 至 85°C	25.074	25.2	25.326	V
		7 节，TJ = 0°C 至 85°C	29.253	29.4	29.547	V
I_{CHG_RANGE}	典型充电电流调节范围		40		3300	mA
I_{CHG_STEP}	典型充电电流步长			20		mA
I_{CHG_ACC}	充电电流调节精度 VBAT = 4V/节、R_{BAT_SNS} = 10mΩ	VBAT = 12V、20V、28V。ICHG = 1.5A	1425	1500	1575	mA
		VBAT = 12V、20V、28V。ICHG = 0.5A	450	500	550	mA
I_{TERM_RANGE}	典型终止电流范围		20		620	mA
I_{TERM_STEP}	典型终止电流阶跃			20		mA
I_{TERM_ACC}	终止电流精度、VBAT = 4.2V/节、R_{BAT_SNS} = 10mΩ	VBAT = 12.6V、21V、29.4V。ITERM = 160mA	140	160	176	mA
		VBAT = 12.6V、21V、29.4V。ITERM = 80mA	60	80	120	mA
I_{PRECHG}	典型预充电电流范围	VBAT < VBAT_LOWV	20		620	mA
I_{PRECHG_STEP}	典型预充电电流步长			20		mA
I_{PRECHG_ACC}	预充电电流精度、VBAT = 2.5V/节、R_{BAT_SNS} = 10mΩ	VBAT = 7.5V、12.5V、17.5V。IPRECHG = 300mA	250	300	330	mA
		VBAT = 7.5V、12.5V、17.5V。IPRECHG = 160mA	110	160	190	mA
I_{BAT_SHORT}	锂离子电池的涓流充电电流精度	VBAT < V_{BAT_SHORT}		100		mA
V_{BAT_SHORT}	涓流充电至预充电转换（1 节-2 节）	VBAT 上升、每节的阈值		2.15		V
	预充电至涓流充电转换（1 节-2 节）	VBAT 下降、每节的阈值		1.85		V
	涓流充电至预充电转换（3 节-7 节）	VBAT 上升、每节的阈值		2.2		V
	预充电至涓流充电转换（3 节-7 节）	VBAT 下降、每节的阈值		2.0		V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

典型值在 V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}、T_J = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（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_LOWV}	预充电至快速充电转换	VBAT 上升（以 VREG 的百分比表示），VBAT_LOWV = 3	69.0	71.4	73.8	%
		VBAT 上升（以 VREG 的百分比表示），VBAT_LOWV = 2	64.3	66.7	69.0	%
		VBAT 上升（以 VREG 的百分比表示），VBAT_LOWV = 1	52	55	58	%
		VBAT 上升（以 VREG 的百分比表示），VBAT_LOWV = 0	27	30	33	%
$V_{BAT_LOWV_HYS}$	BAT_LOWV 迟滞			5		%
V_{RECHG}	电池充电阈值	VBAT 下降（以 VREG 的百分比表示），VRECHG = 3		97		%
		VBAT 下降（以 VREG 的百分比表示），VRECHG = 2		95.5		%
		VBAT 下降（以 VREG 的百分比表示），VRECHG = 1		94.1		%
		VBAT 下降（以 VREG 的百分比表示），VRECHG = 0		92.7		%
I_{SYS_LOAD}	系统 (SYS) 放电负载电流	FORCE_ISYS_DSCHG = 1	20			mA
I_{VIN_LOAD}	输入 (VIN) 放电负载电流	FORCE_VIN_DSCHG = 1	20			mA
电池保护						
V_{BAT_OVP}	电池过压阈值	VBAT 上升，以 VREG 的百分比表示	102	104	105.5	%
		VBAT 下降，以 VREG 的百分比表示	100	102	103.5	%
输入电压/电流调节						
V_{INDPM_RANGE}	输入电压 DPM 调节范围		2.5		34	V
V_{INDPM_STEP}	典型的输入电压 DPM 调节阶跃			20		mV
V_{INDPM_ACC}	输入电压 DPM 调节精度	VINDPM = 20V	19.6	20	20.4	V
		VINDPM = 12V	11.76	12	12.24	V
		VINDPM = 4.3V	4.17	4.3	4.43	V
		VINDPM = 3V	2.85	3	3.15	V
V_{INDPM_MPPT}	由 MPPT 算法设置的 VINDPM	VOC = 18V、VOC_PCT = 000b (62.5%)		11.250		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 001b (68.75%)		12.375		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 010b (75%)		13.500		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 011b (78.125%)		14.063		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 100b (81.25%)		14.625		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 101b (84.375%)		15.188		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 110b (87.5%)		15.750		V
		VOC = 18V、VOC_PCT = 111b (93.75%)		16.875		V
I_{INDPM_RANGE}	输入电流压 DPM 调节范围		40		3300	mA
I_{INDPM_STEP}	典型输入电流 DPM 调节步长			20		mA
I_{INDPM_ACC}	输入电流 DPM 调节精度	IINDPM = 3000mA	2700	2850	3000	mA
		IINDPM = 1500mA	1350	1425	1500	mA
		IINDPM = 900mA	810	855	900	mA
		IINDPM = 500mA	450	475	500	mA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

典型值在 V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}、T_J = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
K_{ILIM}	输入电流限制比例因子 (IIN_MAX = KILIM / RILIM)	IIN_MAX = 1.6A、1A、0.5A	2890	3333	3780	A x Ω
$V_{IH_ILIM_HIZ}$	进入高阻态模式的 ILIM_HIZ 输入高电平阈值	V_{ILIM_HIZ} 上升	1.77			V
热调节和热关断						
T_{REG}	结温调节精度	TREG = 120°C		120		°C
		TREG = 80°C		80		°C
T_{SHUT}	热关断上升阈值	温度上升		165		°C
T_{SHUTZ}	热关断下降阈值	温度下降		130		°C
开关转换器						
F_{SW}	开关频率	FSW = 1	382.5	450	517.5	kHZ
		FSW = 2	425	500	575	kHZ
		FSW = 3	467.5	550	632.5	kHZ
		FSW = 4	510	600	690	kHZ
		FSW = 5	595	700	805	kHZ
		FSW = 6	1020	1200	1380	kHZ
		FSW = 7	1870	2200	2530	kHZ
R_{Q1_ON}	VIN 至到 SW1 MOSFET 导通电阻			37	67	mΩ
R_{Q2_ON}	SW1 至 GND MOSFET 导通电阻			77	140	mΩ
R_{Q3_ON}	SW2 至 GND MOSFET 导通电阻			77	140	mΩ
R_{Q4_ON}	SYS 至到 SW2 MOSFET 导通电阻			37	67	mΩ
旁路模式						
V_{BYPDRV_REG}	外部旁路 FET 驱动电压	VIN = 4V、V_{BYP_DRV} - V_{SRN}、VIN > VBAT、EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 1		4.18		V
I_{BYPDRV_REG}	外部旁路 FET 电荷泵电流限制	V_{BYPDRV} - V_{SYS} = 5V	16	23		μA
I_{BYPDRV_OFF}	外部旁路 FET 关断电流			460		μA
I_{EXTBYP_OCP}	退出旁路模式的外部旁路过流限制	EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 1。R_{AC_SNS} = 10mΩ	5.35	5.5		A
I_{BYP_OCP}	退出旁路模式的内部旁路过流限制。	EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 0、高于 IINDPM 设置的百分比。R_{AC_SNS} = 10mΩ		15		%
I_{BYP_LL}	退出旁路模式的旁路轻负载电流限制	EN_BYPASS = 1、电流下降。 R_{AC_SNS} = 10mΩ		130		mA
$I_{REV_EXTBYP_OCP}$	退出旁路模式的外部反向旁路过流限制	EN_REV = 1、EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 1。R_{AC_SNS} = 10mΩ	5.35	5.5		A
$I_{REV_BYP_OCP}$	退出旁路模式的内部反向旁路过流限制	EN_REV = 1、EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 0、高于 IIN_REV 设置的百分比。 R_{AC_SNS} = 10mΩ		15		%
$I_{REV_BYP_LL}$	退出旁路模式的反向旁路轻负载电流限制	EN_BYPASS = 1、EN_EXT_BYPASS = 0、反向电流下降。 R_{AC_SNS} = 10mΩ		122		mA
反向模式电压和电流调节						
V_{INREV_RANGE}	VIN 处的反向模式电压调节范围		3.5		34	V
V_{INREV_STEP}	VIN 处的反向模式电压调节步长			20		mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

典型值在 V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}、T_J = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{INREV_ACC}	VIN 处的反向模式电压调节	VIN_REV = 20V	19.8	20	20.2	V
		VIN_REV = 15V	14.8	15	15.2	V
		VIN_REV = 9V	8.8	9	9.2	V
		VIN_REV = 5V	4.8	5	5.2	V
V_{INREV_BACKUP}	触发反向备用模式的 VIN 下降阈值。定义为 VINDPM 的百分比	VIN_BACKUP = 100%、VINDPM = 15V	93.5	100	106.5	%
		VIN_BACKUP = 80%、VINDPM = 15V	75	80	85	%
		VIN_BACKUP = 60%、VINDPM = 15V	56	60	64	%
		VIN_BACKUP = 50%、VINDPM = 15V	46	50	54	%
$I_{IN_REV_RANGE}$	ACP/ACN 之间的反向模式电流调节范围		40		3300	mA
$I_{IN_REV_STEP}$	ACP/ACN 之间的反向模式电流调节步长			20		mA
$I_{IN_REV_ACC}$	ACP/ACN 之间上的反向模式电流调节精度	IIN_REV = 3000mA	2680	2850	3000	mA
		IIN_REV = 1500mA	1300	1425	1500	mA
		IIN_REV = 900mA	750	855	930	mA
		IIN_REV = 500mA	380	475	560	mA
I_{BATREV_ACC}	SRP/SRN 之间的反向模式电池放电电流调节精度	IBAT_REV = 3.56A	3410	3560	3710	mA
		IBAT_REV = 2.28A	2130	2280	2430	mA
		IBAT_REV = 1A	850	1000	1150	mA
V_{INREV_OV}	反向模式 VIN 上升阈值	VIN 上升，以 VIN_REV 的百分比表示	110			%
V_{INREV_UV}	停止转换器的反向模式 VIN 下降阈值	VIN 下降			2.95	V
I_{REV_TERM}	用于触发 REV_TERM_STAT 的反向模式 IBUS 阈值	ITERM = 500mA		1028.4		mA
		ITERM = 100mA		234.8		mA
		ITERM = 20mA		76.9		mA
I_{REV_TERMZ}	用于复位 REV_TERM_STAT 的反向模式 IBUS 阈值	ITERM = 500mA		1101.2		mA
		ITERM = 100mA		307.5		mA
		ITERM = 20mA		147.8		mA
电池组 NTC 监控器（充电模式）						
V_{T1_RISE}	TS 引脚电压上升 T1 阈值，高于该电压时充电暂停。	以 REGN 的百分比表示，TS_TH1 = 0°C（带 103AT）	72.0	73.3	74.2	%
V_{T1_FALL}	TS 引脚电压下降 T1 阈值，低于该电压时重新启用充电。	以 REGN 的百分比表示，TS_TH1 = 0°C（带 103AT）	71.0	72	73.5	%
V_{T2_RISE}	TS 引脚电压上升 T2 阈值，高于该电压时重新充电至降低的 ICHG	以 REGN 的百分比表示，TS_TH2 = 10°C（带 103AT）	67.0	68.25	69.25	%
V_{T2_FALL}	TS 引脚电压下降 T2 阈值。低于该电压时重新充电至正常状态	以 REGN 的百分比表示，TS_TH2 = 10°C（带 103AT）	66.0	66.95	68.5	%
V_{T3_FALL}	TS 引脚电压下降 T3 阈值，低于该电压时重新充电至降低的 VREG。	以 REGN 的百分比表示，TS_TH3 = 45°C（带 103AT）	43.75	44.75	45.75	%
V_{T3_RISE}	TS 引脚电压上升 T3 阈值。高于该电压时重新充电至正常状态。	以 REGN 的百分比表示，TS_TH3 = 45°C（带 103AT）	45.0	46.05	46.55	%
V_{T5_FALL}	TS 引脚电压下降 T5 阈值，低于该电压时充电暂停	以 REGN 的百分比表示，TS_TH5 = 60°C（带 103AT）	33.5	34.375	34.875	%
V_{T5_RISE}	TS 引脚电压上升 T5 阈值。高于该电压时以降低的 VREG 充电。	以 REGN 的百分比表示，TS_TH5 = 60°C（带 103AT）	34.5	35.5	36	%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

典型值在 $V_{VIN_UVLOZ} < V_{VIN} < V_{VIN_OVP}$、$T_J$ = -40°C 至 +125°C 且 T_J = 25°C 的条件下测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电池包 NTC 监控器（反向模式）						
$V_{TS_REV_COLD_RISE}$	TS 引脚电压上升 TS COLD 阈值。高于该电压时反向模式暂停	以 REGN 的百分比表示（TS_REV_COLD = –20°C，带 103AT）	78.0	80	81.0	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_COLD= –10°C，带 103AT）	75.0	77.15	78.0	%
$V_{TS_REV_COLD_FALL}$	TS 引脚电压下降 TS COLD 阈值。低于该电压时反向模式恢复	以 REGN 的百分比表示（TS_REV_COLD= –20°C，带 103AT）	77.5	78.7	80.0	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_COLD= –10°C，带 103AT）	74.5	75.6	77.0	%
$V_{TS_REV_HOT_FALL}$	TS 引脚电压下降 TS HOT 阈值。低于该电压时反向模式暂停	以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 55°C，带 103AT）	36.5	37.7	38.2	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 60°C，带 103AT）	33.5	34.375	34.875	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 65°C，带 103AT）	30.5	31.25	31.75	%
$V_{TS_REV_HOT_RISE}$	TS 引脚电压上升 TS HOT 阈值。高于该电压时反向模式恢复	以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 55°C，带 103AT）	38.5	39	39.95	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 60°C，带 103AT）	34.5	35.5	36	%
		以 REGN 的百分比表示（TS_REV_HOT = 65°C，带 103AT）	31.5	32.5	33	%
REGN LDO						
V_{REGN}	REGN LDO 输出电压	V_{IN} = 5V、I_{REGN} = 20mA	4.6	4.8		V
		V_{IN} = 15V、I_{REGN} = 20mA	4.8	5	5.2	V
I_{REGN}	REGN LDO 电流限制	V_{IN} = 5V、V_{REGN} = 4.5V	26			mA
I2C 接口（SCL、SDA）						
V_{IH}	输入高阈值电平		1.3			V
V_{IL}	输入低阈值电平				0.4	V
V_{OL}	SDA 输出低阈值电平				0.4	V
I_{IN_BIAS}	高电平漏电流				1	μA
逻辑输入引脚 ($\overline{CE}$)						
V_{IH}	输入高阈值电平		1.3			V
V_{IL}	输入低阈值电平				0.4	V
I_{IN_BIAS}	高电平漏电流	上拉电源轨 1.8V			1	μA
逻辑输出引脚 ($\overline{INT}$, STAT)						
V_{OL}	输出低阈值电平	灌电流 = 5mA			0.4	V
I_{OUT_BIAS}	高电平漏电流	上拉电源轨 1.8V			2	μA

5.6 时序要求

参数	测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
电池充电器					

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

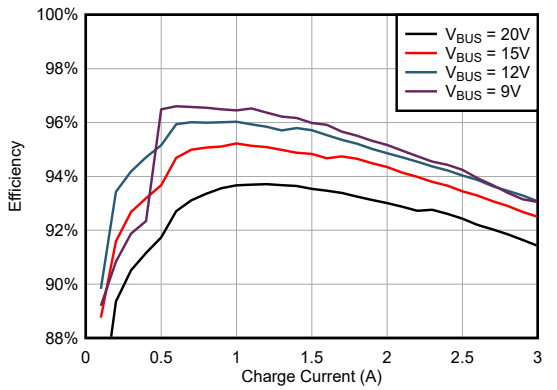
5.6 时序要求（续）

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
t_{TOP_OFF}	充电完成计时器精度	TOPOFF_TMR = 1	12	15	18	最小值
		TOPOFF_TMR = 2	24	30	36	最小值
		TOPOFF_TMR = 3	36	45	54	最小值
t_{SAFETY_PRECHG}	预充电中的充电安全计时器	PRECHG_TMR = b0	1.8	2	2.2	hr
t_{SAFETY}	充电安全计时器精度	CHG_TMR = 0	4.5	5	5.5	hr
		CHG_TMR = 1	7.2	8	8.8	hr
		CHG_TMR = 2	10.8	12	13.2	hr
		CHG_TMR = 3	21.6	24	26.4	hr
t_{CV_TMR}	CV 计时器精度	CV_TMR = 6	8.5	10	11.5	hr
t_{TS_DGL}	TS 阈值交叉的抗尖峰脉冲时间			30		ms
I2C 接口						
f_{SCL}	SCL 时钟频率				1000	kHZ
t_r	SDA 信号的上升时间	f_{SCL} = 1MHz			120	ns
t_r	SDA 信号的上升时间	f_{SCL} = 400kHz			300	ns
t_r	SDA 信号的上升时间	f_{SCL} = 100kHz			1000	ns
C_b	每个总线的容性负载				550	pF
看门狗计时器						
t_{LP_WDT}	看门狗复位时间	EN_HIZ = 1、WATCHDOG = 160s	100	160		s
t_{WDT}	看门狗复位时间	EN_HIZ = 0、WATCHDOG = 160s	136	160		s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

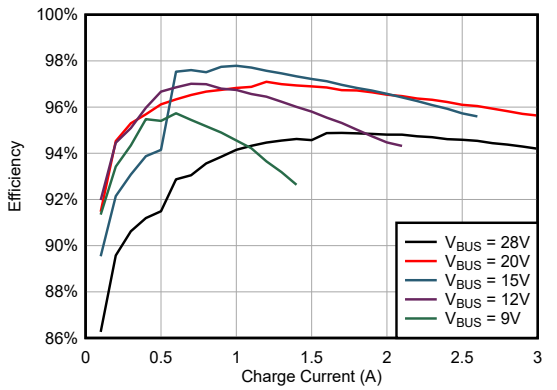
5.7 典型特性

C_{VIN} = 10 × 4.7µF，C_{SYS}= 6 × 4.7µF，C_{BAT} = 4 × 4.7µF，L1 = 10µH (SRP5050FA-100M)



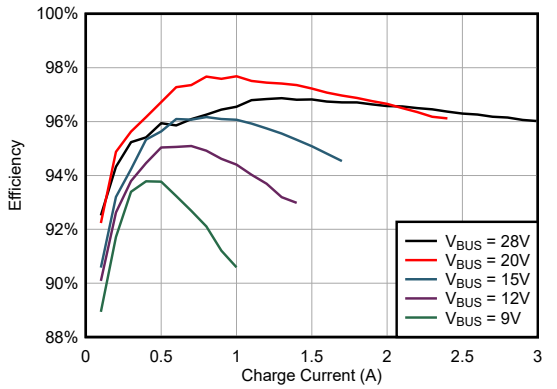
VBAT = 8V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-1. 2 节 充电效率与充电电流间的关系



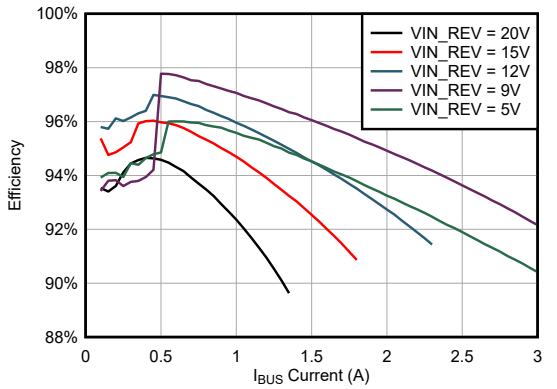
VBAT = 16V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-2. 4 节 充电效率与充电电流间的关系



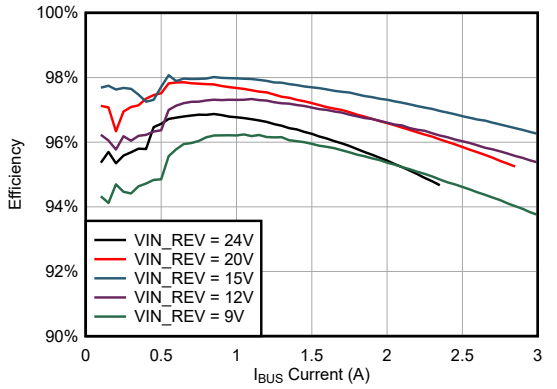
VBAT = 24V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-3. 6 节 充电效率与充电电流间的关系



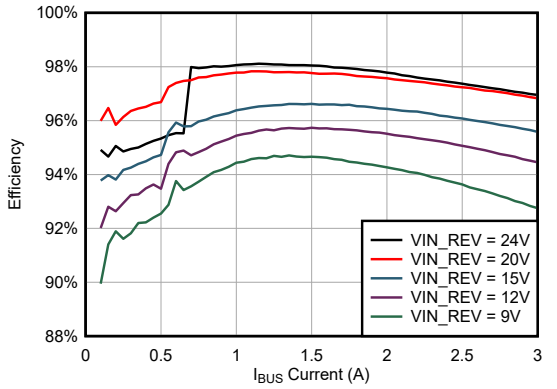
VBAT = 8.4V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-4. 2 节电池 OTG 效率与 OTG 电流间的关系



VBAT = 16.8V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-5. 4 节电池 OTG 效率与 OTG 电流间的关系



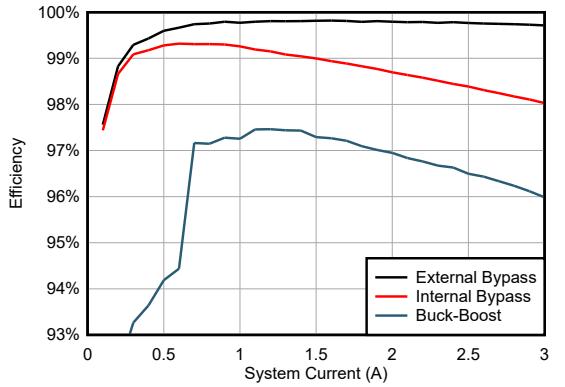
VBAT = 25.2V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-6. 6 节电池 OTG 效率与 OTG 电流间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

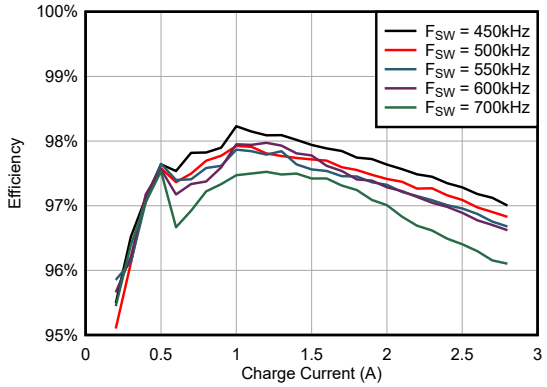
5.7 典型特性（续）

C_{VIN} = 10 × 4.7µF，C_{SYS}= 6 × 4.7µF，C_{BAT} = 4 × 4.7µF，L1 = 10µH (SRP5050FA-100M)



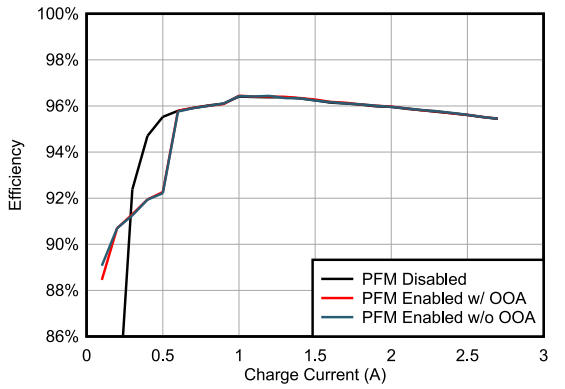
VBUS = 20V　　f_{sw} = 450kHz　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 0

图 5-7. 旁路模式效率与系统电流间的关系



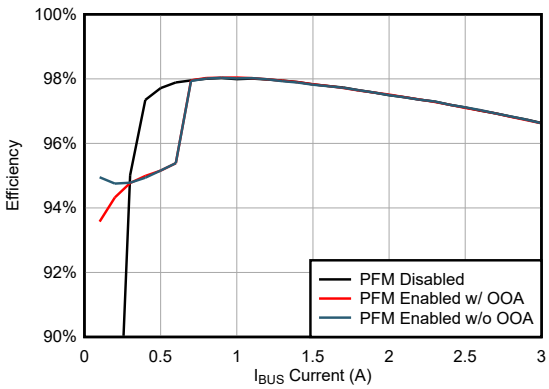
VBAT = 29.4V　　VBUS = 28V　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 1

图 5-8. 不同开关频率下 7 节 充电效率与充电电流间的关系



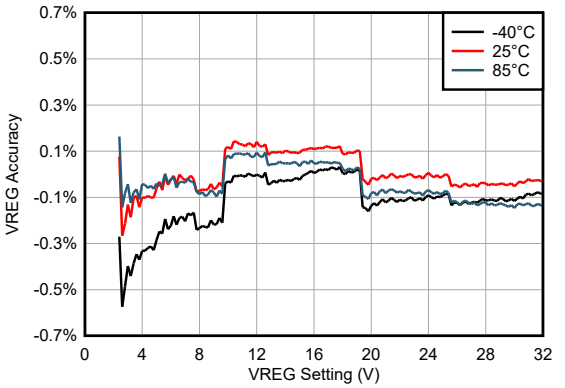
VBAT = 20V　　VBUS = 20V

图 5-9. 不同 PWM/PFM/OOA 模式下 5 节 充电效率与充电电流间的关系



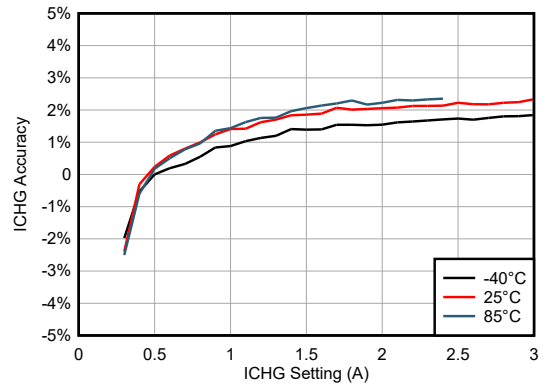
VBAT = 21V　　VIN_REV = 20V

图 5-10. 不同 PWM/PFM/OOA 模式下 5 节串联电池 OTG 效率与充电电流间的关系



VBUS = 20V　　EN_PFM = 1　　EN_PFM_OOA = 1

图 5-11. 充电电压精度



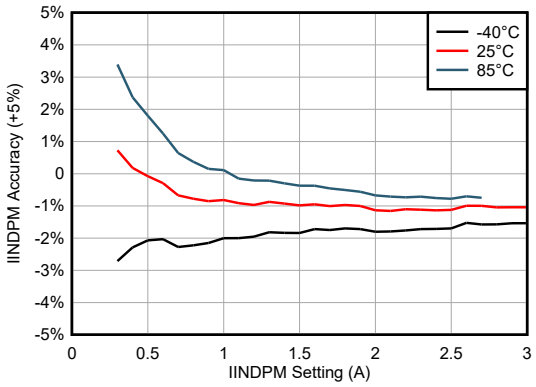
VBUS = 20V　　VBAT = 16V　　EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 1

图 5-12. 充电电流精度

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

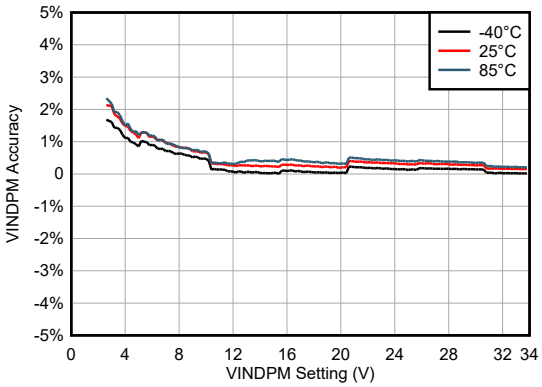
5.7 典型特性（续）

C_{VIN} = 10 × 4.7µF，C_{SYS}= 6 × 4.7µF，C_{BAT} = 4 × 4.7µF，L1 = 10µH (SRP5050FA-100M)



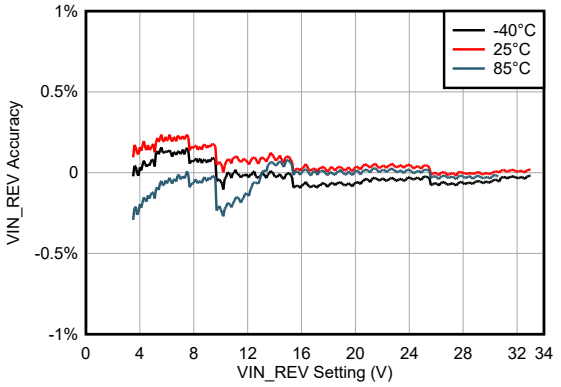
VBUS = 20V VBAT = 16V

图 5-13. IINDPM 精度



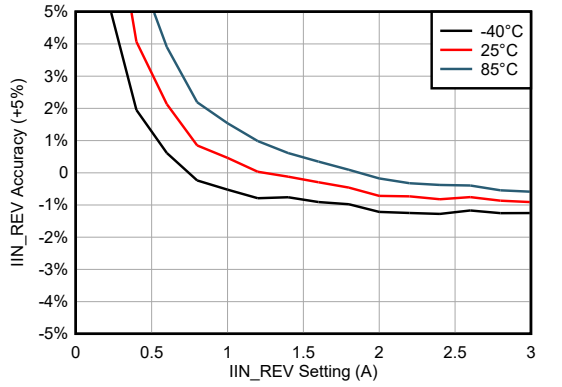
VBAT = 16V

图 5-14. VINDPM 精度



VBAT = 16V I_{BUS} = 1A EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 1

图 5-15. VIN_REV 精度



VBAT = 16V VIN_REV = 5V EN_PFM = 1
EN_PFM_OOA = 1

图 5-16. IIN_REV 精度

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

6.1 概述

该器件是一款完全集成的开关模式降压/升压充电器，适用于 1-7 节锂离子电池和锂聚合物电池。2.5V 至 34V 的宽输入电压范围支持由电池、标准 USB-PD 适配器及高压专用直流适配器供电的应用。该器件集成了四个开关 MOSFET（Q_1、Q_2、Q_3、Q_4），以及降压/升压转换器的所有环路补偿，设计简单，能实现小尺寸设计。该器件符合 USB 电力传输 (USB-PD) 功率规范，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。该器件还可以在反向模式下运行，可提供从电池到输入端口的电源，具有 USB-PD 功率分布兼容性。

此器件无需主机控制即可启动并完成一个充电周期。启动时，器件会读取 CELL、VCHG 和 ICHG 引脚上的电阻值，确定充电曲线的正确设置，并相应更新寄存器设置。随后，器件会根据检测到的电池电压，分四个阶段为电池充电：涓流充电、预充电、恒流 (CC) 充电和恒压 (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、NORMAL 和 WARM 温度区域支持充电终止。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。 在没有主机控制时，充电器即可基于输入电压与电池电压，在降压、升压和降压/升压模式间无缝切换。

该器件还提供最大功率点跟踪 (MPPT) 算法，以便优化从低功率光伏板获取的能量。此 MPPT 算法在用户可配置的周期内测量光伏板的开路电压，然后使用 VOC_PCT 设置来调整 VINDPM，以计算最大功率点，测得的开路电压以百分比表示。

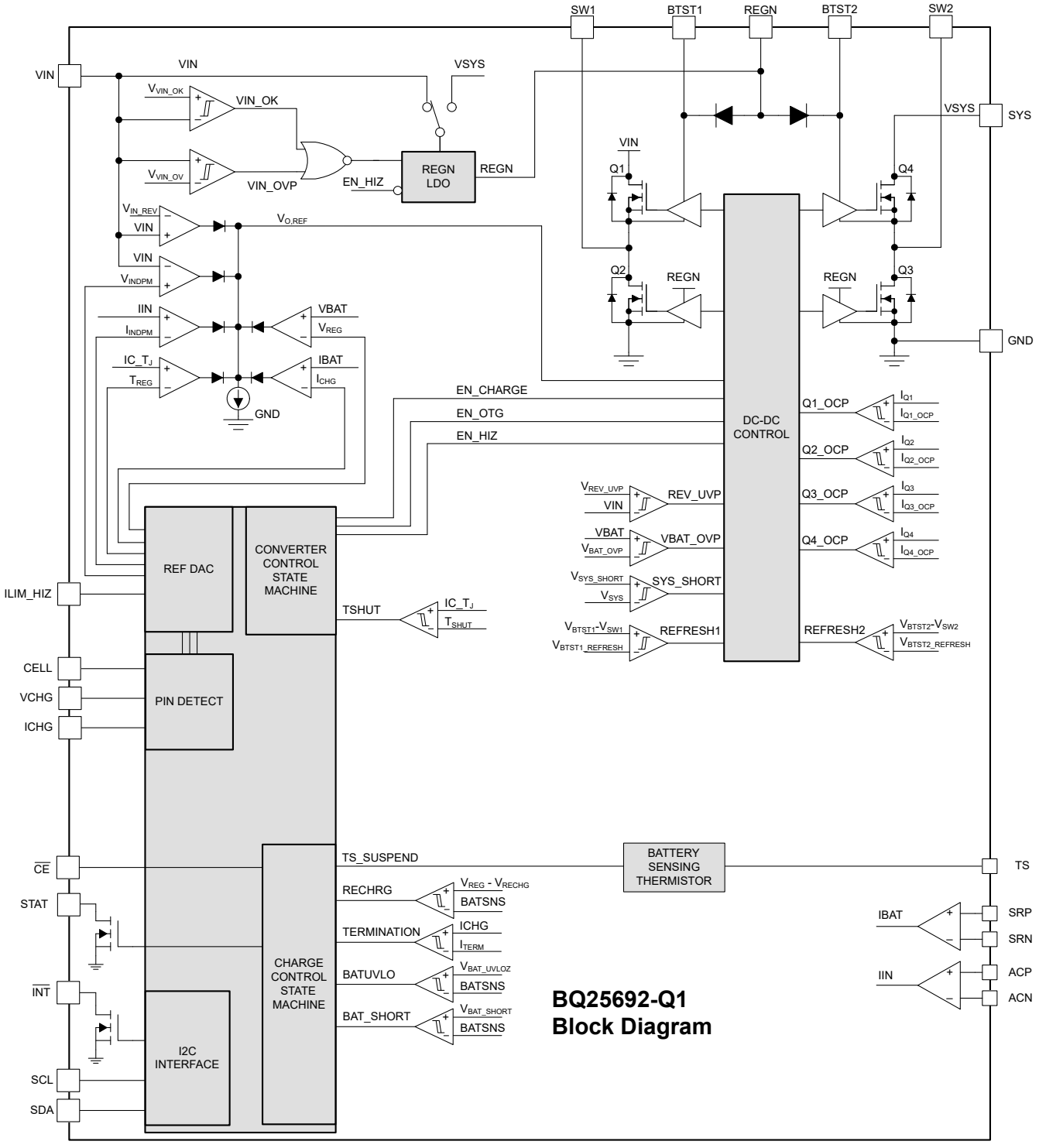
在无输入源的情况下，器件支持反向模式运行，使电池放电以在 VIN 上生成可调节 3.5V 至 34V 电压，步长为 20mV。该可调输出电压符合 USB PD 3.0 规范中定义的 PPS 特性。该器件还使用相同的机制支持备用特性，在这种机制下，在移除适配器后，可为连接到 VIN 的系统负载提供可调反向模式电压。配置完成后，集成的备用比较器会自动触发转换器以使电池放电，抑制 VIN 节点并在无需主机干预的情况下转换到备用模式。

该充电器提供针对充电和系统运行的多种安全特性，其中包括温度检测热敏电阻 (NTC) 监测、涓流充电、预充电和快速充电计时器，以及输出和输入上的过压/过流保护。当裸片温度超过可编程的阈值时，热调节会减小充电电流。器件的 STAT 输出报告充电状态和任何故障状况。当发生故障或状态改变时，$\overline{INT}$ 引脚会立即通知主机。

该器件采用可润湿侧面 WQFN 4mm×3.5mm 26 引脚封装。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.2 功能方框图



BQ25692-Q1 Block Diagram

6.3 特性说明

6.3.1 器件上电复位

V_{IN} 或在 SRN 处连接的电池为充电器的内部偏置电路供电。验证器件上电的有效电压：当从 VIN 供电时，需大于 V_{VIN_OK}，当从电池供电时，需大于 V_{BAT_OK}。

6.3.2 仅电池上电状态

当 VIN 处没有有效输入源时，充电器进入仅电池模式。该器件已为 I²C 通信做好准备，并且转换器已准备好在反向模式下运行。充电器处于低静态电流模式且 REGN 关断。

6.3.3 器件高阻态状态

HIZ 状态是指一种充电器状态，在这种状态下，即使存在有效的适配器，REGN LDO 也会处于关断状态并且转换器停止切换。器件从输入源消耗的电流为 I_{HIZ_VIN}，并且系统负载由电池提供。

当 EN_HIZ 位设置为 1 或 ILIM_HIZ 引脚被拉至高于 $V_{IH_ILIM_HIZ}$ 时，器件进入高阻态模式（请参阅 ILIM_HIZ 引脚）。

如果器件在转换器开启的情况下在反向模式下运行，并且器件进入高阻态模式（EN_HIZ 位设置为 1 或 ILIM_HIZ 引脚被拉至高于 $V_{IH_ILIM_HIZ}$），则切换停止。一旦主机清除 HIZ 模式条件，器件恢复反向模式运行。

当 EN_HIZ 位被清零为 0，并且 ILIM_HIZ 引脚不再被拉高时，器件将退出高阻态模式。器件通过 ILIM_HIZ 引脚退出高阻态模式后，CELL、ICHG 和 VCHG 引脚值就会更新，允许通过切换 ILIM_HIZ 引脚来更新独立充电器的设置。

6.3.4 为 REGN LDO 上电

当器件通过 VIN 上电时，LDO 会在 V_{VIN_OK} < VIN < V_{VIN_OVP} 时导通，并且由于 EN_HIZ 位 =1，充电器未处于高阻态模式。当器件仅通过电池供电时，LDO 仅在反向模式下运行时导通，以便最大限度减小电池静态电流并延长电池寿命。

REGN LDO 为内部偏置电路和 MOSFET 栅极驱动器供电。TS 和 STAT 的上拉电源轨可连接至 REGN。使用 $\overline{INT}$ 引脚上拉电源轨作为外部电压源，而不是 REGN。这是因为在仅电池供电的情况下，REGN 输出不可用。

6.3.5 默认 VINDPM 设置

该器件支持用于高压充电的宽输入电压限制 (2.5V – 34V) 范围，并提供两种方法来设置输入电压限制 (VINDPM) 阈值以方便自主检测。

1. 绝对 VINDPM (FORCE_VINDPM = 1)
   设置 FORCE_VINPM = 1 会禁用 VINDPM 阈值设置算法。寄存器 VINDPM 可写入并允许主机设置 VINDPM 功能的绝对阈值。
2. 基于空载 VIN 电压的相对 VINDPM (FORCE_VINDPM = 0)

当 FORCE_VINDPM = 0 时，VINDPM 阈值设置算法启用并且在下列情况下会自动更改 VINDPM 限制：

- 适配器插入 (V_{VIN} > V_{IN_OK})
- 通过 EN_HIZ 寄存器位退出高阻态模式

充电器自动将默认 VINDPM 阈值设置为：

- 空载 VIN 的 84.375%，VIN ≤ 6V（5V 输入设置 4.2V VINDPM）时
- 空载 VIN 的 87.5%，VIN > 6V（20V 输入设置 17.5V VINDPM）时

当切换 EN_HIZ 位时，会重新测量空载 VIN。这导致转换器停止开关，并且系统会更新 VINDPM 寄存器字段。为了在高阻态切换事件期间保持系统电压，主机必须验证电池是否存在。

当空载 VIN 超出 VINDPM 寄存器范围时，充电器根据需要将 VINDPM 寄存器设置为最小值 (2.5V) 或最大值 (34V)。

6.3.6 具有 CELL、ICHG 和 VCHG 引脚的默认充电曲线设置

该器件使用 CELL、ICHG 和 VCHG 引脚提供独立的充电曲线编程。在启动时读取这些引脚上的电阻，该值用于确定器件的默认充电电压（CELL 和 VREG 寄存器）以及充电电流（ICHG 寄存器）。一旦器件使用 ILIM_HIZ 引

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

脚退出 HIZ 模式，CELL、ICHG 和 VCHG 引脚值就会更新，从而允许通过切换 ILIM_HIZ 引脚来更新独立的充电器设置。

引脚检测状态寄存器位 (VCHG_PIN、CELL_PIN、ICHG_PIN) 存储引脚检测的结果。

表 6-1. CELL 引脚检测

CELL 电阻器 (kΩ)	CELL_PIN	电芯数
<3.8	0	故障，不充电
4.64	1	1s
6.04	2	2s
8.25	3	3s
10.5	4	4s
13.7	5	5s
16.9	6	6s
27.4	7	7s
>46.8	0	故障，不充电

表 6-2. VCHG 引脚检测

VCHG 电阻器 (kΩ)	VCHG_PIN	充电电压 (VREG)
<3.8	0	故障，不充电
4.64	1	3.5V × CELL 数
6.04	2	3.6V × CELL 数
8.25	3	4.0V × CELL 数
10.5	4	4.1V × CELL 数
13.7	5	4.2V × CELL 数
16.9	6	4.3V × CELL 数
27.4	7	4.35V × CELL 数
>46.8	0	故障，不充电

表 6-3. ICHG 引脚检测

ICHG 电阻器 (kΩ)	ICHG_PIN	充电电流 (ICHG)	预充电和终止 (IPRECHG / ITERM)
<3.8	0	故障，不充电	故障，不充电
4.64	1	0.1A	40mA/40mA
6.04	2	0.5A	60mA/60mA
8.25	3	1.0A	100mA/100mA
10.5	4	1.5A	160mA/160mA
13.7	5	2.0A	200mA/200mA
16.9	6	2.5A	260mA/260mA
27.4	7	3.3A	340mA/340mA
>46.8	0	故障，不充电	故障，不充电

ICHG 引脚设置以 10mΩ 检测电阻器为基准。使用 5mΩ 检测电阻可提高效率。使用 R_{BAT_SNS} 寄存器位将检测电阻值更改为 5mΩ。将 R_{BAT_SNS} 寄存器位设置为 1 可调节内部值，以便在使用 5mΩ 检测电阻时提供相同的编程 ICHG。

CELL 引脚和 VCHG 引脚结果相结合，用于对 VREG 寄存器上的充电电压进行编程。例如，如果 CELL 引脚和 VCHG 引脚电阻器都是 13.7kΩ，则产生的 VREG 电压为：4.2V/节 × 5 节 = 21V。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

CELL 检测值存储在寄存器映射中的 CELL_PIN 处，ICHG 检测值存储在 ICHG_PIN 的寄存器映射中，VCHG 检测值存储在 VCHG_PIN 寄存器的寄存器映射中。检测之后，ICHG 和 VREG 寄存器中的值会更新，检测到的值成为上限钳位。例如，如果 ICHG 引脚电阻器设置为 1.0A，则会忽略对 ICHG 寄存器的 I^2C 写入请求 >1.0A。要覆盖钳位，必须首先将 ICHG_PIN_OVERRIDE 寄存器写入 1，然后 ICHG 寄存器可以使用完整的值范围。要求与 VREG 类似：要写入比引脚检测结果更高的值，必须向 VCHG_PIN_OVERRIDE 寄存器写入 1，然后才能更新 VREG 寄存器。即使 VCHG_PIN_OVERRIDE=1，VREG 仍根据 CELL_PIN 进行钳制（基于下表）：

表 6-4. VREG 上钳位，VCHG_PIN_OVERRIDE = 1

CELL_PIN	VREG 上钳位
1s	4.8V
2s	9.6V
3s - 4s	19.2V
5s - 7s	33V

要在 POR 后更改 CELL 数和/或增加充电电压 (VREG)，建议采用以下序列：

1. 禁用充电 (EN_CHG = 0)
2. 设置 CELL_PIN_OVERRIDE = 1
3. 将 CELL_PIN 寄存器更改为适当的值，以实现所需的电池数
   a. 请注意，VREG 寄存器会根据 CELL_PIN 选择自动更新
4. 设置 VCHG_PIN_OVERRIDE = 1
5. 将 VREG 更改为适当的值
   a. 请注意，在 VCHG_PIN_OVERRIDE=1 时，VREG 仍根据 CELL_PIN 选择进行钳制

举例来说，如果 POR 检测时间为 5 秒（CELL 电阻 = 13.7kΩ），充电电压为 4.0V/节（VCHG 电阻 = 8.25kΩ），而需要将其更改为 4.2V/节充电、4 秒检测时间，则下表展示了所需的命令序列：

表 6-5. 更新 CELL 所需的 I^2C 命令序列

寄存器	前值	新值
EN_CHG	1	0
CELL_PIN_OVERRIDE	0	1
CELL_PIN	5	4
VCHG_PIN_OVERRIDE	0	1
VREG	16.0V（4.0V/电芯）	16.8V（4.2V/电芯）
EN_CHG	0	1

如果在三个引脚中的任一个上检测到故障，器件不会自动启动充电周期（器件会将 EN_CHG 清零）。使用 CELL_PIN_OVERRIDE、VCHG_PIN_OVERRIDE 或 ICHG_PIN_OVERRIDE 位覆盖引脚检测状态，以恢复故障。需要主机将所需的充电曲线寄存器编程为适当的值。最后，将 EN_CHG 位重新设置为 1。检测到引脚故障后，转换器保持关闭状态。

例如，以下是通过序列操作从 CELL 引脚故障中恢复，以实现 5 节电池充电的步骤：

1. 将 CELL_PIN_OVERRIDE 位设置为 1
2. 将 CELL_PIN 寄存器设置为 5
3. 将 VREG 设置为充电电压（对于 4.2V 充电电压，使用 VREG = 21V）
4. 设置 EN_CHG = 1

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.7 降压/升压转换器运行

充电器采用同步、4 开关降压/升压转换器，在 VIN 上为输入功率及 SYS 上为输出功率时支持正向（灌电流）运行，在 SRN 上为电池输入功率及 VIN 上为输出功率时支持反向（拉电流）运行 ，还支持将 VIN 和 SYS 连接在一起的旁路模式。

在正向和反向模式下充电器根据不同的输入电压和输出电压组合作为降压、降压/升压或升压转换器运行。转换器可在降压、降压/升压和升压运行之间进无缝转换。在降压/升压模式期间，转换器交替使用 SW1 脉冲和 SW2 脉冲，有效开关频率在这些脉冲之间交错，以实现最高效率运行。从降压或升压运行转换到降压/升压运行是占空比和负载电流的专有功能。为了使充电器为充电电流和系统负载提供完全支持，平均电感器电流的预计值不得超过 4A。

6.3.7.1 脉冲频率调制 (PFM)

为了提高正向或反向运行中转换器的轻负载效率，当 EN_PFM 位设置为 1 时，器件会在轻负载时切换到脉冲频率调制 (PFM) 控制。当系统负载降低时，有效开关频率相应降低。通过设置 EN_PFM = 0 禁用 PFM 运行，在这种情况下，转换器保持在 PWM 模式开关频率并在轻负载条件下转换到 DCM 运行。为了消除可闻噪声问题、请通过设置 EN_PFM_OOA = 1 来启用 Out-of-Audio (OOA) 功能、从而将 PFM 的最小有效开关频率限制为 25kHz。

6.3.7.2 开关频率和抖动功能

通常情况下，器件将以固定频率工作。该充电器还支持频率抖动功能，以便提高 EMI 性能并有助于满足 IEC-CISPR 22 规范。默认情况下会设置 EN_DITHER = 00b，即禁用此抖动功能。通过设置 EN_DITHER = 01/10/11b 来启用此功能。启用抖动后，开关频率不是固定的。开关频率在 EN_DITHER 设置确定的范围内变化，01/10/11b 对应于 ±2%/4%/6% 开关频率。所选抖动范围越大，EMI 噪声峰值就越小；但是，可能会产生稍大的 VIN/VSYS 电容器电压纹波。因此，在选择抖动频率范围时需要在 EMI 噪声峰值和 VIN/VSYS 电压纹波之间进行权衡。选择符合 IEC-CISPR 22 规范的最低抖动范围。获得专利的抖动模式可以提高从开关频率到最高 30MHz 的高频范围（涵盖整个传导 EMI 噪声范围）的 EMI 性能。

6.3.8 正向（灌电流）运行

6.3.8.1 电源路径管理

该器件能够适应 2.5V 至 34V 的宽输入电压范围，支持由电池、标准 USB-PD 适配器及高压专用直流适配器供电的应用。该器件提供自动电源路径选择功能，可通过输入源和/或电池为系统供电，同时防止输入源崩溃。

6.3.8.1.1 动态电源管理

为了在不使适配器过载的情况下利用输入电源的最大可用电流，充电器具有动态电源管理 (DPM) 功能。DPM 会持续监测输入电流和输入电压。当输入功率 (P_{IN}) 低于所需的输出功率 (P_{SYS} + P_{BAT}) 时，充电器会启用 IINDPM 以限制输入电流，或启用 VINDPM 以防止 VIN 引脚电压进一步降低。

在 DPM 模式期间，状态寄存器位 VINDPM_STAT 和/或 IINDPM_STAT 会置高。图 6-1 显示了使用 5V/3A 适配器、6.4V 电池、1.5A 充电电流和 6.8V 最小系统电压设置时的 DPM 响应。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

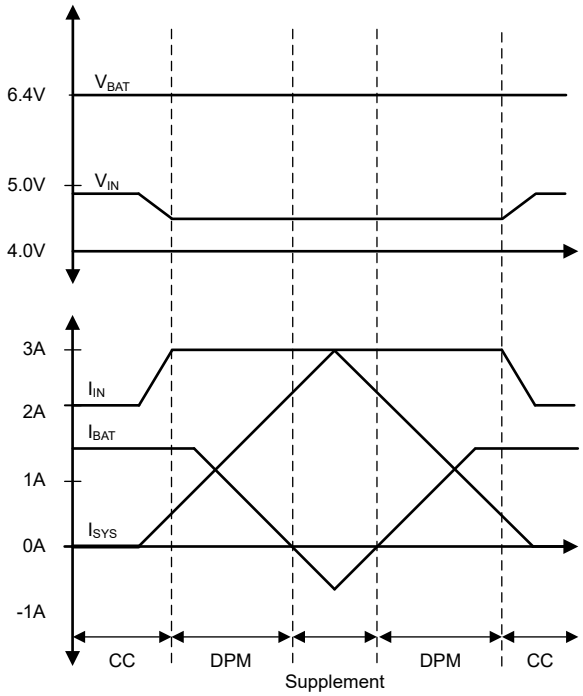


图 6-1. DPM 响应

6.3.8.1.1.1 ILIM_HIZ 引脚

使用连接到 GND 的下拉电阻器和 ILIM_HIZ 引脚设置的最大输入电流。在使用 10mΩ R_{AC_SNS} 电阻器时，输入电流限制由以下公式控制：

$$I_{IN_MAX} = K_{ILIM} \div R_{ILIM} \quad (1)$$

实际输入电流限制是 ILIM_HIZ 引脚设置和寄存器设置 (IINDPM) 之间的较低值。例如，如果寄存器设置为 3.3A，并且 ILIM_HIZ 引脚有一个 6.04kΩ 的接地电阻器，从而使电流为 0.551A，则实际输出电流限制为 0.551A。当 EN_EXTILIM 位设置为 1 时，使用 ILIM_HIZ 引脚设置输入电流限制。

使用 ILIM_HIZ 引脚监测输入电流。ILIM_HIZ 引脚上的电压 (V_{ILIM_HIZ}) 与实际输入电流成正比。引脚电压可用于监测输入电流，其关系如下：

$$IIN = K_{ILIM} \times V_{ILIM_HIZ} / (R_{ILIM} \times 1V) \quad (2)$$

例如，如果引脚设置了 3.32kΩ 的电阻器，引脚电压为 0.5V，则实际输入电流介于 451mA 和 552mA 之间（基于指定的 K_{ILIM}）。

随着输入电流的上升，引脚电压成比例上升至 1V。一旦器件进入输入电流调节状态，ILIM 引脚电压就会钳位至 1V。通过引脚进入输入电流调节会设置 IINDPM_STAT 和 FLAG 位，并向主机产生中断。可以通过 IINDPM_MASK 位屏蔽该中断。

如果 ILIM_HIZ 引脚接地短路，则 IINDPM 寄存器设置输入电流限值。如果不需要硬件输入电流限制功能，请将该引脚短接至 GND。如果 ILIM_HIZ 引脚被拉至高于 $V_{IH_ILIM_HIZ}$，则器件进入高阻态模式（请参阅器件高阻态状态）。可以通过将 EN_EXTILIM 位设置为 0 来禁用 ILIM_HIZ 引脚功能。当该引脚被禁用时，通过该引脚实现的输入电流限制和监测功能以及高阻态模式控制不可用。

K_{ILIM} 以 10mΩ 检测电阻为基准。使用 5mΩ 检测电阻可提高效率。使用 R_{AC_SNS} 寄存器位将检测电阻值更改为 5mΩ。在使用 5mΩ 检测电阻时，将 R_{AC_SNS} 寄存器位设置为 1 以调节内部值，从而提供相同的 A × Ω。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.8.1.1.2 输入电流优化器 (ICO)

该器件提供输入电流优化器 (ICO)，可在不使输入源过载的情况下确定输入源最大功率点。该算法自动确定未知电源的最大输入电流限制并正确设置充电器 IINDPM 寄存器，防止进入充电器输入电压 (VINDPM) 调节。该功能由 EN_ICO 寄存器位控制。

动态电源管理使用的实际输入电流限制会在 ICO_IINDPM 寄存器中报告，无论该寄存器是由 ICO 设置（如果启用）还是由 IINDPM 寄存器设置（如果未启用）。此外，除非 EN_EXTILIM 位为 0，否则 ILIM_HIZ 引脚电阻器设置会钳制最大电流限制，以禁用 ILIM_HIZ 引脚功能。IINDPM 寄存器不报告钳位值。

ICO 算法开始时使用设置为 500mA 的最大允许输入电流，然后持续增大该限值，直到找到理想限值。确定最佳输入电流后，就会设置 ICO_STAT 和 ICO_FLAG 位。实际输入电流在 ICO_IINDPM 寄存器中报告并且不会改变，除非以下事件再次触发算法：

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 寄存器被更改
4. FORCE_ICO 位被设置为 1
5. VIN_OVP 事件

这些事件还会将 ICO_STAT[1:0]位复位为 01

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 0b11。

6.3.8.1.2 用于小型 PV 电池板的最大功率点跟踪

当输入源为太阳能光伏 (PV) 电池板时，该器件实现了一种简单算法来跟踪最大功率点 (MPP)。太阳能电池板的 I-V 和 P-V 曲线在极大程度上取决于辐照和温度。MPP 最常位于太阳能电池板开路电压 (VOC) 的 70% 至 90% 之间。该算法会自动定期检测充电器输入源 VOC，并将 VINDPM 设置为测得 VOC 的比率。将充电电流设置为最大值，以便始终触发并激活 VINDPM。MPPT 算法默认在 POR 时禁用 (EN_MPPT = 0)。当 EN_MPPT=1 时，该算法自动运行，除非 FORCE_VINDPM = 1 或 EN_ICO=1。

在 MPPT 过程中，降压/升压充电器在由 VOC_DLY[1:0] 编程的时间段内停止开关。当充电器停止开关时，系统由电池放电来供电。在 VOC_DLY[1:0] 之后，充电器测量 VIN 上连接的输入源的开路电压，并将 VINDPM 更新为 VOC_PCT[2:0]*VOC。转换器开始从输入源消耗功率，直到 VOC_RATE[1:0] 时间间隔结束，此时转换器在另一个 VOC_DLY[1:0] 时间段内停止开关，测量 VOC 并更新 VINDPM 寄存器以完成下一个周期。

6.3.8.2 电池充电管理

该器件以高达 3.3A 的充电电流为 1 节至 7 节串联锂离子电池充电，适用于大容量电池。不同阶段的电池充电根据电池电压在内部进行控制。

6.3.8.2.1 电池检测

对于使用可拆卸电池的应用，该器件提供一个电池检测例程，旨在保持稳定的系统电压，同时检查是否再次使用电池。

当电池缺失时，器件为 SRN 引脚充电至 VREG 并非常快速地终止。如果器件在 20 秒内检测到 4 个终止事件，则在第 4 次终止时假定存在无电池条件并且 BAT_FAULT_STAT 设置为 01。该器件继续禁用终止功能、禁用充电计时器，并以时间函数的形式缓慢斜升 VREG 基准，如下所示。在尝试检测是否连接了电池时，输出电压值在 VREG 与 VREG - 7% 之间发生三角变化。系统负载可以继续由转换器提供。V_{BAT_OVP} 或 V_{RECHG} 比较器检测电池连接事件。在电池检测例程期间，无论寄存器位中如何编程，V_{RECHG} 比较器都会使用 97% 设置。如果在比较器窗口之外测量实际电池电压，则 VRECHG 设置会恢复为用户编程的设置，终止功能和充电计时器会重新启用，器件会启动新的充电周期并且 BAT_FAULT_STAT 位设置为 00。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

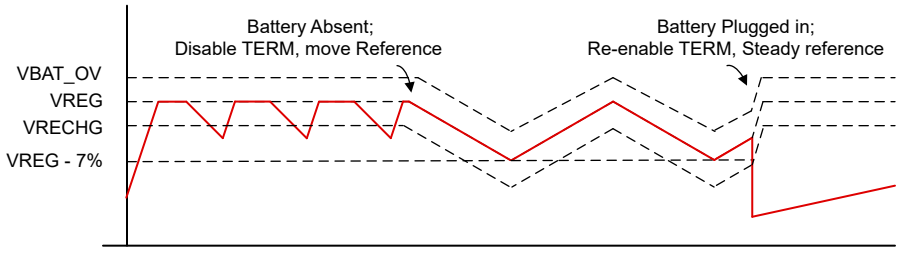


图 6-2. 电池检测

可以通过设置 EN_BAT_DETECT = 0 来禁用电池检测功能。

6.3.8.2.2 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 6-6 中列出了器件的默认充电参数。主机可以通过 I^2C 写入相应的寄存器来控制充电操作并优化充电参数。

表 6-6. 充电参数默认设置

默认模式	BQ25692-Q1
充电电压 (VREG)	基于 VCHG 引脚和 CELL 引脚的电阻值
再充电电压阈值 (VRECHG)	95.5% × VREG（锂离子电池为 ≅190mV/节）
预充电转快速充电电压阈值 (VBAT_LOWV)	71.4% × VREG（锂离子电池为 ≅3V/节）
快速充电电流 (ICHG)	基于 ICHG 引脚上的电阻
预充电电流 (IPRECHG)	基于 ICHG 引脚上的电阻
涓流充电电流（固定值）	100mA
终止电流 (ITERM)	基于 ICHG 引脚上的电阻
温度曲线	JEITA
快速充电安全计时器 (CHG_TMR)	12 小时
预充电安全计时器 (PRECHG_TMR)	2 小时

当以下条件有效时，新的充电周期启动：

- VIN > V_{VIN_OK}
- VBAT < V_{RECHG}
- 通过将寄存器位 EN_CHG = 1 和 $\overline{CE}$ 引脚设置为低电平以启用电池充电
- TS 引脚上无热敏电阻故障
- 无安全计时器故障

当充电电流低于终止阈值、充电电压高于再充电阈值且器件不处于 DPM 模式或热调节状态时，该充电器自动终止充电周期。当充满电的电池的电压放电至再充电阈值以下时，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。此外，该器件还提供专用 CV 计时器，可在 CV 模式下的可编程周期（CV_TMR 位）后停止充电，无论充电电流值如何都是如此。

充电状态寄存器 (CHARGE_STAT) 指示不同的充电阶段，如下所示：

- 000 – 未充电
- 001 – 涓流充电 (VBAT < V_{BAT_SHORT})
- 010 – 预充电（V_{BAT_SHORT} < VBAT < 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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

当充电器转换到任何这些状态时（包括充电周期完成时），一个 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效以通知主机。

6.3.8.2.3 电池充电曲线

器件分五个阶段对电池进行充电：

1. 涓流充电
2. 预充电
3. 恒定电流
4. 恒定电压
5. 充电完成涓流充电（可选）

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。

表 6-7. 默认充电电流设置

VBAT	充电电流	寄存器默认设置	CHARGE_STAT
< V_{BAT_SHORT}	I_{BAT_SHORT}	100mA（固定值）	001
V_{BAT_SHORTZ} 至 V_{BAT_LOWV}	I_{PRECHG}	基于 ICHG 引脚上的电阻	010
> V_{BAT_LOWV}	ICHG	基于 ICHG 引脚上的电阻	011

如果充电器在充电期间处于 DPM 调节或热调节状态，则实际充电电流小于编程值。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，如充电安全计时器中所述。

V_{BAT_SHORTZ} 是从涓流充电转换到预充电时的电池电压阈值，即 2.2V/节。

V_{BAT_LOWV} 是从预充电转换到快速充电时的电池电压阈值。V_{BAT_LOWV} 是电池电压调节限值 (VREG) 的比率。

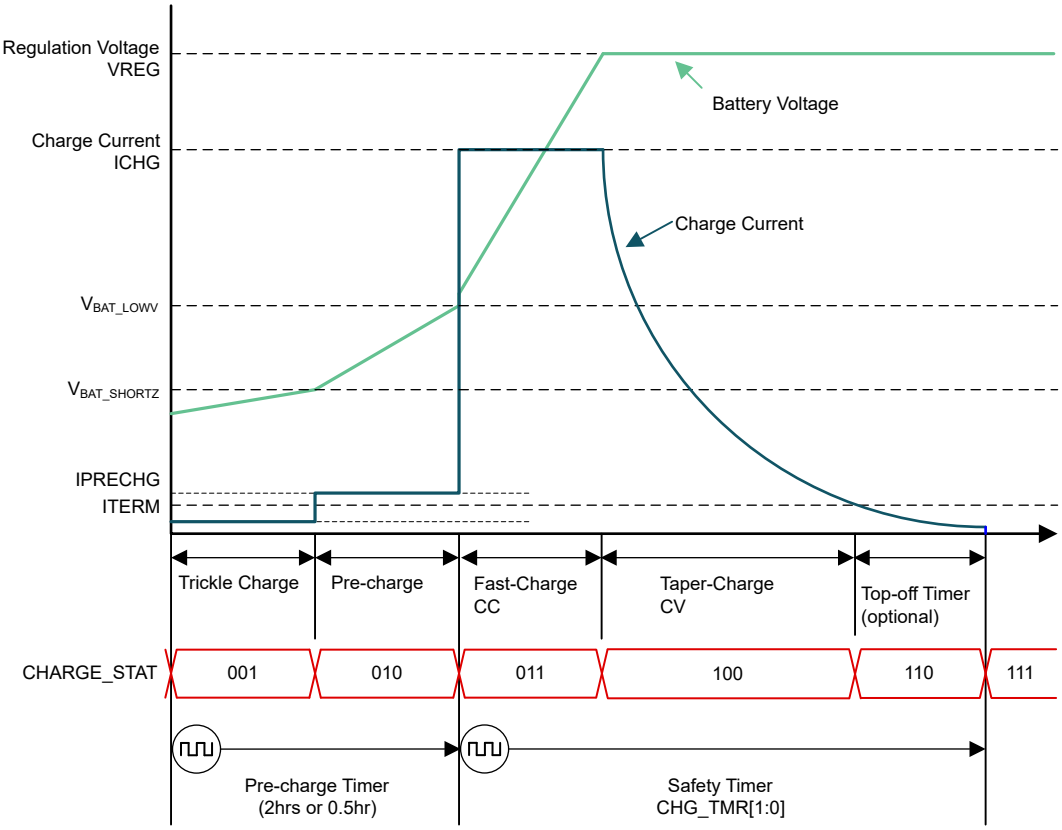


图 6-3. 电池充电曲线

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.8.2.4 充电终止

器件会在电池电压高于再充电阈值、转换器在电池恒压调节环路中运行以及充电电流低于设定的终止电流时终止充电周期 (ITERM)。

当终止完成时，状态寄存器 CHARGE_STAT 被设置为 111，并且一个 $\overline{\text{INT}}$ 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 (IINDPM)、输入电压 (VINDPM) 或热 (TREG) 调节状态时，充电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。当终止已经发生或处于充电完成阶段时，向 EN_TERM 写入 0 不会禁用终止，直到下一个充电周期重新启动。如果在有效充电周期内通过设置 EN_TERM = 1 来启用终止，则会立即应用更改。

在低终止电流 (< 160mA) 下，由于比较器偏移，实际终止电流可能比终止目标高 ≅20% 至 ≅40%。要补偿比较器偏移，请在终止后激活可编程充电完成计时器（默认禁用）。当充电完成计时器运行时，器件继续以恒压模式为电池充电，直到充电完成时间到期。充电完成计时器遵循安全计时器限制：如果安全计时器暂停，充电完成计时器也暂停；如果安全计时器加倍，充电完成计时器也是如此。CHARGE_STAT 通过 110 代码报告充电完成计时器是否处于活动状态。充电完成计时器到期后，充电终止，CHARGE_STAT 寄存器会被设置为 111，并且一个 $\overline{\text{INT}}$ 脉冲被置为有效以发送至主机。

对于以下任一情况，充电完成计时器会复位（设置为 0 并在适当时恢复计数）：

1. 充电禁用转换为启用
2. 终止状态从低电平变为高电平
3. 设置 REG_RST 寄存器位（禁用充电完成计时器）

充电器检测到终止后，充电器会读取充电完成计时器 (TOPOFF_TMR) 设置。在充电终止后，对补充充电定时器进行数值编程，将触发定时器复位。仅当满足充电器的终止标准时，充电完成计时器才开始计数。如果 EN_TERM = 0，则充电器永远不会终止充电，因此充电完成计时器不会开始计数，即使计时器被启用也是如此。当充电完成计时器开始计数，以及充电完成计时器到期时，一个 $\overline{\text{INT}}$ 被置为有效以发送至主机。CHG_MASK 位可以屏蔽所有与充电周期相关的 $\overline{\text{INT}}$ 脉冲（包括充电完成计时器 $\overline{\text{INT}}$ 脉冲）。

6.3.8.2.5 充电安全计时器

该器件内置安全计时器，可防止因电池状况异常导致充电周期延长。用户可以通过 I^2C（CHG_TMR 位）对快速充电安全计时器进行编程。当安全计时器到期时，故障寄存器 CHG_TMR_STAT 位被设置为 1，并且一个 $\overline{\text{INT}}$ 脉冲被置为有效以发送至主机。通过清除 EN_CHG_TMR 位来禁用安全计时器功能。

在输入电压、输入电流或热调节期间，安全计时器以半时钟速率计数，因为实际充电电流可能低于编程设置。例如，如果充电器在整个充电周期内处于输入电流调节状态 (IINDPM_STAT=1)，并且安全计时器被设置为 5 小时，则计时器将在 10 小时后到期。设置 EN_TMR2X = 0 以禁用半时钟速率功能。

在禁用充电的故障期间，计时器暂停。一旦故障消失，安全计时器就会恢复。如果充电周期停止并再次启动，计时器将复位（切换 $\overline{\text{CE}}$ 引脚或 EN_CHG 位会重新启动计时器）。

当 VBAT < V_{BAT_LOWV} 时，预充电安全计时器运行。使用 PRECHG_TMR 位将计时器持续时间编程为 30 分钟或 2 小时。在暂停和计数复位方面，预充电安全计时器和快速充电安全计时器遵循相同规则。然而，预充电安全计时器不受 EN_TMR2X 位的影响，始终计数固定时间（30 分钟或 2 小时）。当 EN_PRECHG 位为 0 时，预充电安全计时器被禁用。

6.3.8.2.6 CV 计时器

在某些应用中，例如高漏电流电池或与系统负载并联的电池，在 CV 模式下电池电流未必能达到 ITERM 阈值。该器件提供专用 CV 计时器来控制充电器保持在 CV 模式的时间。

当器件进入 CV 模式时，CV 计时器开始计数，计时器持续时间可通过 CV_TMR 寄存器位进行编程。请注意，CV_TMR = 0 会完全禁用计时器。CV 计时器是绝对计时器，EN_TMR2X 寄存器位对计时器没有影响。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在禁用充电的故障期间或当器件由于 IAC_DPM 或 VAC_DPM 而下降到 CV 调节范围之外时，CV 计时器会暂停。一旦器件返回至 CV 模式，CV 计时器就会恢复。如果充电周期停止并再次启动，计时器将复位（切换 $\overline{CE}$ 引脚或 EN_CHG 位会重新启动计时器）。

当 CV 计时器到期时，一个 $\overline{INT}$ 被置为有效以发送至主机。使用 CV_TMR_MASK 位屏蔽 $\overline{INT}$。

6.3.8.2.7 热敏电阻认证

充电器器件会提供一个热敏电阻输入来监测电池温度。

6.3.8.2.7.1 充电模式下的 JEITA 指南合规性

2007 年 4 月 20 日的 JEITA 指南重点介绍了提高锂离子电池充电安全性的信息。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。

要启动充电周期，请确认 TS 引脚上的电压处于 VT1 阈值至 VT5 阈值范围内。如果 TS 电压超过 T1 至 T5 范围，则控制器暂停充电并等待电池温度处于 T1 至 T5 范围内。在凉温度（T1 至 T2）下，JEITA 建议将充电电流减小至充电电流的一半或更低。在温温度（T3 至 T5）下，JEITA 建议充电电压低于 4.1V/节。

在凉温度 T1 至 T2 时，JEITA 建议将充电电流减小至低于正常温度 T2 至 T3 充电电流的一半。该器件支持在 T1 至 T2 温度区间将充电电流编程为 T2 至 T3 区间充电电流的 20%、40% 或 100%，亦可设置为充电暂停，此功能通过寄存器位 JEITA_ISETC 进行控制。

在温温度（T3 至 T5）下，JEITA 建议充电电压低于 4.1V/节。该器件提供 T3 至 T5 充电电压（电压偏移小于 T2 至 T3 的充电电压）或充电暂停可编程性，这由寄存器位 JEITA_VSET 进行控制。

该充电器还提供超出 JEITA 要求的灵活电压/电流设置。温温度 T3 至 T5 下的充电电流设置可配置为编程充电电流的 40% 或 100% 或暂停充电，这由寄存器位 JEITA_ISETH 进行编程。

JEITA 默认的充电曲线如下图所示，其中蓝色线为默认设置，红色虚线为可编程选项。

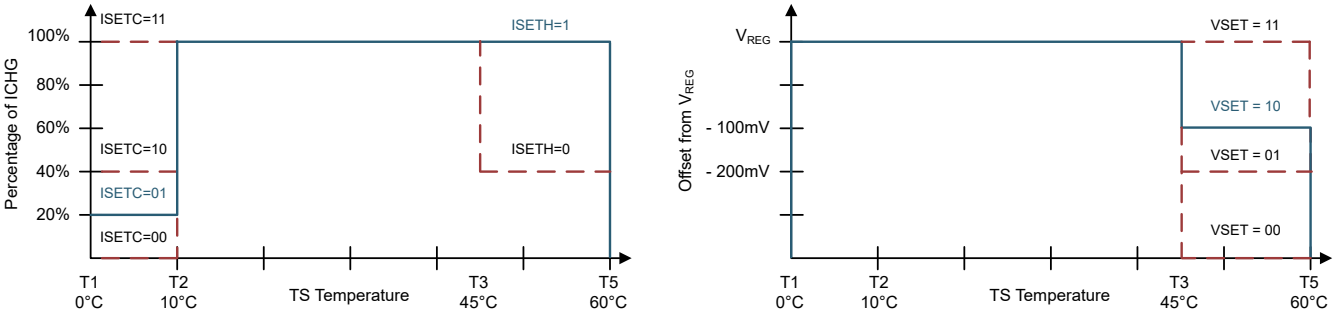


图 6-4. TS 充电值

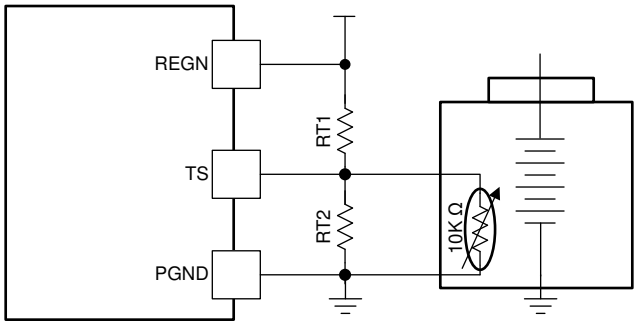


图 6-5. TS 电阻器网络

假设电池包上有一个 103AT NTC 热敏电阻（如上图所示），RT1 和 RT2 的值可以通过以下公式确定：

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

$$RT2 = \frac{RTH_{COLD} \times RTH_{HOT} \times \left(\frac{1}{VT1} - \frac{1}{VT5}\right)}{RTH_{HOT} \times \left(\frac{1}{VT5} - 1\right) - RTH_{COLD} \times \left(\frac{1}{VT1} - 1\right)} \quad (3)$$

$$RT1 = \frac{\frac{1}{VT1} - 1}{\frac{1}{RT2} + \frac{1}{RTH_{COLD}}} \quad (4)$$

为锂离子或锂聚合物电池选择 0°C 至 60°C 范围：

- RTH_{T1} = 27.28kΩ
- RTH_{T5} = 3.02kΩ
- RT1 = 5.23kΩ
- RT2 = 30.1kΩ

该器件还通过 TS 充电阈值控制寄存器，为所有阈值提供可编程性。这种灵活性有助于通过软件修改充电器的工作窗口。

通过将 EN_JEITA 寄存器位清零来禁用 JEITA 曲线。在这种情况下，器件仍将充电窗口限制为 T1 至 T5，但在凉（T1 至 T2）或温（T3 至 T5）区域内不采用特殊的充电曲线。

可以通过将 EN_TS 寄存器位清零来禁用 NTC 监控窗口。在这种情况下，TS 引脚电压被忽略，并且器件始终报告正常的 TS 状态。

6.3.8.2.7.2 反向模式下的冷/热温度窗口

为了在反向或备用模式运行期间保护电池，该器件会监控电池温度，使其处于 TS COLD 至 TS HOT 阈值范围内。当温度超出阈值时，反向模式暂停并且转换器停止开关。会报告 TS_STAT（TS COLD 或 TS HOT）。通过将 EN_TS 位清 0，在反向模式下完全禁用温度保护。清除故障条件后，器件自动恢复反向模式运行。在 TS 故障期间，REGN 保持导通状态。

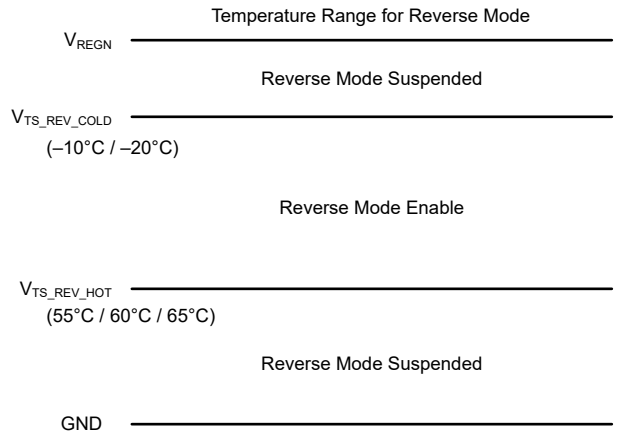


图 6-6. 反向模式下的 TS 引脚热敏电阻检测阈值

6.3.8.3 旁路模式

该器件支持旁路模式，允许 VSYS = VIN（无需调节）并实现出色效率。在该运行模式下，降压和升压高侧 FET（Q1 和 Q4）均导通，而降压和升压低侧 FET（Q2 和 Q3）保持关断。输入功率直接通过功率级传递到输出。MOSFET 的开关损耗和电感器磁芯损耗被消除，从而提供出色效率。通过将 EN_BYPASS 寄存器位设置为 1 启用旁路模式。旁路模式需要 R_{AC_SNS} 电阻器来检测过流和轻负载条件。

将 USB-PD 可编程电源 (PPS) 用作输入适配器时，可以利用旁路模式在电池快速充电周期中实现闪充。通过启用闪充，可以使用更大的充电电流进一步提高充电效率。在预充电和恒压 (CV) 充电阶段，充电器可以返回降压/升压模式。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

当器件处于旁路模式时，流过 R_{AC_SNS} 的电流受到监测并与 IINDPM 寄存器设置进行比较。如果输入电流超过 I_{BYP_OCP}（比 IINDPM 设置高 15%）且持续时间达到 t_{BYP_OCP}，则器件自动退出旁路模式并返回到 PWM 调节模式（开关功率级已启用）。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。

当 VSYS 电压处于 VIN 电压的 0.5V 以内时，方可进入旁路模式，以避免浪涌电流误触发旁路电路的过流保护。

若要使 Q1 和 Q4 保持持续导通，SRN/SRP 的电压必须与 VIN/VSYS 的电压相差在大约 2V 以内。如果 VSYS-VBAT > 2V，则会进行自举刷新。

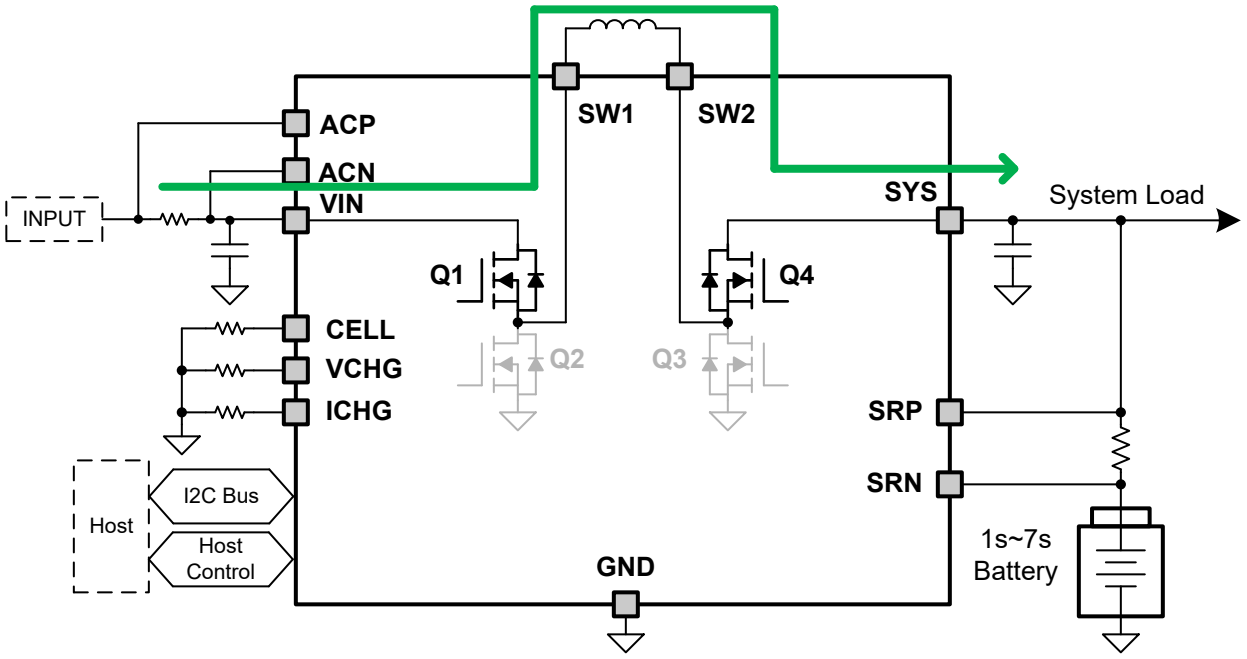


图 6-7. 内部旁路模式

除了内部旁路模式，该器件还提供外部旁路模式，可实现最高效率且电流高达 5A。在这种情况下，BYPDRV 引脚驱动外部背对背 MOSFET，以便将 VIN 直接连接到 SYS。可以通过设置 EN_EXT_BYPASS = 1 以及 EN_BYPASS = 1 来启用外部旁路模式。如果在 EN_BYPASS = 0 时 EN_EXT_BYPASS = 1，则不会进入旁路模式。EN_BYPASS 位决定是否启用旁路模式。如果 EN_BYPASS = 1，则 EN_EXT_BYPASS 决定是否启用外部旁路。在器件通过 EN_BYPASS 进入旁路模式之前或之后设置 EN_EXT_BYPASS。

当器件处于外部旁路模式时，流经 R_{AC_SNS} 的电流受到监测。如果 R_{AC_SNS} 电流超过 I_{EXTBYP_OCP} 且持续时间达到 t_{BYP_OCP}，器件自动退出外部旁路模式并返回到 PWM 调节模式（开关功率级已启用）。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 INT 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。请注意 EN_EXT_BYPASS 位不变。

充电器处于旁路模式时为防止在移除输入源后发生反向升压，提供了轻负载旁路自动退出功能。充电器进行监测直到输入电流降至 I_{BYP_LL} 以下，此时充电器会自动退出旁路模式并返回 PWM 调节模式。在内部和外部旁路模式下，该保护功能均处于活动状态活。通过设置 EN_BYPASS_LL_EXIT = 0 禁用该保护功能。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

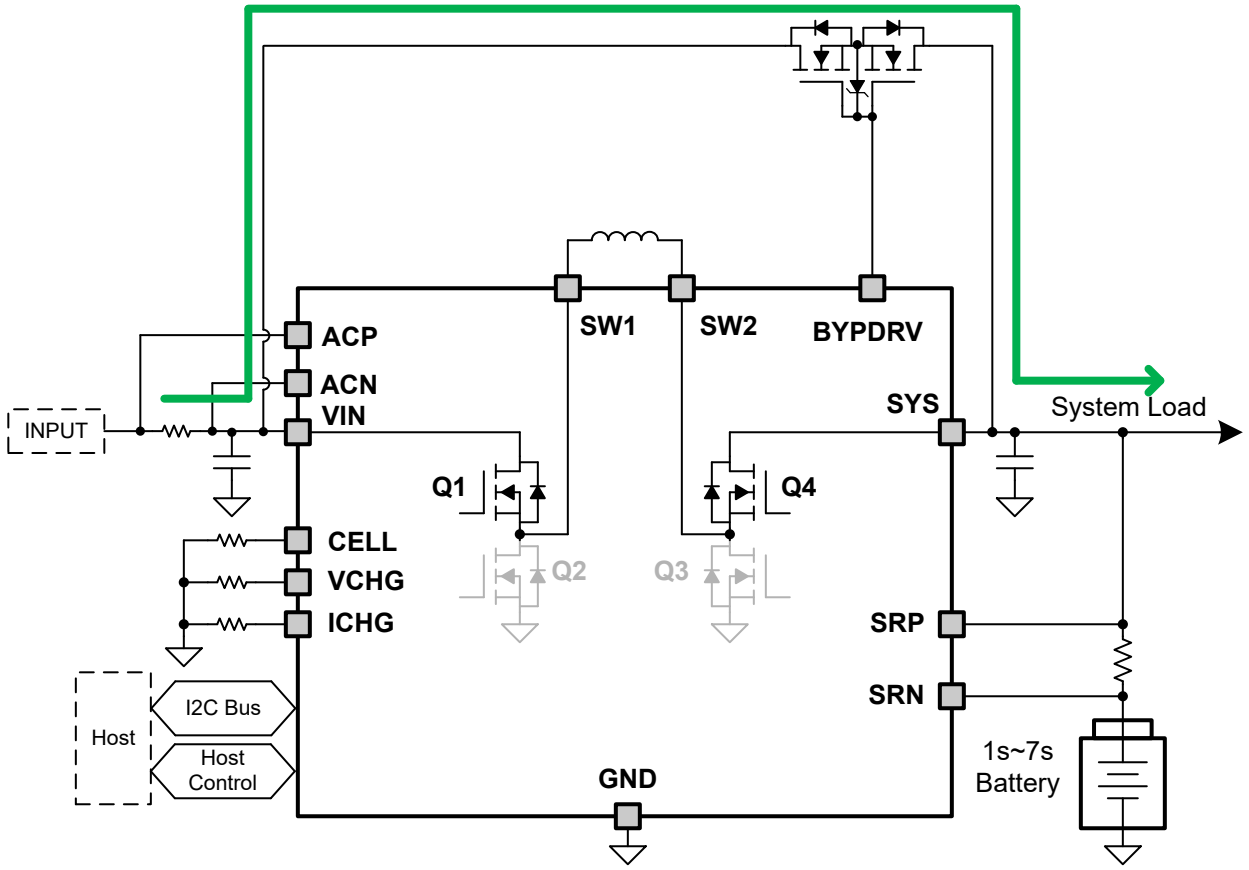


图 6-8. 外部旁路模式

6.3.9 反向（拉电流）模式 (USB On-The-Go)

6.3.9.1 反向（拉电流）模式运行

该器件支持反向模式运行，可通过电池向连接到输入端口的其他器件提供稳压电源。反向模式电压调节 (CV) 目标在 VIN_REV 寄存器位上设置。反向模式 R_{AC_SNS} 电流调节 (CC) 目标在 IIN_REV 寄存器位上行设置。要启用反向模式运行，必须满足以下条件：

- 电池电压高于 V_{BAT_OK}
- VIN 低于 V_{VIN_OK}
- TS 引脚上的电压在 TS_REV_HOT 和 TS_REV_COLD 寄存器位配置的范围内
- 电池检测已禁用 (EN_BAT_DETECT = 0)

启用反向模式后，转换器在 100ms 后开始升高输入电压。当 R_{AC_SNS} 反向模式电流低于 IIN_REV 寄存器位时，器件调节 VIN 反向模式电压。当所需负载增加到 IIN_REV 寄存器以上时，器件调节通过 R_{AC_SNS}（CC 模式）的电流并且 VIN 处的输出电压下降。REV_STAT 位设置为 0x2，并且 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效。如果 VIN 电压降至 V_{INREV_UV} 以下，器件退出反向模式，将 EN_REV 清除为 0 并将 REV_STAT 位设置为 0x3，直到充电器改变状态，例如，直到主机设置 EN_REV=1 重新启用反向模式或者连接输入源以进入正向/充电模式。而且，$\overline{INT}$ 脉冲被置为有效。以下任何条件都会报告反向模式故障，由 REV_STAT = 0x3 指示。

- VIN 降至 VINREV_UV 以下，直到重新启用反向模式或连接输入源以进行正向充电
- VBAT 降至 VBAT_OKZ 以下，并且过低，无法启动反向模式
- TS 引脚超出 TS_TH1 - TS_TH5 窗口，并且 EN_TS 被启用
- 触发温度关断 (TSHUT)
- VIN_REV 写入值高于 VIN_OVP

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

该充电器还在反向模式期间调节电池放电电流。当电池电流升至高于 IBAT_REV 寄存器设置时，充电器减小通过转换器的电池放电电流，并优先处理系统负载电流（如果有）。如果 IINDPM_MASK 设置为 0，则 IINDPM_STAT 和 IINDPM_FLAG 位设置为 1 并且 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效。如果电池放电调节环路将反向模式输入电流降至零，并且系统负载拉取更多电流，则充电器无法再限制电池放电电流。

充电器可以通过 EN_FAST_VOTG_RESPONSE 位在反向模式下实现更激进的瞬态响应。当 EN_FAST_VOTG_RESPONSE=1 时，转换器将实现更快的瞬态响应；但是，所需的电感和电容建议运行条件为：

表 6-8. EN_FAST_VOTG_RESPONSE = 1 电感器和电容要求

EN_FAST_VOTG_RESPONSE = 1		最小值	最大值	单位
CIN	VIN 总电容（降额后的最小值）	20		μF
L	f_{SW} ≤ 700kHz 时的建议电感器	4.7	10	μH
	f_{SW} > 700kHz 时的建议电感器	2.2	3	μH

为了防止反向模式下小 IIN_REV 负载电流消耗电池，在反向模式下运行时会提供轻负载条件指示 REV_TERM_STAT。轻负载条件指示阈值由用户通过 ITERM 寄存器控制，并且当流经 RAC_SNS 的反向电流降至 I_{REV_TERM} 以下时触发。I_{REV_TERM} 是触发 REV_TERM_STAT 位为 1b 的 I_{BUS} 电流下降阈值。I_{REV_TERMZ} 是复位 REV_TERM_STAT 位为 0b 的 I_{BUS} 电流上升阈值。I_{REV_TERM} 阈值等于 2 倍 ITERM + 37mA。I_{REV_TERMZ} 阈值等于 2 倍 ITERM + 110mA。如果 REV_MASK = 0，则在超过阈值且 REV_FLAG 设置为 1 时，$\overline{INT}$ 脉冲被置为有效。

6.3.9.2 备用电源模式

利用充电器反向降压/升压运行，该器件支持备用电源模式。在此模式下，充电器释放存储在电池或电容器中的能量，以便在适配器断开连接后将 VIN 电压保持一段时间。仅当 VIN 为高电平时，才能通过设置 EN_BACKUP = 1 启用备用模式。当 VIN 变为低电平时，充电器将 EN_BACKUP 位复位为 0。

比较器监测 VIN 电压。一旦适配器断开连接且 VIN 降至低于 VIN_BACKUP 阈值，充电器终止正向充电模式，强制 EN_REV = 1，开始对电池或超级电容器放电，以将 VIN 电压调节到 VIN_REV 寄存器设置。充电器进入备用模式后，REV_STAT 会相应地更改。同时，如果 REV_MASK = 0，则 $\overline{INT}$ 脉冲被置为有效并将 REV_FLAG 设置为 1。

监测 VIN 以触发备用模式的比较器阈值在 VIN_BACKUP 寄存器位中编程为 VINDPM 值的比率。仅当 EN_BACKUP = 1 且 VIN 降至阈值以下时，充电器才会强制 EN_REV = 1 以进入备用模式。

如果充电器在备用模式下运行，则以下任何条件都会强制充电器退出备用运行：

- 电池或超级电容器电压放电至低于 V_{BAT_OKZ}
- 主机将 EN_REV 位从 1 设置为 0
- 由于其他故障退出反向模式（请参阅反向（拉电流）模式运行）
- VIN 在 VIN_REV + 6% 反向模式期间高于调节窗口达 10ms 以上

当充电器处于备用模式时，比较器在 VIN 上处于工作状态，检查适配器是否重新连接。如果 VIN 高于 VIN_REV + 6% 的调节窗口，器件自动退出备用模式并恢复正向充电。例如，如果 VIN_REV = 15V 且转换器在备用模式下运行，并且 20V 适配器已连接：VIN 升至 15.9V 以上，触发器件退出备用模式并正常继续进行正常上电例程。

由于在备份退出序列期间不测量 VIN，因此不会更新 VINDPM。在大多数应用中，该器件应支持单个适配器，以便之前设置的 VINDPM 值仍然准确。对于可能存在不同适配器电压的应用，用户可以手动设置 VINDPM 值。

如果启用了 IBAT_REV（设置为 0、1 或 2），则在备用模式期间电池放电电流会受到限制。为了获得最佳响应，在使用备用模式时设置 IBAT_REV = 0x3（禁用）。根据 VIN 处的负载，可能需要额外的高达 200μF 的低 ESR 电容，以防 VIN 降至 VINDPM 设定点以下。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.9.3 反向旁路模式

该器件支持反向旁路模式，允许 VIN = VSYS（无需调节）并实现出色效率。在反向旁路运行模式下，降压和升压高侧 FET（Q1 和 Q4）均导通，而降压和升压低侧 FET（Q2 和 Q3）保持关断。电池功率直接通过功率级传递到输入。MOSFET 的开关损耗和电感器磁芯损耗被消除，从而提供出色效率。通过将 EN_REV 和 EN_BYPASS 寄存器位设置为 1 启用反向旁路模式。反向旁路模式需要 R_{AC_SNS} 电阻器来检测过流和轻负载条件。

当器件处于反向旁路模式时，流过 R_{AC_SNS} 的电流受到监测并与 IIN_REV 寄存器设置进行比较。如果输入电流超过 $I_{REV_BYP_OCP}$（比 IIN_REV 设置高 15%）且持续时间达到 t_{BYP_OCP}，则器件自动退出旁路模式并返回到 PWM 调节模式（开关功率级已启用）。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 INT 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。

为避免浪涌电流误启动旁路过流保护，在 VIN 处于 VSYS 的 0.5V 以内时进入旁路模式。典型用例是先确保 EN_BAT_DETECT = 0，然后启用反向模式 (EN_REV = 1)，然后更改 VIN_REV 设置以实现 VIN 约等于 VSYS 条件，然后设置 EN_BYPASS = 1。

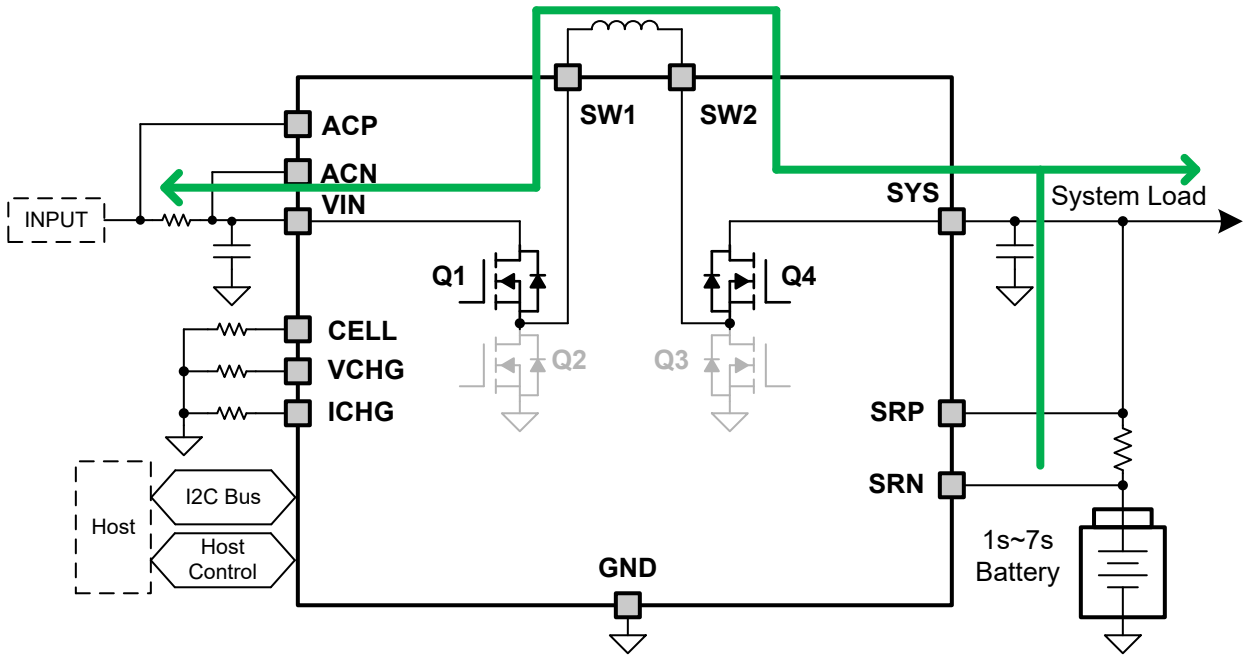


图 6-9. 内部反向旁路模式

除了内部反向旁路模式，该器件还提供外部反向旁路模式，可实现最高效率且电流高达 5A。在这种情况下，BYPDRV 引脚驱动外部背对背 MOSFET，以便将 VIN 直接连接到 SYS。可以通过设置 EN_REV = EN_EXT_BYPASS = EN_BYPASS = 1 来启用外部反向旁路模式。如果 EN_REV = EN_EXT_BYPASS = 1 时 EN_BYPASS = 0，则不会进入反向旁路模式。EN_BYPASS 位决定是否启用旁路模式。如果 EN_REV = EN_BYPASS = 1，则 EN_EXT_BYPASS 确定是否启用外部反向旁路。在器件通过 EN_BYPASS 进入旁路模式之前或之后设置 EN_EXT_BYPASS。

当器件处于外部反向旁路模式时，流经 R_{AC_SNS} 的电流受到监测。如果 R_{AC_SNS} 电流超过 $I_{REV_EXTBYP_OCP}$ 且持续时间达到 t_{BYP_OCP}，器件自动退出外部反向旁路模式并返回到 PWM 调节模式（开关功率级已启用）。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 INT 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。请注意 EN_EXT_BYPASS 位不变。

为避免浪涌电流误启动旁路过流保护，在 VIN 处于 VSYS 的 0.5V 以内时进入反向旁路模式。典型用例是先确保 EN_BAT_DETECT = 0，然后启用反向模式 (EN_REV = 1)，然后更改 VIN_REV 设置以实现 VIN 约等于 VSYS 条件，然后设置 N_EXT_BYPASS = EN_BYPASS = 1。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

轻负载旁路自动退出功能可防止在反向旁路模式期间出现反向电流方向流动。充电器进行监测直到输入电流降至 $I_{REV_BYP_LL}$ 以下，此时充电器会自动退出旁路模式并返回 PWM 调节模式。在内部和外部旁路模式期间，该保护功能均处于活动状态，但可以通过设置 EN_BYPASS_LL_EXIT = 0 来禁用。EN_BYPASS 位清零，BYPASS_FLAG 位设置，并且 INT 脉冲被置为有效以向主机表明 BYPASS_MASK 是否被清除。

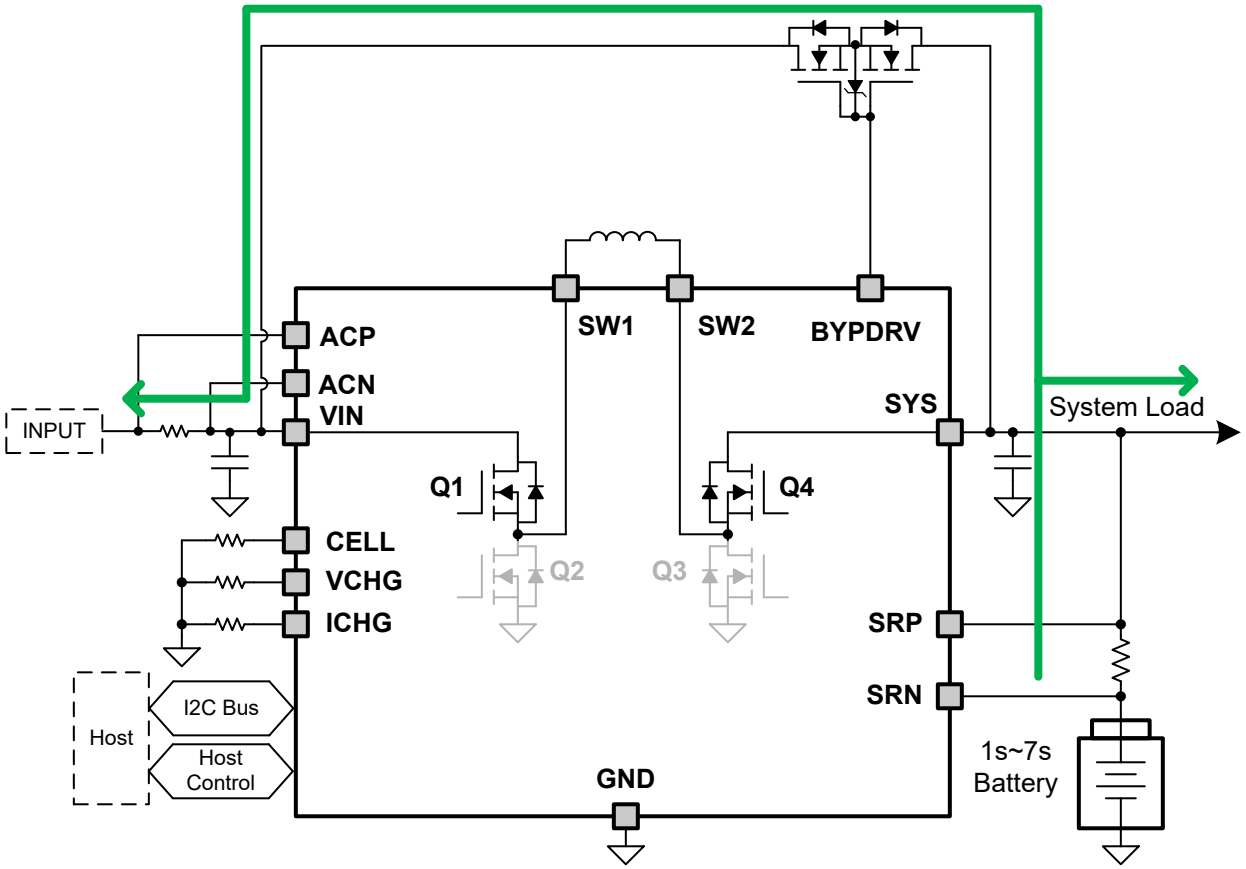


图 6-10. 外部反向旁路模式

6.3.10 状态输出（、STAT 和 $\overline{INT}$）

6.3.10.1 电源正常状态指示器 (PG_STAT)

一旦正常的输入源符合条件，电源正常状态寄存器就会设置为 1。PG_STAT 和 PG_FLAG 变为 1 表示输入源正常。当满足以下条件时，$\overline{INT}$ 置为低电平以提醒主机，除非被 PG_MASK 屏蔽：

1. VIN 高于 V_{VIN_UVLOZ}
2. VIN 低于 V_{VIN_OVP} 阈值

6.3.10.2 充电状态指示灯（STAT 引脚）

器件会在开漏 STAT 引脚上指示充电状态。STAT 引脚可驱动一个 LED。通过 DIS_STAT 位禁用 STAT 引脚功能。

表 6-9. STAT 引脚状态

充电状态	STAT 指示灯
正在充电（包括在充电完成计时器中的再充电和充电）	低电平
充电完成	高电平
高阻态模式、充电禁用	高电平

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-9. STAT 引脚状态（续）

充电状态	STAT 指示灯
仅电池模式和 OTG 模式	高电平
充电暂停（禁用充电的故障条件）	以 1Hz 的频率闪烁

6.3.10.3 主机中断 (INT)

在某些应用中，主机并不总是监测充电器的运行情况。INT 引脚向系统主机通知有关器件运行的信息。默认情况下，以下事件将生成低电平有效的 256μs INT 脉冲。

1. 检测正常状态输入源
   - V_{VIN} < V_{VIN_OVP} 阈值
   - V_{VIN} > V_{VIN_OK} 阈值
2. 移除正常状态输入源
3. 进入 IINDPM 调节
4. 进入 VINDPM 调节
5. 进入 IC 结温调节 (TREG)
6. I^2C 看门狗计时器到期
   - 初次上电时，INT 被置为有效以向主机发出信号，指示 I^2C 已准备好进行通信
7. 充电器状态改变状态（CHARGE_STAT 值改变），包括充电完成
8. TS_STAT 改变状态（任何 TS_STAT 位值改变）
9. 检测 VIN 过压 (VIN_OVP)
10. 结温关断 (TSHUT)
11. 检测电池过压 (BATOVP)
12. 充电安全计时器到期，包括涓流充电和预充电，并且快速充电安全计时器到期
13. 任何其他 *_STAT 位的上升沿

屏蔽每个 INT 源，防止在发生脉冲时发出 INT 脉冲。针对脉冲事件中的每一个存在三个位：

- STAT 位保存每个 INT 源的*当前状态*。
- FLAG 位保存有关哪个源生成 INT 的信息，无论*当前状态*如何都是如此。
- MASK 位用于防止器件为每个特定事件发送 INT。

当上述条件之一发生（任何 *_STAT 位上的上升沿）时，器件发出 INT 脉冲并通过 FLAG 寄存器跟踪哪个源生成 INT。主机读取 FLAG 寄存器位后，这些位会自动复位为零，并且需要 STAT 位上的新边沿才能重新将 FLAG 置为有效。该序列如图 6-11 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

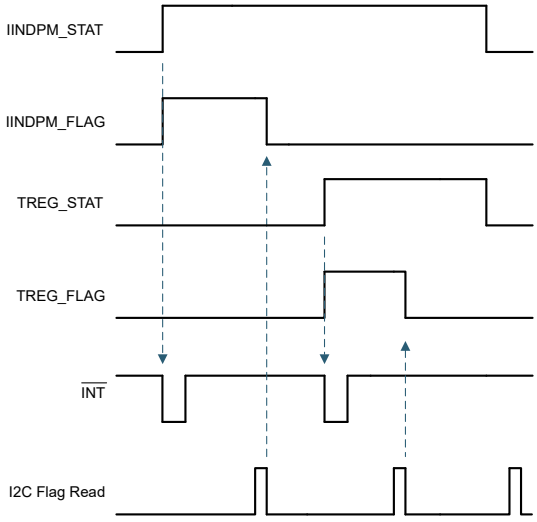


图 6-11. $\overline{INT}$ 生成行为示例

6.3.11 串行接口

该器件使用与 I²C 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。I²C 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)。在执行数据传输时，将器件视为控制器或目标。控制器是在总线上发起数据传输并生成时钟信号以允许该传输的器件。此时，任何被寻址的器件都被视为目标。

该器件作为地址为 0x6B 的目标器件运行，通过寄存器映射中定义的寄存器从控制器器件（例如微控制器或数字信号处理器）接收控制输入。读取的寄存器超出映射中定义的值，返回 0xFF。I2C 接口支持标准模式（高达 100kbits/s）、快速模式（高达 400kbits/s）和快速+ 模式（高达 1Mbit/s）。当总线空闲时，两条线路都为高电平。SDA 和 SCL 引脚为漏极开路，必须使用电流源或上拉电阻器连接到正电源电压。

*系统说明：*所有 16 位寄存器都定义为小端字节序，最高有效字节被分配给较高的地址。16 位寄存器写入必须按顺序完成，且建议使用多个写入和多个读取中所述的多重写入方法对其进行编程。

6.3.11.1 数据有效性

验证在时钟的高电平期间，SDA 线上的数据是否保持稳定。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。

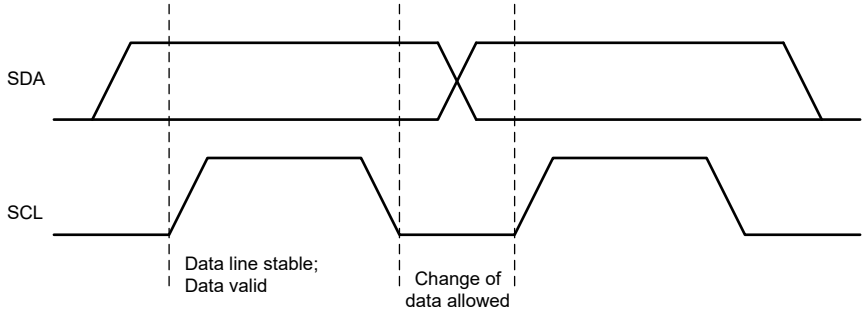


图 6-12. I²C 总线上的位传输

6.3.11.2 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

START 和 STOP 条件始终由控制器产生。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。当满足超时条件（例如启动条件有效超过 2 秒并且没有触发停止条件）时，充电器 I 2 C 通信将自动复位，通信线路空闲，可进行另一次传输。

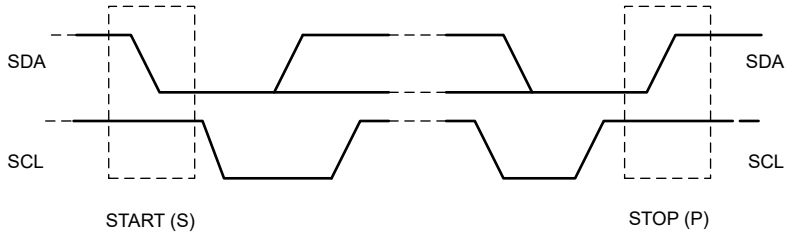


图 6-13. I²C 总线上的 START 和 STOP 条件

6.3.11.3 字节格式

验证 SDA 线上每个字节的长度是否为八位。每次传输所要传输的字节数不受限制。每个字节后必须有一个确认 (ACK) 位。传输数据时，最高有效位 (MSB) 优先。如果目标器件在已执行某个其他功能之前，无法接收或发送另外一个完整的数据字节，则目标器件可以将 SCL 线保持为低电平，以强制控制器进入等待状态（时钟延展）。当目标器件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。

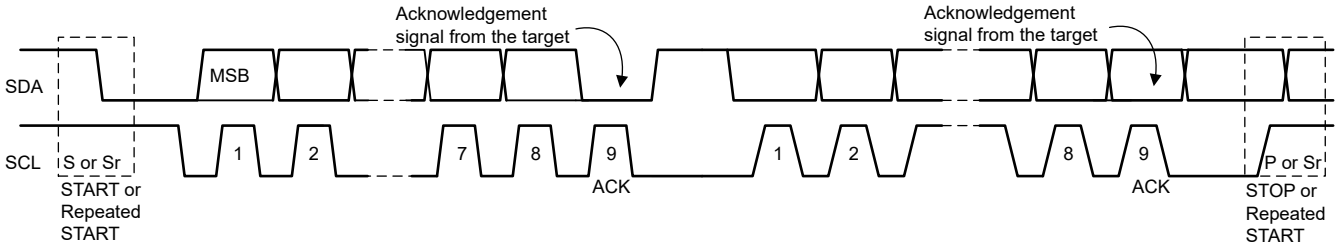


图 6-14. I²C 总线上的数据传输

6.3.11.4 确认 (ACK) 和否定确认 (NACK)

ACK 信令在每个传输字节之后发生。ACK 位允许接收器向控制器发送信号，指示已成功接收该字节且可发送另一个字节。控制器生成所有时钟脉冲（包括确认第 9 个时钟脉冲）。

控制器在确认时钟脉冲期间释放 SDA 线，让目标可以将 SDA 线拉至低电平，并且线路在此第 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，控制器生成 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。

6.3.11.5 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/$\overline{W}$）。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)。

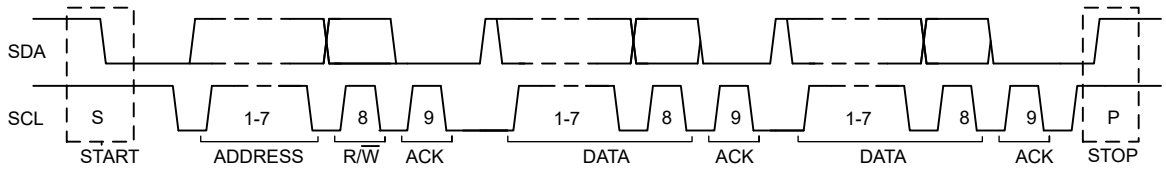


图 6-15. I²C 总线上的完整数据传输

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.11.6 单独写入和读取

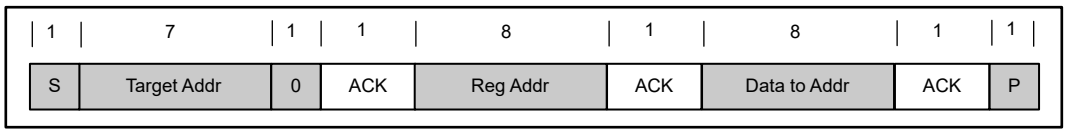


图 6-16. 单独写入

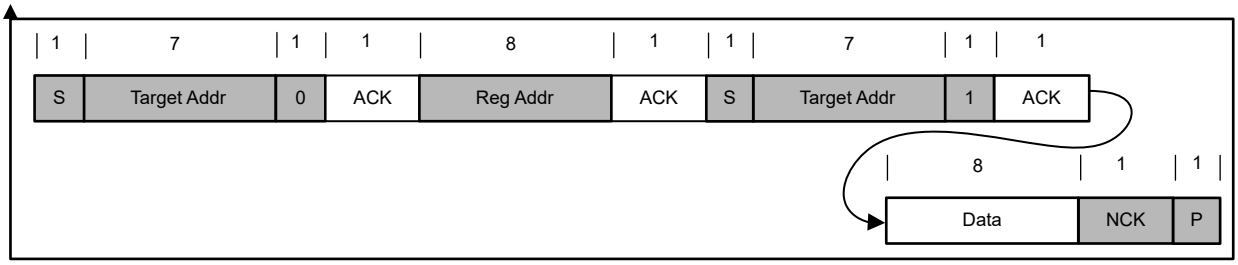
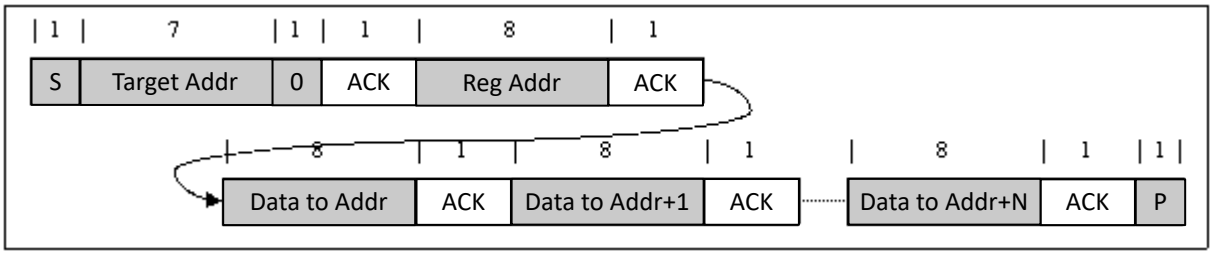


图 6-17. 单次读取

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。

6.3.11.7 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。



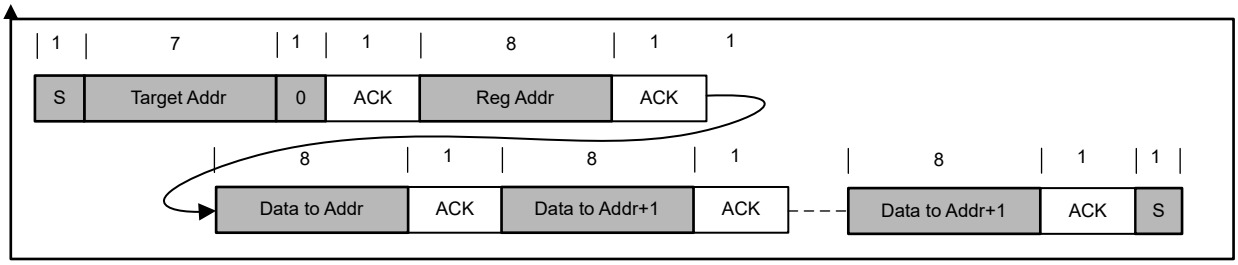


图 6-18. 多重写入

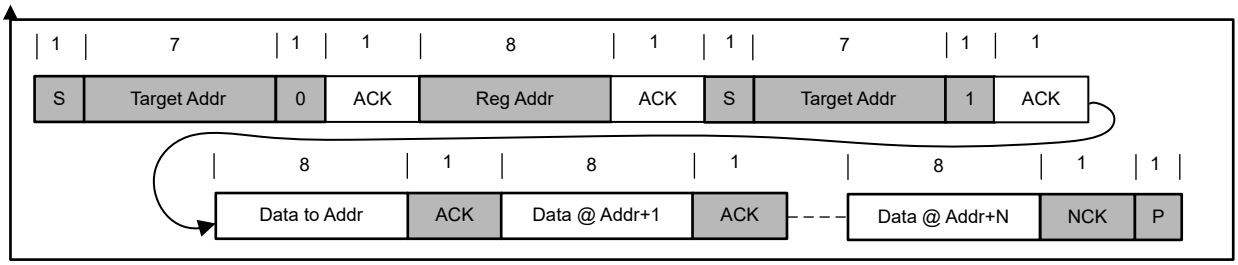


图 6-19. 多重读取

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，$\overline{INT}$ 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，该器件通过默认充电安全计时器为电池充电。在安全计时器到期后，充电将停止。

对任何 I²C 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。

当看门狗计时器到期时，器件恢复默认模式，并且所有寄存器复位至默认值，寄存器映射中所述的寄存器除外。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，$\overline{INT}$ 置为低电平以提醒主机（除非被 WD_MASK 屏蔽）。

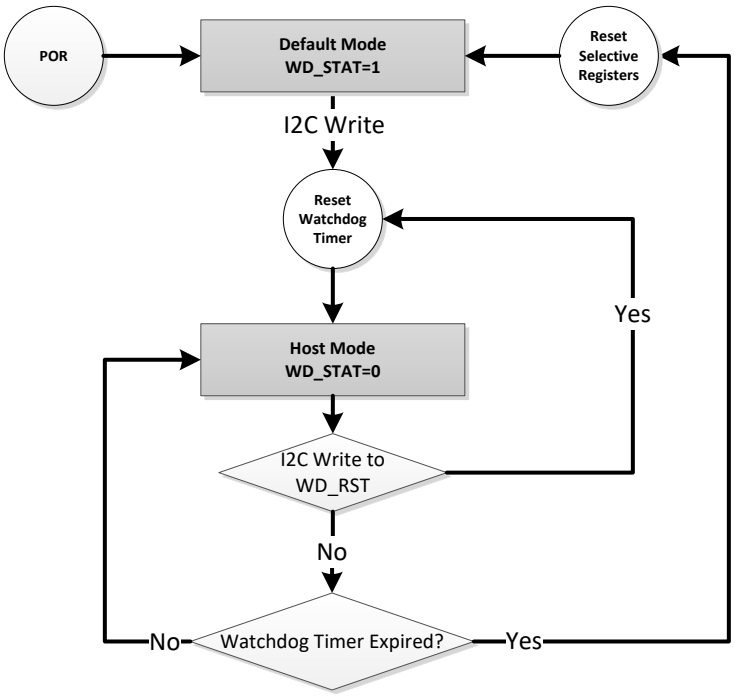


图 6-20. 看门狗计时器流程图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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。

由 REG_RST 位进行复位的寄存器不会启动 CELL、ICHG 和 VCHG 引脚检测，检测仅在充电器首次 POR 时进行。此外，如果充电器处于强制 ICO 过程，将 REG_RST 设置为 1 会终止该此过程。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 寄存器映射

7.1 BQ25692Q1 寄存器

表 7-1 列出了 BQ25692Q1 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的位置，并且不得修改寄存器内容。

表 7-1. BQ25692Q1 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	转到
0x4	REG0x04_Charge_Voltage_Limit	充电电压限值	转到
0x6	REG0x06_Input_Current_Limit	输入电流限值	转到
0x8	REG0x08_Input_Voltage_Limit	输入电压限值	转到
0xA	REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation	反向模式输入电流调节	转到
0xC	REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation	反向模式输入电压调节	转到
0xE	REG0x0E_Precharge_Control	预充电控制	转到
0xF	REG0x0F_Termination_Control	端接控制	转到
0x10	REG0x10_Precharge_and_Termination_Control	预充电和终止控制	转到
0x11	REG0x11_Timer_Control	计时器控制	转到
0x12	REG0x12_Charger_Control_1	充电器控制 1	转到
0x13	REG0x13_Charger_Control_2	充电器控制 2	转到
0x14	REG0x14_Charger_Control_3	充电器控制 3	转到
0x15	REG0x15_Charger_Control_4	充电器控制 4	转到
0x16	REG0x16_Converter_Control_1	转换器控制 1	转到
0x17	REG0x17_MPPT_Control	MPPT 控制	转到
0x18	REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control	TS 充电阈值控制	转到
0x19	REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control	TS 充电行为控制	转到
0x1A	REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control	TS 反向模式阈值控制	转到
0x1B	REG0x1B_Pin_Detection_Status_1	引脚检测状态 1	转到
0x1C	REG0x1C_Pin_Detection_Status_2	引脚检测状态 2	转到
0x1D	REG0x1D_Charger_Status_1	充电器状态 1	转到
0x1E	REG0x1E_Charger_Status_2	充电器状态 2	转到
0x1F	REG0x1F_FAULT_Status	FAULT 状态	转到
0x20	REG0x20_Charger_Flag	充电器标志	转到
0x21	REG0x21_FAULT_Flag	FAULT 标志	转到
0x22	REG0x22_Charger_Mask	充电器屏蔽	转到
0x23	REG0x23_FAULT_Mask	FAULT 屏蔽	转到
0x24	REG0x24_ICO_Current_Limit	ICO 电流限值	转到
0x26	REG0x26_Part_Information	器件信息	转到

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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-2. BQ25692Q1 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 = 0x0XX0]

REG0x02_Charge_Current_Limit 如表 7-3 所示。

返回到汇总表。

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
11:4	ICHG	R/W	X	该 16 位寄存器遵循小端惯例。 复位方式： REG_RESET	充电电流调节限值： POR 之后，器件会读取 ICHG 引脚上的电阻以设置最大 ICHG 钳位： 范围: 40mA-3300mA (2h-A5h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

7.1.2 REG0x04_Charge_Voltage_Limit 寄存器（地址 = 0x4）[复位 = 0xXXXX]

REG0x04_Charge_Voltage_Limit 如表 7-4 所示。

返回到汇总表。

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	RESERVED	R	0x0		保留
14:3	VREG	R/W	X	该 16 位寄存器遵循小端惯例。 VREG 根据 CELL_PIN 寄存器值进行钳制 复位方式： REG_RESET	电池电压调节限值： POR 之后，该器件会读取 CELL 和 VCHG 引脚上的电阻以设置最大 VREG 钳位： 范围: 2400mV-33000mV (F0h-CE4h) 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 = 0x0A50]

REG0x06_Input_Current_Limit 如表 7-5 所示。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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	0xA5	该 16 位寄存器遵循小端惯例 复位方式： REG_RESET	输入电流调节限值： POR：3300mA (A5h) 范围：40mA-3300mA (2h-A5h) 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 = 0x0910]

REG0x08_Input_Voltage_Limit 如表 7-6 所示。

返回到汇总表。

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	RESERVED	R	0x0		保留
14:4	VINDPM	R/W	0x91	该 16 位寄存器遵循小端惯例	绝对输入电压调节限值： POR：2900mV (91h) 范围：2500mV-34000mV (7Dh-6A4h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mV
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

7.1.5 REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation 寄存器（地址 = 0xA）[复位 = 0x0A50]

REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_Regulation 如表 7-7 所示。

返回到汇总表。

表 7-7. REG0x0A_Reverse_Mode_Input_Current_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	IIN_REV	R/W	0xA5	该 16 位寄存器遵循小端惯例 复位方式： REG_RESET	ACP/ACN 之间的反向模式电流调节： POR：3300mA (A5h) 范围：40mA-3300mA (2h-A5h) 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_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation 寄存器（地址 = 0xC）[复位 = 0x0FA0]

REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation 如表 7-8 所示。

返回到汇总表。

表 7-8. REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	RESERVED	R	0x0		保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-8. REG0x0C_Reverse_Mode_Input_Voltage_Regulation 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
14:4	VIN_REV	R/W	0xFA	该 16 位寄存器遵循小端惯例 复位方式： REG_RESET	VIN 引脚处的反向模式电压调节： POR：5000mV (FAh) 范围：3500mV-34000mV (AFh-6A4h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mV
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

7.1.7 REG0x0E_Precharge_Control 寄存器（地址 = 0xE）[复位 = 0x05]

REG0x0E_Precharge_Control 如表 7-9 所示。

返回到汇总表。

表 7-9. REG0x0E_Precharge_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	RESERVED	R	0x0		保留
5:0	IPRECHG	R/W	0x5	注意：仅在使用 10mΩ RBAT_SNS 时，建议 20mA 设置 复位方式： REG_RESET	预充电电流调节限值： POR：100mA (5h) 范围：20mA-620mA (1h-1Fh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA

7.1.8 REG0x0F_Termination_Control 寄存器（地址 = 0xF）[复位 = 0x05]

REG0x0F_Termination_Control 如表 7-10 所示。

返回到汇总表。

表 7-10. REG0x0F_Termination_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	RESERVED	R	0x0		保留
5:0	ITERM	R/W	0x5	注意：仅在使用 10mΩ RBAT_SNS 时，建议 20mA 设置 复位方式： REG_RESET	终止电流阈值： POR：100mA (5h) 范围：20mA-620mA (1h-1Fh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mA

7.1.9 REG0x10_Precharge_and_Termination_Control 寄存器（地址 = 0x10）[复位 = 0x2F]

REG0x10_Precharge_and_Termination_Control 如表 7-11 所示。

返回到汇总表。

表 7-11. REG0x10_Precharge_and_Termination_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	REG_RST	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	复位完成后，将寄存器复位为默认值，将计时器位复位为 0。 0b = 不复位 1b = 复位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-11. REG0x10_Precharge_and_Termination_Control 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
6	DIS_STAT	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	禁用 STAT 引脚输出： 0b = 启用 1b = 禁用
5:4	VRECHG	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	电池自动充电阈值，以 VREG 的百分比表示： 00b = 92.7% x VREG（磷酸铁锂电池约为 260mV/节） 01b = 94.1% x VREG（磷酸铁锂电池约为 210mV/节） 10b = 95.5% x VREG（锂离子电池约为 190mV/节） 11b = 97% x VREG（锂离子电池约为 130mV/节）
3	EN_TERM	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	端接控制： 0b = 禁用 1b = 启用
2:1	VBAT_LOWV	R/W	0x3	复位方式： REG_RESET	预充电切换至快速充电的电池阈值，以 VREG 的百分比表示： 00b = 30% x VREG 01b = 55% x VREG 10b = 66.7% x VREG 11b = 71.4% x VREG
0	EN_PRECHG	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	启用预充电和 BAT_SHORT 功能： 0b = 禁用 1b = 启用

7.1.10 REG0x11_Timer_Control 寄存器（地址 = 0x11）[复位 = 0x1D]

REG0x11_Timer_Control 如表 7-12 所示。

返回到汇总表。

表 7-12. REG0x11_Timer_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TOPOFF_TMR	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	充电完成计时器控制： 00b = 禁用 01b = 15 分钟 10b = 30 分钟 11b = 45 分钟
5:4	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 10b = 80s 11b = 160s
3	EN_CHG_TMR	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用预充电和快速充电安全计时器： 0b = 禁用 1b = 启用
2:1	CHG_TMR	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	快速充电安全计时器设置： 00b = 5 小时 01b = 8 小时 10b = 12 小时 11b = 24 小时

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-12. REG0x11_Timer_Control 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
0	EN_TMR2X	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	为充电安全计时器启用 2 倍模式： 0b = 在输入 DPM 或热调节期间，安全计时器不减速 2 倍 1b = 在输入 DPM 或热调节期间，安全计时器减速 2 倍

7.1.11 REG0x12_Charger_Control_1 寄存器（地址 = 0x12）[复位 = 0x80]

REG0x12_Charger_Control_1 如表 7-13 所示。

返回到汇总表。

表 7-13. REG0x12_Charger_Control_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	IBAT_REV	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	SRP/SRN 之间的反向模式电池放电电流调节： 00b = 1A 01b = 2.28A 10b = 3.56A 11b = 禁用
5	RBAT_SNS	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	电池电流检测电阻值： 0b = 10mΩ 1b = 5mΩ
4	EN_BYPASS	R/W	0x0	如果 EN_EXT_BYPASS = 1，该位将控制外部旁路路径。 如果 EN_EXT_BYPASS = 0，该位将启用内部旁路路径。 当 EN_HIZ 变为 1 或 EN_REV 变为 0 时，该位被清除。 复位方式： REG_RESET 看门狗	旁路模式控制： 0b = 禁用 1b = 启用
3	EN_EXT_BYPASS	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	外部旁路模式控制： 0b = 禁用 1b = 启用
2	WD_RST	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	I2C 看门狗计时器复位： 0b = 正常 1b = 复位（计时器复位后此位恢复为 0）
1	STOP_WD_CHG	R/W	0x0		定义 WD 计时器到期是否会禁用充电： 0b = WD 计时器到期保持现有 EN_CHG 设置 1b = WD 计时器到期设置 EN_CHG = 0
0	PRECHG_TMR	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	预充电安全计时器设置： 0b = 2 小时 1b = 0.5 小时

7.1.12 REG0x13_Charger_Control_2 寄存器（地址 = 0x13）[复位 = 0xA0]

REG0x13_Charger_Control_2 如表 7-14 所示。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-14. REG0x13_Charger_Control_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_AUTO_DSCHG	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	在 OVP 期间启用自动放电功能：正向模式 OVP 时启用 ISYS_LOAD，反向模式 OVP 时启用 IVIN_LOAD： 0b = 在转换器 OVP 期间，充电器不会施加放电 ISYS_LOAD 或 IVIN_LOAD 电流 1b = 在转换器 OVP 期间，充电器将施加放电 ISYS_LOAD 或 IVIN_LOAD 电流
6	FORCE_ISYS_DSCHG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	强制系统放电电流 (ISYS_LOAD)： 0b = 禁用 1b = 启用 ISYS_LOAD
5	EN_CHG	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET 看门狗	充电启用控制： 0b = 禁用充电 1b = 启用充电
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： 0b = 禁用 HIZ 1b = 启用 HIZ
3	FORCE_VIN_DSCHG	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	强制输入放电电流 (IVIN_LOAD)： 0b = 禁用 1b = 启用 IVIN_LOAD
2	RAC_SNS	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	输入电流检测电阻值： 0b = 10mΩ 1b = 5mΩ
1	EN_REV	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	必须先禁用 EN_BAT_DETECT (Reg0x14[3]=0)，才能启用反向模式 反向模式： 0b = 禁用 1b = 启用
0	EN_BACKUP	R/W	0x0	该位只能在存在有效输入源时启用；在仅电池模式下，该位会被忽略 复位方式： REG_RESET 看门狗	备用模式控制： 0b = 禁用 1b = 启用

7.1.13 REG0x14_Charger_Control_3 寄存器（地址 = 0x14）[复位 = 0x38]

REG0x14_Charger_Control_3 如表 7-15 所示。

返回到汇总表。

表 7-15. REG0x14_Charger_Control_3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	VIN_BACKUP	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	用于触发备用模式的 VIN 下降阈值，定义为 VINDPM 的比率 00b = 50% x VINDPM 01b = 60% x VINDPM 10b = 80% x VINDPM 11b = 100% x VINDPM
5	EN_EXTILIM	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用外部 ILIM_HIZ 引脚以进行输入电流调节： 0b = 禁用 1b = 启用
4	RESERVED	R	0x0		保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-15. REG0x14_Charger_Control_3 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
3	EN_BAT_DETECT	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	必须先禁用反向模式 (Reg0x13[1]=0)，才能启用电池检测 启用电池检测程序： 0b = 禁用（无电池检测） 1b = 启用
2	FORCE_VINDPM	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	VINDPM 阈值设置方式： 0b = 运行相对 VINDPM 阈值 1b = 运行绝对 VINDPM 阈值
1	FORCE_ICO	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	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	0x0	复位方式： REG_RESET	输入电流优化器 (ICO) 控制： 0b = 禁用 1b = 启用

7.1.14 REG0x15_Charger_Control_4 寄存器（地址 = 0x15）[复位 = 0x00]

REG0x15_Charger_Control_4 如表 7-16 所示。

返回到汇总表。

表 7-16. REG0x15_Charger_Control_4 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:4	RESERVED	R	0x0		保留
3	EN_FAST_VOTG_RESPONSE	R/W	0x0	有关约束，请参阅反向（拉电流）模式运行部分 复位方式： REG_RESET	更快的反向（拉电流）(OTG) 瞬态响应： 0b = 禁用 1b = 启用
2	TERM_WAKEUP_RESPONSE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	从终止 (TERMINATION) 控制中唤醒： 0b = 正常唤醒，终止 (TERM) 时为低 IQ_BAT 1b = 快速唤醒，终止 (TERM) 时为高 IQ_BAT（建议用于可拆卸电池应用）
1:0	RESERVED	R	0x0		保留

7.1.15 REG0x16_Converter_Control_1 寄存器（地址 = 0x16）[复位 = 0xE1]

REG0x16_Converter_Control_1 如表 7-17 所示。

返回到汇总表。

表 7-17. REG0x16_Converter_Control_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_PFM	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	启用 PFM 模式： 0b = 禁用 1b = 启用
6	EN_PFM_OOA	R/W	0x1	仅当 EN_PFM = 1 时有效 复位方式： REG_RESET	启用 PFM Out Of Audio (OOA) 模式： 0b = 禁用 1b = 启用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-17. REG0x16_Converter_Control_1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
5	TREG	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	热调节限值： 0b = 80°C 1b = 120°C
4:3	EN_DITHER	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	开关频率抖动配置： 00b = 禁用 01b = 1X 10b = 2X 11b = 3X
2:0	FSW	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	开关频率配置： 001b = 450kHz 010b = 500kHz 011b = 550kHz 100b = 600kHz 101b = 700kHz 110b = 1.2MHz 111b = 2.2MHz

7.1.16 REG0x17_MPPT_Control 寄存器（地址 = 0x17）[复位 = 0x00]

REG0x17_MPPT_Control 如表 7-18 所示。

返回到汇总表。

表 7-18. REG0x17_MPPT_Control 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
4:3	RESERVED	R	0x0		保留
2:1	RESERVED	R	0x0		保留
0	EN_MPPT	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	启用 MPPT 程序： 0b = 禁用 1b = 启用

7.1.17 REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control 寄存器（地址 = 0x18）[复位 = 0x95]

REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control 如表 7-19 所示。

返回到汇总表。

表 7-19. REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TS_TH5	R/W	0x2	使用 RT1=5.23kΩ 和 RT2=30.1kΩ 的 103AT NTC 热敏电阻 复位方式： REG_RESET	TS TH5（热）阈值控制： 00b = 41.2% (50°C) 01b = 37.7% (55°C) 10b = 34.375% (60°C) 11b = 31.25% (65°C)
5:4	TS_TH3	R/W	0x1	使用 RT1=5.23kΩ 和 RT2=30.1kΩ 的 103AT NTC 热敏电阻 复位方式： REG_RESET	TS TH3（温）阈值控制： 00b = 48.4% (40°C) 01b = 44.75% (45°C) 10b = 41.2% (50°C) 11b = 37.7% (55°C)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-19. REG0x18_TS_Charging_Threshold_Control 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
3:2	TS_TH2	R/W	0x1	使用 RT1=5.23kΩ 和 RT2=30.1kΩ 的 103AT NTC 热敏电阻 复位方式： REG_RESET	TS TH2（凉）阈值控制： 00b = 70.9% (5°C) 01b = 68.25% (10°C) 10b = 65.35% (15°C) 11b = 62.25% (20°C)
1:0	TS_TH1	R/W	0x1	使用 RT1=5.23kΩ 和 RT2=30.1kΩ 的 103AT NTC 热敏电阻 复位方式： REG_RESET	TS TH1（冷）阈值控制： 00b = 77.15% (-10°C) 01b = 75.32% (-5°C) 10b = 73.3% (0°C) 11b = 70.9% (5°C)

7.1.18 REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control 寄存器（地址 = 0x19）[复位 = 0xD7]

REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control 如表 7-20 所示。

返回到汇总表。

表 7-20. REG0x19_TS_Charging_Behavior_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	EN_BYPASS_LL_EXIT	R/W	0x1		在检测到轻负载时启用自动退出旁路模式： 0b = 禁用 1b = 启用
6:5	JEITA_VSET	R/W	0x2	复位方式： REG_RESET	JEITA 温 (T3 < TS < T5) 电池电压调节设置： 00b = 充电暂停 01b = VREG - 250mV/节 10b = VREG - 100mV/节 11b = VREG
4	JEITA_ISETH	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	JEITA 温 (T3 < TS < T5) 电池电流调节设置，以 ICHG 的百分比表示： 0b = 40% x ICHG 1b = 100% x ICHG
3:2	JEITA_ISETC	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	JEITA 凉 (T1 < TS < T2) 电池电流调节设置，以 ICHG 的百分比表示： 00b = 充电暂停 01b = 20% x ICHG 10b = 40% x ICHG 11b = 100% x ICHG
1	EN_JEITA	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	JEITA 曲线控制： 0b = 禁用 JEITA（仅冷/热控制） 1b = 启用 JEITA（冷/凉/温/热控制）
0	EN_TS	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	TS 引脚功能控制（适用于正向充电和反向放电模式）： 0b = 禁用（忽略 TS 引脚） 1b = 启用

7.1.19 REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control 寄存器（地址 = 0x1A）[复位 = 0x40]

REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control 如表 7-21 所示。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-21. REG0x1A_TS_Reverse_Mode_Threshold_Control 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	TS_REV_HOT	R/W	0x1	复位方式： REG_RESET	反向模式 TS 热温度阈值控制： 00b = 37.7% (55°C) 01b = 34.2% (60°C) 10b = 31.25%(65°C) 11b = 禁用
5	TS_REV_COLD	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	反向模式 TS 冷温度阈值控制： 0b = 77.15% (-10°C) 1b = 80% (-20°C)
4	RESERVED	R	0x0		保留
3:0	CV_TMR	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	CV 计时器设置： 0000b = 禁用 0001b = 1 小时 0010b = 2 小时 ...= ... 1110b = 14 小时 1111b = 15 小时

7.1.20 REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 寄存器（地址 = 0x1B）[复位 = 0x00]

REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 如表 7-22 所示。

返回到汇总表。

表 7-22. REG0x1B_Pin_Detection_Status_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	VCHG_PIN_OVERRIDE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用 VCHG 寄存器，以超过 VCHG 引脚检测的钳位值： 0b = 禁用 1b = 启用
6	CELL_PIN_OVERRIDE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	使主机能够对 CELL_PIN 寄存器进行写入： 0b = 禁用 1b = 启用
5:3	VCHG_PIN	R	0x0	使用 VCHG_PIN_OVERRIDE 将 VREG 编程为高于 VCHG 引脚检测到的值	VCHG 引脚检测结果： 000b = 故障 001b = 3.5V/节 010b = 3.6V/节 011b = 4V/节 100b = 4.1V/节 101b = 4.2V/节 110b = 4.3V/节 111b = 4.35V/节
2:0	CELL_PIN	R/W	0x0	必须在更改 VREG 调节目标之前更改该寄存器	CELL 引脚检测结果： 000b = 故障 001b = 1s 010b = 2s 011b = 3s 100b = 4s 101b = 5s 110b = 6s 111b = 7s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.21 REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 寄存器（地址 = 0x1C）[复位 = 0x00]

REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 如表 7-23 所示。

返回到汇总表。

表 7-23. REG0x1C_Pin_Detection_Status_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:4	RESERVED	R	0x0		保留
3	ICHG_PIN_OVERRIDE	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用 ICHG 寄存器，以超过 ICHG_PIN 检测中的钳位值： 0b = 禁用 1b = 启用
2:0	ICHG_PIN	R	0x0	使用 ICHG_PIN_OVERRIDE 将 ICHG 编程为高于 ICHG 引脚检测到的值	ICHG 引脚检测导致的 ICHG 寄存器钳位： 000b = 故障 001b = 0.1A 010b = 0.5A 011b = 1A 100b = 1.5A 101b = 2A 110b = 2.5A 111b = 3.3A

7.1.22 REG0x1D_Charger_Status_1 寄存器（地址 = 0x1D）[复位 = 0x08]

REG0x1D_Charger_Status_1 如表 7-24 所示。

返回到汇总表。

表 7-24. REG0x1D_Charger_Status_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	PG_STAT	R	0x0		输入电源正常状态： 0b = 电源不正常 1b = 电源正常
6	IINDPM_STAT	R	0x0		正向模式下的输入电流调节状态 或反向模式下的电池电流调节状态： 0b = 正常 1b = 器件处于电流调节状态
5	VINDPM_STAT	R	0x0		输入电压调节状态（正向模式）： 0b = 正常 1b = 器件处于输入电压调节状态
4	TREG_STAT	R	0x0		IC 热调节状态（正向或反向模式）： 0b = 正常 1b = 器件处于热调节状态
3	WD_STAT	R	0x1		I2C 看门狗计时器状态： 0b = 正常 1b = WD 计时器到期

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-24. REG0x1D_Charger_Status_1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
2:0	CHARGE_STAT	R	0x0		充电周期状态： 000b = 未充电 001b = 涓流充电 (VBAT < VBAT_SHORT) 010b = 预充电 (VBAT < VBAT_LOWV) 011b = 快速充电（CC 模式） 100b = 恒压充电（CV 模式） 101b = 保留 110b = 充电完成计时器充电 111b = 充电终止完成

7.1.23 REG0x1E_Charger_Status_2 寄存器（地址 = 0x1E）[复位 = 0x00]

REG0x1E_Charger_Status_2 如表 7-25 所示。

返回到汇总表。

表 7-25. REG0x1E_Charger_Status_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	RESERVED	R	0x0		保留
6:5	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
4:3	REV_STAT	R	0x0		反向模式状态： 00b = 已禁用反向模式 01b = 反向模式 CV 10b = 反向模式 CC 11b = 反向模式故障
2:0	TS_STAT	R	0x0		TS（电池 NTC）状态： 000b = 正常 001b = TS 冷 010b = TS 热 011b = TS 冷 100b = TS 暖

7.1.24 REG0x1F_FAULT_Status 寄存器（地址 = 0x1F）[复位 = 0x00]

REG0x1F_FAULT_Status 如表 7-26 所示。

返回到汇总表。

表 7-26. REG0x1F_FAULT_Status 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	VIN_OVP_STAT	R	0x0		VIN 过压状态： 0b = 正常 1b = 器件处于输入过压保护状态
6:5	BAT_FAULT_STAT	R	0x0		电池故障状态： 00b = 正常 01b = 电池缺失 10b = 检测到电池过压 11b = 检测到电池无电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-26. REG0x1F_FAULT_Status 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
4	CHG_TMR_STAT	R	0x0		充电安全计时器状态： 0b = 正常 1b = 充电安全计时器到期
3	CV_TMR_STAT	R	0x0		CV 计时器状态： 0b = 正常 1b = CV 计时器到期
2	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
1	RESERVED	R	0x0		保留
0	REV_TERM_STAT	R	0x0		反向模式终端状态： 0b =正常 1b = 检测到反向模式轻负载

7.1.25 REG0x20_Charger_Flag 寄存器（地址 = 0x20）[复位 = 0x08]

REG0x20_Charger_Flag 如表 7-27 所示。

返回到汇总表。

表 7-27. REG0x20_Charger_Flag 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	PG_FLAG	R	0x0		输入电源正常标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = PG 状态已更改
6	IINDPM_FLAG	R	0x0		正向模式下的输入电流调节标志 或反向模式下的电池电流调节标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 器件进入电流调节状态
5	VINDPM_FLAG	R	0x0		输入电压调节标志（正向模式）： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 器件进入输入电压调节状态
4	TREG_FLAG	R	0x0		IC 热调节标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 器件进入输入热调节状态
3	WD_FLAG	R	0x1		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
2	ICO_FLAG	R	0x0		输入电流优化器 (ICO) 标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = ICO_STAT 已更改（转换至任何状态）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-27. REG0x20_Charger_Flag 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
1	TS_FLAG	R	0x0		TS（电池 NTC）标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = TS_STAT 已更改（转换至任何状态）
0	CHARGE_FLAG	R	0x0		充电周期标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = CHARGE_STAT 已更改（转换至任何状态）

7.1.26 REG0x21_FAULT_Flag 寄存器（地址 = 0x21）[复位 = 0x00]

REG0x21_FAULT_Flag 如表 7-28 所示。

返回到汇总表。

表 7-28. REG0x21_FAULT_Flag 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	VIN_OVP_FLAG	R	0x0		VIN 过压标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 进入 VIN OVP
6	BAT_FAULT_FLAG	R	0x0		电池故障标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = BAT_FAULT_STAT 已更改（转换至任何状态）
5	CHG_TMR_FLAG	R	0x0	适用于快速充电和预充电安全计时器	充电安全计时器标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到充电安全计时器到期上升沿
4	CV_TMR_FLAG	R	0x0		CV 计时器标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 检测到 CV 计时器到期上升沿
3	TSHUT_FLAG	R	0x0		IC 热关断标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 进入热关断保护
2	BYPASS_FLAG	R	0x0		旁路模式故障标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = 旁路因故障退出
1	RESERVED	R	0x0		保留
0	REV_FLAG	R	0x0		反向模式标志： 访问：R (ClearOnRead) 0b = 正常 1b = REV_STAT 已更改（转换至任何状态）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.27 REG0x22_Charger_Mask 寄存器（地址 = 0x22）[复位 = 0x00]

REG0x22_Charger_Mask 如表 7-29 所示。

返回到汇总表。

表 7-29. REG0x22_Charger_Mask 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	输入电源正常屏蔽： 0b = PG 切换产生 INT 脉冲 1b = PG 切换不产生 INT 脉冲
6	IINDPM_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	正向模式下的输入电流调节屏蔽 或反向模式下的电池电流调节屏蔽： 0b = 进入电流调节切换会产生 INT 1b = 进入电流调节切换不会产生 INT
5	VINDPM_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	输入电压调节屏蔽（正向模式）： 0b = 进入输入电压调节切换会产生 INT 1b = 进入输入电压调节切换不会产生 INT
4	TREG_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IC 热调节屏蔽： 0b = 进入 TREG 会产生 INT 1b = 进入 TREG 不会产生 INT
3	WD_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	I2C 看门狗计时器屏蔽： 0b = WD 到期产生 INT 1b = WD 到期不产生 INT
2	ICO_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	输入电流优化器 (ICO) 屏蔽： 0b = ICO_STAT 变化产生 INT 1b = ICO_STAT 变化不产生 INT
1	TS_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	TS（电池 NTC）屏蔽： 0b = TS_STAT 变化产生 INT 1b = TS_STAT 变化不产生 INT
0	CHARGE_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	充电周期屏蔽： 0b = CHARGE_STAT 变化产生 INT 1b = CHARGE_STAT 变化不产生 INT

7.1.28 REG0x23_FAULT_Mask 寄存器（地址 = 0x23）[复位 = 0x00]

REG0x23_FAULT_Mask 如表 7-30 所示。

返回到汇总表。

表 7-30. REG0x23_FAULT_Mask 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	VIN_OVP_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	VIN 过压屏蔽： 0b = 输入过压产生 INT 1b = 输入过压不产生 INT
6	BAT_FAULT_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	电池故障屏蔽： 0b = BAT_FAULT_STAT 产生 INT 1b = BAT_FAULT_STAT 不产生 INT
5	CHG_TMR_MASK	R/W	0x0	适用于快速充电和预充电安全计时器 复位方式： REG_RESET	充电安全计时器屏蔽： 0b = 充电计时器到期会产生 INT 1b = 充电计时器到期不会产生 INT

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-30. REG0x23_FAULT_Mask 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	注释	说明
4	CV_TMR_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	CV 计时器屏蔽： 0b = CV 计时器到期会产生 INT 1b = CV 计时器到期不会产生 INT
3	TSHUT_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	IC 热关断屏蔽： 0b = 进入 TSHUT 会产生 INT 1b = 进入 TSHUT 不会产生 INT
2	BYPASS_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	旁路模式故障屏蔽： 0b = BYPASS_FLAG 产生 INT 1b = BYPASS_FLAG 不产生 INT
1	RESERVED	R	0x0		保留
0	REV_MASK	R/W	0x0	复位方式： REG_RESET	反向模式屏蔽： 0b = REV_STAT 变化产生 INT 1b = REV_STAT 变化不产生 INT

7.1.29 REG0x24_ICO_Current_Limit 寄存器（地址 = 0x24）[复位 = 0x0A50]

REG0x24_ICO_Current_Limit 如表 7-31 所示。

返回到汇总表。

表 7-31. REG0x24_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	0xA5	该 16 位寄存器遵循小端惯例	启用 ICO 时优化的输入电流限制： POR：3300mA (A5h) 范围：0mA-3300mA (0h-A5h) 钳位至高电平 位步长：20mA
3:0	RESERVED	R	0x0		保留

7.1.30 REG0x26_Part_Information 寄存器（地址 = 0x26）[复位 = 0x11]

REG0x26_Part_Information 如表 7-32 所示。

返回到汇总表。

表 7-32. REG0x26_Part_Information 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
7:6	RESERVED	R	0x0		保留
5:2	PN	R	0x4		器件型号
1:0	DEV_REV	R	0x1		器件修订版本

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

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

8.1 应用信息

典型应用包括与 I^2C 主机和软件配对的器件，,用于为多节锂离子电池和锂聚合物电池充电。允许为 NiMH 电池等其他电池化学成分充电，但需要主机软件来更改基于锂电池的默认调节和终止设置。充电器集成了降压/升压转换器的开关 MOSFET（Q_1 至 Q_4）。该器件通过外部检测电阻实现输入电流检测，并为电流检测电路充电。

在正向（充电或灌电流）或反向（OTG 或拉电流）模式下，如果输入电压 (V_{IN}) 高于输出电压 (V_{OUT})，则转换器在降压模式下运行；如果输入电压接近输出电压，则在降压/升压模式下运行；如果输入电压低于输出电压，则在升压模式下运行。在连续导通模式 (CCM) 的大输出电流 (I_{OUT}) 下，转换器的平均（直流）电感器电流等于降压模式下的转换器输出电流或升压模式下的输入电流。转换器的预期平均电感器电流不得超过 4A，以便可以使用整个 IINDPM 范围。使用数据表效率曲线中的效率估算值，应用方程式 5 中所示的功率平衡来计算升压模式所需的输入电流 (I_{IN})，并确认适配器电压和 IINDPM 设置是否足够高，以满足所需的充电电流和系统负载。

$$\eta = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}} \tag{5}$$

设计示例公式使用以下通用转换器变量。

表 8-1. 用于正向/充电/灌电流和反向/OTG/源转换器运行的公式变量

公式变量	正向运行	反向运行
V_{IN}	最小或最大 V（适配器或 USB）电压	V (SRN) 下的最小或最大电池电压
I_{IN}	以上公式中的输入电流估算值 ≤ 适配器、USB 或 IINDPM 允许的最小电流	以上公式中的输入电流估算值 < 电池组保护器最大放电电流最小值或 IBAT_REV 限制
V_{OUT}	每个 VREG 的电池稳压电压	每个 VIN_REV 的输入调节电压
I_{OUT}	最大电池充电电流 ICHG + 最大系统负载电流 ISYS	最大反向电流 < IIN_REV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2 典型应用设计示例

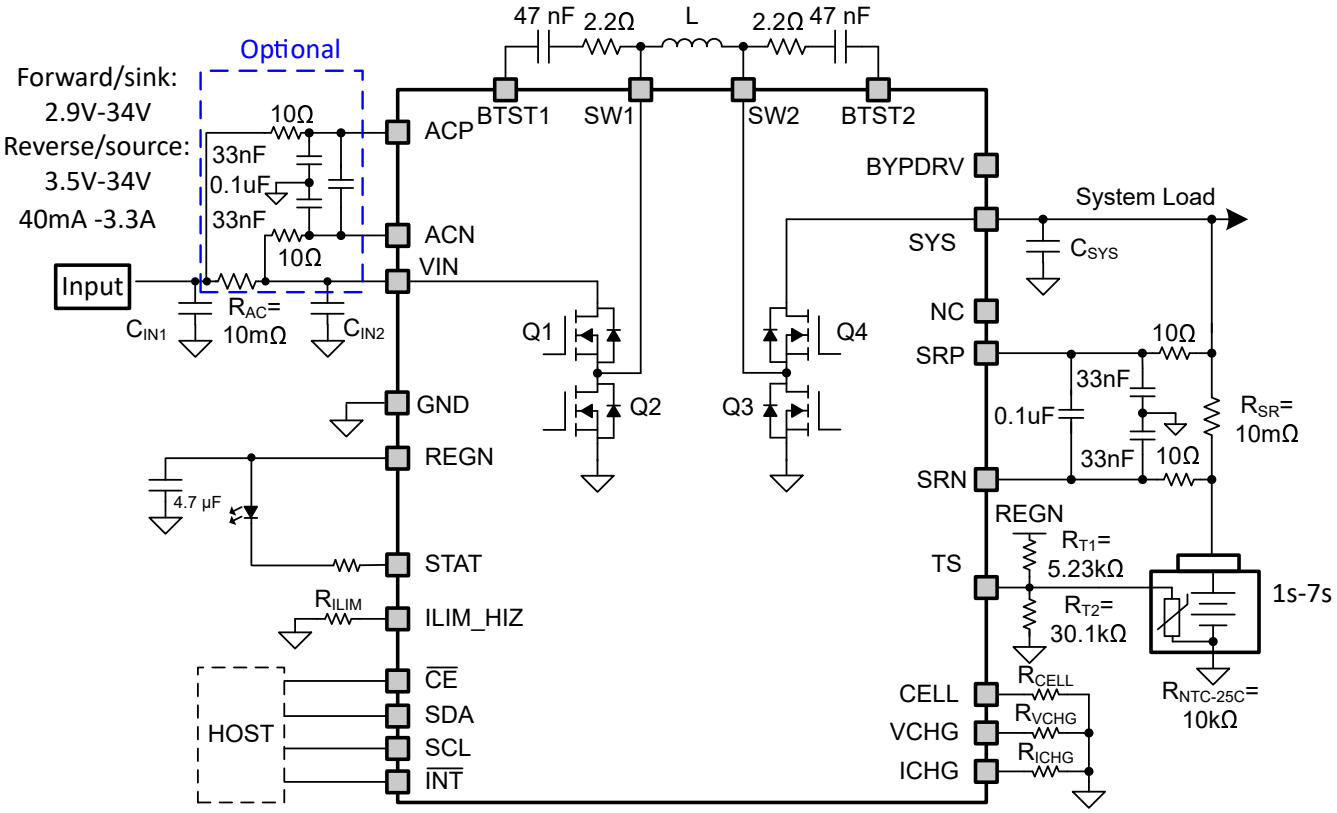


图 8-1. BQ25692-Q1 典型应用图

表 8-2. 用于设计示例 1 的 BQ25692-Q1 BOM

原理图元件或 I²C 设置	值	注释
f_{SW}	450kHz（默认值）	REG0x16[4:0]
L	10uH	
C_{IN1}+C_{IN2}	10x 4.7 µF	必需：4x C_{IN1} > C_{IN2}
C_{SYS}	6 个 4.7 µF	
R_{ILIM}	2.2kΩ	1.5A（默认值）
R_{CELL}	6.04kΩ	2S 默认值
R_{VCHG}	13.7kΩ	4.2/电池默认值
R_{ICHG}	8.25kΩ	1A（默认值）

1. 为简化起见，VIN 和 SYS 引脚上所需的 <0.1 µF 的噪声滤波电容器未显示
2. 可能需要额外的 C_{IN} 或 C_{SYS} 来减轻长线路电感的影响，尤其是在线路或负载瞬变态期间

8.2.1 设计要求

表 8-3. 设计示例 1 参数

参数	值	注释
VIN 电压范围	5V 至 20V	
输入电流限制（REG0x06 中的 IINDPM）	3.0A	
快速充电电流限制（REG0x02 中的 ICHG）	3.3A	在升压模式下受输入电流限制钳位
不含 ICHG (ISYS) 的最大系统负载电流	1A	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-3. 设计示例 1 参数（续）

参数	值	注释
电池调节电压（REG0x04 中的 VREG）	8.4V	
反向模式电压（REG0x0C 中的 VIN_REV）	5V	
反向模式下最小电池放电电压	6V	必须 > V_{BAT_OKZ} = 2.5V
反向模式最大放电电流	3A	受 REG0x12 中的 IBAT_REV 钳位
反向模式输出电流限制	3.3A	受 REG0x0A 中的 IIN_REV 钳位

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 电感器选型

充电器的 DC/DC 转换器具有可调开关频率。为了获得小信号稳定性，请在以下开关频率范围内选择电感。

表 8-4. 按开关频率选择电感器

开关频率 (kHz)	电感 - L（µH）
450 - 500	6.8 - 15
550 - 700	4.7 至 10
1200 - 2200	2.2 - 4.7

为降低 EMI，强烈建议使用屏蔽式电感器。电感器的饱和电流 (I_{SAT}) 建议至少比升压模式下的输入电流 (I_{IN}) 或降压模式下的输出电流 (I_{OUT}) 的较大值高 20%，并加上电感器纹波电流 (I_{RIPPLE}) 的一半：

$$I_{SAT} \geq MAX\left[\left(I_{IN} + \frac{I_{RIPPLE}}{2}\right), \left(I_{IOUT} + \frac{I_{RIPPLE}}{2}\right)\right] \quad (6)$$

I_{RIPPLE} 取决于 V_{IN}、V_{OUT}、开关频率 (F_{SW}) 和电感 (L)。根据每 F_{SW} 的给定电感范围，选择一个更大的电感器，从而尽可能减少 I_{RIPPLE}。对于给定的输出电流，当占空比为 50% 时，I_{RIPPLE} 最大。如果 I_{L_PK} 达到 7A 的逐周期电流限制，转换器输出电流将受到限制。转换器的峰峰值电感器纹波电流 I_{RIPPLE} 需要至少为 I_{L_AVG} 的 ±10%，但不高于 ±20%。存在一些输入到输出电压组合，会导致充电器无法始终达到 3.3A 输出电流。降压模式和升压模式的电感器电流纹波计算以及峰值电感器电流的计算公式如下：

$$I_{RIPPLE_BUCK} \geq \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times L} \quad (7)$$

$$I_{RIPPLE_BOOST} \geq \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{V_{OUT} \times f_{SW} \times L} \quad (8)$$

$$I_{L_PK} = I_{L_AVG} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} \quad (9)$$

8.2.2.2 电容器

X7R 或 X5R 等低 ESR 陶瓷电容器是去耦电容器的首选，必须尽可能靠近转换器的 VIN、SYS 或 SRN 和 GND 引脚布置。考虑到陶瓷电容器因温度和施加电压产生的降额效应，所选陶瓷电容器的额定电压必须高于正常输入电压。例如，输入电压最高 24V 时，首选额定电压为 35V 或更高的电容器。如果非陶瓷电容器的 ESR 小于 50mΩ，则可以使用。当 C_{VIN_ACN} < 4 × C_{VIN_ACP} 时，降额后 C_{VIN_ACP} + C_{VIN_ACP} 必须至少为 10µF。对于 1S-2S 应用，C_{SYS} 必须至少为 15µF。对于 3 节至 7 节串联电池应用，降额后 C_{SYS} 必须至少为 8µF。C_{BAT} 是靠近 SRN 和 GND 引脚并与电池组并联的大容量电容，降额后必须至少为 5µF。以下各节介绍了如何根据所需的稳态电压纹波调整降额电容值的大小。对于降压转换器的输入和升压转换器的输出，电压纹波最高。在负载瞬态阶跃启动和释放时，可能需要额外的电容以分别缓解降压、升压或降压/升压转换器输出的电压骤降和过冲。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.2.3 降压模式输入 (V_{IN}) 电容器

在降压模式运行时，输入电流是不连续的，这决定了输入 RMS 纹波电流和输入电压纹波。转换器输入电容器必须具有足够大的额定纹波电流（即低 ESR）来吸收输入交流电流，并具有足够大的电容保持较低的输入电压纹波。对于降压模式运行，输入 RMS 纹波电流和输入电压纹波通过以下公式计算，其中 D = V_{OUT}/V_{IN}。

$$I_{CIN-BUCK} = I_{OUT} \times \sqrt{D \times (1-D)} \quad (10)$$

$$\Delta V_{IN-BUCK} \geq \frac{D \times (1-D) \times I_{OUT}}{C_{IN-BUCK} \times f_{SW}} \quad (11)$$

最坏情况下的输入 RMS 纹波电流和输入电压纹波都出现在 0.5 占空比条件下。

8.2.2.4 升压模式输出 (V_{OUT}) 电容器

在升压模式运行时，输出电流是不连续的，这决定了输出 RMS 纹波电流和输出电压纹波。输出电容器必须具有足够的纹波电流额定值以吸收输出交流电流（即 ESR 足够低）、并具有足够大的电容以保持较小的输出电压纹波。对于升压模式运行，输出 RMS 纹波电流和输出电压纹波通过以下公式计算，其中 D = (1 - V_{IN} / V_{OUT})。

$$I_{COUT-BOOST} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{D}{(1-D)}} \quad (12)$$

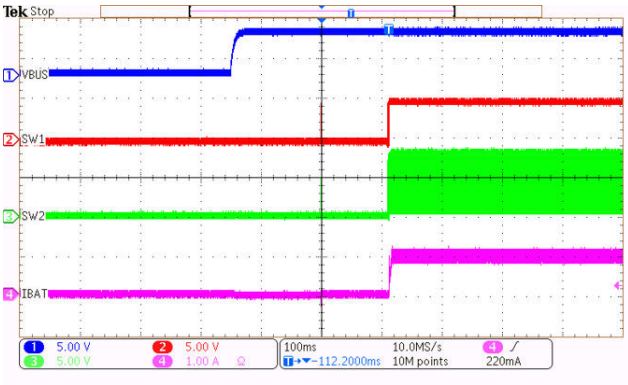
$$\Delta V_{OUT-BOOST} \geq \frac{D \times I_{OUT}}{C_{OUT-BOOST} \times f_{SW}} \quad (13)$$

最恶劣情况下的输出 RMS 纹波电流和输出电压纹波都发生在转换器的最低 V_{IN} 输入电压处。较大且快速的负载瞬变可能需要额外的电容。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

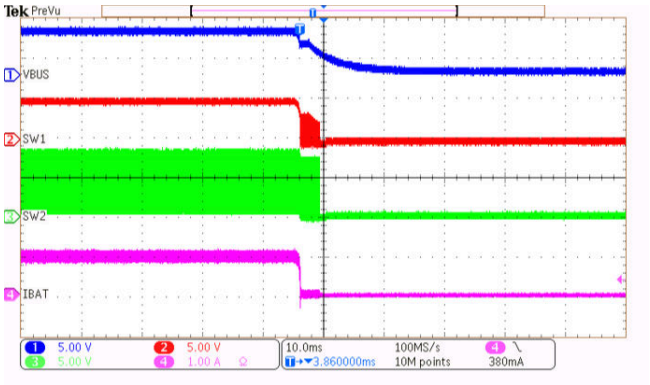
8.2.3 应用曲线

C_{VIN} = 10 × 4.7μF，C_{SYS} = 6 × 4.7μF，C_{BAT} = 4 × 4.7μF，L1 = 10μH (SRP5050FA-100M)，Fsw = 450kHz。



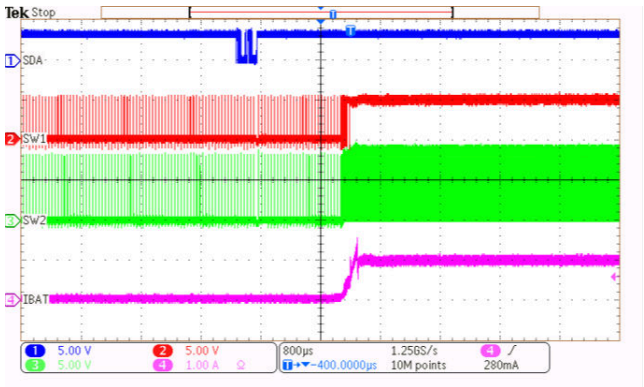
VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

图 8-2. 启用充电时的适配器插入



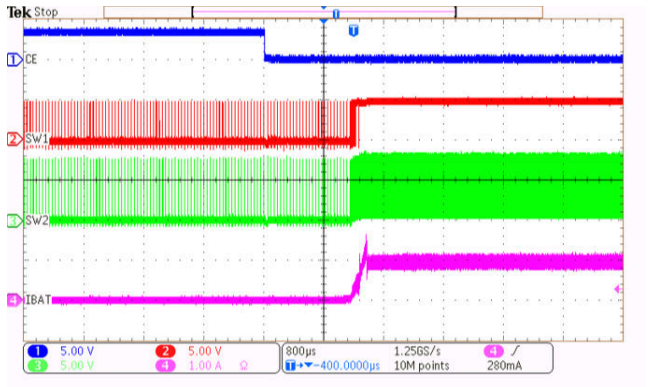
VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

图 8-3. 启用充电时的适配器拔出



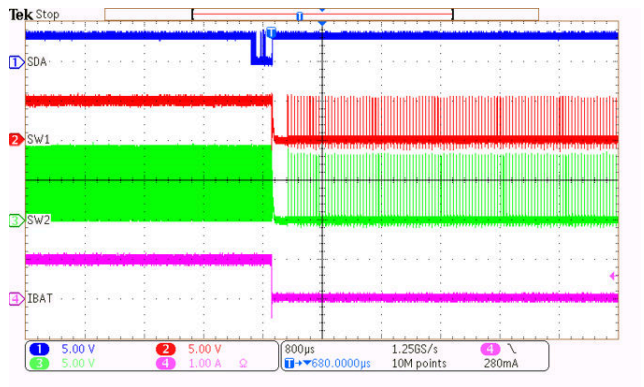
VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

图 8-4. 通过 I²C 启用充电



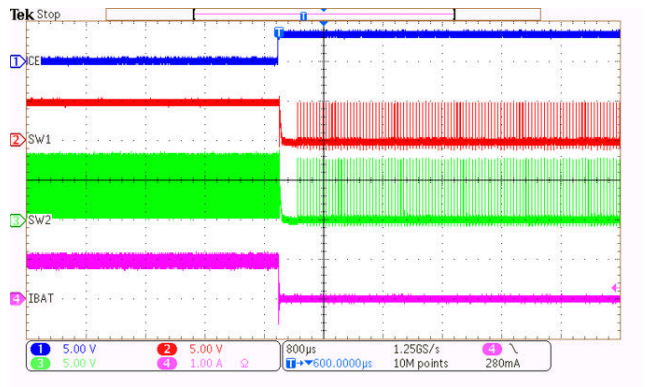
VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

图 8-5. 通过 $\overline{CE}$ 引脚启用充电



VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

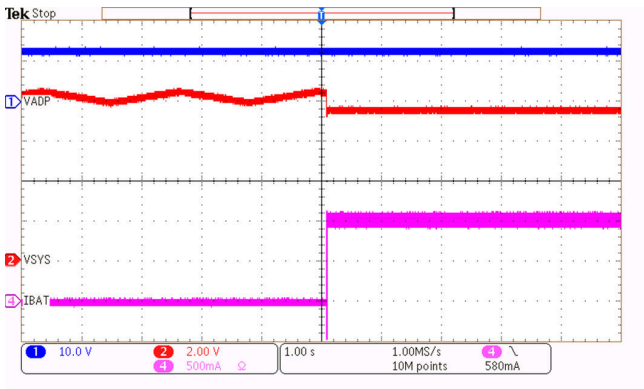
图 8-6. 通过 I²C 禁用充电



VBUS = 5V　　VBAT = 7.4V　　ICHG = 1A

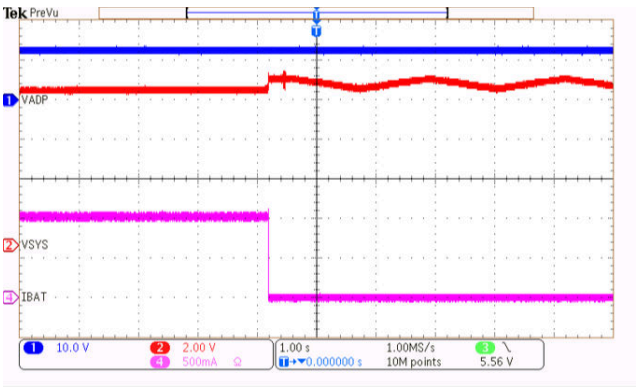
图 8-7. 通过 $\overline{CE}$ 引脚禁用充电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



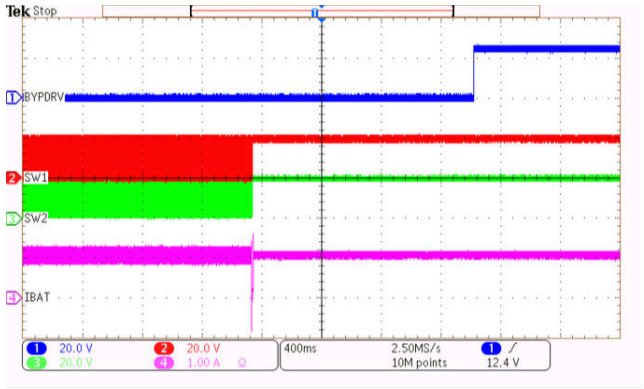
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VREG = 8.4V VRECHG = 95.5% VREG

图 8-8. 电池插入检测



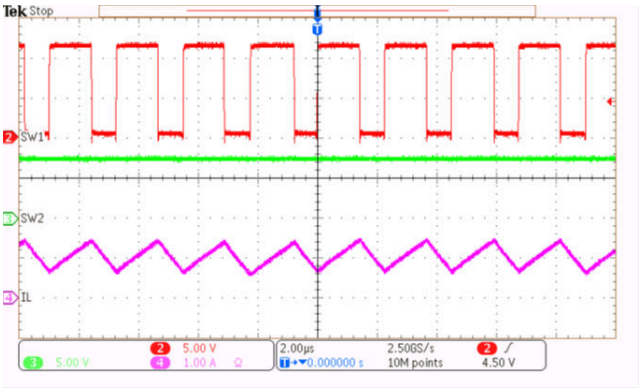
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A
VREG = 8.4V VRECHG = 95.5% VREG
TERM_WAKEUP_RESPONSE = 1

图 8-9. 电池拔出检测



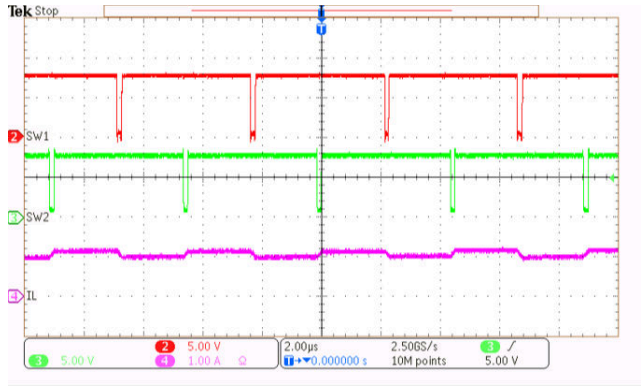
VBUS = 20V VBAT = 20V ICHG = 1A

图 8-10. 降压/升压从内部旁路至外部旁路的转换



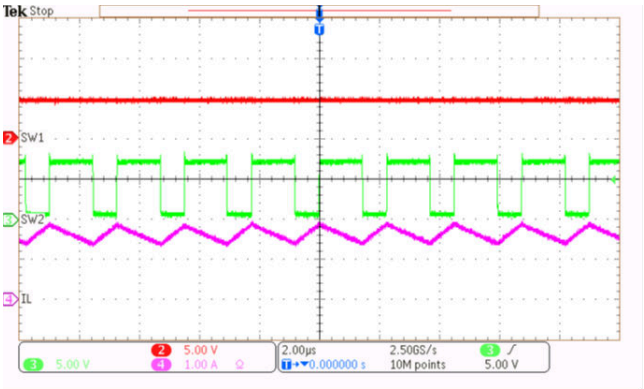
VBUS = 12V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

图 8-11. 正向降压模式 CCM



VBUS = 8V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

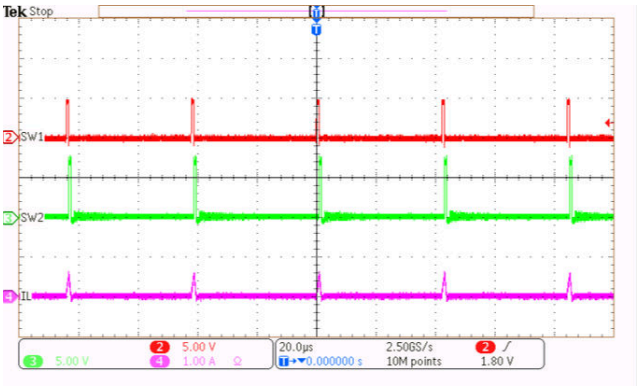
图 8-12. 正向降压/升压模式 CCM



VBUS = 5V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

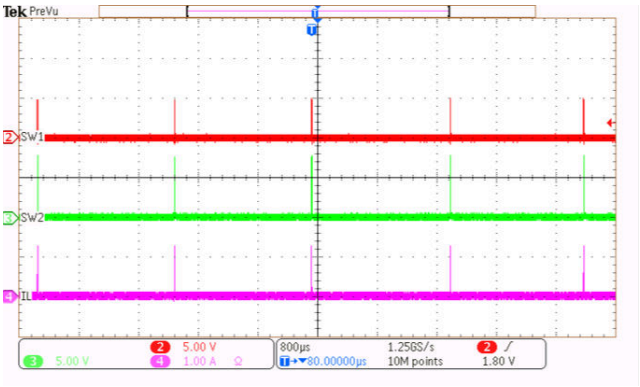
图 8-13. 正向升压模式 CCM

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



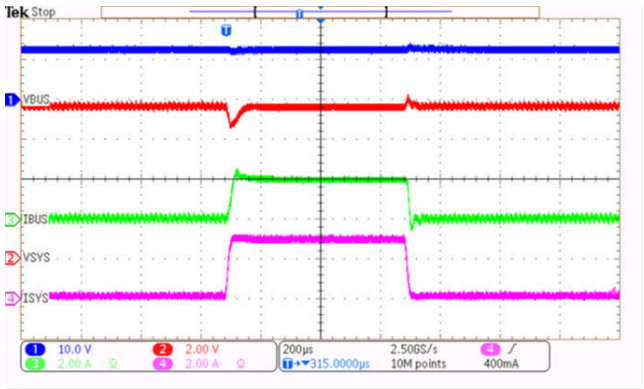
VBUS = 5V VBAT = 7.4V 无负载

图 8-14. 具有 OOA 的正向升压模式 PFM



VBUS = 5V VBAT = 7.4V 无负载

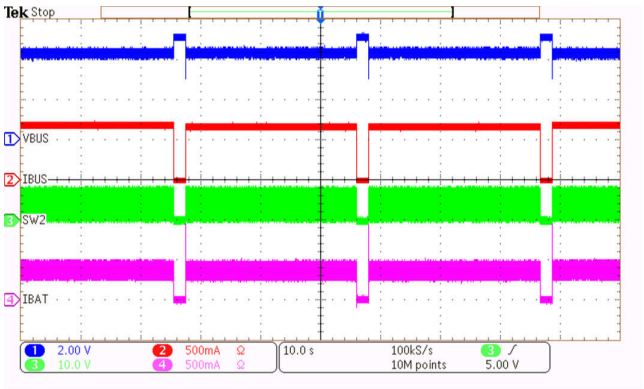
图 8-15. 没有 OOA 的正向升压模式 PFM



VBUS = 12V VBAT = 7.4V 充电禁用

I_{SYS} = 0.1A 至 3A 至 0.1A

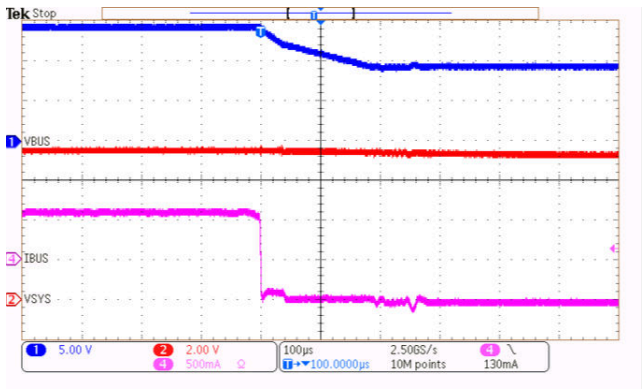
图 8-16. 正向模式 I_{SYS} 瞬态响应



VBUS = 5V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

VOC_PCT = ≅ 84% VOC_DLY = 2s VOC_RATE = 30s

图 8-17. 低 VIN 下的 MPPT 调节

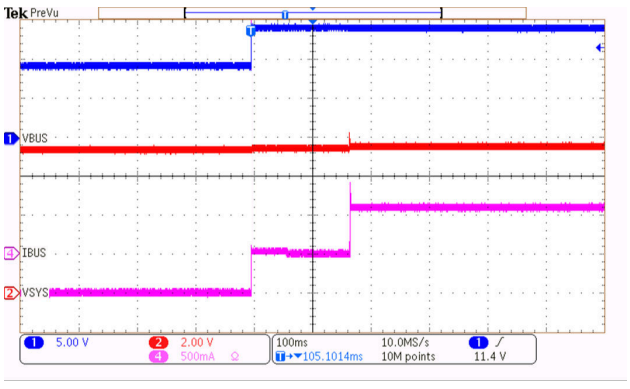


VBUS = 14V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

VINDPM = 12V VIN_REV = 9V

VIN_BACKUP = 100% VINDPM

图 8-18. 进入备用模式



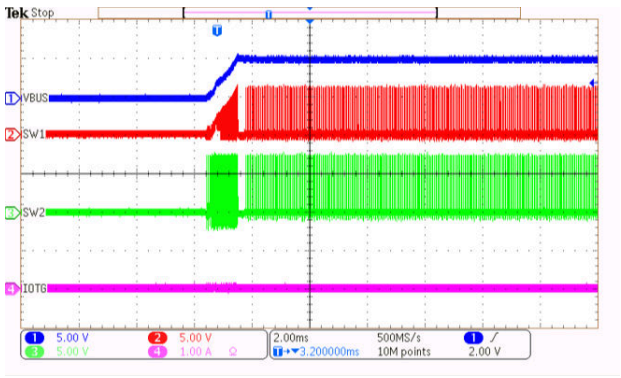
VBUS = 14V VBAT = 7.4V ICHG = 1A

VINDPM = 12V VIN_REV = 9V

VIN_BACKUP = 100% VINDPM

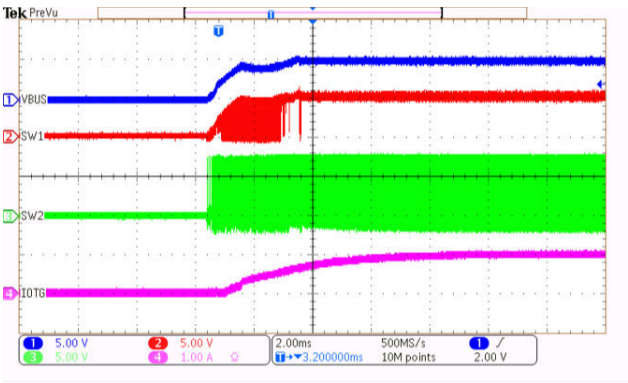
图 8-19. 备份模式退出

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



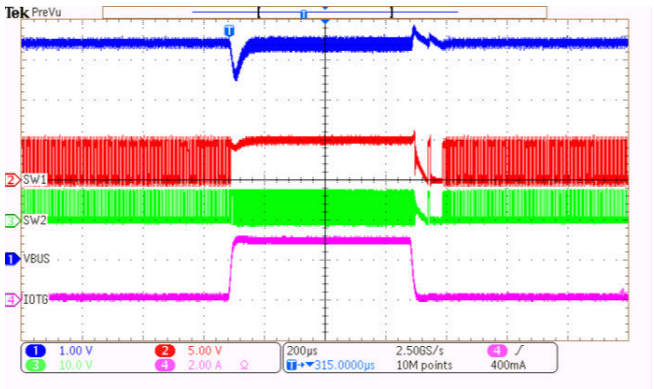
VIN_REV = 5V VBAT = 7.4V I_{OTG} = 0A

图 8-20. 在无 OTG 负载的情况下启用反向模式



VIN_REV = 5V VBAT = 7.4V I_{OTG} = 1A

图 8-21. 在 1A OTG 负载下启用反向模式



VBUS = 5V VBAT = 7.4V VIN_REV = 5V

I_{OTG} = 0.1A 至 3A 至 0.1A

图 8-22. 反向模式 I_{OTG} 瞬态响应

8.3 电源相关建议

为了在 SYS 上提供输出电压，该器件需要一个输入电压介于 2.5V 至 34V 之间、建议额定电流至少 >200mA 且连接到 VBUS 的电源，或者需要电池电压大于 V_{BAT_OK} 且连接到 BAT 的 1 节至 7 节串联锂离子电池。拉电流额定值需要至少为 3.3A，充电器的转换器才能向 SYS 提供最大输出功率。

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。为了最大限度减少开关噪声耦合、电场和磁场辐射以及高频谐振问题，采用合适的元件布局来尽可能简化高频电流路径环路（如下图中所示）非常重要。下面是按优先顺序排列的 PCB 布局列表。

1. 通过使用过孔，将 SYS 电容器布置在尽可能靠近 SYS 和 GND 引脚的位置上。将 0.1µF 小尺寸电容器和至少一个大容量电容器比其他电容器更靠近布置。这两个电容器的正负端子必须与 IC 连接在同一层上，不要使用过孔。
2. 将 VIN 电容器布置在尽可能靠近 VIN 和 GND 的位置上。将 0.1µF 小尺寸电容器和至少一个大容量电容器比其他电容器更靠近布置。这两个电容器的正负端子必须与 IC 连接在同一层上，不要使用过孔。
3. 将一个电感器端子连接到 SW1，将另一个端子连接到 SW2，并且尽可能靠近 IC 引脚。规则 1 和 2 要求 SWx 铜走线布置在 IC 下方，并且在该位置放置连接到电感器的过孔。确保走线足够宽，能够承载电感器电流，但

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

又足够小，能够最大限度减小 EMI。通过切断相邻层上的接地覆铜或平面，最大限度减小这些走布线产生的寄生电容。

4. 如有必要，通过使用过孔将 REGN 电容器布置在尽可能靠近 REGN 和 GND 引脚的位置上。如有必要，可以使用过孔将自举电容器靠近 BTSTx 引脚和 GND 布置。
5. 将电池电容器靠近 SRN 和 GND 引脚布置。
6. 将 ACP、ACN、SRP、SRN、TS 走线和滤波电容器 GND 远离开关节点（例如 SW1 和 SW2）布线。
7. 将至少 3 个散热过孔直接布置在电源焊盘下方，以便连接到其他层上的覆铜。
8. 过孔尺寸和数量对于给定的电流路径必须是足够的。

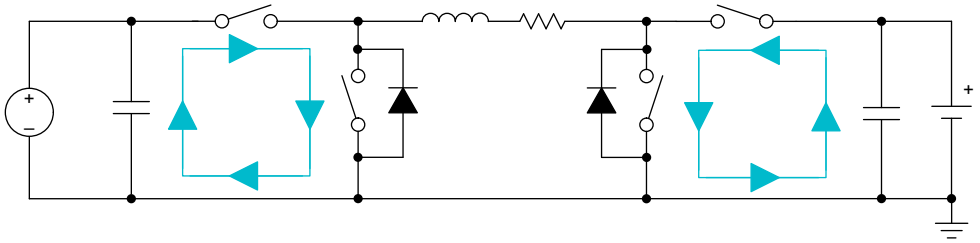


图 8-23. 转换器高频电流路径

8.4.2 布局示例

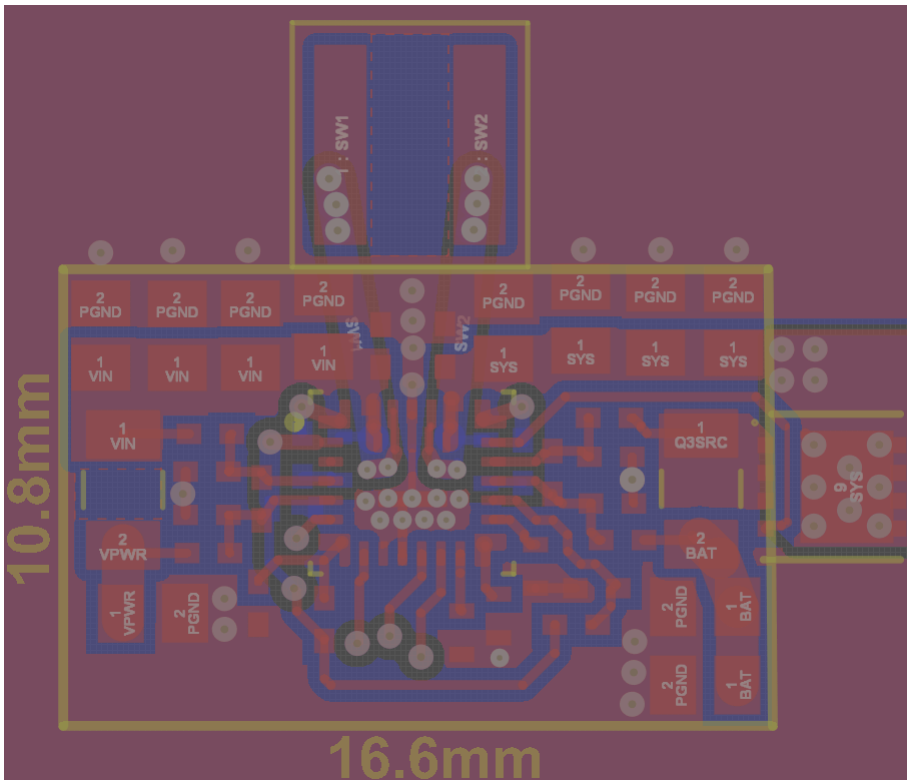


图 8-24. 2 层 PCB 布局示例的顶层 — 红色表示接地

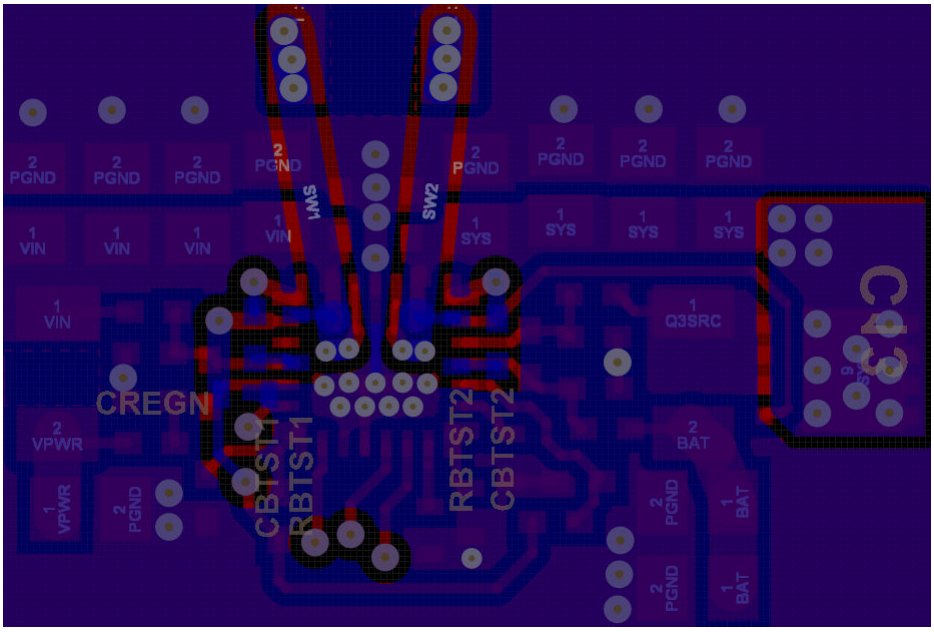


图 8-25. 2 层 PCB 布局示例的底层 — 蓝色/紫色表示 GND

图 8-24 展示了 2 层电路板建议的外部元件布局和布线。有关元件布局的优先顺序列表，请参阅布局指南

1. 为了最大限度减少功率耗散，建议使用 1 个内层作为 GND 且带有冗余电源引脚覆铜/平面的 4 层电路板。请参阅 EVM 布局示例。
2. 为了最大限度减小布板空间，电感器可以放置在 IC 下面的底层。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 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。

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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

Changes from Revision * (October 2025) to Revision A (August 2026)	Page
• 更新了文档标题	1
• 将数据表状态从*预告信息*更改为*量产数据*	1
• 将 VIN 最大值从 36V 更改为 34V	5
• 将 Fsw 最大值从 1,200kHz 改为 2,200kHz	5
• 将最小 IINDPM 值从 50mA 更改为 40mA	6
• 将 IINDPM_STEP 从 50mA 更改为 20mA	6
• 将最小 IIN_REV 值从 50mA 更改为 40mA	6
• 将 IIN_REV_STEP 从 50mA 更改为 20mA	6
• 在*典型特性*中添加了精度和效率曲线	13
• 更新了 RT1 和 RT2 电阻器值，以便与*充电模式下的 JEITA 指南合规性*部分中正确的 TS 阈值相对应	27
• 更新了内部旁路模式图，使 SYS 引脚直接连接到*旁路模式*部分中的 SRP 引脚	28
• 更新了外部旁路模式图，使 SYS 引脚直接连接到*反向旁路模式*部分中的 SRP 引脚	28
• 更新了内部反向旁路模式图，使 SYS 引脚直接连接到*反向旁路模式*部分中的 SRP 引脚	32
• 更新了外部反向旁路模式图，使 SYS 引脚直接连接到*反向旁路模式*部分中的 SRP 引脚	32
• 在 FAULT_Status 寄存器中添加了 REV_TERM_STAT 位	40
• 在寄存器中为 2,200kHz 添加了 F_{SW} 选项	40

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
BQ25692QWRBARQ1	Active	Production	WQFN-HR (RBA) | 26	3000 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	B692Q1
PQ25692QWRBARQ1	Active	Preproduction	WQFN-HR (RBA) | 26	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	

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

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

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

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

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

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

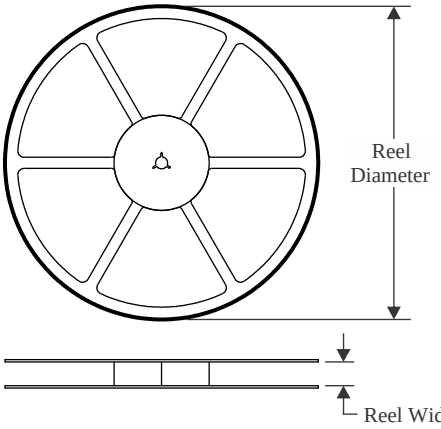
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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

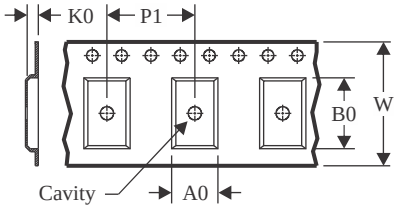
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

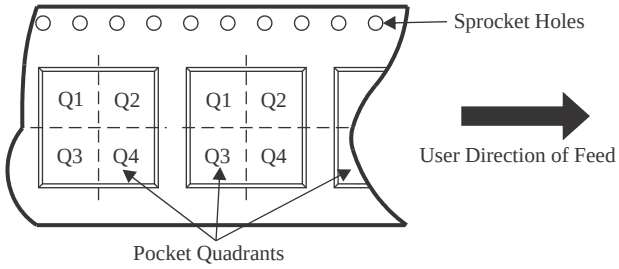


TAPE DIMENSIONS



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

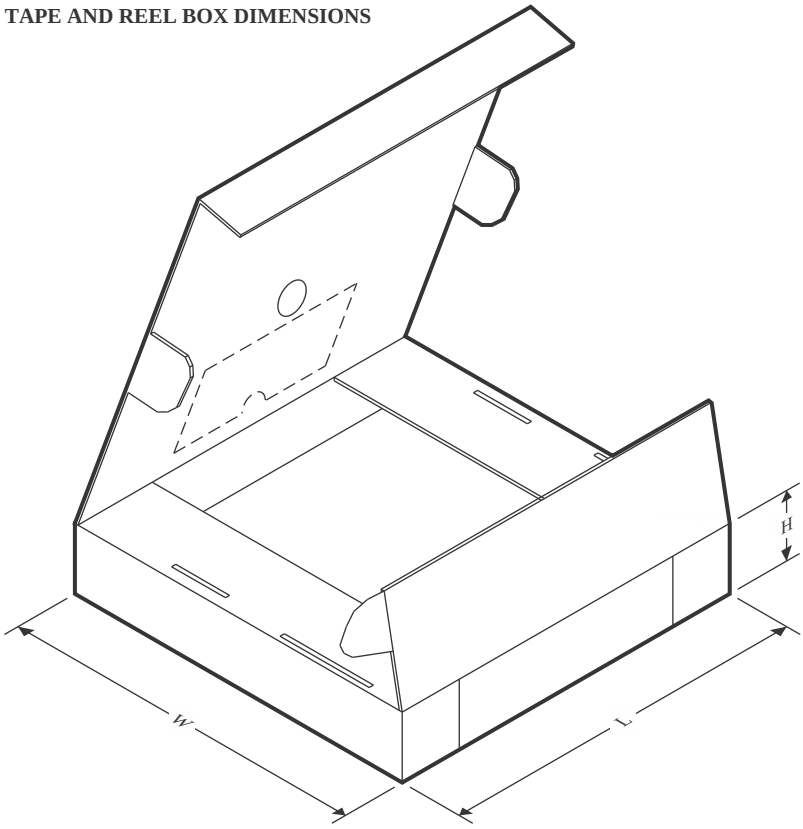
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ25692QWRBARQ1	WQFN-HR	RBA	26	3000	330.0	12.4	3.8	4.3	1.5	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ25692QWRBARQ1	WQFN-HR	RBA	26	3000	360.0	360.0	36.0

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月