

# BQ25770G 适用于 GaN HEMT 且具有系统功率监测器和处理器热量监测器的 40V、SMBus、2 至 5 节、窄 VDC 准双相降压/升压电池充电控制器

## 1 特性

- TI 获得专利的准双相降压/升压窄电压直流 (NVDC) 充电器，适用于 USB-C 扩展功率范围 (EPR) 接口平台
  - 输入电压范围为 3.5V 至 40V，可为 2 至 5 节电池充电
  - 充电电流高达 16.3A/30A，基于 5mΩ/2mΩ 检测电阻
  - 输入电流限值高达 8.2A/16.4A，基于 10mΩ/5mΩ 检测电阻
  - 支持 USB 2.0、USB 3.0、USB 3.1、USB-C 电力输送和扩展功率范围输入电流设置
  - 输入电流优化器 (ICO)，无需过载适配器即可获得最大输入功率
  - 符合 USB-PD 规范的集成型快速角色交换 (FRS) 功能
  - 可在准双相降压、降压/升压和升压运行之间无缝转换
  - 提供输入电流和电压调节 (IINDPM 和 VINDPM) 以防电源过载
  - 适配器满载时，电池可为系统补电
- TI 获得专利的双随机展频 (DRSS)，可确保符合 IEC-CISPR 32 EMI 规范
- TI 获得专利的直通模式 (PTM)，可确保效率大于 99% 并支持电池快速充电
- 适用于 Intel 平台且符合 IMVP8/IMVP9 标准的系统功能
  - 增强型 Vmin 主动保护 (VAP) 模式可在系统峰值功率尖峰期间根据最新的 Intel 规范通过输入电容器为电池补电
  - 全面的 PROCHOT 配置
  - 两级放电电流限制 PROCHOT 配置，可避免电池损耗
  - 系统功率监测器 (PSYS)
- 通过专用引脚监测输入和电池电流
- 集成式 16 位 ADC，可监测电压、电流和功率
- 电池 MOSFET 可在补电模式下实现理想二极管运行
- 通过电池给 USB 端口加电 (USB OTG)
  - 3V 至 5V OTG

- 输出电流限制高达 3A，基于 10mΩ 检测电阻
- 600kHz/800kHz 可编程开关频率
- SMBus 主机控制接口，支持灵活的系统配置
- 高精度调节和监控
  - ±0.5% 充电电压调节
  - ±2% 充电电流调节
  - ±2% 输入电流调节
  - ±2% 输入/充电电流监测
- 安全
  - 热调节和热关断
  - 输入、系统和电池过压保护
  - 输入、MOSFET 和电感器过流保护
- 封装：36 引脚 4.0mm × 5.0mm WQFN

## 2 应用

- 标准笔记本电脑、Chromebook
- 电器：电池充电器、制氧机

## 3 说明

BQ25770G 是一款同步 NVDC 降压/升压电池充电控制器，可通过各种输入源为 2 至 5 节电池充电。这些输入源包括 USB 适配器、扩展功率范围 (EPR) USB-C 电力输送 (PD) 源和标准功率范围 (SPR) USB-C 电力输送 (PD) 源以及传统适配器。该器件是元件数量少的高效率解决方案，适用于空间受限的 2 至 5 节电池充电应用。

通过 NVDC 配置，系统电压可根据电池电压进行调节，但不会降至低于系统最低电压。即便在电池完全放电或被取出时，系统也仍会继续工作。当负载功率超过输入源额定值时，电池会进入补电模式并防止系统崩溃。

### 封装信息

器件型号	封装 <sup>(1)</sup>	封装尺寸 <sup>(2)</sup>	本体尺寸 (标称值)
BQ25770G	REE ( WQFN , 36 )	4.00mm × 5.00mm	4.00mm × 5.00mm

(1) 有关所有可用封装，请参阅节 13。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。

在上电期间，充电器基于输入源和电池状况，将转换器设置为降压、升压或降压/升压配置。充电器可在降压、升压、降压/升压工作模式间无缝转换，无需主机控制。TI 获得专利的准双相转换器可以在高功率降压模式下实现交错双相，从而帮助散热并减小每个电感器尺寸。同时，由于升压模式下的供电功率有限，因此只需两个升压侧开关 MOSFET，从而节省整个系统的面积和成本。



在无输入源的情况下，BQ25770G 支持 USB On-the-Go (OTG) 功能，可通过 2 至 5 节电池在 VBUS 上生成具有 20mV 分辨率的 3V 至 5V 可调输出电压。

当仅通过电池为系统供电且 USB OTG 端口未连接任何外部负载时，BQ25770G 可实现最新的 Intel Vmin 主动保护 (VAP) 特性，借助该特性，该器件会通过电池向 VBUS 处充电，从而将部分电能存储在输入去耦电容器中。在系统峰值功率尖峰期间，存储在输入电容器中的电能会为系统补电，从而防止系统电压下降到最低系统电压以下而导致系统崩溃。

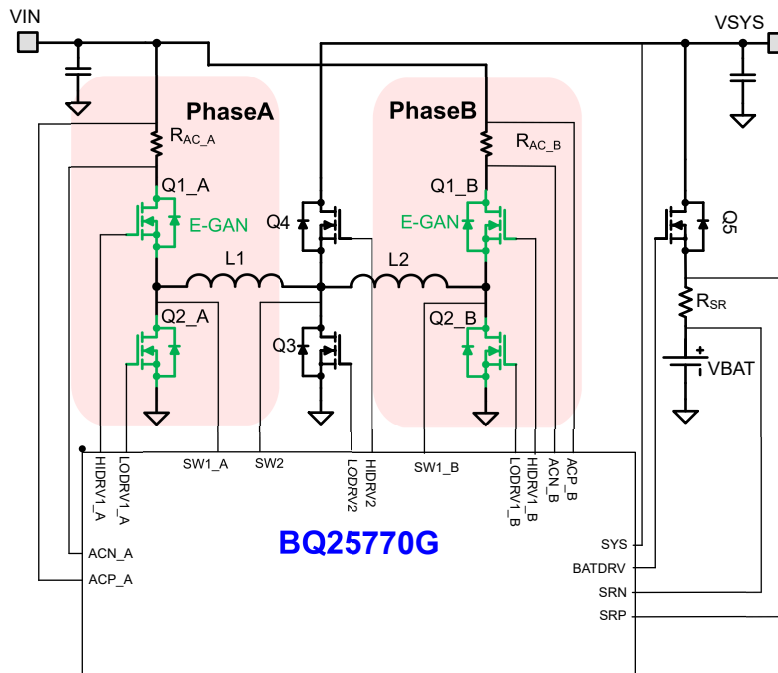
BQ25770G 可监测适配器电流、电池电流和系统功率。可灵活编程的 PROCHOT 输出直连 CPU，可根据需要对其进行降频控制。

最新版本的 USB-C PD 规范包括快速角色交换 (FRS)，可确保及时进行电源角色交换，以便连接到扩展坞的器件避免瞬时断电或瞬时故障。此器件集成了 FRS，符合 PD 规范。

TI 获得专利的开关频率抖动模式可以在整个 EMI 传导频率范围 (150kHz 至 30MHz) 内显著降低 EMI 噪声。有多个抖动扩展选项，可为不同的应用提供灵活性。抖动特性极大地简化了 EMI 噪声滤波器设计。

该充电器在 TI 获得专利的直通模式 (PTM) 下运行，从而在整个负载范围内提高效率。在 PTM 中，输入功率直接通过充电器传递到系统。这样可以降低 MOSFET 的开关损耗和电感器磁芯损耗，从而实现高效运行。

BQ25770G 采用 36 引脚 4mm × 5mm WQFN 封装。



简化版应用示意图

## 内容

<b>1 特性</b> .....	1	<b>7.6 BQ25770G 寄存器</b> .....	53
<b>2 应用</b> .....	1	<b>8 应用和实施</b> .....	110
<b>3 说明</b> .....	1	8.1 应用信息.....	110
<b>4 器件比较表</b> .....	4	8.2 典型应用.....	110
<b>5 引脚配置和功能</b> .....	5	<b>9 电源相关建议</b> .....	120
<b>6 规格</b> .....	8	<b>10 布局</b> .....	121
6.1 绝对最大额定值.....	8	10.1 布局指南.....	121
6.2 ESD 等级.....	8	10.2 布局示例.....	122
6.3 建议运行条件.....	9	<b>11 器件和文档支持</b> .....	123
6.4 热性能信息.....	9	11.1 器件支持.....	123
6.5 电气特性.....	9	11.2 文档支持.....	123
6.6 时序要求.....	19	11.3 接收文档更新通知.....	123
6.7 典型特性 - BQ25770G.....	21	11.4 支持资源.....	123
<b>7 详细说明</b> .....	24	11.5 商标.....	123
7.1 概述.....	24	11.6 静电放电警告.....	123
7.2 功能方框图.....	25	11.7 术语表.....	123
7.3 特性说明.....	26	<b>12 修订历史记录</b> .....	123
7.4 器件功能模式.....	49	<b>13 机械、封装和可订购信息</b> .....	124
7.5 编程.....	50		

## 4 器件比较表

	BQ25710	BQ25720	BQ25770	BQ25770G
接口	SMBus	SMBus	SMBus	SMBus
器件地址	09h	09h	09h	09h
输入电压范围	3.5V~24V	3.5V~26V	3.5V~40V	3.5V~40V
最大充电电流 (RSR=5mΩ)	8.128A	16.256A	16.320A	16.320A
开关频率 (Hz)	800k/1.2M	800k/1.2M	600k/800k	600k/800k
电芯数	1s 至 4s	1s 至 4s	2s 至 5s	2s 至 5s
输入电流检测电阻	10mΩ/20mΩ	10mΩ/5mΩ	10mΩ/5mΩ	10mΩ/5mΩ
充电电流检测电阻	10mΩ/20mΩ	10mΩ/5mΩ	5mΩ/2mΩ	5mΩ/2mΩ
独立比较器锁存	非锁存	锁存/非锁存 (默认)	锁存/非锁存 (默认)	锁存/非锁存 (默认)
VSYS_UVP	2.4V	2.4V ~ 8.0V (步长为 0.8V) 默认: 2.4V	2.4V ~ 8.0V (步长为 0.8V) 默认: 2.4V	2.4V ~ 8.0V (步长为 0.8V) 默认: 2.4V
OTG 电压范围	3.0V 至 20.8V	3.0V 至 24V	3.0V 至 5V	3.0V 至 5V
频率抖动	否	是	是	是
准双相	否	否	是	是
降压双相 GaN 栅极驱动	否	否	否	是

## 5 引脚配置和功能

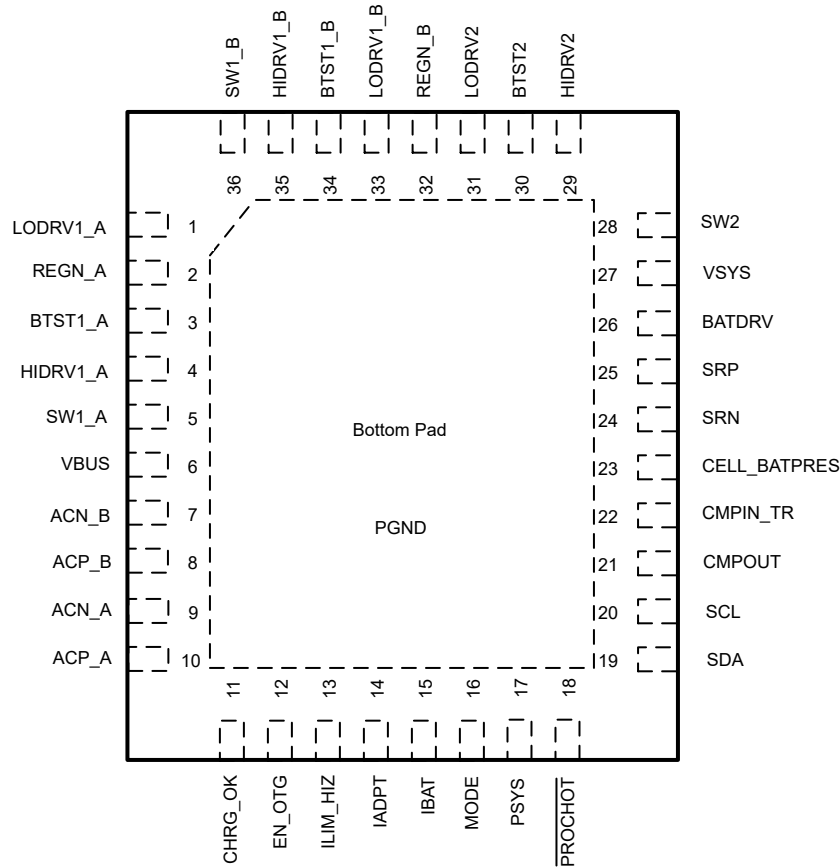


图 5-1. BQ25770G 36 引脚 WQFN 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
LODRV1_A	1	AO	降压 A 相低侧功率 MOSFET (Q2_A) 驱动器。连接到低侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
REGN_A	2	PWR	由 VBUS 或 VSYS 供电的 5V 线性稳压器输出。当 VBUS 高于 $V_{VBUS\_CONVEN}$ 时, LDO 处于活动状态。在 REGN_A 与电源地之间连接一个 $2.2\ \mu\text{F}$ 或 $3.3\ \mu\text{F}$ 陶瓷电容器。REGN_A 引脚输出用于功率级栅极驱动和上拉电压源。
BTST1_A	3	PWR	降压 A 相高侧功率 MOSFET 驱动器电源。在 SW1_A 和 BTST1_A 之间连接一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 电容器。REGN_A 和 BTST1_A 之间的自举二极管为集成式二极管。
HIDRV1_A	4	AO	降压 A 相高侧功率 MOSFET (Q1_A) 驱动器。连接到高侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
SW1_A	5	PWR	降压 A 相开关节点。连接到 A 相降压半桥高侧 N 沟道 MOSFET 的源极。
VBUS	6	PWR	充电器输入电压。建议使用 $1\ \Omega$ 和 $0.47\ \mu\text{F}$ (最小值) 的输入低通滤波器。
ACN_B	7	PWR	B 相输入电流检测放大器负输入。为了抑制输入电流信号中的高频噪声, 需要在检测电阻与 ACN_B 引脚之间放置一个 RC 低通滤波器。有关滤波器设计, 请参阅节 8.2.2.1。
ACP_B	8	PWR	B 相输入电流检测放大器正输入。为了抑制输入电流信号中的高频噪声, 需要在检测电阻与 ACP_B 引脚之间放置一个 RC 低通滤波器。有关滤波器设计, 请参阅节 8.2.2.1。
ACN_A	9	PWR	A 相输入电流检测放大器负输入。为了抑制输入电流信号中的高频噪声, 需要在检测电阻与 ACN_A 引脚之间放置一个 RC 低通滤波器。有关滤波器设计, 请参阅节 8.2.2.1。
ACP_A	10	PWR	A 相输入电流检测放大器正输入。为了抑制输入电流信号中的高频噪声, 需要在检测电阻与 ACP_A 引脚之间放置一个 RC 低通滤波器。有关滤波器设计, 请参阅节 8.2.2.1。

表 5-1. 引脚功能 (续)

引脚		I/O	说明
名称	编号		
CHRG_OK	11	DO	开漏高电平有效指示器, 用于通知系统, 正常电源已连接到充电器输入端。通过 10kΩ 电阻连接到上拉电源轨。当 VBUS 升至 3.5V 以上或降至 V <sub>ACOV_FALL</sub> 以下时, 经过 50ms 抗尖峰脉冲时间后, CHRG_OK 为高电平。当 VBUS 降至 3.2V 以下或升至 V <sub>ACOV_RISE</sub> 以上时, CHRG_OK 为低电平。发生特定故障时, CHRG_OK 置为低电平。当 CHRG_STAT 通过用户寄存器 CHRG_OK_INT=1b 进行更改时, 该引脚也可以配置为中断源。
EN_OTG	12	DI	高电平有效, 以启用 OTG、VAP 或 FRS 模式。1) 当 OTG_VAP_MODE=1b 且 EN_OTG=1b 时, 将该引脚拉至高电平可以启用 OTG 模式。2) 当 OTG_VAP_MODE=1b 且 EN_FRS=1b 时, 将该引脚拉至高电平可以在正向运行中启用 FRS 模式。3) 当 OTG_VAP_MODE=0b 时, 将 EN_OTG 引脚拉至高电平可以启用 VAP 模式。有关详细信息, 请参阅表 7-5。
ILIM_HIZ	13	AI	输入电流限制设置引脚。通过在 REGN_A 轨与地之间连接一个电阻, 对 ILIM_HIZ 电压进行编程。引脚电压的计算公式为: $V_{(ILIM\_HIZ)} = 1V + 40 \times IINDPM \times RAC$ , 其中 IIN_DPM 是目标输入电流限制。 当引脚电压高于 V <sub>ILIM_ENZ</sub> 阈值时, 外部电流限制功能会被禁用, 并会忽略 EN_EXTILIM 位状态。当引脚电压降至 V <sub>ILIM_EN</sub> 阈值以下时, 外部电流限制将遵循 EN_EXTILIM 位状态。如果 EN_EXTILIM = 1b, 则充电器使用的输入电流限制是 ILIM_HIZ 引脚和 IIN_HOST 寄存器的较低设置。如果 EN_EXTILIM = 0b, 则输入电流限制仅由 IIN_HOST 寄存器确定。 当引脚电压低于 0.4V 时, 器件会以低静态电流进入高阻态 (HIZ) 模式。当引脚电压高于 0.8V 时, 器件退出高阻态模式。ILIM_HIZ 引脚电压被连续读取并用于更新电流限制设置 (如果 EN_EXTILIM=1b), 这样可以通过调整该引脚电压来支持动态更改输入电流限制设置。
IADPT	14	AO	适配器电流监测输出引脚。V <sub>IADPT</sub> = 20 或 40 × (V <sub>ACP_B</sub> - V <sub>ACN_B</sub> + V <sub>ACP_A</sub> - V <sub>ACN_A</sub> ), 可通过 IADPT_GAIN 位选择比率。在 IADPT 引脚与接地端之间放置一个 100pF 或更小的陶瓷去耦电容器。该引脚不使用时可以悬空。IADPT 输出电压钳位在 3.2V 以下。
IBAT	15	AO	电池电流监测输出引脚。对于充电电流, V <sub>IBAT</sub> = 8 或 64 × (V <sub>SRP</sub> - V <sub>SRN</sub> ), 对于放电电流, V <sub>IBAT</sub> = 8 或 64 × (V <sub>SRN</sub> - V <sub>SRP</sub> ), 可通过 IBAT_GAIN 位选择比率。在 IBAT 引脚与接地端之间放置一个 100pF 或更小的陶瓷去耦电容器。该引脚不使用时可以悬空。其输出电压钳位在 3.2V 以下。
模式	16	AI	充电器运行模式引脚。此 MODE 引脚上需要下拉电阻, 请参阅表 7-1。
PSYS	17	AO	电流模式系统功率监测器。输出电流与适配器和电池的总功率成正比。增益可通过主机通信接口进行选择。在 PSYS 与接地端之间放置一个电阻器以生成输出电压。该引脚不使用时可以悬空。其输出电压钳位在 3.2V。将一个电容器与电阻器并联以进行滤波。
PROCHOT	18	DO	低电平有效开漏输出指示器。它监测适配器输入电流、电池放电电流和系统电压。触发 PROCHOT 配置中的任何事件后, 系统会将一个脉冲置为有效。最小脉冲宽度可通过 PROCHOT_WIDTH 位进行调节。
SDA	19	DI/O	开漏数据 I/O。连接到主机控制器或智能电池的数据线。根据规范连接一个 10kΩ 上拉电阻。当通信频率增加到 1MHz 时, 可能需要根据线路电容相应地减小上拉电阻。
SCL	20	DI	时钟输入。连接到主机控制器或智能电池的时钟线。根据规范连接一个 10kΩ 上拉电阻。当通信频率增加到 1MHz 时, 可能需要根据线路电容相应地减小上拉电阻。
CMPOUT	21	DO	独立比较器的开漏输出。将上拉电阻从 CMPOUT 连接到上拉电源轨。比较器极性和抗尖峰脉冲时间可通过用户寄存器进行选择。
CMPIN_TR	22	AI	独立比较器的输入。独立比较器将 CMPIN_TR 引脚上检测到的电压与内部基准电压进行比较, 其输出位于 CMPOUT 引脚上。比较器极性和抗尖峰脉冲时间可由主机进行选择。极性为高电平 (CMP_POL = 1b) 时, 应在 CMPIN_TR 和 CMPOUT 之间放置一个电阻来对迟滞进行编程。极性为低电平 (CMP_POL = 0b) 时, 内部迟滞为 100mV。如果未使用独立比较器, 则将 CMPIN_TR 接地。当 CMPIN_TR_SELECT=1b 时, 这是用于内部补偿温度调节环路的温度反馈引脚。
CELL_BATPRES	23	AI	用于 2-5 节电池设置的电芯选择引脚。CELL_BATPRES 引脚应通过电阻分压器从 REGN_A 进行偏置 (2s 时为 40%, 3s 时为 55%, 4s 时为 75%, 5s 时为 100%)。CELL_BATPRES 引脚还将 2 节电池的 SYSOVP 阈值设置为 12V, 3 节电池的 SYSOVP 阈值设置为 17V, 4 节电池的 SYSOVP 阈值设置为 22V, 5 节电池的 SYSOVP 阈值设置为 27V。 CELL_BATPRES 引脚拉至低于 V <sub>CELL_BATPRES_FALL</sub> 以指示电池移除。CELL_BATPRES 引脚上不允许连接外部电容器。从 CELL_BATPRES 引脚到 GND 的外部总下拉阻抗不应大于 1MΩ。

表 5-1. 引脚功能 (续)

引脚		I/O	说明
名称	编号		
SRN	24	PWR	充电电流检测放大器负输入。SRN 引脚也用于电池电压检测。在电池充电检测电阻上连接一个 0.1 $\mu$ F 滤波电容器，并在 SRN 引脚和电池充电检测电阻之间使用 10 $\Omega$ 接触电阻。
SRP	25	PWR	充电电流检测放大器正输入。在电池充电检测电阻上连接一个 0.1 $\mu$ F 滤波电容器，并在 SRP 引脚和电池充电检测电阻之间使用 10 $\Omega$ 接触电阻。
BATDRV	26	AO	N 沟道电池 FET (BATFET) 栅极驱动器输出。短接至 SRP 可关断 BATFET。比 SRP 高 5V 可完全导通 BATFET。BATFET 处于线性模式，会在电池电量消耗到 V <sub>SYS_MIN</sub> () 设置以下时将 V <sub>SYS</sub> 调节到 V <sub>SYS_MIN</sub> ()。BATFET 在快速充电期间完全导通，并在补充模式下用作理想二极管。
VSYS	27	PWR	充电器系统电压检测引脚。
SW2	28	PWR	升压侧开关节点。连接到升压半桥高侧 N 沟道 MOSFET 的源极。
HIDRV2	29	AO	升压高侧功率 MOSFET (Q4) 驱动器。连接到高侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
BTST2	30	PWR	升压高侧功率 MOSFET 驱动器电源。在 SW2 和 BTST2 之间连接一个 0.1 $\mu$ F 电容器。REGN_B 和 BTST2 之间的自举二极管为集成式二极管。
LODRV2	31	AO	升压低侧功率 MOSFET (Q3) 驱动器。连接到低侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
REGN_B	32	PWR	由 V <sub>BUS</sub> 或 V <sub>SYS</sub> 供电的 5V 线性稳压器输出。当 V <sub>BUS</sub> 高于 V <sub>V<sub>BUS</sub>_CONVEN</sub> 时，LDO 处于活动状态。在 REGN_B 与电源地之间连接一个 2.2 $\mu$ F 或 3.3 $\mu$ F 陶瓷电容器。REGN_B 引脚输出用于功率级栅极驱动。在内部连接到 REGN_A。
LODRV1_B	33	AO	降压 B 相低侧功率 MOSFET (Q2_B) 驱动器。连接到低侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
BTST1_B	34	PWR	降压 B 相高侧功率 MOSFET 驱动器电源。在 SW1_B 和 BTST1_B 之间连接一个 0.1 $\mu$ F 电容器。REGN_B 和 BTST1_B 之间的自举二极管为集成式二极管。
HIDRV1_B	35	AO	降压 B 相高侧功率 MOSFET (Q1_B) 驱动器。连接到高侧 N 沟道 MOSFET 栅极。
SW1_B	36	PWR	降压侧 B 相开关节点。连接到 B 相降压半桥高侧 N 沟道 MOSFET 的源极。
底部焊盘 (PGND)	-	PWR	IC 下方的外露焊盘作为通用 PGND。除非另有说明，否则信号以 PGND 引脚为基准。使用底部焊盘作为散热焊盘。在连接到电源接地平面的散热焊盘平面上有多个过孔。

## 6 规格

### 6.1 绝对最大额定值

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

		最小值	最大值	单位
电压	ACN_A、ACP_A、ACN_B、ACP_B、VBUS、VSYS	-0.3	45	V
	SW1_A、SW1_B、SW2	-2	45	
	SRN、SRP	-0.3	30	
	BATDRV	-0.3	35	
	BTST1_A、BTST1_B、HIDRV1_A、HIDRV1_B	-0.3	50	
	BTST2、HIDRV2	-0.3	50	
	LODRV1_A、LODRV1_B、LODRV2 (25nS)	-4	5.5	
	HIDRV1_A、HIDRV1_B (25nS)	-4	50	
	HIDRV2 (25nS)	-4	50	
	SW1_A、SW1_B (25nS)	-4	45	
	SW2 (25nS)	-4	45	
	SDA、SCL、REGN_A、REGN_B、CHRG_OK、CELL_BATPRES、ILIM_HIZ、LODRV1_A、LODRV1_B、LODRV2、CMPIN_TR、CMPOUT、MODE、EN_OTG	-0.3	5.5	
	/PROCHOT	-0.3	5.5	
	IADPT、IBAT、PSYS	-0.3	3.6	
差分电压	BTST1_A-SW1_A、BTST1_B-SW1_B、BTST2-SW2、HIDRV1_A-SW1_A、HIDRV1_B-SW1_B、HIDRV2-SW2、BATDRV-SRP	-0.3	5.5	V
	SRP-SRN、ACP_A-ACN_A、ACP_B-ACN_B	-0.3	0.3	
温度	结温范围, $T_J$	-40	150	°C
温度	贮存温度, $T_{stg}$	-55	150	

(1) 超出绝对最大额定值下列出的应力可能会对器件造成损坏。这些仅是应力额定值, 并不意味着器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

### 6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准, 所有引脚 <sup>(1)</sup>	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22-C101, 所有引脚 <sup>(2)</sup>	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出: 250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。



### 6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 ( 除非另有说明 )

		最小值	标称值	最大值	单位
电压	ACP_A、ACN_A、ACP_B、ACN_B、VBUS	0		40	V
	VSYS	0		23	
	SRP、SRN	0		23	
	SW1_A、SW1_B	-2		40	
	SW2	-2		23	
	BTST1_A、BTST1_B、HIDRV1_A、HIDRV1_B	0		45	
	BTST2、HIDRV2、BATDRV	0		28	
	SDA、SCL、REGN_A、REGN_B、CHRG_OK、CELL_BATPRES、ILIM_HIZ、LODRV1_A、LODRV1_B、LODRV2、CMPIN_TR、CMPOUT、MODE、EN_OTG	0		5.3	
	/PROCHOT	0		5	
	IADPT、IBAT、PSYS	0		3.3	
差分电压	BTST1_A-SW1_A、BTST1_B-SW1_B、BTST2-SW2、HIDRV1_A-SW1_A、HIDRV1_B-SW1_B、HIDRV2-SW2、BATDRV-SRP	0		5	V
	SRP-SRN、ACP_A-ACN_A、ACP_B-ACN_B	-0.2		0.2	
温度	结温范围, $T_J$	-40		125	°C
	贮存温度, $T_{stg}$	-40		85	

### 6.4 热性能信息

热指标 <sup>(1)</sup>		BQ2577X	单位
		REE (WQFN)	
		36 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻 (JEDEC <sup>(1)</sup> )	35.6	°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	13.7	°C/W
$\Psi_{JT}$	结至顶部特征参数	0.2	°C/W
$\Psi_{JB}$	结至电路板特征参数	13.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 ( 底部 ) 热阻	3.2	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅[半导体和 IC 封装热指标应用报告](#)。

### 6.5 电气特性

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

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>最大系统电压调节</b>					
$V_{SYSTEM\_MAX\_RNG}$	系统电压调节, 在 $V_{SYS}$ 上测量 ( 禁用充电 )	5.16		23.16	V

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{SYSMAX\_ACC}}$	系统电压调节精度 (禁用充电)	CHARGE_VOLTAGE() = 0x1482 (21.000V)	$V_{\text{SRN}} + 200\text{mV}$			V
			-0.6%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x1068H (16.800V)	$V_{\text{SRN}} + 200\text{mV}$			V
			-0.6%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x0C4EH (12.600V)	$V_{\text{SRN}} + 200\text{mV}$			V
			-0.6%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x0834H (8.400V)	$V_{\text{SRN}} + 200\text{mV}$			V
			-1%	1%		
<b>最小系统电压调节</b>						
$V_{\text{SYSMIN\_RNG}}$	系统电压调节, 在 $V_{\text{SYS}}$ 上测量		5.00		23.00	V
$V_{\text{SYSMIN\_REG\_ACC}}$	最小系统电压调节精度 (VBAT 低于 REG0x3E() 设置)	VSYS_MIN() = 0x0C08H	15.40			V
			-0.9%	0.9%		
		VSYS_MIN() = 0x099CH	12.30			V
			-0.9%	0.9%		
		VSYS_MIN() = 0x0730H	9.20			V
			-1.3%	1.1%		
	VSYS_MIN() = 0x0528H	6.60			V	
		-1.5%	1.50%			
<b>充电电压调节</b>						
$V_{\text{BAT\_RNG}}$	电池电压调节		5.00		23.00	V
$V_{\text{BAT\_REG\_ACC}}$	电池电压调节精度 (充电启用) ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ )	CHARGE_VOLTAGE() = 0x1482H	21.0			V
			-0.5%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x1068H	16.8			V
			-0.5%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x0C4EH	12.6			V
			-0.5%	0.6%		
		CHARGE_VOLTAGE() = 0x0834H	8.4			V
			-0.5%	0.6%		
<b>快速充电中的充电电流调节</b>						
$V_{\text{IREG\_CHG\_RNG}}$	充电电流调节, 差分电压范围, 使用 $5\text{m}\Omega$ 检测电阻	$V_{\text{IREG\_CHG}} = V_{\text{SRP}} - V_{\text{SRN}}$	128		16320	mA
$I_{\text{CHRG\_REG\_ACC}}$	充电电流调节精度, $5\text{m}\Omega$ 检测电阻, VBAT 高于 VSYS_MIN() 设置 ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ )	CHARGE_CURRENT() = 0x600H , VBAT=7.4V/11.1V/14.8V/18.5V	12288			mA
			-1.5%	1.5%		
		CHARGE_CURRENT() = 0x400H , VBAT=7.4V/11.1V/14.8V/18.5V	8192			mA
			-2.0%	2.0%		
		CHARGE_CURRENT() = 0x200H , VBAT=7.4V/11.1V/14.8V/18.5V	4096			mA
			-3.0%	3.0%		
CHARGE_CURRENT() = 0x100H , VBAT=7.4V/11.1V/14.8V/18.5V	2048			mA		
	-5.0%	5.0%				
CHARGE_CURRENT() = 0x080H , VBAT=7.4V/11.1V/14.8V/18.5V	1024			mA		
	-8.0%	8.0%				

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>预充电状态 (LDO 模式) 下的充电电流调节</b>						
$V_{PRECHG\_RANGE}$	预充电电流范围, $5\text{m}\Omega$ SRP/SRN 串联电阻, VBAT 低于 REG0x3E() 设置 ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ )	$V_{IREG\_PRECHG} = V_{SRP} - V_{SRN}$ , $IPRECHG() = 0x10H-0xFCH$	128		2016	mA
$I_{PRECHRG\_REG\_ACC}$	预充电电流调节精度, 使用 $5\text{m}\Omega$ SRP/SRN 串联电阻, VBAT 低于 $V_{SYS\_MIN}()$ 设置 ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ ), $RSNS\_RSR=0b$	$IPRECHG() = 0x80H$ , $CHARGE\_CURRENT() = 0x100H$		1024		mA
			-10.0%		10.0%	
		$IPRECHG() = 0x40H$ , $CHARGE\_CURRENT() = 0x100H$		512		mA
			-15.0%		15.0%	
		$IPRECHG() = 0x20H$ , $CHARGE\_CURRENT() = 0x100H$		256		mA
			-20.0%		20.0%	
		$IPRECHG() = 0x10H$ , $CHARGE\_CURRENT() = 0x100H$		128		mA
			-30.0%		30.0%	
<b>终止电流和再充电 (自主充电)</b>						
$V_{TERM\_RANGE}$	终止电流范围, $5\text{m}\Omega$ SRP/SRN 串联电阻, VBAT 低于 REG0x3E() 设置 ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ )	$V_{IREG\_TERM} = V_{SRP} - V_{SRN}$ , $ITERM() = 0x10H-0xFCH$	128		2016	mA
$V_{RECHG}$	电池自动再充电阈值 ( $0^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ )	VSRN 下降阈值, 表示为负偏移, 基于 $CHARGE\_VOLTAGE()=12.6\text{V}$ , $VRECHG()=1111b$		800.0		mV
		VSRN 下降阈值, 表示为负偏移, 基于 $CHARGE\_VOLTAGE()=12.6\text{V}$ , $VRECHG()=0111b$		400.0		mV
		VSRN 下降阈值, 表示为负偏移, 基于 $CHARGE\_VOLTAGE()=12.6\text{V}$ , $VRECHG()=0011b$		200.0		mV
		VSRN 下降阈值, 表示为负偏移, 基于 $CHARGE\_VOLTAGE()=12.6\text{V}$ , $VRECHG()=0001b$		100.0		mV
<b>输入电流调节</b>						
$V_{IREG\_DPM\_RNG}$	输入电流调节范围, 使用 $10\text{m}\Omega$ ACP/ACN 串联电阻	$V_{IREG\_DPM} = V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A}$ $+V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B}$	400		8200	mA
$I_{IIN\_DPM\_REG\_ACC}$	输入电流调节精度, 使用 $10\text{m}\Omega$ ACP/ACN 串联电阻	$IIN\_HOST() = 0x0C4H$	4750	4900	5000	mA
		$IIN\_HOST() = 0x074H$	2800	2900	3000	mA
		$IIN\_HOST() = 0x024H$	800	900	1000	mA
		$IIN\_HOST() = 0x010H$	300	400	510	mA
$V_{IREG\_DPM\_RNG\_ILIM}$	输入电流调节的电压范围 (ILIM_HIZ 引脚)		1.15		4.0	V
$I_{IIN\_DPM\_REG\_ACC\_ILIM}$	ILIM_HIZ 引脚上的输入电流调节精度, $V_{ILIM\_HIZ} = 1\text{V} + 40 \times I_{IIN\_DPM} \times R_{AC}$ , 使用 $10\text{m}\Omega$ ACP/ACN 串联电阻	$V_{ILIM\_HIZ} = 3.0\text{V}$	4800	5000	5200	mA
		$V_{ILIM\_HIZ} = 2.2\text{V}$	2800	3000	3200	mA
		$V_{ILIM\_HIZ} = 1.4\text{V}$	800	1000	1200	mA
		$V_{ILIM\_HIZ} = 1.2\text{V}$	300	500	700	mA
$I_{LEAK\_ILIM}$	ILIM_HIZ 引脚漏电流		-1		1	$\mu\text{A}$
<b>输入电压调节</b>						
<b>OTG 电流调节</b>						

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IOTG\_REG\_RNG}$	OTG 输出电流调节范围, 使用 $10\text{m}\Omega$ ACP/ACN 串联电阻	$V_{IOTG\_REG} = V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B}$	100		3000	mA
$I_{OTG\_ACC}$	OTG 输出电流调节精度, 使用 $25\text{mA}$ LSB 和 $10\text{m}\Omega$ ACP/ACN 串联电阻	OTG_Current() = 0x078H	2850	3000	3150	mA
		OTG_Current() = 0x03CH	1350	1500	1650	mA
		OTG_Current() = 0x014H	350	500	650	mA
<b>OTG 电压调节</b>						
$V_{OTG\_REG\_RNG}$	OTG 电压调节范围	VBUS 电压	3		5	V
$V_{OTG\_REG\_ACC}$	OTG 电压调节精度	OTG_Voltage()=0x0FAH		5.00		V
$V_{OTG\_REG\_ACC}$	OTG 电压调节精度		-3%		3%	
<b>REGN 稳压器</b>						
$V_{REGN\_REG}$	REGN 稳压器电压	VBUS = 10V, REGN_EXT=0b	4.80	5.00	5.10	V
$V_{REGN\_REG\_EXT}$	REGN 稳压器电压, 使用外部过驱	VBUS = 10V, REGN_EXT=1b	4.35	4.50	4.65	V
$I_{REGN\_LIM\_CHARGING}$	启用转换器时的 REGN 电流限制	VBUS = 10V, 强制 $V_{REGN} = 4\text{V}$	150.00	191.00		mA
$I_{REGN\_LIM\_LWPWR}$	仅电池低功耗模式下的 REGN 电流限制	VBUS = 0V, $V_{VBAT} = 18\text{V}$ , 强制 $V_{REGN} = 4\text{V}$ , EN_LWPWR=1b, EN_REGN_LWPWR=1b	3.00	12.00		mA
$V_{REGN\_OK\_FALL}$	REGN 稳压器电压有效下降阈值		2.8	3.20		V
$V_{REGN\_OK\_RISE}$	REGN 稳压器电压有效上升阈值		3.10	3.40	3.60	V
$V_{REGN\_OV\_RISE}$	REGN 稳压器电压过压上升阈值		5.30	5.50	5.60	V
$V_{REGN\_OV\_FALL}$	REGN 稳压器电压过压下降阈值		5.10	5.30	5.50	V
<b>静态电流</b>						
$I_{SD\_BAT}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 低功耗模式 (EN_LWPWR=1b), 比较器关闭 (EN_LWPWR_CMP=0b、CMP_EN=1b), BATDRV 关闭 (BATFET_ENZ=1b), REGN 关闭 (EN_REGN_LWPWR=0b), PSYS 关闭 (PSYS_CONFIG=11b), 连续 ADC 关闭 (ADC_RATE=1b)		12.0	20.0	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_BAT1}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 低功耗模式 (EN_LWPWR=1b), 比较器关闭 (EN_LWPWR_CMP=0b), BATDRV 开启 (BATFET_ENZ=0b、CMP_EN=1b), REGN 关闭 (EN_REGN_LWPWR=0b), PSYS 关闭 (PSYS_CONFIG=11b), IBAT 关闭 (EN_IBAT=0b), 连续 ADC 关闭 (ADC_RATE=1b)		20	30	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_BAT2}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 低功耗模式 (EN_LWPWR=1b), 比较器开启 (EN_LWPWR_CMP=1b、CMP_EN=1b), BATDRV 开启 (BATFET_ENZ=0b), REGN 关闭 (EN_REGN_LWPWR=0b), PSYS 关闭 (PSYS_CONFIG=11b), IBAT 关闭 (EN_IBAT=0b), 连续 ADC 关闭 (ADC_RATE=1b)		30	45	$\mu\text{A}$

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{Q\_BAT3}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 低功耗模式 (EN_LWPWR=1b、CMP_EN=1b), 比较器开启 (EN_LWPWR_CMP=1b), BATDRV 开启 (BATFET_ENZ=0b), REGN 开启且降至 5mA (EN_REGN_LWPWR=1b), PSYS 关闭 (PSYS_CONFIG=11b), IBAT 关闭 (EN_IBAT=0b), 连续 ADC 关闭 (ADC_RATE=1b)		110	150	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_BAT4}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 性能模式 (EN_LWPWR=0b、CMP_EN=1b), 比较器开启 (EN_LWPWR_CMP=1b), BATDRV 开启 (BATFET_ENZ=0b), REGN 在全功率模式下开启, PSYS 开启 (PSYS_CONFIG=00b), IBAT 开启 (EN_IBAT=1b), 连续 ADC 关闭 (ADC_RATE=1b)		800	1000	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_BAT5}$	由电池供电的系统。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VBAT = 18V, 性能模式 (EN_LWPWR=0b), 比较器开启 (EN_LWPWR_CMP=1b、CMP_EN=1b), BATDRV 开启 (BATFET_ENZ=0b), REGN 在全功率模式下开启, PSYS 开启 (PSYS_CONFIG=00b), IBAT 开启 (EN_IBAT=1b), 连续 ADC 开启 (ADC_RATE=0b, ADC_EN=1b, 在至少 1 个通道启用, EN_ADC_VBAT=1b)		950	1100	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_HIZ}$	转换器处于高阻态模式, 系统由电池供电。 $I_{SRN} + I_{SRP} + I_{SW2} + I_{BTST2} + I_{SW1\_A\&B} + I_{BTST1\_A\&B} + I_{ACP\_A\&B} + I_{ACN\_A\&B} + I_{VBUS} + I_{VSYs}$	VIN = 28V, VBAT = 12.6V, 3s, EN_HIZ=1b; 处于高阻态模式		1000	1150	$\mu\text{A}$
$I_{Q\_VAC}$	降压模式下的输入电流, 无负载, $I_{VBUS} + I_{ACP} + I_{ACN} + I_{VSYs} + I_{SRP} + I_{SRN} + I_{SW1} + I_{BTST} + I_{SW2} + I_{BTST2}$	VIN = 28V, VBAT = 12.6V, 3s, EN_LEARN = 1b, 无开关		1000	1150	mA
		VIN = 28V, VBAT = 12.6V, 3s, EN_OOA = 0b; 在零负载下开关		2.50		mA
<b>电流检测放大器</b>						
$V_{IADPT\_CLAMP}$	$I_{ADPT}$ 输出钳位电压		3.1	3.2	3.3	V
$I_{IADPT}$	$I_{ADPT}$ 输出电流		1		2.5	mA
$A_{IADPT}$	输入电流检测增益	$V_{(IADPT)} / (V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B})$ , IADPT_GAIN = 0		20		V/V
		$V_{(IADPT)} / (V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B})$ , IADPT_GAIN = 1		40		V/V
$V_{IADPT\_ACC}$	输入电流监控器精度	$V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B} = 61.44\text{mV}$ , IADPT_GAIN = 0	-2.5%		1.5%	
		$V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B} = 40.96\text{mV}$ , IADPT_GAIN = 0	-3.5%		2%	
		IADPT_GAIN = 0, $V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B} = 20.48\text{mV}$ , IADPT_GAIN = 0	-6%		3%	
		$V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B} = 10.24\text{mV}$ , IADPT_GAIN = 0	-15%		6%	
		$V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B} = 5.12\text{mV}$ , IADPT_GAIN = 0	-25%		10%	

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$C_{IADPT\_MAX}$	IADPT 引脚处的最大电容				100	pF
$V_{IBAT\_CLAMP}$	IBAT 输出钳位电压		3.1	3.2	3.3	V
$I_{IBAT}$	IBAT 输出电流		1		2.5	mA
$A_{IBAT}$	IBAT 引脚上的充电和放电电流检测增益	$V_{(IBAT)} / V_{(SRN-SRP)}$ , IBAT_GAIN=0		8		V/V
		$V_{(IBAT)} / V_{(SRN-SRP)}$ , IBAT_GAIN=1		64		V/V
$I_{IBAT\_CHG\_ACC}$	IBAT 引脚上的充电和放电电流监控器精度	$V_{SRN}-V_{SRP}=61.44\text{mV}$ , IBAT_GAIN=0b	-1.5%		2%	
		$V_{SRN}-V_{SRP}=40.96\text{mV}$ , IBAT_GAIN=0b	-2%		3%	
		$V_{SRN}-V_{SRP}=20.48\text{mV}$ , IBAT_GAIN=0b	-3%		7%	
		$V_{SRN}-V_{SRP}=10.24\text{mV}$ , IBAT_GAIN=0b	-6%		13%	
		$V_{SRN}-V_{SRP}=5.12\text{mV}$ , IBAT_GAIN=0b	-12%		27%	
$C_{IBAT\_MAX}$	IBAT 引脚处的最大电容				100	pF
<b>系统功率检测放大器</b>						
$V_{PSYS}$	PSYS 输出电压范围		0		3.3	V
$I_{PSYS}$	PSYS 输出电流		0		260.00	$\mu\text{A}$
$A_{PSYS}$	PSYS 系统增益	$I_{(PSYS)} / (P_{(IN)} + P_{(BAT)})$ , PSYS_CONFIG=00b ; PSYS_RATIO=1b		1		$\mu\text{A/W}$
$V_{PSYS\_ACC\_ADPT}$	PSYS 增益精度 (PSYS_CONFIG = 00b)	仅适配器监测系统功率： VBUS=28V, IBUS=3.6A (100W), TA=0°C 至 85°C, PSYS_RATIO=1b, RAC=10m $\Omega$ , RSR=5m $\Omega$ 。	-3%		4.5%	
$V_{PSYS\_ACC\_BAT}$	PSYS 增益精度 (PSYS_CONFIG = 00b)	仅电池监测系统功率：VBAT=11.1V, IBAT=9.1A (100W), TA=0°C 至 85°C, PSYS_RATIO=1b, RAC=10m $\Omega$ , RSR=5m $\Omega$ 。	-3.5%		2%	
$V_{PSYS\_CLAMP}$	PSYS 钳位电压		3.1		3.3	V
<b>集成式模数转换 (ADC)</b>						
$ADC_{RES}$	ADC 有效分辨率	ADC_SAMPLE[1:0]=00b	14	15		位
$ADC_{RES}$	ADC 有效分辨率	ADC_SAMPLE[1:0]=01b	13	14		位
$ADC_{RES}$	ADC 有效分辨率	ADC_SAMPLE[1:0]=10b	12	13		位
$ADC_{VBUS}$	ADC_VBUS() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	0		65534	mV
		LSB		2		mV
		VIN=28V 时的精度	-2		2	%
$ADC_{IIN}$	ADC_IIN() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	-16383.5		16383.5	mA
		基于 10m $\Omega$ RAC 的 LSB		0.5		mA
		$V_{ACP\_A}-V_{ACN\_A}+V_{ACP\_B}-V_{ACN\_B} = 50\text{mV}$ 时的精度	-4		2.5	%
$ADC_{VSYs}$	ADC_VSYs() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	0		65534	mV
		LSB		2		mV
		VSYs=9V 时的精度	-2		2	%
$ADC_{VBAT}$	ADC_VBAT() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	0		32767	mV
		LSB		1		mV
		VBAT=9V 时的精度	-2		1	%

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
ADC_PSYS	ADC_PSYS() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	0		4095	mV
		LSB		1		mV
		V_PSYS=2V 时的精度	-2		2	%
ADC_CMPIN_TR	ADC_CMPIN_TR() 寄存器中的 ADC 输入电压读数	范围	0		4095	mV
		LSB		1		mV
		V_CMPIN_TR=2V 时的精度	-2		2	%
<b>温度调节 (TREG) 下的 CMPIN_TR 引脚电压</b>						
V_TREG	温度调节下的 CMPIN_TR 引脚电压			1.200		V
V_TREG_ACC	温度调节下的 CMPIN_TR 引脚电压精度		-2.0%		2.0%	
V_TREG_PP	TREG PROCHOT 配置阈值电平		1.07	1.100	1.13	V
<b>VBUS 和 ACP_A 之间的正向模式睡眠比较器 (SC_VBUSACP)</b>						
V_SC_VBUSACP_rising	用于在电子保险丝/PFET 未完全开启时使睡眠比较器关闭转换器的 VBUS-ACP_A 上升阈值		700	850	1000	mV
V_SC_VBUSACP_falling	用于在电子保险丝/PFET 完全开启后使睡眠比较器恢复转换器开关的 VBUS-ACP_A 下降阈值		650	800	950	mV
<b>高占空比降压模式退出比较器 (HDBCP)</b>						
V_HDBCP_VSYS_RISE	用于强制 HIGH_DUTY_BUCK=0b 以使比较器退出高占空比降压模式的 VSYS 上升/VBUS 下降阈值		97.2%	97.7%	98.2%	
V_HDBCP_HYS	根据 $97.5\% \times \text{VBUS}$ 阈值进行 VSYS 下降/VBUS 上升以允许向 HIGH_DUTY_BUCK 位写入 1b 时的迟滞			200.0		mV
t_HDBCP_VSYS_DEG	上升沿和下降沿的比较器抗尖峰脉冲时间			15.0		us
<b>VMIN 主动保护 (VAP) PROCHOT 比较器</b>						
V_SYS_TH1Z	VAP VSYS 上升阈值 1	VSYS_TH1()=001110b	6.4	6.55	6.7	V
V_SYS_TH1	VAP VSYS 下降阈值 1	VSYS_TH1()=001110b	6.25	6.4	6.55	V
V_SYS_TH1_HYST	VAP VSYS 阈值 1 迟滞			150		mV
V_SYS_TH2Z	VAP VSYS 上升阈值 2	VSYS_TH2()=001001b	5.9	6.05	6.20	V
V_SYS_TH2	VAP VSYS 下降阈值 2	VSYS_TH2()=001001b	5.75	5.9	6.05	V
V_SYS_TH2_HYST	VAP VSYS 阈值 2 迟滞			150		mV
V_BUS_VAP_THZ	保守的 VAP VBUS 上升阈值	VBUS_VAP_TH()=0000000b	3.35	3.5	3.65	V
V_BUS_VAP_TH	保守的 VAP VBUS 下降阈值	VBUS_VAP_TH()=0000000b	3.05	3.2	3.35	V
V_BUS_VAP_TH_HYST	保守的 VAP VBUS 阈值迟滞			300		mV
<b>峰值功率模式 2 级适配器电流限制 (ILIM2)</b>						
I_LIM2_VTH	基于 IINDPM(ILIM1) 电平的百分比	ILIM2_VTH=01001b		150%		
V_ILIM2_CEILING	基于双相总输入电流检测电压 ACP_A -ACN_A +ACP_B -ACN_B 的 ILIM2 高电平钳位	将 IIN_HOST() 设置为最大值, 并使 ILIM2_VTH=11110b	240	258	275	mV
<b>峰值功率模式系统电压下降比较器 (SYS_SAG)</b>						

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{SYS\_SAG}$	用于触发峰值功率模式 ILIM2 的 VSYS 下冲比较器阈值 (以 $VSYS\_MIN()$ 的百分比形式表示)	EN_PKPWR_VSYS=1b	91.4%	93.25%	95.0%	
$V_{SYS\_SAG\_HYST}$	VSYS 欠压迟滞			100		mV
<b>VSYS 欠压保护比较器 (VSYS_UVP)</b>						
$V_{SYS\_UVLOZ}$	VSYS 欠压上升阈值	VSYS 上升	2.35	2.55	2.75	V
$V_{SYS\_UVLO}$	VSYS 欠压下降阈值	VSYS 下降, $VSYS\_UVP()$ =000b	2.2	2.4	2.6	V
$V_{SYS\_UVLOZ}$	VSYS 欠压上升阈值	VSYS 上升	4.75	4.95	5.15	V
$V_{SYS\_UVLO}$	VSYS 欠压下降阈值	VSYS 下降, $VSYS\_UVP()$ =011b	4.6	4.8	5.0	V
$V_{SYS\_UVLOZ}$	VSYS 欠压上升阈值	VSYS 上升	7.15	7.35	7.55	V
$V_{SYS\_UVLO}$	VSYS 欠压下降阈值	VSYS 下降, $VSYS\_UVP()$ =110b	7.0	7.2	7.4	V
<b>VBUS 欠压锁定比较器 (VBUS_UVLO)</b>						
$V_{VBUS\_UVLOZ}$	VBUS 欠压上升阈值	VBUS 上升	2.5	2.7	2.9	V
$V_{VBUS\_UVLO}$	VBUS 欠压下降阈值	VBUS 下降	2.3	2.6	2.8	V
$V_{VBUS\_CONVEN}$	VBUS 转换器使能上升阈值	VBUS 上升	3.1	3.4	3.7	V
$V_{VBUS\_CONVENZ}$	VBUS 转换器使能下降阈值	VBUS 下降	2.9	3.2	3.5	V
<b>VBAT 欠压锁定比较器 (VBAT_UVLO)</b>						
$V_{VBAT\_UVLOZ}$	VBAT 欠压上升阈值	VSRN 上升	3.5	3.95	4.25	V
$V_{VBAT\_UVLO}$	VBAT 欠压下降阈值	VSRN 下降	3.3	3.75	4.05	V
$V_{VBAT\_UVLO\_HYST}$	VBAT 欠压迟滞			200		mV
$V_{VBAT\_OTGEN}$	VBAT OTG 使能上升阈值	VSRN 上升	4.80	5.0	5.20	V
$V_{VBAT\_OTGENZ}$	VBAT OTG 使能下降阈值	VSRN 下降	4.45	4.65	4.85	V
$V_{VBAT\_OTGEN\_HYST}$	VBAT OTG 使能迟滞			350		mV
<b>VBUS 欠压保护比较器 (OTG 模式)</b>						
$V_{VBUS\_OTG\_UV}$	VBUS 欠压下降阈值	以 $OTG\_VOLTAGE()$ 设置的百分比形式表示	65%	75%	85%	
$V_{VBUS\_OTG\_UVZ}$	基于下降阈值的 VBUS 欠压上升阈值迟滞			100		mV
<b>VBUS 过压保护比较器 (OTG 模式)</b>						
$V_{VBUS\_OTG\_OV}$	VBUS 过压上升阈值	以 $OTG\_VOLTAGE()$ 设置 = 12V 的百分比形式表示	110%	118%	125%	
$V_{VBUS\_OTG\_OVZ}$	VBUS 过压下降阈值	以 $OTG\_VOLTAGE()$ 设置 = 12V 的百分比形式表示	100%	105%	110%	
<b>预充电到快速充电比较器</b>						
$V_{BAT\_PRECHG\_Z}$	VBAT 上升阈值	VBAT 上升, 表示为 $VSYS\_MIN()$ 的负偏移	-150	50	200	mV
$V_{BAT\_PRECHG}$	VBAT 下降阈值	VBAT 下降, 表示为 $VSYS\_MIN()$ 的负偏移	-50	150	300	mV
$V_{BAT\_PRECHG\_HYST}$	VBAT 迟滞			100		mV
<b>涓流充电到预充电转换</b>						
$V_{BAT\_SHORT\_Z}$	VBAT 短路上升阈值	VBAT 上升	2.9	3.0	3.1	V
$V_{BAT\_SHORT}$	VBAT 短路下降阈值	VBAT 下降	2.80	2.9	3.0	V
$V_{BAT\_SHORT\_HYST}$	VBAT 短路迟滞			100.0		mV
$I_{BAT\_SHORT}$	VBAT 短路涓流充电电流最大钳位			128.0		mA



## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入过流比较器 (ACOC)</b>						
$V_{ACOC}$	ACP 至 ACN 上升阈值, 基准为 REG0x33[15:11] 中的 ILIM2	输入检测电阻上的电压上升, Reg0x31[2] = 1	170	200	230	%
$V_{ACOC\_FLOOR}$	基于双相总输入电流检测 ACP_A -ACN_A +ACP_B -ACN_B 的 ACOE 低电平钳位	将 IIN_HOST() 设置为最小值	46	50	54	mV
$V_{ACOC\_CEILING}$	基于双相总输入电流检测 ACP_A -ACN_A +ACP_B -ACN_B 的 ACOE 高电平钳位	将 IIN_HOST() 设置为最大值	174	180	184	mV
<b>系统过压比较器 (SYSOVP)</b>						
$V_{SYSOVP\_RISE}$	关闭转换器的系统过压上升阈值	2s	11.85	12.15	12.35	V
		3s	16.8	17.15	17.4	V
		4s	21.90	22.3	22.60	V
		5s	26.90	27.3	27.70	V
$V_{SYSOVP\_FALL}$	系统欠压下降阈值	2s		11.6		V
		3s		16.60		V
		4s		21.7		V
		5s		26.80		V
$I_{SYSOVP}$	SYSOVP 期间的放电电流	通过 VSYS 引脚		20		mA
<b>BAT 过压比较器 (BATOVP)</b>						
$V_{BATOVP\_RISE}$	过压上升阈值, 以 CHARGE_VOLTAGE() 的百分比形式表示	2s - 5s	107.8%	108.8%	109.6%	
$V_{BATOVP\_FALL}$	过压下降阈值, 以 CHARGE_VOLTAGE() 的百分比形式表示	2s - 5s	104.4%	105.5%	106.5%	
$V_{BATOVP\_HYST}$	过压迟滞, 以 CHARGE_VOLTAGE() 的百分比形式表示	2s - 5s		3.3%		
$I_{BATOVP}$	BATOVP 期间的放电电流	通过 VSYS 引脚		20		mA
<b>转换器过流比较器 (OCP_SW2)</b>						
$V_{OCP\_LIMIT\_SW2}$	通过 Q4 VDS 的转换器过流限制	OCP_SW2_HIGH_RANGE=0		150		mV
		OCP_SW2_HIGH_RANGE=1		260		mV
$V_{OCP\_LIMIT\_SYSSHORT\_SW2}$	在 OTG_UVP 下, 通过 Q4 VDS 的转换器过流限制	OCP_SW2_HIGH_RANGE=0		90		mV
		OCP_SW2_HIGH_RANGE=1		150		mV
<b>转换器过流比较器 (OCP_SW1X)</b>						
$V_{OCP\_LIMIT\_SW1X\_RAC}$	通过 RAC 的转换器过流限制	OCP_SW1X_HIGH_RANGE=0		150		mV
		OCP_SW1X_HIGH_RANGE=1		260		mV
$V_{OCP\_LIMIT\_SYSSHORT\_SW1X\_RAC}$	在 SYS_UVP 下, 通过 RAC 的转换器过流限制	OCP_SW1X_HIGH_RANGE=0		90		mV
		OCP_SW1X_HIGH_RANGE=1		150		mV
<b>热关断比较器</b>						
$T_{SHUT\_RISE}$	热关断上升温度	温度升高		155		$^{\circ}\text{C}$
$T_{SHUT\_FALL}$	热关断下降温度	温度降低		135		$^{\circ}\text{C}$
$T_{SHUT\_HYS}$	热关断迟滞			20		$^{\circ}\text{C}$
<b>ICRIT PROCHOT 比较器</b>						
$V_{ICRIT\_PRO}$	用于节流的输入电流上升阈值, 比 ILIM2_VTH() 高 10%	仅当 ILIM2 设置高于 4A 时	104.5%	110%	117.5%	

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>INOM PROCHOT 比较器</b>						
$V_{\text{INOM\_PRO}}$	INOM 上升阈值, 比 IIN_DPM() 高 10%, 且 EN_EXTILIM=0b	仅当 IIN_DPM() 为 2A 或更高时才能确保精度。最小钳位为 500mA。500mA 和 2A 之间的精度可能会受到影响。	104%	110%	117%	
<b>电池放电电流限制 PROCHOT 比较器 (IDCHG_TH1 和 IDCHG_TH2)</b>						
$I_{\text{DCHG\_TH1}}$	SRN 和 SRP 引脚上用于限制 CPU 速率的 IDCHG 阈值 1 电压	IDCHG_TH1()=010000b	47.5			mV
			-3.0%	3.2%		
$I_{\text{DCHG\_DGLT1}}$	IDCHG 阈值 1 抗尖峰脉冲时间	IDCHG_DEG1()=01b	1.25			秒
$I_{\text{DCHG\_TH2}}$	SRN 和 SRP 引脚上的 IDCHG 阈值 2 电压	IDCHG_TH1()=010000b, IDCHG_TH2()=001b	71.25			mV
			-3.0%	3.2%		
$I_{\text{DCHG\_DGLT2}}$	IDCHG 阈值 2 抗尖峰脉冲时间	IDCHG_DEG2()=01b	1.6			ms
<b>独立比较器</b>						
$V_{\text{INDEP\_CMP}}$	独立比较器阈值	比较器 CMPIN_TR 阈值, 用于触发 CMPOUT 下拉, 负极性 CMP_POL=0b。	1.18	1.2	1.23	V
$V_{\text{INDEP\_CMP\_HYS}}$	独立比较器迟滞	比较器 CMPIN_TR 迟滞阈值	100			mV
<b>PWM 振荡器和斜坡</b>						
$F_{\text{SW}}$	PWM 开关频率	PWM_FREQ = 0	690	770	850	kHz
$F_{\text{SW}}$	PWM 开关频率	PWM_FREQ = 1	540	600	660	kHz
<b>BATFET 栅极驱动器 (NFET 为 BATDRV)</b>						
$V_{\text{BATDRV\_ON}}$	NMOS BATFET 上的栅极驱动电压		4.70	5.00	5.40	V
$V_{\text{BATDRV\_SUPPLEMNT}}$	补充模式下理想二极管调节期间的 BATFET 源漏电压		30.00			mV
$I_{\text{BATDRV\_ON}}$	BATDRV 开启, $V_{\text{BATDRV}}=V_{\text{BAT}}+2V$		30	40		$\mu\text{A}$
$I_{\text{BATDRV\_OFF}}$	BATDRV 关闭, $V_{\text{BATDRV}}=V_{\text{BAT}}+2V$		0.54	0.85		mA
<b>PWM 高侧驱动器 (Q1_A 为 HIDRV1_A, Q1_B 为 HIDRV1_B)</b>						
$R_{\text{DS\_HI\_ON\_Q1}}$	高侧驱动器 (HSD) 导通电阻	$V_{\text{BTST1}} - V_{\text{SW1}} = 4.5V$	1.00			$\Omega$
$R_{\text{DS\_HI\_OFF\_Q1}}$	高侧驱动器关断电阻	$V_{\text{BTST1}} - V_{\text{SW1}} = 4.5V$	0.4	0.6		$\Omega$
$V_{\text{BTST1\_REFRESH}}$	自举刷新比较器下降阈值电压	当请求低侧刷新脉冲时 $V_{\text{BTST1}} - V_{\text{SW1}}$	3.0	3.3	3.6	V
<b>PWM 低侧驱动器 (Q2_A 为 LODRV1_A, Q2_B 为 LODRV1_B)</b>						
$R_{\text{DS\_LO\_ON\_Q2}}$	低侧驱动器 (LSD) 导通电阻	$V_{\text{BTST1}} - V_{\text{SW1}} = 4.5V$	1.0			$\Omega$
$R_{\text{DS\_LO\_OFF\_Q2}}$	低侧驱动器关断电阻	$V_{\text{BTST1}} - V_{\text{SW1}} = 4.5V$	0.4	0.6		$\Omega$
<b>PWM 高侧驱动器 (Q4 为 HIDRV2)</b>						
$R_{\text{DS\_HI\_ON\_Q4}}$	高侧驱动器 (HSD) 导通电阻	$V_{\text{BTST2}} - V_{\text{SW2}} = 4.5V$	1.50			$\Omega$
$R_{\text{DS\_HI\_OFF\_Q4}}$	高侧驱动器关断电阻	$V_{\text{BTST2}} - V_{\text{SW2}} = 4.5V$	0.50	0.80		$\Omega$
$V_{\text{BTST2\_REFRESH}}$	自举刷新比较器下降阈值电压	当请求低侧刷新脉冲时 $V_{\text{BTST2}} - V_{\text{SW2}}$	3.0	3.3	3.6	V
<b>PWM 低侧驱动器 (Q3 为 LODRV2)</b>						
$R_{\text{DS\_LO\_ON\_Q3}}$	低侧驱动器 (LSD) 导通电阻	$V_{\text{BTST2}} - V_{\text{SW2}} = 4.5V$	1.10			$\Omega$
$R_{\text{DS\_LO\_OFF\_Q3}}$	低侧驱动器关断电阻	$V_{\text{BTST2}} - V_{\text{SW2}} = 4.5V$	0.40	0.70		$\Omega$
<b>充电使能期间的内部软启动</b>						
$SS_{\text{STEP\_DAC}}$	软启动步长		8			mA
<b>集成 BTST 二极管 (D1_X)</b>						
$V_{\text{F\_D1}}$	正向偏置电压	$25^\circ\text{C}$ 时 $I_{\text{F}} = 20\text{mA}$	0.8			V

## 6.5 电气特性 (续)

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>集成 BTST 二极管 (D2)</b>						
$V_{F\_D2}$	正向偏置电压	25°C 时 $I_F = 20\text{mA}$	0.8			V
<b>接口</b>						
<b>逻辑输入 (SDA、SCL、EN_OTG)</b>						
$V_{IN\_LO\_EN\_OTG}$	EN_OTG 引脚的输入低电平				0.8	V
$V_{IN\_HI\_EN\_OTG}$	EN_OTG 引脚的输入高电平		1.35			V
<b>逻辑输出开漏 SDA</b>						
$V_{OUT\_LO\_SDA}$	输出饱和电压	5mA 漏极电流			0.3	V
$V_{OUT\_LEAK\_SDA}$	漏电流	$V = 5.5\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输出开漏 CHRГ_OK</b>						
$V_{OUT\_LO\_CHRG\_OK}$	输出饱和电压	5mA 漏极电流			0.4	V
$V_{OUT\_LEAK\_CHRG\_OK}$	漏电流	$V = 5.5\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输出开漏 CMPOUT</b>						
$V_{OUT\_LO\_CMPOUT}$	输出饱和电压	5mA 漏极电流			0.4	V
$V_{OUT\_LEAK\_CMPOUT}$	漏电流	$V = 5.5\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输出开漏 (PROCHOT)</b>						
$V_{OUT\_LO\_PROCHOT}$	输出饱和电压	50 $\Omega$ 上拉至 1.05V/5mA			0.4	V
$V_{OUT\_LEAK\_PROCHOT}$	漏电流	$V = 5.5\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>模拟输入 (ILIM_HIZ)</b>						
$V_{HIZ\_LOW}$	退出 HIZ 模式的电压	ILIM_HIZ 引脚上升		0.7	0.8	V
$V_{HIZ\_HIGH}$	启用 HIZ 模式的电压	ILIM_HIZ 引脚下降	0.4	0.5		V
$V_{ILIM\_ENZ}$	在 ILIM_HIZ 引脚上禁用外部电流限制功能的电压 (EN_EXTLIM=1b)	ILIM_HIZ 引脚上升		4.1	4.2	V
$V_{ILIM\_EN}$	在 ILIM_HIZ 引脚上启用外部电流限制功能的电压 (EN_EXTLIM=1b)	ILIM_HIZ 引脚下降	3.9	4.0		V
<b>模拟输入 (CELL_BATPRES)</b>						
$V_{CELL\_5S}$	5S	CELL_BATPRES 引脚电压, 以 REGN = 5V 的百分比形式表示	90.0%	100.0%		
$V_{CELL\_4S}$	4S	CELL_BATPRES 引脚电压, 以 REGN = 5V 的百分比形式表示	68.4%	75.0%	81.5%	
$V_{CELL\_3S}$	3S	CELL_BATPRES 引脚电压, 以 REGN = 5V 的百分比形式表示	51.7%	55.0%	65.0%	
$V_{CELL\_2S}$	2S	CELL_BATPRES 引脚电压, 以 REGN = 5V 的百分比形式表示	18.4%	40.0%	48.5%	
$V_{CELL\_BATPRES\_RISE}$	存在电池	CELL_BATPRES 上升	18.0%			
$V_{CELL\_BATPRES\_FALL}$	电池被移除	CELL_BATPRES 下降			14.7%	

## 6.6 时序要求

	最小值	标称值	最大值	单位
比较器和电池充电器时序				

## 6.6 时序要求 (续)

		最小值	标称值	最大值	单位
t <sub>TRANS_CHG</sub>	充电电流从预充电电平转换到快速充电电平的持续时间		5		ms
<b>主机通信故障</b>					
t <sub>BOOT</sub>	看门狗复位信号的抗尖峰脉冲时间	10			ms
t <sub>WDI</sub>	看门狗超时周期, REG0x12[14:13]=01	4	5.5	7	s
	看门狗超时周期, REG0x12[14:13]=10	70	88	105	s
	看门狗超时周期, REG0x12[14:13]=11	140	175	210	s

## 6.7 典型特性 - BQ25770G

$R_{AC} = 10m\Omega$  ,  $R_{SR} = 5m\Omega$  , 电感 =  $3.3\mu H$  , CCM 频率 = 600kHz

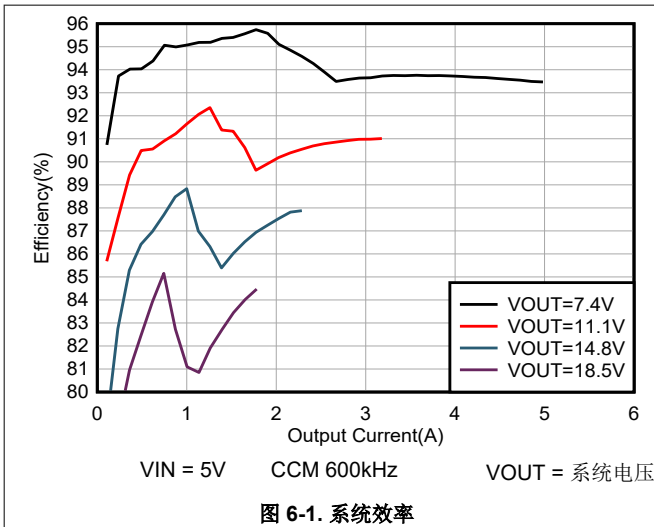


图 6-1. 系统效率

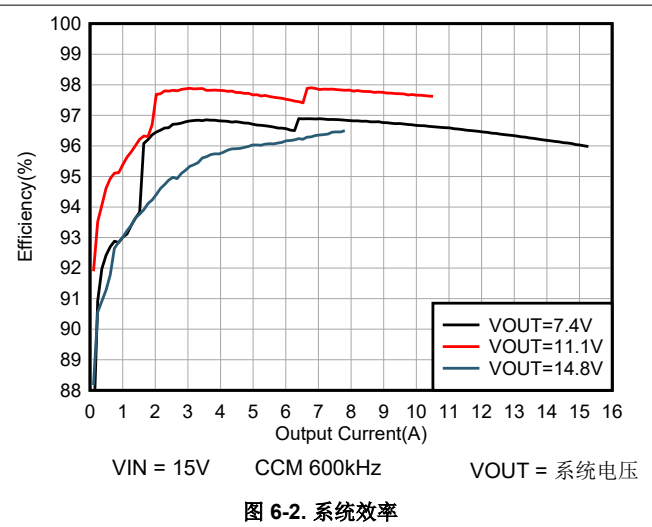


图 6-2. 系统效率

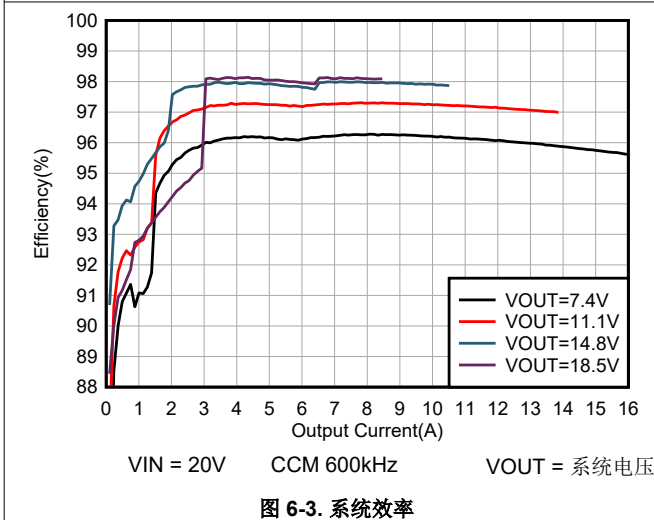


图 6-3. 系统效率

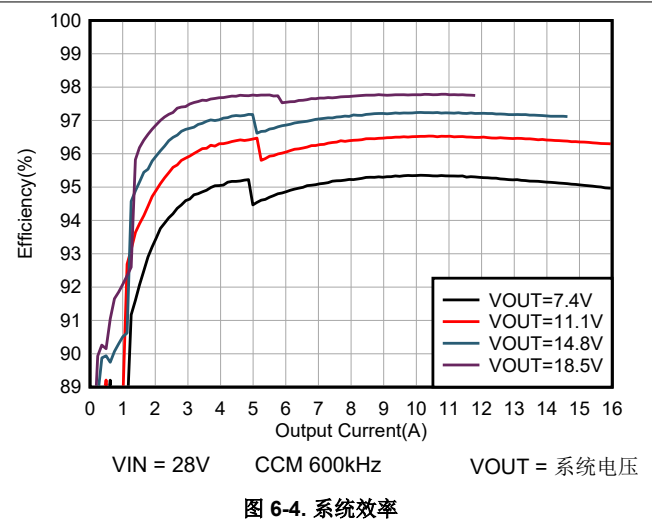


图 6-4. 系统效率

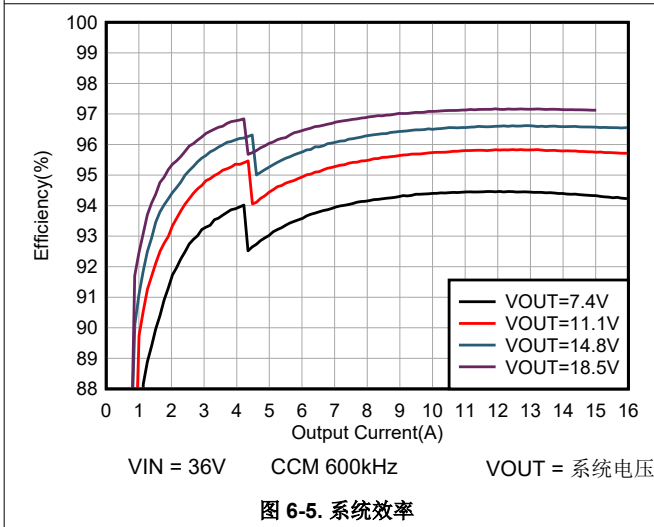


图 6-5. 系统效率

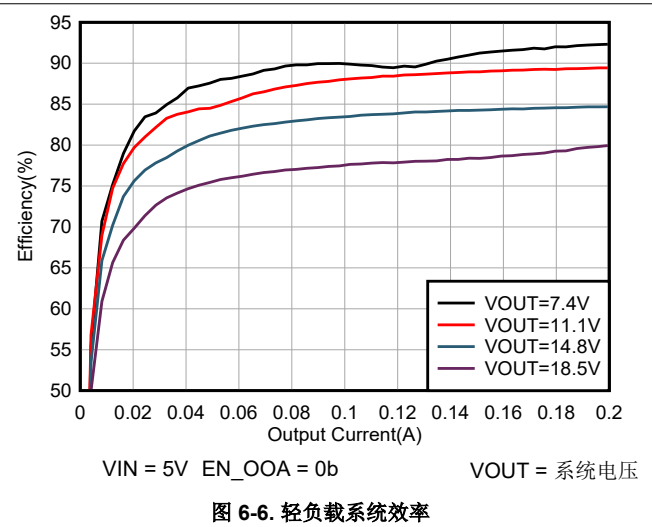


图 6-6. 轻负载系统效率

6.7 典型特性 - BQ25770G ( 续 )

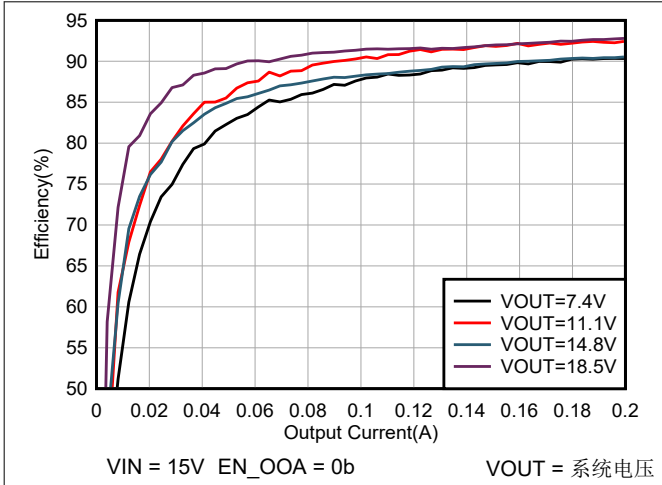


图 6-7. 轻负载系统效率

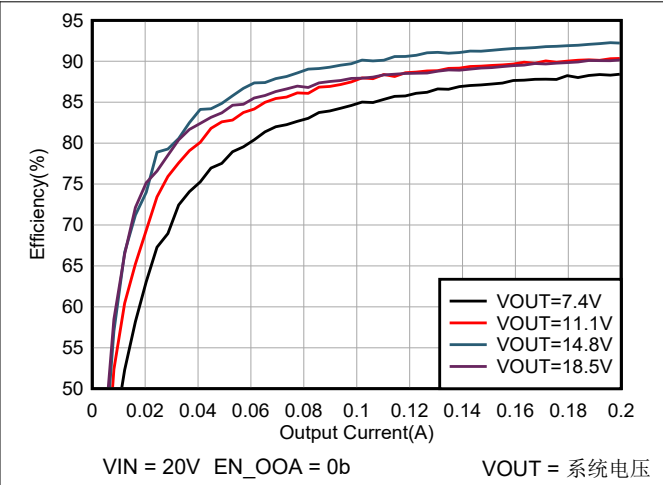


图 6-8. 轻负载系统效率

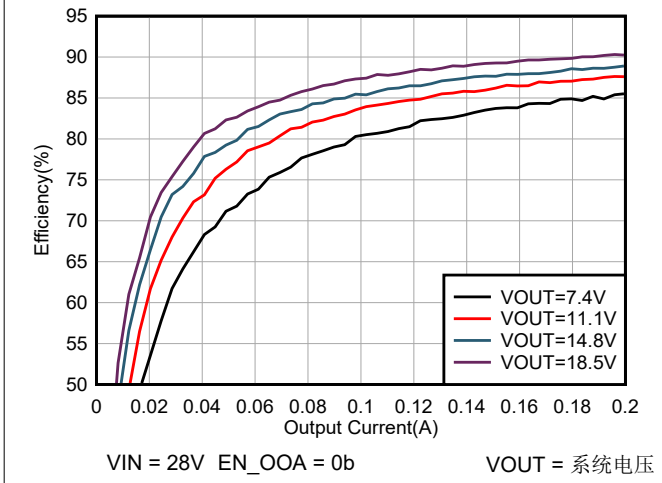


图 6-9. 轻负载系统效率

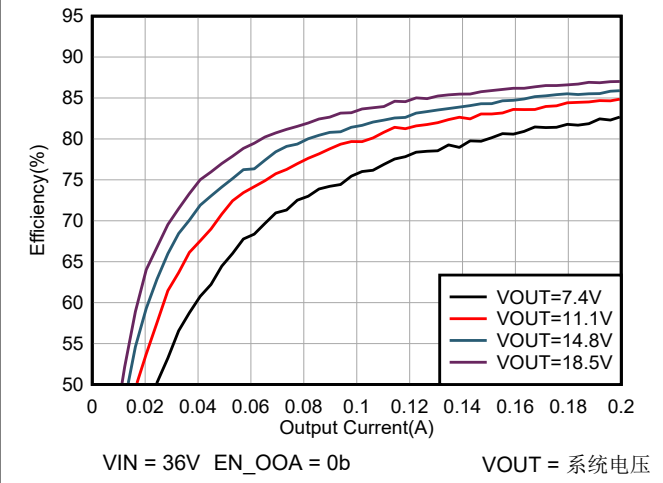


图 6-10. 轻负载系统效率

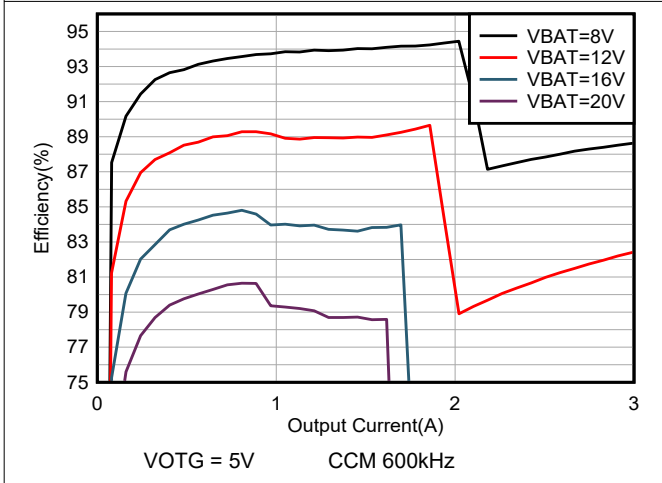


图 6-11. OTG 效率

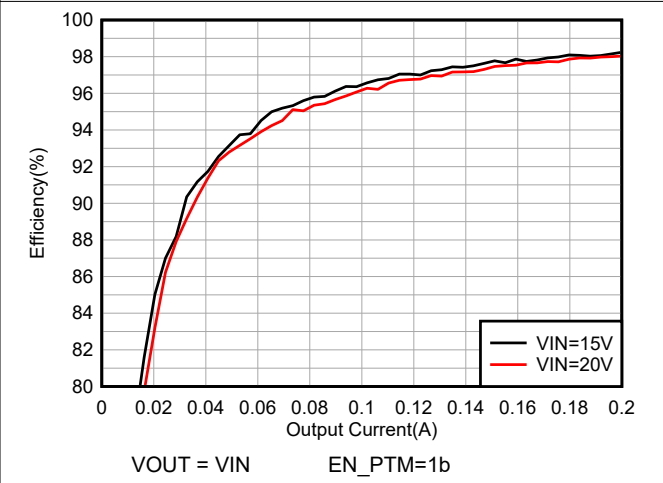


图 6-12. PTM 模式高负载系统效率

6.7 典型特性 - BQ25770G (续)

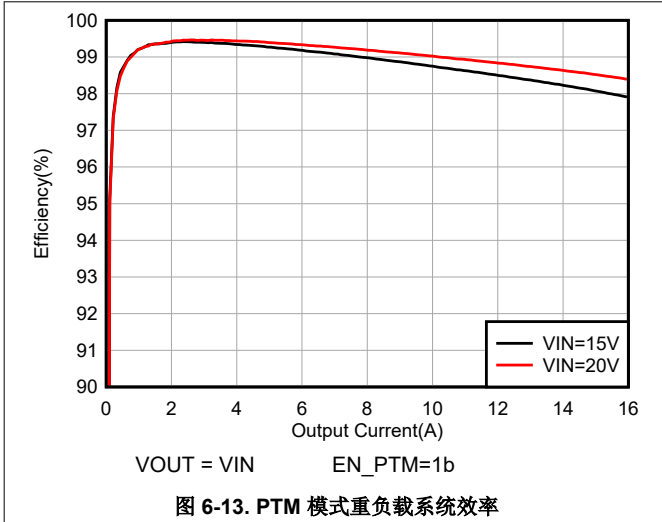


图 6-13. PTM 模式重负载系统效率

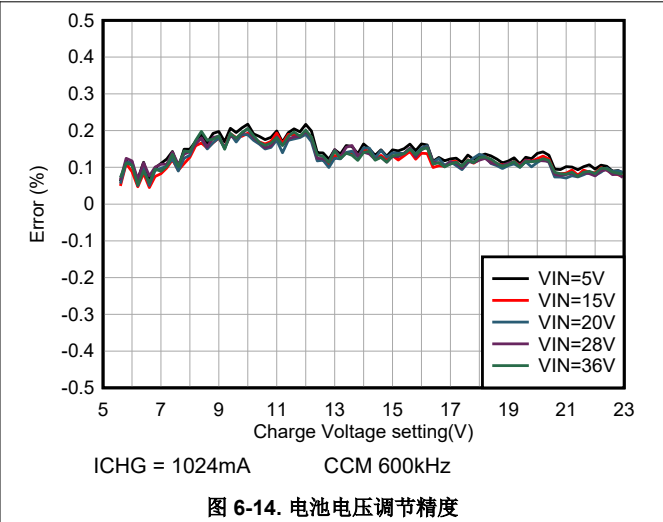


图 6-14. 电池电压调节精度

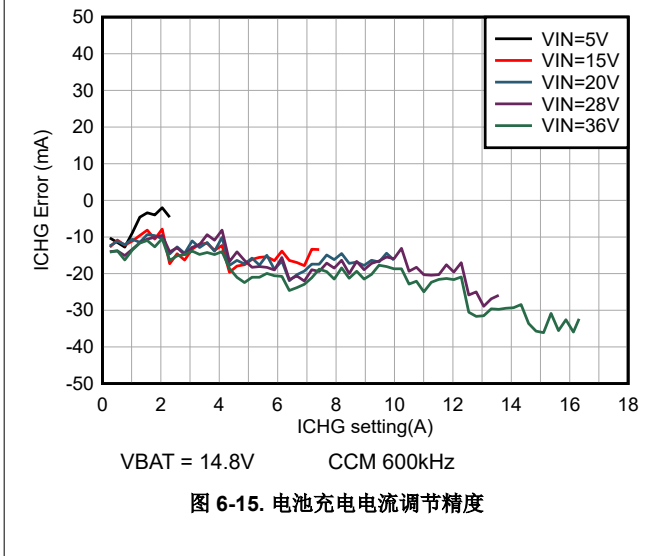


图 6-15. 电池充电电流调节精度

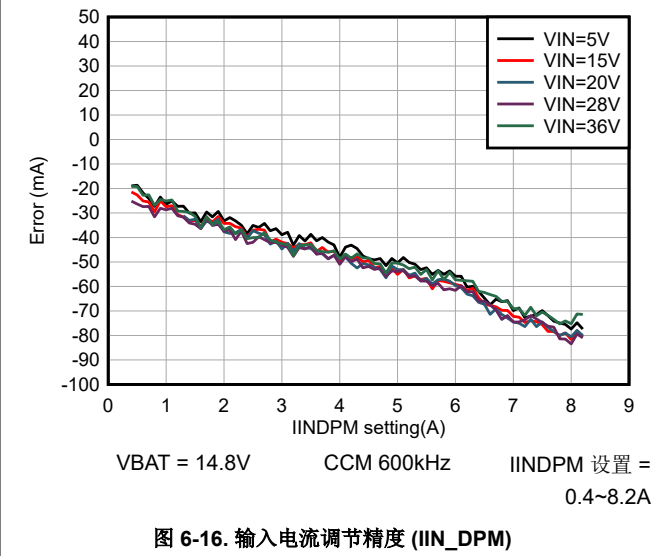


图 6-16. 输入电流调节精度 (IIN\_DPM)

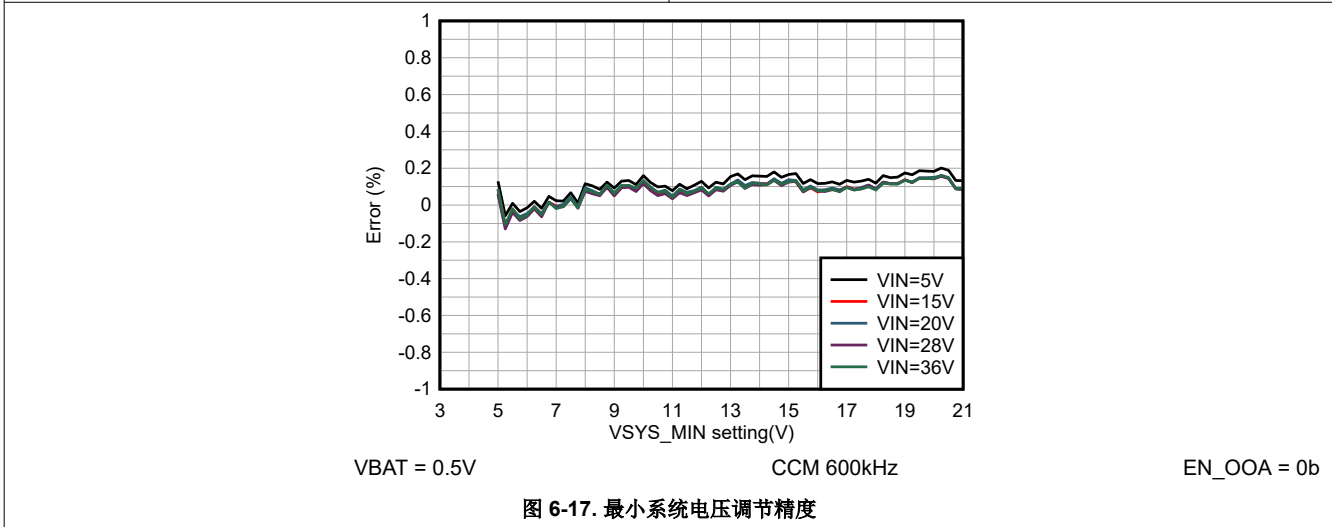


图 6-17. 最小系统电压调节精度

## 7 详细说明

### 7.1 概述

BQ25770G 是一款窄 VDC 降压/升压充电器控制器，适用于带可充电电池的笔记本电脑、可拆卸笔记本、超极本、平板电脑和其他移动设备等便携式电子产品。它可在不同的转换器运行模式（降压、升压或降压/升压）之间无缝转换，提供快速瞬态响应和高轻负载效率。

BQ25770G 支持多种电源，包括 USB-C PD EPR 端口、传统 USB 端口、传统交流/直流适配器等。它接受 3.5V 至 40V 的输入电压，可为 2 至 5 节串联电池充电。在无输入源的情况下，BQ25770G 可支持 USB On-the-Go (OTG) 功能，从而通过节电池在 USB 端口上生成具有 20mV 分辨率的 3V 至 5V 可调输出电压。

BQ25770G 具有动态电源管理 (DPM) 功能，可限制输入功率并避免交流适配器过载。在电池充电期间，随着系统功率的增加，充电电流将降低，以便保持总输入电流低于适配器额定值。如果系统功率需求暂时超过适配器额定值，BQ25770G 支持 NVDC 架构，让电池释放能量来补充系统功率。

BQ25770G 可监测适配器电流、电池电流和系统功率。可灵活编程的  $\overline{\text{PROCHOT}}$  输出直连 CPU，可根据需要对其进行限频控制。

最新版本 USB-C PD 规范包括快速角色交换 (FRS)，旨在确保及时进行电源角色交换，以便连接到扩展坞的器件始终不会出现瞬时断电或瞬时故障。该器件集成了 FRS 功能，符合 USB-C PD 规范。

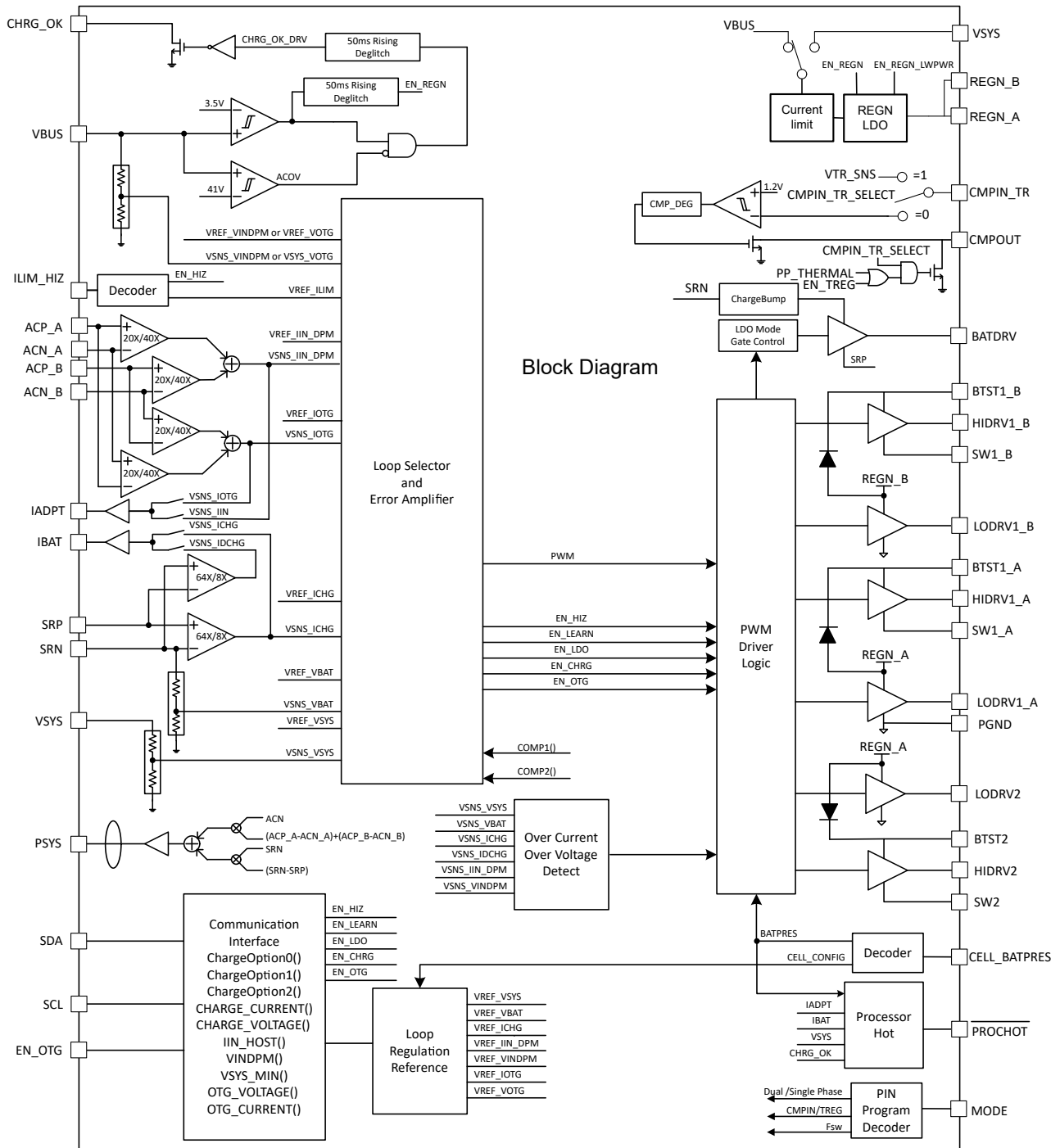
TI 获得专利的开关频率抖动模式可以在整个传导 EMI 频率范围（150kHz 至 30MHz）内显著降低 EMI 噪声。有多个抖动扩展选项可为不同的应用提供灵活性，从而简化 EMI 噪声滤波器设计。

为了符合 Intel IMVP8/IMVP9 标准，BQ25770G 包含 PSYS 功能，可监测适配器和电池的平台总功率。除了 PSYS 之外，该器件还提供独立的输入电流缓冲器 (IADPT) 和具有高精度电流检测放大器的电池电流缓冲器 (IBAT)。如果平台功率超过适配器和电池的可用功率，则系统会向 CPU 发出  $\overline{\text{PROCHOT}}$  信号，以便 CPU 根据系统的可用功率优化其性能。

通过高分辨率、高精度调节限制来控制输入电流、充电电流和充电电压寄存器。它还设置  $\overline{\text{PROCHOT}}$  时序和阈值配置来满足系统要求。



### 7.2 功能方框图



## 7.3 特性说明

### 7.3.1 上电序列

该器件通过内部电源选择器选择从 VBUS 或 VBAT 的较高电压上电。当 VBUS 超过  $V_{VBUS\_UVLOZ}$  或 VBAT 超过  $V_{VBAT\_UVLOZ}$  的时间达到 5ms 时，充电器将启动。POR (上电复位) 时，充电器将所有寄存器复位为默认状态。在经过 5ms 后，主机可以访问用户寄存器。当  $VBAT > V_{VBAT\_UVLO}$  时：如果 VBUS 降至低于  $V_{VBUS\_UVLO}$ ，则会检测到适配器被移除，从而进入仅电池低功耗模式。当  $VBAT < V_{VBAT\_UVLO}$  时：如果 VBUS 降至低于  $V_{VBUS\_UVLO}$ ，则器件将关闭而不进行 I2C 通信，当 VBUS 升至高于  $V_{VBUS\_UVLOZ}$  时，器件将执行 POR。

充电器从 VBUS 上电时的上电序列：

- VBUS 上升到高于  $V_{VBUS\_UVLOZ}$  后，有 50ms 的抗尖峰脉冲时间。在这 50ms 的抗尖峰脉冲时间过后，充电器启用 REGN\_A/B LDO。一旦 REGN\_A/B 电压上升，CHRG\_OK 引脚变为高电平，STAT\_AC 设置为 1b。  
(如果 EN\_LWPWR 设置为 0b，则器件将处于性能模式，如果在插入 VBUS 之前存在电池，REGN\_A/B 将保持开启)
- 在器件 POR 之后会执行 MODE 引脚检测，以确定转换器拓扑、转换器补偿选项和转换器开关频率。
- 随后执行 VBUS 鉴定。VBUS 鉴定过程中，在 VBUS 引脚上添加一个内部 20mA 灌电流 100ms 脉冲，以确保输入源足以通过鉴定。在这 100ms 期间，如果  $V_{VBUS\_CONVEN} < VBUS < V_{ACOV\_RISE}$ ，则充电器将通过 VBUS 鉴定并继续执行下一步。但是，如果  $V_{VBUS\_UVLOZ} < VBUS < V_{VBUS\_CONVEN}$  或  $VBUS > V_{ACOV\_RISE}$ ，则充电器无法通过 VBUS 鉴定，充电器会每 2 秒重新鉴定一次 VBUS。在这 2 秒内，即使 VBUS 上升至高于  $V_{VBUS\_CONVEN}$ ，转换器仍会由于开始时未通过 VBUS 鉴定而关闭。
- 在 VBUS 鉴定期间会读取 CELL\_BATPRES 引脚电压下的电池电芯配置，并与 REGN\_A/B 比较以确定电芯配置。CHARGE\_VOLTAGE()、CHARGE\_CURRENT()、VRECHG()、VSYS\_MIN() 和 SYSOVP 阈值的默认值将分别加载。此外，还会在 ILIM\_HIZ 引脚稳态电压下检测 IINDPM。
- 通过鉴定后会执行一次 VBUS ADC 以读取空载 VBUS 电压，并将值保存到 ADC\_VBUS() 寄存器中。
- 检查 VBUS 和 ACP\_A (VBUS-ACP\_A) 之间的电压是否低于  $V_{SC\_VBUSACP\_FALLING}$ ，以确保电子保险丝或 PFET 完全导通。如果不是，请保持转换器的上电状态，直到不触发 SC\_VBUSACP。
- 通常，在 VBUS 高于  $V_{VBUS\_CONVEN}$  达到 226ms 时，转换器上电。如果 SC\_VBUSACP 保持触发状态，则转换器上电可能会等待，直到清除该状态。

充电器从 VBAT 上电时的上电序列：

- 如果仅存在电池且电压高于  $V_{VBAT\_UVLOZ}$ ，则充电器将充电，BATFET 导通，并将电池连接到系统。
- 在器件 POR 之后会立即执行 MODE 引脚检测，以确定转换器拓扑、转换器补偿选项和转换器开关频率。
- 默认情况下，充电器处于低功耗模式 (EN\_LWPWR = 1b) 且静态电流最低。REGN\_A/B LDO 默认为关闭状态，但当 EN\_LWPWR=1 时，LDO 会开启，LDO 电流限制会降低至 5mA，以便最大限度减小静态电流。
- 适配器存在比较器被激活以监测 VBUS 电压。
- SDA 和 SDL 线路处于等待主机命令的待机状态。
- 器件可以通过配置 EN\_LWPWR = 0b 切换到性能模式。主机可以通过设置 EN\_IBAT = 1b 来启用 IBAT 缓冲器，从而监测放电电流。PSYS 也可以由主机启用。当 CELL\_BATPRES 引脚上拉或 REGN\_A/B 从 GND 上升至稳态值时，会执行一次 CELL\_BATPRES 引脚检测。请注意，在仅电池低功耗模式下，不会执行 CELL\_BATPRES 检测。
- 在性能模式下，REGN\_A/B LDO 始终可用于为转换器提供精确的基准电压和栅极驱动电压。

### 7.3.2 MODE 引脚检测

MODE 引脚上需要一个固定下拉电阻用于充电器多功能编程。如需了解与每个编程代码相对应的典型电阻，请参阅表 7-1。此处可以使用 E96 ( $\pm 1\%$ ) 和 E48 ( $\pm 2\%$ ) 容差电阻。两个编程项目如下：

- 补偿调整：该器件可支持正常补偿和极端应用情况下的较慢带宽补偿。当输入 VBUS 有效电容高于 10uF 时，建议采用“正常”选项以获得最佳的瞬态性能；当输入 VBUS 电容低于 10uF 时，建议采用“慢速”选项以确保转换器运行的稳定性。

- 开关频率：该器件支持 600kHz 和 800kHz 开关频率。PWM\_FREQ 位将基于 MODE 引脚检测结果进行相应编程。

表 7-1. MODE 引脚编程表

MODE_STAT 位	最小电阻	典型电阻	最大电阻	拓扑	补偿调整	PWM_FREQ 位
000b	0k $\Omega$	3.57	3.79k $\Omega$	准双相降压/升压	正常	1b (600kHz)
001b	4.42k $\Omega$	4.64k $\Omega$	4.87k $\Omega$	准双相降压/升压	正常	0b (800kHz)
010b	5.76k $\Omega$	6.04k $\Omega$	6.34k $\Omega$	准双相降压/升压	慢	1b (600kHz)
011b	7.87k $\Omega$	8.25k $\Omega$	8.66k $\Omega$	准双相降压/升压	慢	0b (800kHz)
高故障 (000b)	47.5k $\Omega$	--	开路	准双相降压/升压	正常	1b (600kHz)

### 7.3.3 REGN 稳压器 (REGN LDO)

REGN LDO 稳压器为 IC 和外部上拉电阻提供稳压辅助电源。此外，REGN 电压也用于驱动降压/升压开关 FET。CELL\_BATPRES 引脚和 ILIM\_HIZ 引脚的上拉电源轨也可连接至 REGN。当系统上没有有效的外部 5V 电压源时，REGN LDO 将由 VBUS 引脚或 VSYS 引脚供电。如果 VBUS 和 VSYS 都高于 6V，REGN 电源选择器将选择二者中的较低者；如果 VBUS 和 VSYS 都低于 6V，应选择二者中的较高者；如果只有一个高于 6V，应选择这个高于 6V 的值。REGN\_A 和 REGN\_B 引脚均在内部连接到 REGN LDO，在 REGN\_A 和 REGN\_B 之间不需要外部连接，但 REGN\_A 和 REGN\_B 引脚都需要 2.2 $\mu$ F 的本地去耦电容。

当系统中有一个合格的 5V 电源时，这个电源可以用作 REGN 电源。这样可以减少内部 LDO 的功率损耗，尤其是在 VBUS 和 VSYS 都远高于 5V 时。LDO 可配置为由外部 5V 电源进行过驱。然后，REGN 引脚将从模拟输出引脚更改为模拟输入引脚。以下方法采用 REGN\_EXT 位进行配置。

- 当没有合格的外部 5V 电源时，主机应配置 REGN\_EXT=0b (默认状态)，然后内部 REGN LDO 调节输出电压为 5V，从而正常支持内部偏置和开关 MOSFET 栅极驱动。内部电流限制可防止 LDO 过载。电流限制级别为 I<sub>REGN\_LIM\_CHARGING</sub>，标记为电流限制 1。
- 当有专用的合格外部 5V 电源 (高于 4.8V 且低于 V<sub>REGN\_OV\_RISE</sub>) 并且 REGN 是外部电源上的唯一负载时，主机应配置 REGN\_EXT=1b，以便将内部 REGN LDO 调节输出电压降低为 V<sub>REGN\_REG\_EXT</sub>(4.5V)，然后外部 5V 稳压器就可以过驱内部 LDO。外部电源需要 500mA 的电流限制以防止内部自举二极管出现过流损坏。应用示意图如图 7-1 所示。
- 当外部 5V 电源 (高于 4.8V 且低于 V<sub>REGN\_OV\_RISE</sub>) 也支持 REGN 以外的其他负载时，需要一个专用的阻断电路来防止 REGN 电流在外部 5V 降压转换器斜升之前流入外部负载，如图 7-2 所示。在外部 5V 稳压器 PG (电源正常) 进入活动状态之前，Q<sub>BLK</sub> 用于阻止外部负载对 REGN\_A 引脚的影响。外部 5V 斜升后，外部 5V 稳压 PG 引脚将进入活动状态，并且 Q<sub>BLK</sub> 将开通以将 5V 电压分配到 REGN\_A 引脚。主机应配置 REGN\_EXT=1b 以将内部 REGN LDO 调节输出电压降低为 V<sub>REGN\_REG\_EXT</sub>(4.5V)，然后外部 5V 稳压器便可自动过驱至内部 LDO。
- 当外部 5V 电源高于 V<sub>REGN\_OV\_RISE</sub> 时，充电器应停止开关，下拉 CHRГ\_OK 引脚，并触发 FAULT\_REGN 状态位，请参阅节 7.3.26.11。

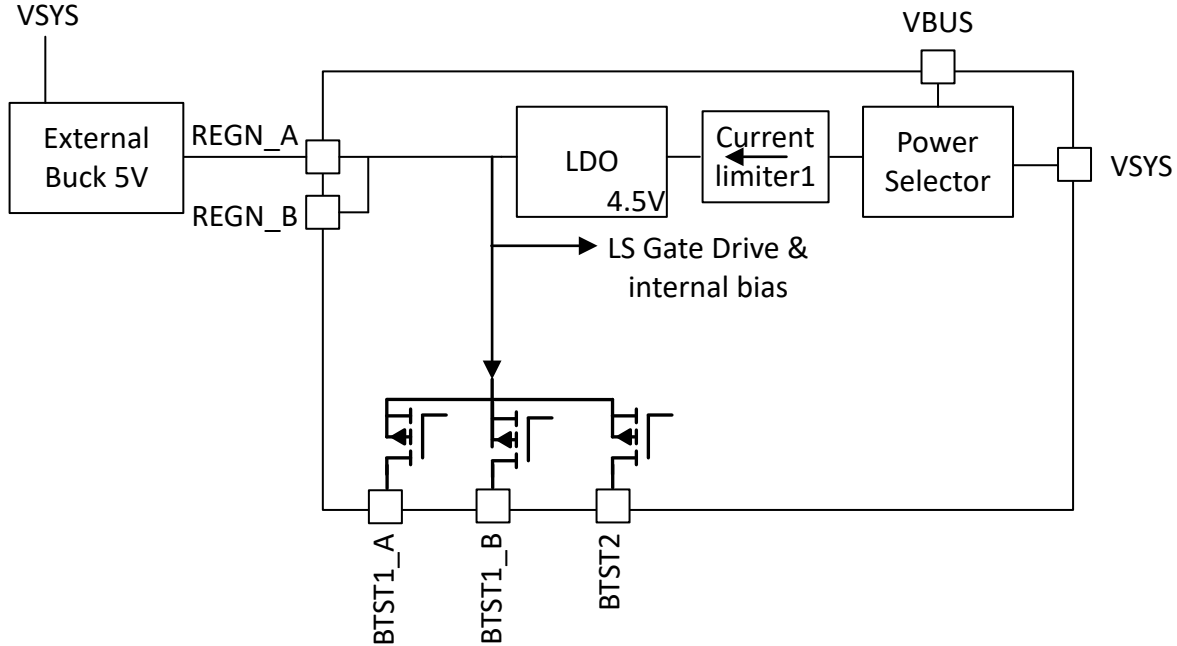


图 7-1. 外部专用 5V 电源过驱 REGN

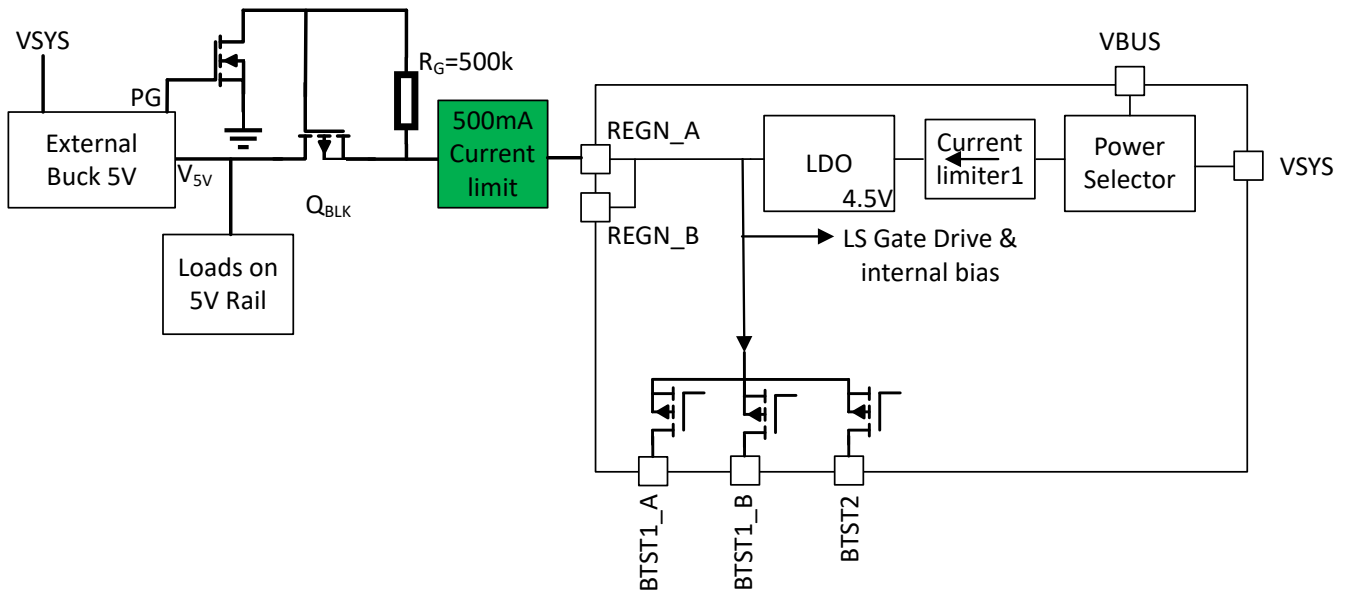


图 7-2. 外部 5V 电源带负载过驱 REGN

通过 REGN LDO 驱动栅极的功率耗散为： $P_{REGN} = (V_{AC} - V_{REGN}) Q_{G(TOT)} \cdot f_{SW}$ ，其中的  $Q_{G(TOT)}$  是所有实际开关 FET ( 1A、1B、2A、2B、3 和 4 ) 的总栅极电荷之和， $f_{SW}$  是编程的开关频率。

在仅电池供电的情况下，可通过以下方法灵活配置 REGN 的开关状态：

- 当充电器配置为低功耗模式 (EN\_LWPWR=1b) 时，REGN 默认关闭 (EN\_REGN\_LWPWR=0b)。如果客户需要为电路提供 REGN 电压，充电器通过设置 EN\_REGN\_LWPWR=1b 来启用 REGN。为了在低功耗模式下节省静态电流，REGN 电流能力按比例降低到 5mA ( 典型值 ) 和 3mA ( 最小值 )。当接收到启动转换器的主机命令时 ( 例如启用 OTG 或 VAP 模式 )，随后 REGN 应自动恢复到满量程，以便支持大栅极驱动电流需求，即使 EN\_LWPWR=1b 也是如此。

- 当充电器配置为性能模式 (EN\_LWPWR=0b) 时, 应该以满量程能力开启 REGN, 并忽略 EN\_REGN\_LWPWR 配置。这样才能支持 OTG、VAP、PSYS、IBAT、PROCHOT 和 ADC 特性。

### 7.3.4 独立比较器功能

当通过配置 CMPIN\_TR\_SELECT=0b 将 CMPIN\_TR 引脚多路复用为独立比较器输入时, 比较器输出为低电平有效, 并可以通过设置 EN\_CMP\_LATCH=1b 来锁存输出。主机可以通过切换 EN\_CMP\_LATCH 位来清除比较器输出。比较器极性通过 CMP\_POL 位确定; 比较器输出抗尖峰脉冲时间通过 CMP\_DEG 位进行调整。极性为高电平 (CMP\_POL = 1b) 时, 没有内部迟滞, 用户可以放置两个电阻 (R<sub>CMP1</sub> 和 R<sub>CMP2</sub>) 从外部对迟滞进行编程 (参考图 7-3)。极性为低电平 (CMP\_POL = 0b) 时, 内部迟滞为 100mV 固定值。

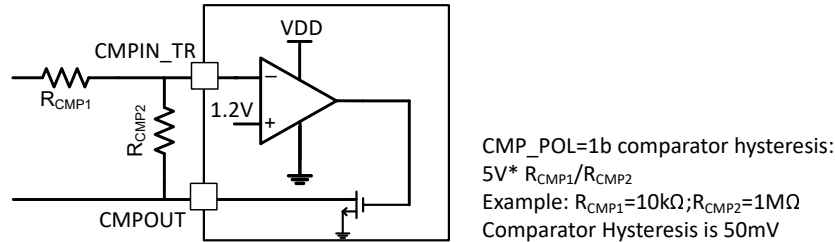


图 7-3. CMP\_POL=1b 时的比较器迟滞外部调整

比较器有一个专用的强制转换器关闭保护功能可由外部系统电路进行触发。要启用该功能, 请设置 FRC\_CONV\_OFF=1b。然后, 当比较器输出为低电平时, 转换器将关闭, FAULT\_FRC\_CONV\_OFF 将设置为 1b, CHRГ\_OK 引脚将被拉至低电平以通知主机 EC。当比较器输出恢复为高电平时, FAULT\_FRC\_OFF 位被清除并且转换器自动恢复开关操作。移除适配器后, 应清除一次转换器关闭故障, 如果比较器仍被触发为低电平, 则应再次触发该故障以使转换器保持禁用状态。

无论 CMPIN\_TR 引脚功能选择如何, 它始终具有专用的 ADC 通道, 可以通过设置 EN\_ADC\_CMPIN=1b 来启用该通道。

在仅电池低功耗模式 (EN\_LWPWR=1b) 下, 有一个专用的用户寄存器位 EN\_LWPWR\_CMP 用于启用具有最低静态电流消耗的独立比较器。当 EN\_LWPWR\_CMP=1b 时, 会启用独立比较器。

### 7.3.5 电池充电管理

该器件可为 2 节至 5 节锂离子电池充电。充电周期可由主机完全控制, 或者可实现自主充电 (无需主机交互)。

#### 7.3.5.1 自主充电周期

当自主电池充电功能为启用状态时 (EN\_AUTO\_CHG=1b、CHRG\_INHIBIT =0b 且 CHARGE\_CURRENT() 寄存器不是 0mA), 该器件将在没有主机参与的情况下自主完成充电周期。电池充电参数可以由 CHARGE\_VOLTAGE() 和 CHARGE\_CURRENT() 进行编程。主机始终可以写入相应的寄存器来控制充电操作并优化充电参数。

表 7-2. 锂离子电池充电参数默认设置

默认模式	BQ2577x
充电阶段	预充电 → 快速充电 (CC) → 恒压充电 (CV) → 终止 → 再充电
电池节数 (n_cell)	由 CELL_BATPRES 引脚设置
充电电压 (CHARGE_VOLTAGE())	4.2V/节
充电电流 (CHARGE_CURRENT())	0A (需要主机配置)
终止电流 (ITERM)	256mA
再充电电压 (VRECHG)	CHARGE_VOLTAGE()-200mV
预充电电流 (IPRECHG)	384mA
安全计时器	12 小时

当以下条件有效时，自主充电周期启动：

- 转换器启动
- 已启用电池自主充电 (EN\_AUTO\_CHG = 1b)
- CHARGE\_CURRENT() 寄存器不是 0mA
- CHRГ\_INHIBIT 位不是 1b
- 无 SYSOVP/VSYS\_UVP/ACOC/TSHUT/BATOVР/BATDOC/SC\_VBUSACP/强制转换器关闭故障
- 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 模式时，该器件自动终止充电周期。当充满电的电池电压放电至低于再充电阈值（可以通过 VRECHG[3:0] 位选择阈值）时，器件会自动启动新的充电周期。在充电自动终止后，将 CHRГ\_INHIBIT 位从 1b 更改为 0b 或将 CHARGE\_CURRENT() 从 0A 更改为非零值可以启动新的充电周期。

状态寄存器 (CHRГ\_STAT) 指示不同的充电阶段，如下所示：

- 000 - 未充电
- 001 - 涓流充电 ( $V_{BAT} < V_{BAT\_SHORT}$ )
- 010 - 预充电 ( $V_{BAT\_SHORT} < V_{BAT} < V_{SYS\_MIN}()$  设置)
- 011 - 快速充电 (CC 模式)
- 100 - 恒压充电 (CV 模式)
- 101 - 保留
- 110 - 保留
- 111 - 充电终止完成

### 7.3.5.2 电池充电曲线

该器件分四个阶段对电池进行充电：涓流充电、预充电、恒流充电和恒压充电。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/电压。如果启用自主充电，则可以实现自动终止充电，并在 VBAT 降至低于 CHARGE\_VOLTAGE() 的特定值时将开始自动再充电。用户寄存器 VRECHG 位用于配置电池再充电阈值。

当充电器处于涓流充电状态 ( $V_{BAT} < V_{BAT\_SHORT}$ ) 且 EN\_LDO=1b 时，充电电流以  $I_{BAT\_SHORT}$  为上限，以防止电池过流充电并唤醒电池包。实际充电电流应为 CHARGE\_CURRENT() 和  $I_{BAT\_SHORT}$  中的较低值，以便提供 EC 灵活性来根据电池包要求对涓流充电电流进行编程。请注意，当 EN\_LDO=0b 时， $I_{BAT\_SHORT}$  电流钳位无效，并提供 EC 灵活性以便通过 CHARGE\_CURRENT() 寄存器对充电电流进行编程。

当充电器处于预充电状态 ( $V_{BAT\_SHORT} < V_{BAT} < V_{SYS\_MIN}()$ ) 且 EN\_LDO=1b 时，充电电流是 IPRECHG() 和 CHARGE\_CURRENT() 设置中的较低值；最大充电电流受 IPRECHG() 最大设置（即 2048mA）的限制以防止 BATFET 上产生过热。在这种情况下，更大的 VSYS\_MIN() 减去 VBAT 差值和更大的充电电流会在 BATFET 上产生更多的散热，应适当地限制该散热以确保安全运行。因此，该器件还有额外的两级电流钳位，以确保最大 BATFET 耗散损耗低于 2W（基于 VBAT 和 VSYS\_MIN() 设置之间的关系，请参阅表 7-9）。请注意，当 EN\_LDO=0b 时，预充电电流限制 (IPRECHG()) 无效，并提供 EC 灵活性以便通过 CHARGE\_CURRENT() 寄存器对充电电流进行编程。

表 7-3. 默认充电电流设置

VBAT 条件	充电电流	默认设置	CHRГ_STAT
$V_{BAT} < V_{BAT\_SHORT}$	$I_{BAT\_SHORT}$	128mA	001
$V_{BAT\_SHORT} < V_{BAT} < V_{SYS\_MIN}()$	$I_{PRECHG}$	384mA	010
$V_{SYS\_MIN}() < V_{BAT} < CHARGE\_VOLTAGE()$	CHARGE_CURRENT()	0A (需要主机根据电池要求进行配置)	011

如果充电器器件在充电期间处于 DPM 调节状态，则实际充电电流将小于编程值。在这种情况下，终止充电被暂时禁用，并且充电安全计时器以时钟速率的一半进行计数，详见“充电安全计时器”一节。

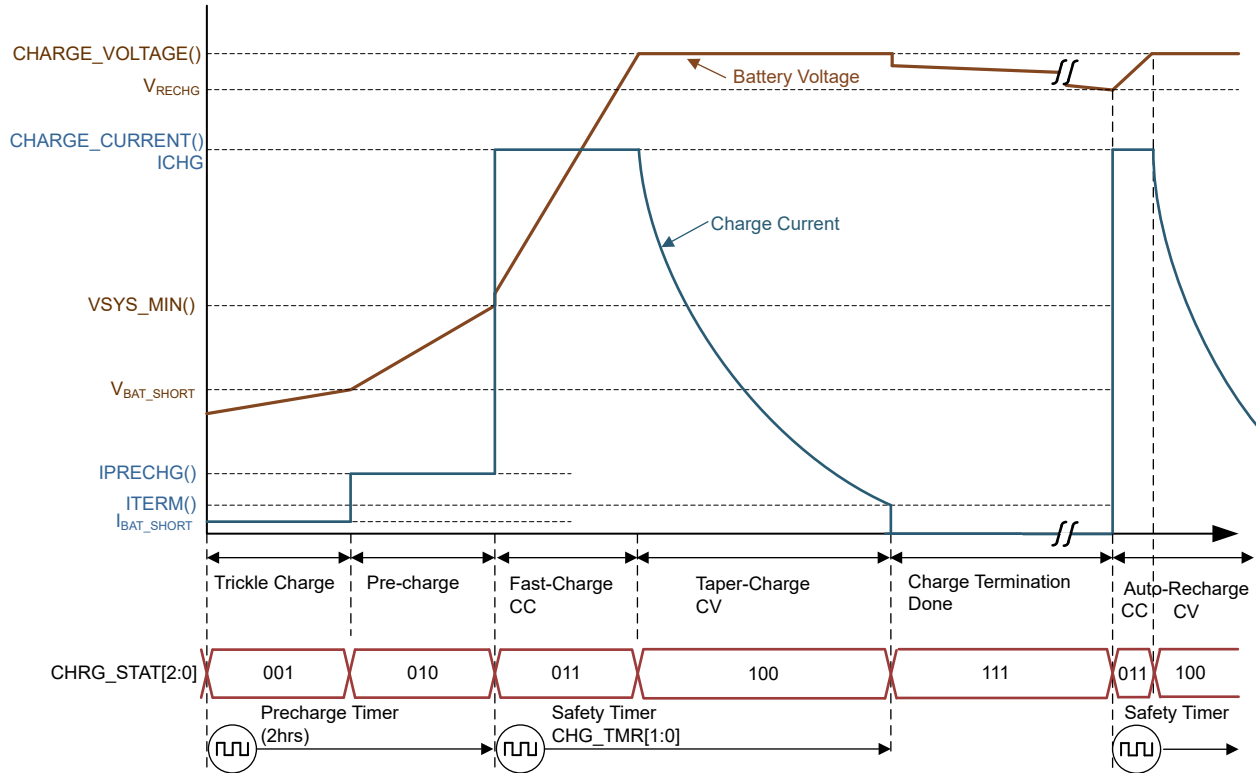


图 7-4. 典型的锂离子电池充电曲线

### 7.3.5.3 充电终止

如果未启用自主充电 (EN\_AUTO\_CHG=0b)，则在主机向 CHARGE\_CURRENT() 寄存器写入 0A 或根据电池电量监测计器件请求来设置 CHRG\_INHIBIT=1b 时，可以执行电池充电终止。

如果启用自主充电 (EN\_AUTO\_CHG=1b)，器件会在电池电压高于再充电阈值时终止充电周期，转换器在电池恒压调节环路中运行，电流低于终止电流阈值 ( I\_TERM() 寄存器设置 )。充电周期完成后，CHARGE\_CURRENT() 寄存器设置为 0A 以终止充电，并关断 BATFET。原始的 CHARGE\_CURRENT() 寄存器设置被内部记录，并在检测到再充电条件时恢复为 CHARGE\_CURRENT() 以重新开始充电。转换器会继续运行来为系统供电，如果触发了补电模式，BATFET 可以再次导通。

当终止充电完成时，状态寄存器 CHRG\_STAT 设置为 111b。充电器可以配置为将 CHRG\_OK 引脚下拉至少 256  $\mu$ s，以便在 CHRG\_OK\_INT 位设置为 1b 时通知主机已终止充电。当充电器器件处于输入电流 (IINDPM)、输入电压 (VINDPM) 或 TREG 热调节状态时，充电终止功能被暂时禁用。用于确定 IINDPM 活动状态和 VINDPM 活动状态的抗尖峰脉冲时间为 1ms，而用于确定 TREG 活动状态的抗尖峰脉冲时间为 10ms。

### 7.3.5.4 充电安全计时器

该器件有一个内置的快速充电安全计时器，可防止因电池状况异常导致充电周期延长。用户可以通过 CHG\_TMR 寄存器位对快速充电安全计时器进行编程。当安全计时器到期时，应通过将 CHARGE\_CURRENT() 设置为 0A 停止充电。状态寄存器 CHG\_TMR\_STAT 位设置为 1，而 CHRG\_STAT 位将设置为 000b (未充电)，并可以配置 CHRG\_OK 引脚以拉至低电平且持续时间至少为 256us，以便在 CHRG\_OK\_INT=1b 时通知主机。CHG\_TMR\_STAT 位将保持其 1b 状态，直到安全计时器复位。可以通过清除 EN\_CHG\_TMR 位来禁用安全计时器功能。

在 IINDPM 和 VINDPM 调节或 TREG 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，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。可以通过设置 EN\_TMR2X = 0 来禁用该半时钟速率功能。除强制计时器在上述条件下以

一半速率计数之外，在器件运行时更改 EN\_TMR2X 位对安全计时器计数没有影响。用于确定 IINDPM 活动状态和 VINDPM 活动状态的抗尖峰脉冲时间为 1ms，而用于确定 TREG 活动状态的抗尖峰脉冲时间为 10ms。

在禁用充电的故障期间，计时器暂停。由于计时器在该状态下不计数，因此 EN\_TMR2X 位无效。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 CHRG\_INHIBIT 位，重新启动计时器，CHARGE\_CURRENT() 寄存器从非零变为零再变为非零，充电电池在终止充电后降至再充电阈值以下）。

发生以下事件时，安全计时器会复位：

1. 充电周期停止并重新启动（切换 CHRG\_INHIBIT 位，或者充电终止的电池在终止充电后降至再充电阈值以下，或者 CHARGE\_CURRENT() 寄存器从零变为非零）
2. BAT 电压从预充电变为快速充电或反之
3. 安全计时器 (CHG\_TMR[1:0]) 寄存器位发生变化
4. 切换 EN\_CHG\_TMR 位，当 EN\_CHG\_TMR 变为 0b 时，安全计时器应复位并在重新启用 (EN\_CHG\_TMR=1b) 时重新开始计数

预充电安全计时器 (VBAT < VSYS\_MIN() 时运行的 2 小时固定计数器) 在暂停、复位和以半速率计数 (设置了 EN\_TMR2X 时) 方面遵循与快速充电安全计时器相同的规则。注意，预充电安全计时器同时适用于预充电和涓流充电阶段。

### 7.3.6 温度调节 (TREG)

在大功率应用中，监测和控制外部元件温度可以限制某些情况下的转换器总功率，从而提高可靠性。当 CMPIN\_TR\_SELECT=1b 时，CMPIN\_TR 引脚可以配置为温度调节反馈检测引脚。这是温度反馈引脚温度调节环路。图 7-5 中显示的外部分压器电路由  $R_S$  和 NTC 电阻  $R_{TH}$  组成。外部 NTC 被放置在调节温度的位置（例如，充电器功率级），并根据温度变化在 CMPIN\_TR 引脚上生成反馈电压。当温度低于目标值时，电压应高于 1.2V，温度调节无效，TREG\_STAT=0b；随着温度升高，CMPIN\_TR 引脚电压降至  $V_{TREG}=1.2V$  或更低，转换器开始降低转换器电流，调节 CMPIN\_TR 电压并保持在 1.2V，设置 TREG\_STAT=1b 并保持锁定状态，直到主机读取或 REG\_RESET 位操作。

要启用温度调节功能，请执行以下操作：

- 设置 CMPIN\_TR\_SELECT=1b 以将 CMPIN\_TR\_SELECT 引脚配置为温度调节反馈引脚。
- 确保已插入交流电源、已启用充电、CHARGE\_CURRENT() 为非零值且 CHRG\_INHIBIT=0b。
- 设置 EN\_TREG=1b 以启用温度调节，并将 CMPOUT 引脚拉至 GND。

$R_S$  和 NTC 电阻  $R_{TH}$  网络会产生一定的静态电流，在轻负载情况下可以忽略不计。为了减少轻负载条件下的静态电流，我们不需要在功率级本地将  $R_{TH}$  下拉至 GND，而是可以通过 CMPOUT 引脚进行下拉，如图 7-5 所示。在启用 TREG (CMPIN\_TR\_SELECT=1b 且 EN\_TREG=1b) 或启用热 PROCHOT 通道 (CMPIN\_TR\_SELECT=1b 且 PP\_THERMAL=1b) 的情况下，CMPOUT 引脚被下拉至 GND 以便在 CMPIN\_TR 引脚上生成检测电压。不过，在轻负载条件下，TREG 和 PP\_THERMAL 都可以禁用 (CMPIN\_TR\_SELECT=1b 且 EN\_TREG=0b 且 PP\_THERMAL=0b)，然后器件将使 CMPOUT 引脚保持高阻抗，以便减小流经分压器网络的静态电流。



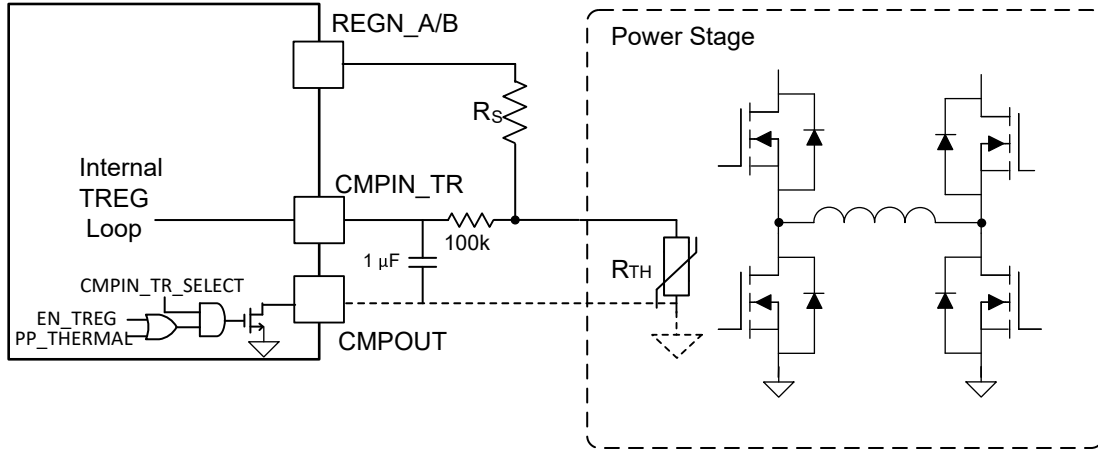


图 7-5. 建议的 CMPIN\_TR 温度调节配置

通过配置  $R_S$  固定电阻可以选择目标温度调节值。该应用中建议使用 10k NTC 热敏电阻 (ERTJ0EG103FA)，相应的  $R_S$  固定值可通过以下公式计算。在 60°C/80°C/100°C TREG 时对应的  $R_S$  值见表 7-4。在 60°C/80°C/100°C TREG 配置下，相应的 CMPIN\_TR 引脚电压与扫描温度的关系如图 7-6 所示。根据该图，除了温度调节功能外，还可以通过 CMPIN\_TR 引脚电压来测量 NTC 温度。该器件具有专用的 CMPIN\_TR 引脚电压 ADC 通道，可通过设置 EN\_ADC\_CMPIN=1b 来启用该通道。

专用的 PROCHOT 配置可预防调节目标的过热程度超过 TREG 目标。通过设置 PP\_THERMAL=1b 可以启用该配置，请参阅图 7-10。

$$R_S = \frac{5V - 1.2V}{1.2V} * R_{NTC@TREG} \quad (1)$$

表 7-4. 基于 ERTJ0EG103FA NTC 的 CMPIN\_TR 引脚 RC 网络配置参考

$R_S$	TREG 温度
9.53k $\Omega$	60°C
5.23k $\Omega$	80°C
3.01k $\Omega$	100°C

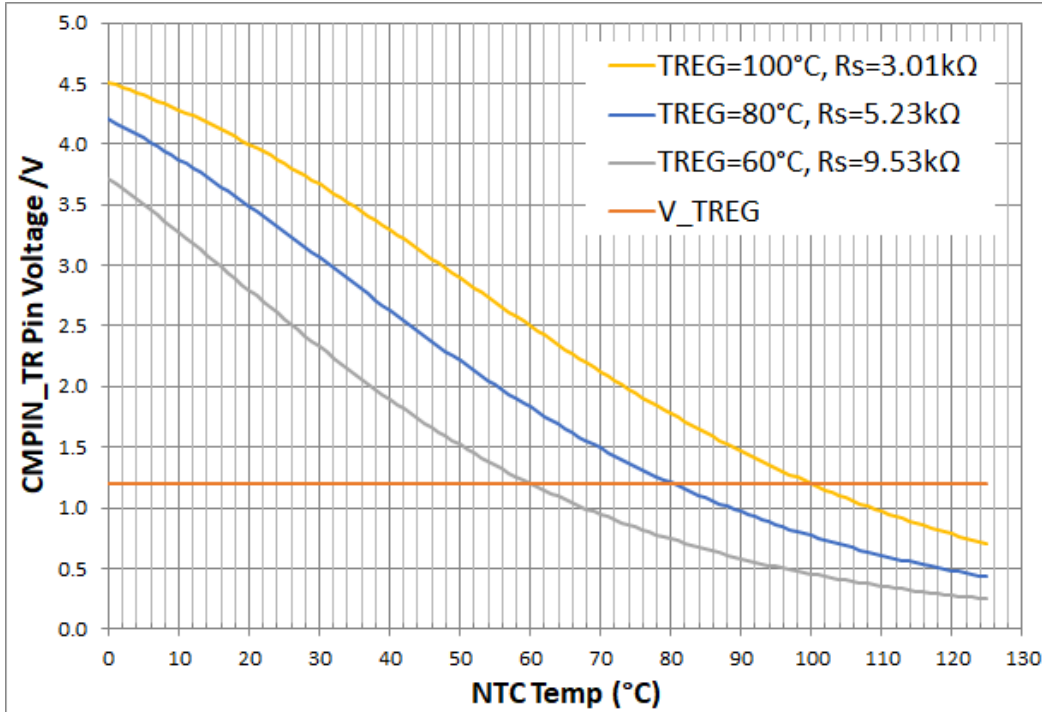


图 7-6. 不同调节目标 (60°C/80°C/100°C) 下 CMPIN\_TR 引脚电压与温度间的关系

### 7.3.7 仅电池模式下的 Vmin 主动保护 (VAP)

当仅连接电池且移除适配器时，如果 SoC 和主板系统尖峰重合，则 2S 或 3S 系统的系统峰值功率脉冲会非常高。这些尖峰预计非常罕见，但还是有可能出现。在这些高功率尖峰期间，考虑 BATFET 阻抗、充电检测电阻和电池包内部电阻的情况下，VSYS 电压可能会下降到低于最小系统电压的水平，并导致系统崩溃。在 VAP 模式下，充电器首先对输入去耦电容器进行充电，使其电压达到 VBUS，以存储一定的能量。在这些高系统功率尖峰期间，存储在输入电容器中的能量会为系统补电，从而防止在系统电压下降到最低系统电压之下时出现系统黑屏。VAP 模式可帮助 Intel CPU 实现更好的涡轮性能。整体 VAP 模式既是一种用于防止系统电压下降到其最小工作电压以下的保护机制，也是一种通过允许 Intel CPU 设置高于电池容量的峰值功率来提高涡轮性能的方法。

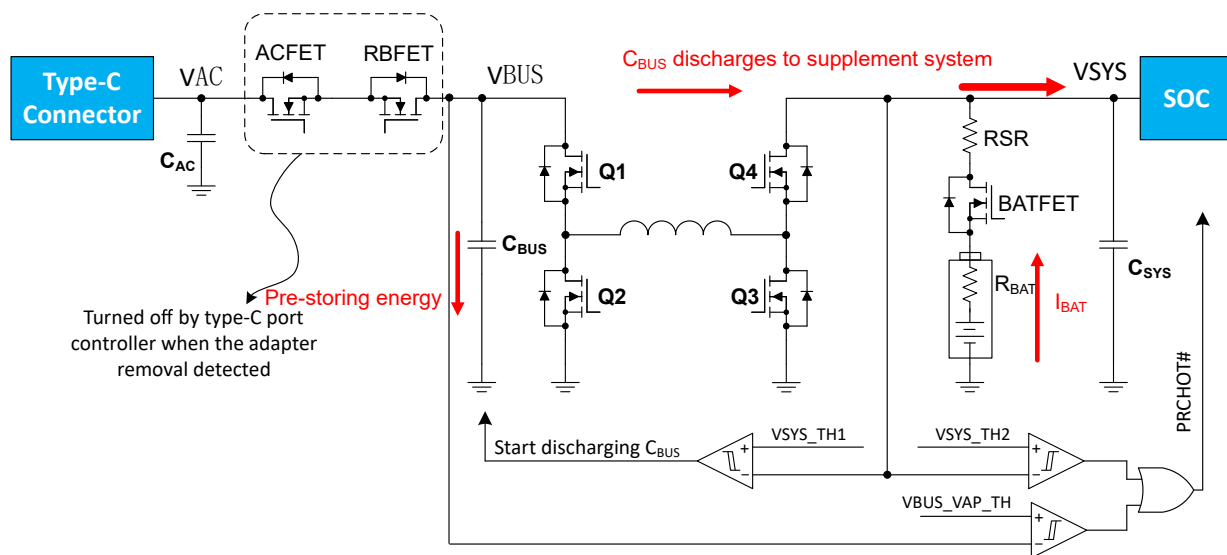


图 7-7. Vmin 主动保护 (VAP) 模式工作原理图

要进入 VAP 模式，请执行以下步骤：

- 在 OTG\_VOLTAGE() 中设置 VAP 输入电容器电压调目标。
- 在 OTG\_CURRENT() 中设置 VAP 模式加载电流。
- 将 VSYS\_TH1 设置为 VSYS 阈值以开始 VAP 启动。
- 将 VSYS\_TH2 设置为 VSYS 阈值以触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$ 。
- 将 VBUS\_VAP\_TH 设置为 VBUS 阈值以触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$ 。
- 设置 OTG\_VAP\_MODE=0b 以使用 EN\_OTG 引脚启用/禁用 VAP 模式。
- 移除适配器并上拉 EN\_OTG 引脚以进入 VAP 模式。

当插入适配器或 CPU 进入睡眠模式时，主机可以按照以下步骤退出 VAP 模式：

- 下拉 EN\_OTG 引脚以禁用 VAP 模式
- 设置 OTG\_VAP\_MODE=1b 以使用 EN\_OTG 引脚启用/禁用 OTG 模式。

EN\_OTG 引脚用作多功能引脚以启用 OTG、VAP 和 FRS 模式。为了正确进入 VAP 模式，请参考表 7-5 案例 7，请注意在 EN\_OTG 引脚被拉至高电平之前应配置 OTG\_VAP\_MODE=0b。EN\_OTG 引脚上拉后，不建议更改 OTG\_VAP\_MODE 位的值。

### 7.3.8 两级电池放电电流限制

为了防止触发电池过流保护并避免电池损耗，建议使用两个电池电流限制级别 ( IDCHG\_TH1 和 IDCHG\_TH2 )  $\overline{\text{PROCHOT}}$  配置。IDCHG\_TH1 通过 REG0x34h[15:10] 进行定义，而 IDCHG\_TH2 通过 REG0x36[5:3] 设置为 IDCHG\_TH1 的固定百分比。IDCHG\_TH1 和 IDCHG\_TH2 都有专用的抗尖峰脉冲时间设置寄存器 ( IDCHG\_DEG1 和 IDCHG\_DEG2 )。

- 当电池放电电流持续高于 IDCHG\_TH1 的时间超过 IDCHG\_DEG1 抗尖峰脉冲时间时， $\overline{\text{PROCHOT}}$  立即置为有效。如果放电电流降至低于 IDCHG\_TH1，则 IDCHG\_DEG1 抗尖峰脉冲时间计数器会自动复位。触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$  后，STAT\_IDCHG1 位将设置为 1。

设置 PP\_IDCHG1=1b 将启用 IDCHG\_TH1 以触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$ 。

- 当电池放电电流持续高于 IDCHG\_TH2 的时间超过 IDCHG\_DEG2 抗尖峰脉冲时间时， $\overline{\text{PROCHOT}}$  立即置为有效。如果放电电流降至低于 IDCHG\_TH2，则 IDCHG\_DEG2 抗尖峰脉冲时间计数器会自动复位。触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$  后，STAT\_IDCHG2 位将设置为 1。

设置 PP\_IDCHG2=1b 将启用 IDCHG\_TH2 以触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$ 。

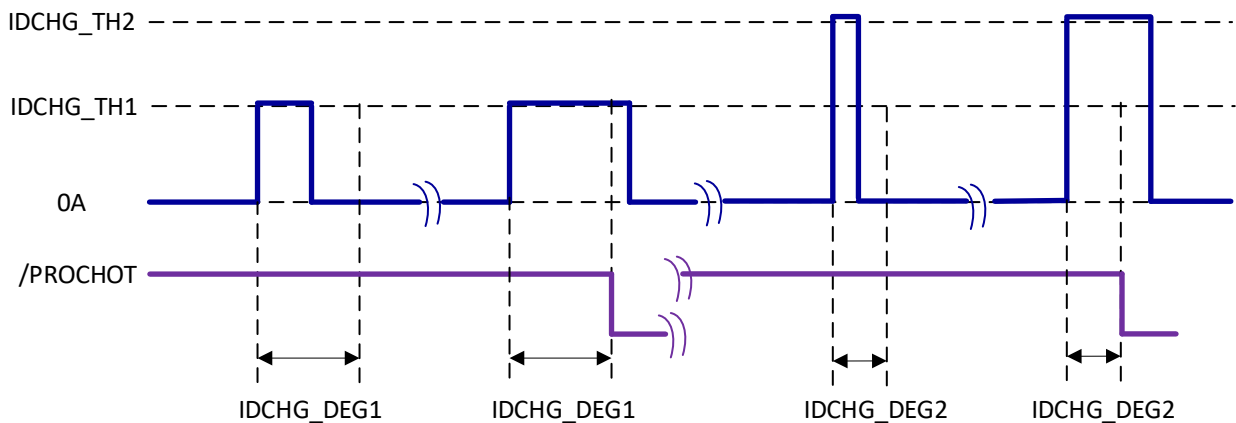


图 7-8. 两级电池放电电流触发  $\overline{\text{PROCHOT}}$  图

### 7.3.9 快速角色交换功能

快速角色交换 (FRS) 意味着在原始电源断开时，充电器从电源接收器角色快速切换到电源角色，为附件提供 OTG 输出电压。根据 USB-C PD 规范要求，此功能可以在不降低 VBUS 电压的情况下快速将充电器从正向模式转换到 OTG 模式。

要启用 FRS 功能，应将 EN\_FRS 位设置为 1。如果启用了 FRS (EN\_FRS = 1)，仅在硬件 EN\_OTG 引脚上拉后才会启用 EN\_OTG 位和转换器 OTG 模式。请注意，当 EN\_FRS 复位为 0 时，EN\_OTG 位不会自动复位，为了完全退出 OTG 模式，需要由主机复位 EN\_OTG 位。下面列出了运行 FRS 功能的步骤。

- 在 OTG\_CURRENT() 中设置目标 IOTG 电流限制
- 在 OTG\_VOLTAGE() 中设置目标 VOTG 电压
- 设置 OTG\_VAP\_MODE = 1
- 通过设置 EN\_FRS = 1 启用 FRS 功能。
- 移除适配器，VBUS 开始下降
- USB Type-C 端口 PD 控制器应上拉 EN\_OTG 引脚以启用 OTG 模式。如果开始时 VBUS > VOTG，则转换器将关闭，并等待 VBUS 降至 VOTG；只要 VBUS ≤ VOTG，转换器就会恢复开关操作，VOTG (CV/CC) 环路将进行接管。

下表比较了 VAP、OTG 和 FRS 功能配置。建议在上拉 EN\_OTG 引脚之前将充电器正确配置为目标模式。上拉 EN\_OTG 引脚后，不建议更改 OTG\_VAP\_MODE 和 EN\_FRS 位。

**表 7-5. VAP/OTG/FRS 配置比较**

案例编号	配置					充电器状态
	EN_OTG 引脚	OTG_VAP_MODE 位	EN_OTG 位	EN_FRS 位	电池/适配器配置	
1	0	X	X	X	仅电池	仅电池放电和转换器关闭
2	0	0	X	X	适配器+电池	正向模式 (无 FRS)
3	0	1	X	0	适配器+电池	正向模式 (无 FRS)
4	0	1	X	1	适配器+电池	正向模式 (FRS 待机)
5	1	1	0	X	仅电池	仅电池放电和转换器关闭
6	1	1	1	X	仅电池	OTG 模式
7	1	0	X	X	仅电池	VAP 模式

### 7.3.10 CHRГ\_OK 指示器

CHRG\_OK 是一个高电平有效开漏指示器。在正向模式下，当 VBUS 高于  $V_{VBUS\_CONVEN}$  时，CHRG\_OK 引脚行为汇总如下：

- 在非锁存故障 ACOV/ACOC/TSHUT/BATOV (仅当启用充电时)/BATDOC/REGN\_PG/强制关闭转换器的情况下，CHRG\_OK 将被下拉达到最小脉冲 256  $\mu$ s。即使在 256  $\mu$ s 到期之前消除了故障，CHRG\_OK 引脚仍应下拉，直到 256  $\mu$ s 计时器到期。当 256  $\mu$ s 计时器到期时，如果故障仍然存在，则 CHRG\_OK 引脚应保持低电平。
- 在锁存故障 SYSOVP/VSYS\_UVP 的情况下，CHRG\_OK 将被下拉并锁存，直到 EC 将 0b 写入 FAULT\_SYSOVP/FAULT\_VSYS\_UVP 位。
- CHRG\_OK 引脚也可以配置为中断源，以便通知主机有关 CHRG\_STAT 位的变化。要启用此功能，主机需要将 CHRG\_OK\_INT 位设置为 1b，然后每当 CHRG\_STAT 位发生变化时，CHRG\_OK 引脚将被下拉 256  $\mu$ s 以通知主机。注意：安全计时器在触发时也会改变 CHRG\_STAT 状态，因此，当 CHRG\_OK\_INT 位设置为 1b 时，如果安全计时器触发，CHRG\_OK 引脚将被下拉 256  $\mu$ s。

在仅电池 OTG 模式下，如果 OTG\_ON\_CHRGOK=1b，则在转换器因故障 SYSOVP/VSYS\_UVP/OTG\_UVP/OTG\_OVP/TSHUT/BATDOC/REGN\_PG/强制关闭转换器而关闭时，CHRG\_OK 引脚应该为低电平；如果 OTG\_ON\_CHRGOK=0b，则应始终下拉 CHRG\_OK 引脚。

### 7.3.11 输入电流和充电电流检测

该充电器支持使用 10m $\Omega$  和 5m $\Omega$  来检测输入电流。默认情况下会使用 POR 设置 RSNS\_RAC=0b 来启用 10m $\Omega$ 。如果使用 5m $\Omega$  检测，应配置 RSNS\_RAC=1b。较低的电流检测电阻有助于提高整体充电效率，尤其是

在重负载条件下。同时，与误差信号分量相比，有效信号减少，因此 PSYS/IADPT 引脚精度和 IINDPM/IOTG 调节精度会显著降低。

该充电器支持使用  $5\text{m}\Omega$  和  $2\text{m}\Omega$  来检测充电电流。默认情况下会使用 POR 设置 RSNS\_RSR=0b 来启用  $5\text{m}\Omega$ 。如果使用  $2\text{m}\Omega$  检测，应配置 RSNS\_RSR=1b。较低的电流检测电阻有助于提高整体充电效率，尤其是在重负载条件下。同时，与误差信号分量相比，有效信号减少，因此 PSYS/IBAT 引脚精度和 ICHG/IPRECHG 调节精度会降低。

当 RSNS\_RAC=RSNS\_RSR=0b 时，输入电流检测使用  $10\text{m}\Omega$ ，充电电流检测使用  $5\text{m}\Omega$ ，预充电电流上限通过 IPRECHG() 寄存器钳位在 2016mA，最大 IIN\_HOST 设置钳位在 8.2A，最大充电电流钳位在 16.32A。

当 RSNS\_RAC=RSNS\_RSR=1b 时，输入电流检测使用  $5\text{m}\Omega$ ，充电电流检测使用  $2\text{m}\Omega$ ，最大 IIN\_HOST 设置钳位在 16.4A。最大充电电流钳位在 30A (LSB 为 20mA，CHARGE\_CURRENT[13:3] 为 5DCh)。系统说明：在  $2\text{m}\Omega$  充电电阻下，预充电电流上限会获得补偿，并仍然通过 IPRECHG() 寄存器 (66h) 钳位在 2040mA。不过，IBAT\_SHORT 不需要补偿，应从 128mA (RSR= $5\text{m}\Omega$ ) 增加到 320mA (RSR= $2\text{m}\Omega$ )。

如果需要 PSYS 功能，实际的输入电流检测和充电电流检测应符合 RSNS\_RSR 和 RSNS\_RAC 配置。由于 [方程式 2](#) 所示的 PSYS 计算方法，这是必要的。

### 7.3.12 输入电流和电压限制设置

该器件采用的实际输入电流限制是 IIN\_DPM 和 ILIM\_HIZ 引脚的较低值。寄存器 IIN\_DPM 输入电流限制值将在以下情况下更新：

- IIN\_DPM() 将根据 IIN\_HOST() 值进行更新，但下列的 ICO 执行情况除外。
- 移除适配器后，IIN\_HOST 将复位为 5A，在仅电池供电的情况下复位后主机可为 IIN\_HOST 重新写入新值。如果插回适配器且而 CHRГ\_OK 被上拉，则 IIN\_HOST 将不会再次复位。在这种情况下，IIN\_DPM 遵循 IIN\_HOST 值。
- 当执行输入电流优化 (ICO) 时 (EN\_ICO\_MODE=1b)，充电器将根据适配器输出特性自动检测优化的输入电流限制。最终的 IIN\_DPM 寄存器设置可能与 ICO 之后的 IIN\_HOST 不同。

输入电流限制功能默认通过 (EN\_IIN\_DPM=1b) 启用，可通过设置 EN\_IIN\_DPM=0b 进行禁用。状态位 IN\_IIN\_DPM 用于报告 IIN\_DPM() 调节下的输入电流。

输入电压限制可由 VINDPM() 寄存器位进行配置。POR 后，VINDPM() 默认设置为 A0h (3.2V)。EC 主机可以在 POR 后重写为目标值。还有 DETECT\_VINDPM 位用于根据 VBUS 测量结果减去 1.28V 来检测 VINDPM。向 DETECT\_VINDPM 位写入 1b 即可启动该过程，然后转换器将关闭以测量 VBUS。VBUS 测量完成后，VINDPM() 写入值 VBUS-1.28V，DETECT\_VINDPM 位恢复为 0，转换器再次启动。状态位 IN\_VINDPM 用于报告处于 VINDPM 调节下的输入电压。

### 7.3.13 电池电芯配置

CELL\_BATPRES 引脚通过 REGN\_A/B 到 GND 之间的电阻分压器进行偏置。在 REGN\_A/B 斜升或 CELL\_BATPRES 引脚斜升后，器件会在 2ms 的延时时间后通过 CELL\_BATPRES 引脚偏置电压检测电池配置。CELL\_BATPRES 引脚上不允许连接外部电容器。当 CELL\_BATPRES 引脚在器件启动过程开始时下拉至 GND 时，CHARGE\_VOLTAGE()、SYSOVP、VSYС\_MIN() 和 VRECHG() 遵循下表中的“电池移除”行的相应值。

在移除电池的情况下启动器件后，CELL\_BATPRES 引脚应通过外部 MOSFET 下拉至低电平，如应用示意图中所示。如果 CELL\_BATPRES 引脚被拉至低于  $V_{\text{CELL\_BATPRES\_FALL}}$  的时间达 1ms 抗尖峰脉冲时间，则器件会通过复位 CHARGE\_CURRENT()=000h 且 EN\_AUTO\_CHG=0b 来禁用充电；同时，CHARGE\_VOLTAGE()、SYSOVP、VSYС\_MIN() 和 VRECHG() 不会改变。当 REGN\_A/B 电压上升或者 CELL\_BATPRES 引脚升高至高于  $V_{\text{CELL\_BATPRES\_RISE}}$  时，器件应以 2ms 的延时时间重新读取电芯配置：如果之前 EC 没有更改过 CHARGE\_VOLTAGE()、SYSOVP、VSYС\_MIN() 和 VRECHG()，它们应重新检测为相应的电芯设置默认值；如果之前 EC 更改了任何 CHARGE\_VOLTAGE()、SYSOVP、VSYС\_MIN() 和 VRECHG() 值，它们的值不应再受新检测过程的影响。为了避免 EC 来回写入目标值，这是必需的。请参阅 [表 7-6](#)，了解对于不同电芯数的

CELL\_BATPRES 引脚配置典型电压。请注意器件是否处于学习模式 (EN\_LEARN=1b)。将 CELL\_BATPRES 引脚拉至低电平会将 EN\_LEARN 位清除为 0b 并强制器件退出学习模式。

当 CELL\_BATPRES 引脚被拉至地时，表示电池已移除。由于没有电池充电，充电器可以通过将 EN\_IIN\_DPM 设置为 0 来自动禁用 IIN\_DPM，从而最大限度减少 VSYS 压降。通过设置 IIN\_DPM\_AUTO\_DISABLE=1b 即可启用该功能。主机稍后可以通过向 EN\_IIN\_DPM 位写入 1 来重新启用 IIN\_DPM 功能。

**表 7-6. 电池电芯配置**

电芯数	引脚电压, 基准为 REGN_A/B	CHARGE_VOLTAGE()	SYSOVP	VSYS_MIN	VRECHG
5S	100%	21.000V	27V	15.4V	500mV
4S	75%	16.800V	22V	12.3V	400mV
3S	55%	12.600V	17V	9.2V	300mV
2S	40%	8.400V	12V	6.6V	200mV
电池移除	0%	8.400V	27V	6.6V	200mV

### 7.3.14 器件高阻态状态

当存在输入源时，充电器会在 ILIM\_HIZ 引脚电压低于 0.4V 或 EN\_HIZ 设置为 1b 时进入高阻态模式。在高阻态模式期间，转换器会关闭并导通 BATFET 以使用电池为系统补电（如果 BATFETOFF\_HIZ=0b）。也可以通过设置 BATFETOFF\_HIZ=1b 在高阻态模式期间关断 BATFET。为了退出高阻态模式，ILIM\_HIZ 引脚电压必须高于 0.8V 且 EN\_HIZ 位必须设置为 0b。主机清除高阻态模式后，转换器将恢复开关操作，并再次关断 BATFET。

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

该器件支持 USB OTG 运行，可通过 USB 端口从电池向其他便携式器件供电。OTG 输出电压于 OTG\_VOLTAGE() 寄存器中设置，20mV LSB 范围为 3.0V 至 5V。OTG 输出电流限制于 OTG\_CURRENT() 寄存器中设置，在 10mΩ 输入电流检测下，50mA LSB 的范围为 0A 至 3A。状态位 IN\_IIN\_DPM 用于报告输出电流处于 OTG\_CURRENT() 调节下；状态位 IN\_VINDPM 用于报告输出电压处于 OTG\_VOLTAGE() 调节下。OTG 电压和 OTG 电流在分辨率和精度方面均符合 USB-PD 编程电源 (PPS) 规范。如果条件有效，则可以启用 OTG 操作：

- 在 OTG\_CURRENT() 寄存器中设置目标 OTG 电流限制。
- 在 OTG\_VOLTAGE() 寄存器中设置目标 OTG 电压。
- VBUS 低于  $V_{VBUS\_CONVENZ}$ 。
- VBAT 高于  $V_{BAT\_OTGEN}$  电平。
- EN\_OTG 引脚为高电平、EN\_OTG = 1b 且 OTG\_VAP\_MODE = 1b。
- 上述条件有效后的 15 ms，转换器启动，VBUS 斜升至目标电压。如果 OTG\_ON\_CHRGOK=1b，CHRG\_OK 引脚将变为高电平。

EN\_OTG 引脚用作多功能引脚以启用 OTG、VAP 和 FRS 模式。为了正确启用 OTG 模式，请参阅表 7-5 案例 6。应在 EN\_OTG 引脚被拉至高电平之前配置 OTG\_VAP\_MODE=1b。EN\_OTG 引脚上拉后，不建议更改 OTG\_VAP\_MODE 位的值。

### 7.3.16 准双相位转换器运行模式

通过 MODE 引脚可以将转换器配置为在准双相降压/升压模式下运行，请参阅表 7-1。在不同的 VBUS 和 VSYS 组合下，充电器以降压、降压/升压和升压模式运行。降压/升压模式可在三种运行模式之间无缝运行。下面列出了连续导通模式 (CCM) 下的 6 个主要开关工作状态以供参考。

- 降压模式运行：Q4 处于恒定导通状态，两个降压相位都应以 PWM\_FREQ 位确定的频率进行开关。A 相和 B 相之间应存在 180 度交错，以便最大限度减小电感器总纹波，最终减小 VBUS 和 VSYS 电压纹波。由于支持切相功能，转换器可以在轻负载下自动转换到 A 相单相运行模式。转换阈值基于 SINGLE\_DUAL\_TRANS\_TH 位配置。

- 降压/升压模式运行：在准双相配置下， $2 \cdot F_{sw}$  开关频率将分布在两个降压相位和一个升压相位之间。它们应按如下顺序进行开关：SW1\_A->SW2->SW1\_A->SW1\_B->SW2->SW1\_B->SW1\_A->SW2->SW1\_A... 每个相位的等效频率可通过  $2 \cdot F_{sw}/3$  算出。例如，当 PWM\_FREQ=1b (600kHz) 时，A 相、B 相和升压相位桥臂将以 400kHz 的频率进行开关。
- 升压模式运行：Q1\_A 和 Q1\_B 应为恒定导通状态，并且升压半桥保持以 PWM\_FREQ 位确定的频率进行开关。由于两个降压相位电感器并联以减小总电感器电流纹波，因此在升压模式下，开关频率将翻倍至  $2 \cdot F_{sw}$  (MODE 引脚配置为准双相)。在特定的负载范围 (约为 2.5A~3A) 内，可能会出现一些 CCM/PFM 来回反弹。这种反弹不会在输入侧产生负输入电流，但可能会产生一些充电电流纹波。负载高于或低于此临界范围后，此问题将消失。

**表 7-7. MOSFET 运行模式**

模式	降压	降压/升压	升压
Q1_A	在 $F_{sw}$ 时开关 (使用 Q1_B 交错执行)	开关 (使用 Q1_B 和 Q4 顺序执行)	开启
Q2_A	在 $F_{sw}$ 时开关 (使用 Q2_B 交错执行)	开关 (使用 Q2_B 和 Q3 顺序执行)	关闭
Q1_B	在 $F_{sw}$ 时开关 (使用 Q1_A 交错执行)	开关 (使用 Q1_A 和 Q4 顺序执行)	开启
Q2_B	在 $F_{sw}$ 时开关 (使用 Q2_A 交错执行)	开关 (使用 Q2_A 和 Q3 顺序执行)	关闭
Q3	关闭	开关 (使用 Q2_A 和 Q2_B 顺序执行)	在 $2 \cdot F_{sw}$ 时开关
Q4	开启	开关 (使用 Q1_A 和 Q1_B 顺序执行)	在 $2 \cdot F_{sw}$ 时开关

### 7.3.17 连续导通模式 (CCM)

在具有足够充电电流或系统电流的情况下，转换器在 CCM 模式下运行。在两个 MOSFET 均关断的死区时间内，低侧功率 MOSFET 的体二极管传导电感器电流。

在 CCM 期间，电感器电流始终流动。在 HSFET 处于关断状态时使 LSFET 导通，这可保持较低的功耗，并允许在大电流下安全充电。

### 7.3.18 脉冲频率调制 (PFM)

为了提高转换器轻负载效率，BQ25770G 在轻负载时切换到 PFM 运行模式。当系统负载降低时，有效开关频率将相应降低。启用 OOA 特性 (EN\_OOA=1b) 后，最小频率可限制为 20kHz。

### 7.3.19 开关频率和抖动功能

通常，IC 以固定频率进行开关，此频率可通过 FSW\_SYNC 引脚进行调整。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 32 规范。默认情况下会设置 EN\_DITHER = 00b，即禁用此功能。要启用此功能，可以设置 EN\_DITHER=01/10/11b。启用抖动后，开关频率不是固定的，而是在 EN\_DITHER 设置确定的范围内变化。01/10/11b 对应于  $\pm 2\%/4\%/6\%$  开关频率。选择的抖动范围越大，EMI 噪声峰值将越小，但同时也会产生略微更大的输出电容器电压纹波。因此，选择抖动频率范围时需要在 EMI 噪声峰值和输出电压纹波之间进行的权衡，建议选择可满足 IEC-CISPR 32 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。

应注意的是，如果提供了外部时钟，抖动功能将不起作用。

### 7.3.20 电流和功率监控器

#### 7.3.20.1 高精度电流检测放大器 (IADPT 和 IBAT)

高精度电流检测放大器 (CSA) 用于在正向充电期间监测充电器输入电流，或在 OTG (IADPT) 期间监测输出电流以及充电/放电电流 (IBAT)。IADPT 电压是 ACP\_A 和 ACN\_A 上的电压差值加上 ACP\_B 和 ACN\_B 上的电压差

值的 20 倍 (IADPT\_GAIN=0b) 或 40 倍 (IADPT\_GAIN=1b)。IBAT 电压是 SRP 和 SRN 上的电压差值的 8 倍 (IBAT\_GAIN=0b) 或 64 倍 (IBAT\_GAIN=1b)。为了降低电流监测时的电压，可以使用从 IADPT/IBAT 输出到 GND 的电阻分压器，并且仍然可以实现整个温度范围内的精度。为防止 IADPT/IBAT 引脚电压崩溃，建议分压器电路的总电阻至少应为 100k $\Omega$ 。

- 在正向模式期间， $V_{IADPT} = 20$  或  $40 \times (V_{ACP\_A} - V_{ACN\_A} + V_{ACP\_B} - V_{ACN\_B})$  且极性自动翻转，而在反向 OTG 模式期间， $V_{IADPT} = 20$  或  $40 \times (V_{ACN\_A} - V_{ACP\_A} + V_{ACN\_B} - V_{ACP\_B})$ 。
- 在正向模式充电期间， $V_{IBAT} = 8$  或  $64 \times (V_{SRP} - V_{SRN})$ 。需要配置 EN\_IBAT=1b 和 EN\_ICHG\_IDCHG=1b。
- 在正向补电模式、反向 OTG 模式和仅电池放电情形中， $V_{IBAT} = 8$  或  $64 \times (V_{SRN} - V_{SRP})$ 。需要配置 EN\_IBAT=1b 和 EN\_ICHG\_IDCHG=0b。

为了对高频噪声进行去耦，建议在输出端连接一个最大值为 100pF 的电容器。可选用一个额外的 RC 滤波器。请注意，RC 滤波有额外的响应延迟。IADPT 和 IBAT 输出电压被钳位在 3.2V。

### 7.3.20.2 高精度功率检测放大器 (PSYS)

充电器监控系统总功率。在正向模式期间，输入适配器为系统供电。在反向 OTG 模式下以及仅电池放电场景中，电池为系统和 VBUS 输出供电。PSYS 引脚输出电流与系统总功率之比  $K_{PSYS}$  可在 PSYS\_RATIO 寄存器位中进行编程，默认值为 1  $\mu$ A/W。在 RSNS\_RAC 位和 RSNS\_RSR 位中选择输入和充电检测电阻 (RAC 和 RSR)。如果 PSYS\_CONFIG=00b，则可以使用方程式 2 计算 PSYS 电压，其中，当充电器正向充电时， $I_{IN\_A}/I_{IN\_B} > 0$ ，当充电器处于 OTG 运行模式时， $I_{IN\_A}/I_{IN\_B} < 0$ ；当电池正在充电时， $I_{BAT} < 0$ ，当电池正在放电时， $I_{BAT} > 0$ 。

$$V_{PSYS} = R_{PSYS} \cdot K_{PSYS} (V_{ACP\_A} \cdot I_{IN\_A} + V_{ACP\_B} \cdot I_{IN\_B} + V_{SYS} \cdot I_{BAT}) \quad (2)$$

为了获得正确的 PSYS 功能，RAC 实际值限制为 10m $\Omega$  或 5m $\Omega$ ，并应与 RSNS\_RAC 寄存器设置一致；RSR 实际值限制为 5m $\Omega$  或 2m $\Omega$ ，并应与 RSNS\_RSR 寄存器设置一致。

充电器可以通过在正向模式下设置 PSYS\_CONFIG = 01b 来阻止 IBAT 对上述公式的影响，并通过设置 PSYS\_OTG\_IDCHG=1b 来阻止 IBUS 对上述公式的影响。

为了尽可能减小静态电流，默认情况下会通过默认的 PSYS\_CONFIG = 11b 禁用 PSYS 功能。

表 7-8. PSYS 配置表

案例编号	PSYS_CONFIG 位	PSYS_OTG_IDCHG 位	正向模式 PSYS 配置	OTG 模式 PSYS 配置
1	00b	0b	PSYS=PBUS+PBAT	PSYS=PBUS+PBAT
2	00b	1b	PSYS=PBUS+PBAT	PSYS=PBAT
3	01b	0b	PSYS=PBUS	PSYS=0
4	01b	1b	PSYS=PBUS	PSYS=0
5	11b	Xb	PSYS=0 (禁用)	PSYS=0 (禁用)

### 7.3.21 输入源动态电源管理

充电器支持动态电源管理 (DPM)。通常，输入电源为系统负载供电和/或为电池充电。当输入电流超过输入电流设置 (IIN\_DPM) 或输入电压降至输入电压设置 (VINDPM) 以下时，充电器会降低充电电流，以优先为系统负载供电。随着系统电流的上升，可用的充电电流相应地下降至零。如果系统负载在充电电流降至零后持续增加，则系统电压开始下降。当系统电压降低至低于电池电压时，电池将放电以提供重系统负载。

### 7.3.22 用于监测的集成 16 位 ADC

该器件包括一个 16 位 ADC，用于根据器件的运行模式监视关键系统信息。ADC 的控制是通过 ADCOption 寄存器完成的。共有 7 个 ADC 通道可通过 ADCOption 寄存器 [7:0] 位分别启用。ADC\_RATE 位用于选择连续转换和单次转换。选择连续转换时，每个启用的 ADC 通道将逐个连续执行，ADC 循环刷新时间可以通过启用的 ADC 通道数 (ADCOption 寄存器 [7:0] 设置) 和 ADC\_SAMPLE 配置 (24ms/12ms/6ms) 两者的乘积计算得出。选择单次



转换时，ADC\_EN 用于启动单次转换。在单次转换完成后，ADC\_EN 位将被清零，必须重新置为有效才能启动新的转换。当 ADC 处于连续模式下时，ADC\_EN 用于启用 ADC 连续运行。要启用每个通道，ADC 不仅应将 ADC\_EN 配置为 1b，还需要在 ADCOption 寄存器 [7:0] 位中启用专用通道。当所有 ADC 通道都被禁用时，器件会立即将 ADC\_EN 复位为 0b。

如果  $V_{BUS} > V_{V_{BUS\_CONVEN}}$  或  $V_{BAT} > V_{V_{BAT\_UVLOZ}}$  有效，则允许 ADC 运行。如果不存在适配器 ( $V_{BUS} < V_{V_{BUS\_CONVEN}}$ )，并且 VBAT 小于  $V_{V_{BAT\_UVLO}}$ ，则器件不会执行 ADC 测量，也不会更新 ADC 读回值。此外，器件会立即将 ADC\_EN 复位为 0b。如果充电器在 ADC 转换正在运行时更改模式（例如，如果连接了适配器），则转换会中断。模式更改完成后，ADC 将从中断的通道开始恢复转换。

ADC\_SAMPLE 位可控制 ADC 的分辨率，并根据分辨率确定  $t_{ADC\_CONV}$  的转换时间。在 ADC 所有启用的通道中，一个周期的总转换时间可以由通道数乘以相应的  $t_{ADC\_CONV}$ （取决于 ADC\_SAMPLE 设置）来估算。如果通过设置相应的位禁用了某个 ADC 通道，则相应寄存器中的读回值将是来自最后一次有效 ADC 转换的值或是默认的 POR 值（如果没有发生任何转换则为全零）。如果在 ADC 测量周期中间禁用某个 ADC 参数，则器件会完成该参数的转换，但不会在下一个转换周期开始时转换该参数。即使在禁用所有 ADC 测量参数时不会发生任何转换，只要 ADCOption 寄存器 [7:0] 中的一个位被设置为“1”，ADC 电路就会处于活动状态并为开始转换做好准备。

无论器件中是否存在故障，都会运行 ADC 转换。即使发生故障（例如导致功率级禁用的故障），ADC 转换也会继续，主机必须将 ADC\_EN 设置为“0b”以禁用 ADC。ADC 转换在适配器插入时被中断，并且只有在从输入启用 REGN 稳压器后才会恢复。ADC 读数仅对直流状态有效，对瞬态无效。当主机通过向 ADC\_EN 写入 0b 来禁用 ADC 时，ADC 立即停止，ADC 测量值对应于上次有效的 ADC 读数。

如果主机需要更平稳地退出连续 ADC，则可以执行以下任一操作：

1. 向 ADC\_RATE 写入单次转换，ADC 将在一个完整的转换周期结束时停止，或者
2. 禁用所有 ADC 转换通道，ADC 将在电流测量结束时停止。

当系统负载由电池供电（输入源被移除或器件处于高阻态模式）时，ADC 会自动为 REGN 供电并增大静态电流。为了保持低电池漏电流，建议为 ADC 设置占空比或完全将其禁用。

### 7.3.23 输入电流优化器 (ICO)

尽管在达到适配器限制时可以使用 IINDPM 和 VINDPM 功能来保持系统负载运行，但是当适配器长时间在其电流和电压限制下保持运行时，适配器会过热。因此，最好在额定电流值下运行适配器。

该充电器具有创新型自动输入电流优化器 (ICO)，能够在输入电流限制高于 500mA 的情况下最大限度地提高输入源的功率。执行 ICO 功能的步骤如下：

- 确保系统可以通过适配器的上电并且电池可以在 CC 阶段充电
- 将 VINDPM() 寄存器值设置为略低于满载规格下的适配器电压
- 将 IIN\_HOST() 寄存器值设置为用户希望在 VBUS 上灌入的最大输入电流限制量
- 通过设置 EN\_EXTILIM=0b 来禁用外部 ILIM\_HIZ。禁用 ICO 后，IIN\_DPM 寄存器值应与 IIN\_HOST 相同。
- 将 CHARGE\_CURRENT 寄存器中的充电电流设置为设计规格，该规格应足以支持 ICO 评估
- 通过设置 EN\_ICO\_MODE=1b 启用 ICO 测试，等待约 2 秒，然后检查 ICO\_DONE 状态位。如果该位变为 1，表示 ICO 完成
- 在 ICO\_DONE=1b 后，在当前适配器的 IIN\_DPM 寄存器中读回 ICO 结果。IIN\_HOST 寄存器中的值不会被 ICO 更改。如果主机将 EN\_ICO\_MODE 位设置回零，则 IIN\_DPM 将恢复到 IIN\_HOST 中的设置。要继续使用 ICO 确定的最佳输入电流限制，建议在 ICO 完成后读取 IIN\_DPM 寄存器并将该值写回 IIN\_HOST。

### 7.3.24 两级适配器电流限制 (峰值功率模式)

通常，适配器可在几毫秒至几十毫秒内提供高于直流额定值的电流。该充电器采用两级输入电流限制或峰值功率模式，以充分利用过载能力，并在 CPU 涡轮模式期间尽可能地减少电池放电。1 级直流电流限制 ( $I_{LIM1}$ ) 与 IIN\_DPM 寄存器中设置的适配器直流电流相同。2 级过载电流 ( $I_{LIM2}$ ) 在 ILIM2\_VTH 中设置为  $I_{LIM1}$  的百分比。

当充电器检测到负载瞬态导致的输入电流浪涌和电池放电（适配器和电池一起支持系统）时，或者当充电器检测到负载瞬态导致系统电压开始下降到低于  $VSYS\_MIN$  寄存器设置（只有适配器支持系统）时，充电器将首先在长达  $T_{OVLD}$ （ $PKPWR\_TOVLD\_DEG$  寄存器位）的时间内施加  $I_{LIM2}$ ，然后在长达  $T_{MAX} - T_{OVLD}$  的时间内施加  $I_{LIM1}$ 。 $T_{MAX}$  在  $PKPWR\_TMAX$  寄存器位中进行编程。在  $T_{MAX}$  之后，如果负载仍处于高电平，则开始另一个峰值下电上电。在  $T_{MAX}$  期间禁用充电；一旦  $T_{MAX}$  到期，便继续充电。在  $T_{OVLD}$  期间，如果  $PP\_INOM=1b$  并且输入电流超过  $110\% \cdot I_{LIM1}$ ，则应在  $INOM\_DEG$  抗尖峰脉冲时间到期后下拉  $PROCHOT$  引脚。详细信息如图 7-9 所示。

为了准备进入峰值功率，请执行以下步骤：

- 设置  $EN\_IIN\_DPM=1b$  以启用输入电流动态电源管理。
- 设置  $EN\_EXTILIM=0b$  以禁用外部电流限制。
- 根据适配器输出电流额定值将寄存器  $IIN\_HOST$  设置为 1 级电流限制 ( $I_{LIM1}$ )。
- 根据适配器过载能力将寄存器位  $ILIM2\_VTH$  设置为 2 级电流限制 ( $I_{LIM2}$ )。
- 根据适配器能力，将寄存器位  $PKPWR\_TOVLD\_DEG$  设置为每个峰值电源模式运行周期的  $I_{LIM2}$  有效持续时间。
- 根据适配器能力，将寄存器位  $PKPWR\_TMAX$  设置为每个峰值电源模式运行周期时间。

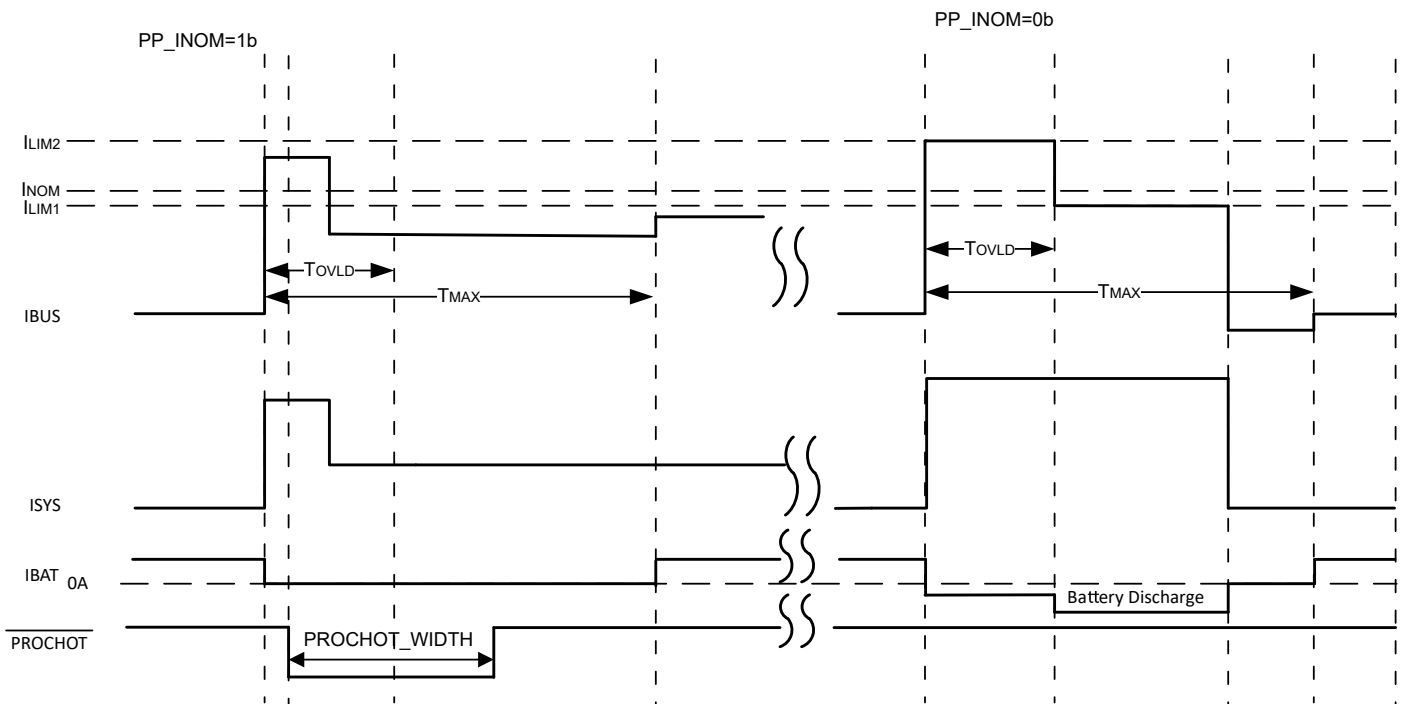


图 7-9. 两级适配器电流限制时序图

### 7.3.25 处理器热量指示

当 CPU 以涡轮模式运行时，系统峰值功率可能会超过适配器和电池的可用功率总和。适配器电流和电池放电峰值电流或系统压降表明系统功耗过高。充电器处理器热量函数会监测这些事件，如果系统功耗过高，则  $PROCHOT$  脉冲将置为有效。一旦 CPU 从充电器接收到  $PROCHOT$  脉冲，它就会减慢速度以降低系统功耗。由处理器热量功能监测的事件包括：

- $ICRIT$ ：适配器峰值电流，为  $I_{LIM2}$  的 110%
- $INOM$ ：适配器平均电流 ( $IIN\_DPM$  的 110%)
- $IDCHG1$ ：电池放电电流 1 级
- $IDCHG2$ ：电池放电电流 2 级。请注意， $IDCHG2$  阈值始终大于  $IDCHG1$  阈值，由  $IDCHG\_TH2$  寄存器设置决定。

- **VBUS\_VAP** : VAP 模式下用于触发 PROCHOT 的 VBUS 阈值
- **VSYS** : VSYS 上的系统电压。
- **适配器移除** : 移除适配器时 ( 当 VBUS 降至  $V_{VBUS\_CONVENZ}$  阈值以下且抗尖峰脉冲时间在  $1\ \mu s$  范围内时,  $\overline{PROCHOT}$  引脚为一次性下降沿触发。如果触发, **STAT\_ADAPTER\_REMOVAL** 位将设置为 1b, 并将处于高电平, 直到通过主机读取或 **REG\_RESET** 位进行清除。状态位是电平触发, 这意味着如果在状态位被清除时 VBUS 仍低于  $V_{VBUS\_CONVENZ}$ , 则应立即再次触发状态位 )
- **电池移除** : 电池移除时 ( 当 **CELL\_BATPRES** 引脚电压降至  $V_{CELL\_BATPRES\_FALL}$  以下且抗尖峰脉冲时间处于  $1\ \mu s$  范围内时,  $\overline{PROCHOT}$  引脚为一次性下降沿触发。如果触发, **STAT\_BATTERY\_REMOVAL** 位将设置为 1b, 并将被锁定, 直到通过主机读取或 **REG\_RESET** 位进行清除。状态位也是下降沿触发, 这意味着如果在状态位被清除时 **CELL\_BATPRES** 引脚仍低于  $V_{CELL\_BATPRES\_FALL}$ , 则状态位仍将清除至 0b )
- **CMPOUT** : 独立比较器输出 ( **CMPOUT** 引脚从高电平变为低电平 )
- **VINDPM** : VBUS 低于 VINDPM 设置的 83%/91%/100%。有效阈值 **PROCHOT\_VINDPM** 由寄存器 **PROCHOT\_VINDPM\_80\_90** 位和 **LOWER\_PROCHOT\_VINDPM** 位的组合确定 :
  - **PROCHOT\_VINDPM=VINDPM** 寄存器设置 : **LOWER\_PROCHOT\_VINDPM=0b**;
  - **PROCHOT\_VINDPM=83% VINDPM** 寄存器设置 :  
**LOWER\_PROCHOT\_VINDPM=1b;PROCHOT\_VINDPM\_80\_90=0b**;
  - **PROCHOT\_VINDPM=91% VINDPM** 寄存器设置 :  
**LOWER\_PROCHOT\_VINDPM=1b;PROCHOT\_VINDPM\_80\_90=1b**;
- **EXIT\_VAP** : 每当充电器退出 VAP 模式时。
- **THERMAL** : 如果启用 (**PP\_THERMAL=1b**) , 则当 **CMPIN\_TR** 引脚电压低于  $V_{TREG\_PP}$  的时间达到 **1s/100ms** ( 可由 **THERMAL\_DEG** 位配置 ) 抗尖峰脉冲时间时, **STAT\_THERMAL** 将被锁存, 直到通过主机读取或 **REG\_RESET** 位进行清除。

ICRIT、IDCHG1、IDCHG2、VSYS 或 VINDPM 的阈值以及 ICRIT、INOM、IDCHG1、IDCHG2 或 CMPOUT 的抗尖峰脉冲时间是可编程的。除了 **PROCHOT\_EXIT\_VAP** 始终处于启用状态外, 其他触发事件可在 **ProchotOption1[7:0]**、**PP\_IDCHG2** 和 **PP\_VBUS\_VAP** 中单独启用。触发 **PROCHOT** 配置中任何已启用的事件时,  $\overline{PROCHOT}$  在单脉冲中被置为低电平, 其最小宽度可在 **PROCHOT\_WIDTH** 寄存器位中编程。在单脉冲结束时, 如果  $\overline{PROCHOT}$  事件仍处于活动状态, 则脉冲会扩展, 直到事件被移除。

如果通过设置 **EN\_PROCHOT\_EXT=1b** 启用  $\overline{PROCHOT}$  脉冲扩展模式, 即使触发事件已被移除,  $\overline{PROCHOT}$  引脚也将保持低电平, 直到主机写入 **PROCHOT\_CLEAR= 1b**。

如果触发了 **PROCHOT\_VINDPM** 或 **PROCHOT\_EXIT\_VAP**, 则无论  $\overline{PROCHOT}$  处于单脉冲模式还是扩展模式,  $\overline{PROCHOT}$  引脚都将始终保持低电平, 直到主机将其清除。为了清除 **PROCHOT\_VINDPM**, 主机需要向 **STAT\_VINDPM** 写入 0。为了清除 **PROCHOT\_EXIT\_VAP**, 主机需要向 **STAT\_EXIT\_VAP** 写入 0。

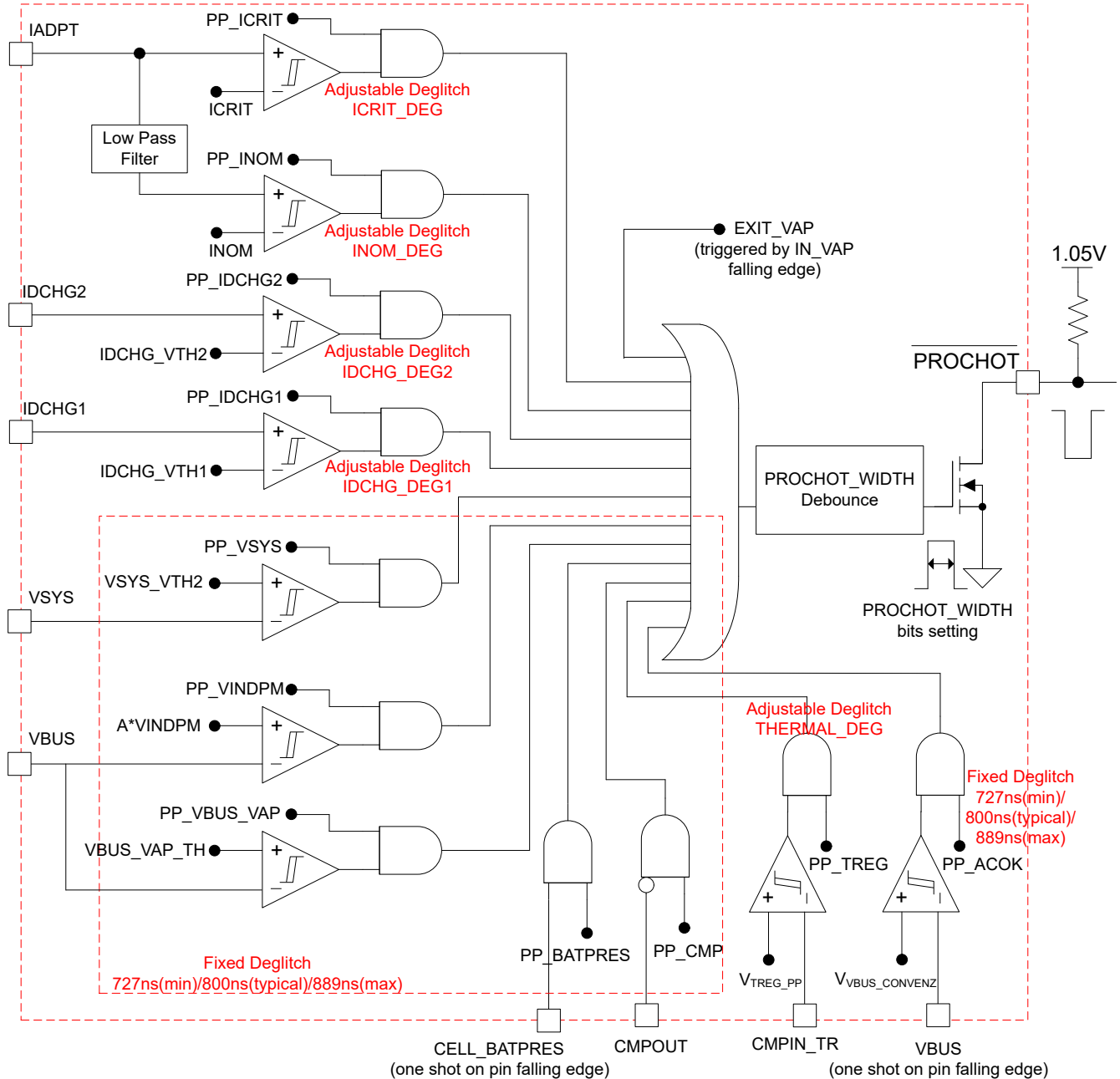


图 7-10. PROCHOT 配置

### 7.3.25.1 低功耗模式期间的 PROCHOT

在低功耗模式 ( $EN\_LWPWR = 1$ ) 期间，该充电器以极低的静态电流消耗提供低功耗  $\overline{PROCHOT}$  功能，这种情况下会使用独立比较器。这种功能通常用于监测系统电压，并在系统功耗过高且产生的系统电压低于特定阈值时向 CPU 将  $\overline{PROCHOT}$  置为有效。

下面列出了在低功耗模式下启用  $\overline{PROCHOT}$  监测系统电压的寄存器设置。

- $EN\_LWPWR = 1b$  可启用充电器低功耗模式。
- $REG0x34[7:0] = 00h$
- $REG0x30[6:4] = 000b$
- 独立比较器阈值始终为 1.2V

- 设置 EN\_LWPWR\_CMP=1b、CMP\_POL=1b 和 PP\_CMP=1b，充电器将监测系统电压。将 CMPIN 连接到与系统电压成正比的电压。当比较器触发低电平有效且 VSYS 降至低于特定阈值时，PROCHOT 从高水平触发到低电平。

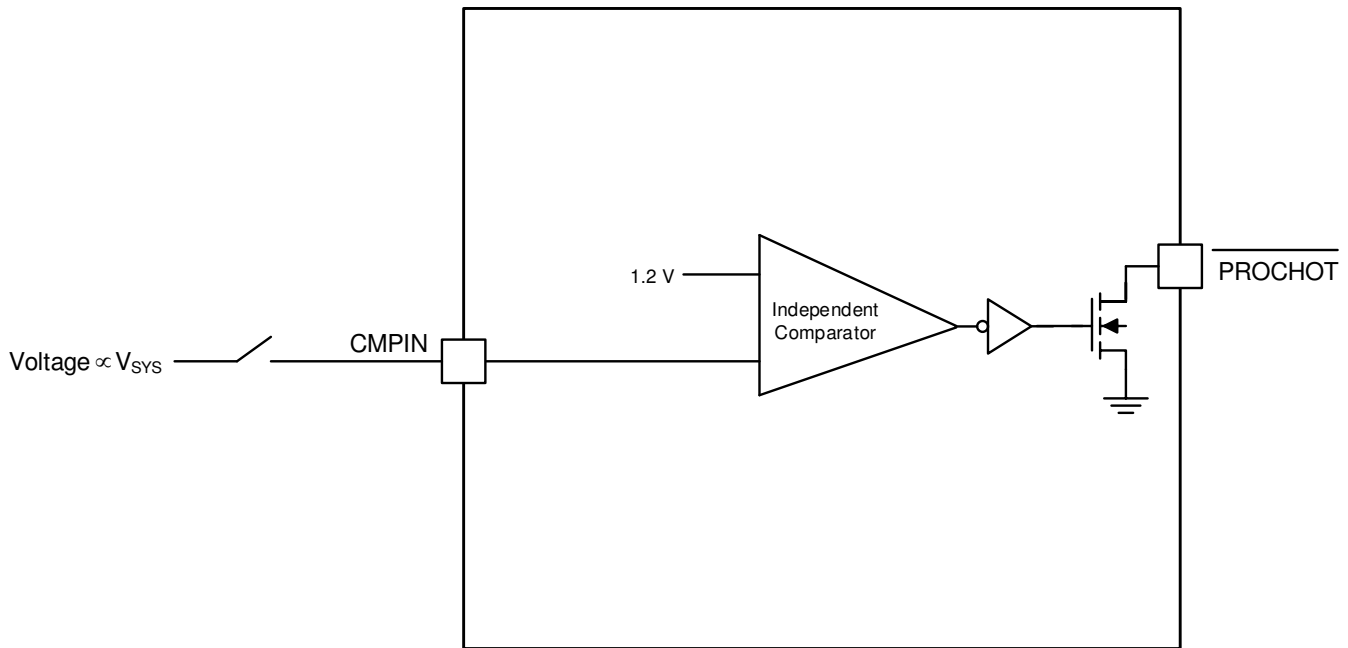


图 7-11. PROCHOT 低功耗模式实现

### 7.3.25.2 PROCHOT 状态

REG0x21[8:0] 将报告在相应位设置为 1 的情况下，配置中的哪个事件会触发 PROCHOT。如果当前 PROCHOT 事件不再处于活动状态，则状态位被主机读取后可复位回 0。

假设有两个 PROCHOT 事件：事件 A 和事件 B。事件 A 首先触发 PROCHOT，但事件 B 也处于活动状态。两个状态位都将为高电平。在 10ms PROCHOT 脉冲结束时，如果任何 PROCHOT 事件仍处于活动状态 (A 或 B)，则 PROCHOT 脉冲将扩展。

### 7.3.26 器件保护

#### 7.3.26.1 看门狗计时器 (WD)

该充电器包含看门狗计时器 175s (默认值，可通过 WDTMR\_ADJ 调整)，可用于复位一些寄存器，包括：

- 将 CHARGE\_CURRENT() 复位为 0A 以禁用充电。
- 将 EN\_CHG\_TMR 位复位为 1b 以重新启用 CHG 计时器。如果已启用，则无变化。
- 将 EN\_OTG 位复位为 0b 以禁用 OTG 运行模式。
- 将 ADC\_EN 位复位为 0b 以禁用 ADC，从而节省静态电流。

有四种方法可复位看门狗计时器以防止其到期，只要满足其中一种方法，看门狗计时器就会复位：

- 写入 CHARGE\_VOLTAGE() 寄存器。
- 写入 CHARGE\_CURRENT() 寄存器。
- 将 WD\_RST 位写入为 1b，该位将在看门狗计时器复位后自动恢复为 0b。
- 更新 WDTMR\_ADJ 位的看门狗计时器值，然后会用新值复位计时器。

写入 WDTMR\_ADJ = 00b 以禁用看门狗计时器。为了在看门狗计时器到期后恢复充电，必须向充电电流寄存器 CHARGE\_CURRENT() 写入新的非零充电电流值。

### 7.3.26.2 输入过压保护 (ACOV)

该充电器支持输入过压保护，可保持 ACOV 阈值并具有迟滞。当 VBUS 引脚电压高于  $V_{ACOV\_RISE}$  且持续时间超过  $100\ \mu s$  时，认定适配器过压。CHRG\_OK 引脚将被充电器拉至低电平，且转换器会关闭。当系统电压低于电池电压时，BATFET 将导通。当 VBUS 引脚电压降至  $V_{ACOV\_FALL}$  以下且持续时间超过  $1ms$  时，认定适配器电压恢复到正常电压。CHRG\_OK 引脚由外部上拉电阻拉至高电平。如果启用条件有效，转换器将恢复。触发 ACOV 时，其相应的状态位 FAULT\_ACOV 将被设置并可通过主机读取进行清除。

在  $36V\ ERP/28V\ EPR/20V\ SPR/15V\ SPR$  不同输入电压下，应相应地调整 ACOV 以满足转换器 MOSFET 保护要求。ACOV\_ADJ 位用于调整 ACOV 阈值。默认情况下，对应于  $28V\ ERP$  应用的充电器 ACOV 保护电压为  $33V$ 。

### 7.3.26.3 输入过流保护 (ACOC)

如果输入电流超过  $ILIM2\_VTH$  设定点 ACOC\_TH 的 1.33 倍或 2 倍（可通过 ACOC\_VTH 进行调整），则在  $250\mu s$  的上升沿抗尖峰脉冲时间后，转换器会因输入过流保护 (ACOC) 而停止开关操作。CHRG\_OK 引脚在触发时将被充电器拉至低电平。ACOC 是一种非锁存故障保护，如果输入电流下降到低于设定点，则在  $250ms$  的下降沿抗尖峰脉冲时间后，转换器将再次开始开关，并将释放 CHRG\_OK 引脚下拉。ACOC 默认处于禁用状态，需要通过配置  $EN\_ACOC=1b$  来启用。触发 ACOC 时，其相应的状态位 FAULT\_ACOV 将被设置并可通过主机读取进行清除。

### 7.3.26.4 系统过压保护 (SYSOVP)

当转换器启动时，BQ25770G 读取 CELL\_BATPRES 引脚配置并设置 CHARGE\_VOLTAGE() 和 SYSOVP 阈值（ $2s - 12V$ ,  $3s - 17V$ ,  $4s - 22V$ ,  $5s - 27V$ ）。设置 SYSOVP\_MAX=1b 可以强制 SYSOVP 阈值为最大值  $27V$ ，并会忽略 CELL\_BATPRES 引脚设置。在主机写入 CHARGE\_VOLTAGE() 之前，电池配置将遵循 CELL\_BATPRES 引脚设置。发生 SYSOVP 时，器件会关闭转换器。FAULT\_SYSOVP 状态位设置为 1 并锁存为 1b。CHRG\_OK 引脚相应地锁存为低电平，直到主机清除状态位。用户可通过向 FAULT\_SYSOVP 状态位写入 0 或者通过移除并重新插入适配器来清除此状态位锁闭。清除锁闭后，转换器再次启动。

在降压 HS MOSFET 短路期间，SYSOVP 是防止下一级 VR 功率级出现高输入电压的关键保护机制。实现这一目标的方法是通过 CHRG\_OK 引脚下拉，以便在 SYSOVP 触发后切断输入源。

### 7.3.26.5 电池过压保护 (BATOVP)

当插入电池并在正向模式下启用充电时，可启用电池过压保护 (BATOVP)。在仅电池供电的 OTG 模式和禁用充电的正向模式下，将忽略此故障。BATOVP 上升阈值是 CHARGE\_VOLTAGE() 寄存器中设置的调节电压的 108%，下降阈值是 CHARGE\_VOLTAGE() 寄存器中设置的调节电压的 106%。BATOVP 保护是一种非锁存故障保护，默认情况下为启用状态 ( $EN\_BATOVP=1b$ )，当触发 BATOVP 上升条件时：如果启用了充电，转换器应关闭，CHRG\_OK 引脚被拉至低电平，充电器会在 BATOVP 比较器输出下降后自动恢复开关；如果禁用了充电，该故障应该被忽略，转换器应该保持运行而不受干扰，CHRG\_OK 引脚保持在高电平。专用的用户状态位 FAULT\_BATOVP 可以监测其状态。触发之后，FAULT\_BATOVP 状态位将设置为 1b，直到主机读取以将其清除。请注意，用于 BATOVP 检测的 VBAT 电压基于 SRN 引脚测量结果。触发 BATOVP 时，VSYS 引脚上会添加  $20mA$  的放电电流，帮助对电池电压进行放电。通过设置  $DIS\_BATOVP\_20MA=1b$  可以禁用  $20mA$  放电电流。通过设置  $EN\_BATOVP=0b$  可以禁用 BATOVP 保护。

### 7.3.26.6 电池充电过流保护 (BATCOC)

充电器会监测电池充电电流，从而通过 SRP 和 SRN 上的电压提供电池过流充电保护 (BATCOC)。默认情况下会禁用 BATCOC ( $BATCOC\_CONFIG=00b$ )，可以通过配置  $BATCOC\_CONFIG=01b/10b/11b$ （分别为  $50mV/75mV/100mV$  阈值）来启用 BATCOC。

如果充电电流在  $1\ \mu s$  抗尖峰脉冲时间后高于阈值，则会触发 BATCOC 故障，CHARGE\_CURRENT() 寄存器复位回  $0A$ ，并且 BATFET 应相应地关断。状态位 FAULT\_BATCOC 会被设置，只能在 1 秒锁存时间过后通过主机读取来清除。上述操作仅在触发后执行一次。在这 1 秒的锁存时间内，非零值不能写入 CHARGE\_CURRENT()。为了恢复充电，主机需要在触发 1 秒后重新写入非零 CHARGE\_CURRENT() 寄存器值。请注意，该保护仅会关

断 BATFET 以禁用充电，不应该影响 BATFET 补电模式导通状态机。此外，CHRG\_OK 引脚不受 BATCOC 故障的影响，以避免对客户系统产生不必要的干扰。

### 7.3.26.7 电池放电过流保护 (BATDOC)

在以仅电池 OTG 模式运行时，充电器会监测电池放电电流，从而通过 SRN 和 SRP 上的电压提供电池过流保护 (BATDOC)。通过配置 EN\_BATDOC=1b 即可启用 BATDOC。通过 BATDOC\_VTH 位选择 BATDOC 阈值为 200% IDCHG\_TH2 或 300% IDCHG\_TH2。对于 BATDOC 阈值，还有固定的低钳位和高钳位。当 200% IDCHG\_TH2 或 300% IDCHG\_TH2 对应的 SRN-SRP 电压低于 50mV 时，BATDOC 阈值将在低位钳位于 SRN-SRP=50mV 对应的电流；同样，如果 200% IDCHG\_TH2 或 300% IDCHG\_TH2 对应的 SRN-SRP 电压高于 180mV，则 BATDOC 阈值将在高位钳位于 SRN-SRP=180mV 对应的电流。

如果放电电流在 250  $\mu$ s 抗尖峰脉冲时间后高于阈值，则会触发 BATDOC 故障，并相应地设置状态位 FAULT\_BATDOC。当 BATDOC 被置为有效来禁用 OTG 模式并降低放电电流时，转换器关闭。如果需要为系统补电，BATFET 状态不受影响。

BATDOC 不是锁存故障，因此在消除 BATDOC 故障后，经过 250ms 的弛豫时间，转换器自动恢复开关操作。但是，状态位 FAULT\_BATDOC 仅通过主机读取来清除。

### 7.3.26.8 LDO 调节模式下的 BATFET 充电电流钳位保护

当启用充电器 LDO 模式 (EN\_LDO=1b) 且在充电期间 VBAT 电压下降到低于 VSYS\_MIN() 时，充电器应将系统输出电压调节到固定的 VSYS\_MIN()，并且电池充电电流由 BATFET 栅极电压进行调节，从而实现以 LDO 模式运行。通过这样以 LDO 模式运行，即可实现充电器预充电和涓流充电状态。在预充电和涓流充电状态下，均有相应的电流限制，请参阅 [电池充电曲线](#)。在 LDO 模式下，更大的 VSYS\_MIN() 减去 VBAT 差值和更大的充电电流会在 BATFET 上产生更多的散热，应适当地限制该散热以确保安全运行。因此，除了上面提到的预充电和涓流充电电流钳位，我们还有额外的两级电流钳位，以确保最大 BATFET 耗散损耗低于 2W (基于 VBAT 和 VSYS\_MIN() 设置之间的关系，请参阅 [表 7-9](#))。考虑 IPRECHG() 用户寄存器上钳位、电池短路涓流充电电流钳位 (128mA) 和以下两级 BATFET 电流钳位，较低的电流钳位将主导最终的最大充电电流限制。

表 7-9. LDO 模式下的 BATFET 充电电流钳位

名称	VBAT 与 VSYS_MIN() 间的关系	最大充电电流钳位
I <sub>BATFET_CLAMP1</sub>	1V<VSYS_MIN()-VBAT<4V	512mA (内部钳位对 IPRECHG() 寄存器无影响)
I <sub>BATFET_CLAMP2</sub>	4V<VSYS_MIN()-VBAT	128mA (内部钳位对 IPRECHG() 寄存器无影响)

当禁用充电器 LDO 模式 (EN\_LDO=0b) 时，BATFET 将处于完全导通或完全关断状态。禁用充电时，系统电压调节到 5V (VBAT<5V) 或 VBAT+160mV (VBAT>5V)；不过，启用充电时，VSYS 将调节至接近 VBAT 以实现目标充电电流，VSYS\_MIN 调节无效。

### 7.3.26.9 VBUS 和 ACP\_A 之间的睡眠比较器保护 (SC\_VBUSACP)

在正向模式下，允许在 VBUS 和 ACP\_A 引脚之间添加可选的 PFET 或电子保险丝，从而在 Q1\_A 或 Q1\_B 发生死区短路时帮助关闭转换器。由于 PFET 和电子保险丝的导通延迟不是固定的，因此需要采用睡眠比较器保护来确保在转换器启动时 PFET 或电子保险丝导通。该睡眠比较器默认为启用状态 (EN\_SC\_VBUS\_ACP=1b)，但可通过 EN\_SC\_VBUS\_ACP=0b 禁用。启用后，充电器会监测 VBUS 和 ACP\_A 之间的电压差值，并在 VBUS-ACP\_A 大于 V<sub>SC\_VBUSACP\_rising</sub> 时触发转换器关闭。这是非锁存故障，为了恢复开关，VBUS-ACP\_A 必须小于 V<sub>SC\_VBUSACP\_falling</sub>。对于上升触发和下降返回，比较器抗尖峰脉冲时间均为 t<sub>SC\_VBUSACP\_DEG</sub>。在触发保护后，转换器会关闭，还会相应地设置 FAULT\_SC\_VBUSACP 位并可通过主机读取清除，请注意在此故障期间，CHRG\_OK 引脚不会被下拉，因为 CHRG\_OK 引脚需要处于高电平才能导通 PFET 或电子保险丝。

### 7.3.26.10 高占空比降压模式退出比较器保护 (HDBCP)

在 HIGH\_DUTY\_BUCK=1b 配置下，为了防止在断开 VBUS 或将其降低到低于 VSYS 时进行反向升压操作，专用比较器将强制 HIGH\_DUTY\_BUCK=0b 以强制转换器退出高占空比降压模式。如果 VSYS 高于 VBUS 的

97.5%，在  $15\ \mu\text{s}$  的抗尖峰脉冲时间过后，充电器会强制 HIGH\_DUTY\_BUCK 恢复为 0b。只要触发了比较器，充电器就应防止 HIGH\_DUTY\_BUCK 位设置为 1b。HDBCP 是一种非锁存保护，如果 VSYS 降至 VBUS 减去迟滞 (80mV) 的 97.5% 以下，在  $15\ \mu\text{s}$  的抗尖峰脉冲时间过后，HIGH\_DUTY\_BUCK 位会被释放，并可写入 1b 以进入高占空比降压运行模式。

#### 7.3.26.11 REGN 电源正常保护 (REGN\_PG)

专用的 REGN 电源正常保护功能可确保转换器在所需的栅极驱动电压范围内进行开关。当 REGN 电压低于  $V_{\text{REGN\_OK\_FALL}}$  或高于  $V_{\text{REGN\_OV\_RISE}}$  时，在  $100\ \mu\text{s}$  的抗尖峰脉冲时间过后，FAULT\_REGN 状态位将从 0b 设置为 1b，转换器将关闭，CHRG\_OK 引脚将被下拉以通知主机。当 REGN 恢复为高于  $V_{\text{REGN\_OK\_RISE}}$  且低于  $V_{\text{REGN\_OV\_FALL}}$  且持续时间超过  $100\ \mu\text{s}$  时，CHRG\_OK 引脚也应释放，并且转换器自动恢复开关操作。只要故障条件消失，主机读取后就可以清除 FAULT\_REGN 状态位。

#### 7.3.26.12 系统欠压锁定 (VSYS\_UVP) 和断续模式

充电器 VSYS\_UVP 默认为启用状态 (VSYS\_UVP\_ENZ=0b)，也可以通过写入 VSYS\_UVP\_ENZ=1b 来禁用。这种保护主要用于在启动和稳态过程中保护转换器免受系统短路的影响。VSYS 引脚用于监测系统电压，系统欠压锁定阈值可通过 VSYS\_UVP 寄存器位进行配置 (POR 时为 2.4V)，抗尖峰脉冲时间为 2ms，IIN\_DPM 钳位到 0.5A (VBUS<14.4V)/0.3A (VBUS>14.4V) 以限制短路电流。根据是否启用断续模式，详细保护过程略有不同：

如果启用断续模式 VSYS\_UVP\_NO\_HICCUP = 0b，在 2ms 的抗尖峰脉冲时间之后，充电器应该会关闭 500ms。如果 VSYS 仍低于 2.4V，充电器将重新启动 10ms，充电器应再次关闭。系统将持续尝试该断续模式，如果在 90 秒内充电器重启失败 7 次，充电器将被锁存。FAULT\_VSYS\_UVP 位将设置为 1 以报告系统短路故障，并相应地拉动 CHRG\_OK 引脚。只能通过写入 FAULT\_VSYS\_UVP 位为 0b 来再次启用充电器，然后才能释放 CHRG\_OK 引脚。请注意，只要系统电压低于 VSYS\_UVP 阈值，IIN\_DPM 也会在内部钳位到 0.5A (VBUS<14.4V)/0.3A (VBUS>14.4V) 以限制短路。

如果禁用断续模式，则 VSYS\_UVP\_NO\_HICCUP = 1b。在 2ms 抗尖峰脉冲时间后，充电器应关闭并锁闭。FAULT\_VSYS\_UVP 位将设置为 1 以报告系统短路故障，并相应地拉动 CHRG\_OK 引脚。仅当主机写入 FAULT\_VSYS\_UVP 位为 0b 后，才能再次启用充电器，然后才能释放 CHRG\_OK 引脚。

#### 7.3.26.13 OTG 模式过压保护 (OTG\_OVP)

反向运行时，该器件可监测 VBUS 电压。当 VBUS 超过  $V_{\text{VBUS\_OTG\_OV}}$  时，会有 20mA 的放电电流流经 VBUS 引脚。在 VBUS 超过  $V_{\text{VBUS\_OTG\_OV}}$  且持续 10ms 抗尖峰脉冲时间后，该器件停止开关，同时将 EN\_OTG 位清除为 0b 并退出 OTG 模式。当触发事件时，会触发 FAULT\_OTG\_OVP 只读位，并且 CHRG\_OK 引脚会被拉至低电平 (如果 OTG\_ON\_CHRGOK=1b)。通过 EC 主机读取可以清除 FAULT\_OTG\_OVP 位。为了重新启动 OTG 模式，EC 主机必须通过将 EN\_OTG 位设置为 1b 来重新启动 OTG 模式。

#### 7.3.26.14 OTG 模式欠压保护 (OTG\_UVP)

反向运行时，该器件可监测 VBUS 电压。当 VBUS 由于过载而降至  $V_{\text{VBUS\_OTG\_UV}}$  以下且持续 10ms 抗尖峰脉冲时间时，该器件停止开关，同时将 EN\_OTG 位清除为 0b 并退出 OTG 模式。当触发事件时，会触发 FAULT\_OTG\_UVP 只读位，并且 CHRG\_OK 引脚会被拉至低电平 (如果 OTG\_ON\_CHRGOK=1b)。通过 EC 主机读取可以清除 FAULT\_OTG\_UVP 位。为了重新启动 OTG 模式，EC 主机必须通过将 EN\_OTG 位设置为 1b 来重新启动 OTG 模式。

#### 7.3.26.15 热关断 (TSHUT)

WQFN 封装具有低热阻抗，可提供从器件到环境的良好热传导，从而保持低结温。随着保护等级的增加，只要结温达到  $155^\circ\text{C}$ ，充电器转换器就会关闭以实现自我保护。充电器保持关闭状态，直到结温降至  $135^\circ\text{C}$  以下。在热关断期间，REGN LDO 降至 35mA 并保持导通状态。TSHUT 是非锁存故障，当温度降至  $135^\circ\text{C}$  以下时，可通过软启动恢复充电。

触发热关断时，将触发 TSHUT 状态位。该状态位将保持触发状态，直到主机读取以将其清除。如果在主机读取期间 TSHUT 仍然存在，则该位将尝试在主机读取时清除，但最终会保持触发状态，因为 TSHUT 仍然存在。



## 7.4 器件功能模式

### 7.4.1 正向模式

当输入源连接到 VBUS 时，BQ25770G 处于正向模式以调节系统和为电池充电。

#### 7.4.1.1 采用窄 VDC 架构的系统电压调节

该器件采用窄 VDC 架构 (NVDC)，BATFET 可将系统与电池分离。最小系统电压由 VSYS\_MIN() 设置。即使电池电量耗尽，系统也会被调节到 VSYS\_MIN() 设置。为了防止来自输入侧的浪涌电流，当有一个升压新值写入 VSYS\_MIN() 时，该器件可以根据 EN\_VSYS\_MIN\_SOFT\_SR 位的相应配置来支持 6.25mV/us、3.125mV/us 和 1.5625mV/us 的软正压摆率 DAC 转换。软压摆率功能在降压方向上无效。默认情况下，EN\_VSYS\_MIN\_SOFT\_SR=0b，在升压和降压方向都没有软转换控制。

当电池电压低于最小系统电压设置时，BATFET 以线性模式 (LDO 模式) 运行，并且系统调节至 VSYS\_MIN 寄存器值。当电池电压上升到最低系统电压以上时，BATFET 完全导通。在充电或补电模式下，系统和电池之间的电压差值为 BATFET 的  $V_{DS}$ 。BATFET 关断 (无充电或无补电电流) 时，系统电压调节为比电池电压高 150mV。

#### 7.4.1.2 电池充电

BQ25770G 以涓流充电、预充电、恒流 (CC) 和恒压 (CV) 模式对电池充电。根据 CELL\_BATPREZ 引脚设置，充电器将默认电池电压 4.2V/节设置为 CHARGE\_VOLTAGE()。根据电池容量，主机将适当的充电电编程为 CHARGE\_CURRENT() 寄存器。当电池充满电或电池未处于良好状态供电时，主机通过将 CHRГ\_INHIBIT 设置为 1b 或将 CHARGE\_CURRENT() 设置为零来终止充电。

### 7.4.2 USB On-The-Go 模式

BQ25770G 支持 USB OTG 功能，可通过 USB 端口从电池向其他便携式设备供电 (反向模式)。OTG 输出电压符合 USB PD 规范，包括 5V~28V 电压范围。输出电流调节符合 USB Type-C 和 PD 规范，包括 500mA、1.5A、3A 和 5A 等电流。

与正向运行类似，该器件在轻负载时从 PWM 运行切换到 PFM 运行，以提高效率。

### 7.4.3 直通模式 (PTM) 专利技术

该充电器可在直通模式 (PTM) 下运行以提高效率。在 PTM 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 均关断。输入功率直接通过充电器传递到系统。节省了 MOSFET 的开关损耗和电感器磁芯损耗。PTM 模式下的充电器静态电流也会最小化 (在 2.5mA 附近) 以提高轻负载效率。

可编程电源 (PPS) 用作输入适配器时，也可以利用 PTM 模式在电池快速充电周期中实现的电池闪充。启用闪充后，甚至可以通过更高的充电电流进一步提高充电效率。在预充电和终止充电期间，充电器可以返回降压/升压模式。

充电器可以退出 PTM 以进入降压/升压运行模式并在某些保护场景中自动返回 PTM 模式 (TI 专利)。

在移除适配器之前，如果充电器处于 PTM 运行模式，为了防止适配器移除后反向升压，有一个轻负载 PTM 自动退出功能，可通过配置 PTM\_EXIT\_LIGHT\_LOAD=1b 来启用该功能。

通过设置 EN\_PTМ = 1b，充电器将从正常的降压/升压运行模式转换到 PTM 运行模式，而通过设置 EN\_PTМ = 0b 将在主机控制下退出 PTM 模式。

### 7.4.4 学习模式

当 VBUS 和 VBAT 同时存在时，设置 EN\_LEARN = 1b 可启用学习模式，允许器件关闭转换器并使电池放电来为系统供电。这样就可以在一个完整的放电/充电周期内校准电池电量监测计。当电池电压低于电池电量耗尽阈值时，EC 主机将 EN\_LEARN 位恢复为 0b 以将器件切回正向模式。当器件处于学习模式时，如果 CELL\_BATPRES 引脚被拉至低于  $V_{CELL\_BATPRES\_FALL}$  的时间达到 1ms 抗尖峰脉冲时间，则器件会退出学习模式并自动将 EN\_LEARN 位复位回 0。

## 7.5 编程

该充电器支持使用写入字或读取字协议的电池充电器命令，如节 7.5.1.1 所述。SMBus 地址为 7 位 09h (0001001b)，对于 8 位 SMBus 命令，最后一位为读取 (1b)/写入 (0b) 位。因此，8 位 SMBus 地址命令集成为 0b0001001\_X (写入为 0x12H/读取为 0x13H)。分配的 ManufacturerID 和 DeviceID 寄存器用于识别充电器器件。ManufacturerID 寄存器命令始终返回 40h。

### 7.5.1 SMBus 接口

该器件用作目标，通过 SMBus 接口接收来自嵌入式控制器主机的控制输入。该器件使用 *系统管理总线规范 V1.1* (可从 [www.smbus.org](http://www.smbus.org) 下载) 中所述的简化版命令子集。该器件使用 SMBus 读取字和写入字协议 (如表 7-10 和表 7-11 所示) 与智能电池通信。该器件仅用作地址为 0b0001001\_X (写入为 0x12H/读取为 0x13H) 的 SMBus 目标器件，不会在总线上发起通信。此外，该器件有两个标识寄存器：一个 16 位器件 ID 寄存器 (0xFFH) 和一个 16 位制造商 ID 寄存器 (0xFEH)。

当 VBUS 高于  $V_{VBUS\_UVLO}$  或 VBAT 高于  $V_{VBAT\_UVLO}$  时，SMBus 通信开始。

数据 (SDA) 和时钟 (SCL) 引脚具有可适应慢速边沿的施密特触发输入。为 SDA 和 SCL 选择上拉电阻 (10k $\Omega$ )，以根据 SMBus 规范实现上升时间。当主机发出启动条件信号 (即，SDA 上出现高电平到低电平转换，同时 SCL 为高电平) 时，通信开始。当主机完成通信时，主机会发出一个停止条件 (即，SDA 上出现低电平到高电平转换，同时 SCL 为高电平)。然后，总线可用于另一次传输。当满足超时条件 (例如启动条件有效超过 35ms 并且没有触发停止条件) 时，充电器 SMBus 通信将自动复位，通信线路空闲，可进行另一次传输。图 7-12 和图 7-13 展示了 SMBus 接口上信号的时序图。地址字节、命令字节和数据字节在启动条件和停止条件之间传输。除了启动条件和停止条件外，SDA 状态仅在 SCL 为低电平时才会更改。数据以 8 位字节的形式传输，并在 SCL 的上升沿进行采样。由于主机或目标在第九个时钟周期内确认收到正确的字节，因此将每个字节传入或传出器件需要九个时钟周期。BQ25770G 支持表 7-10 中列出的充电器命令。

### 7.5.1.1 SMBus 写入字和读取字协议

表 7-10. 写入字格式

S (1) (2)	目标地址 <sup>(1)</sup>	W (1) (3)	ACK (4) (5)	命令字节 <sup>(1)</sup>	ACK (4) (5)	低数据字节 <sup>(1)</sup>	ACK (4) (5)	高数据字节 <sup>(1)</sup>	ACK (4) (5)	P (1) (6)
	7 位	1b	1b	8 位	1b	8 位	1b	8 位	1b	
	MSB LSB	0	0	MSB LSB	0	MSB LSB	0	MSB LSB	0	

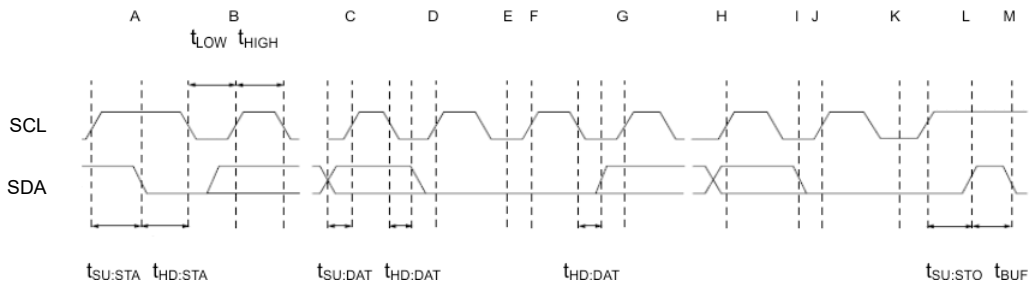
- (1) 控制器到目标
- (2) S = 启动条件或重复启动条件
- (3) W = 写入位 (逻辑低电平)
- (4) 目标到控制器 (灰色阴影)
- (5) ACK = 确认 (逻辑低电平)
- (6) P = 停止条件

表 7-11. 读取字格式

S <sup>(1)</sup> (2)	目标地址 <sup>(1)</sup>	W (1) (3)	ACK (4) (5)	命令字节 <sup>(1)</sup>	ACK (4) (5)	S <sup>(1)</sup> (2)	目标地址 <sup>(1)</sup>	R <sup>(1)</sup> (6)	ACK (4) (5)	低数据字节 (4)	ACK (1) (5)	高数据字节 <sup>(4)</sup>	NACK (1) (7)	P (1) (8)
	7 位	1b	1b	8 位	1b		7 位	1b	1b	8 位	1b	8 位	1b	
	MSB LSB	0	0	MSB LSB	0		MSB LSB	1	0	MSB LSB	0	MSB LSB	1	

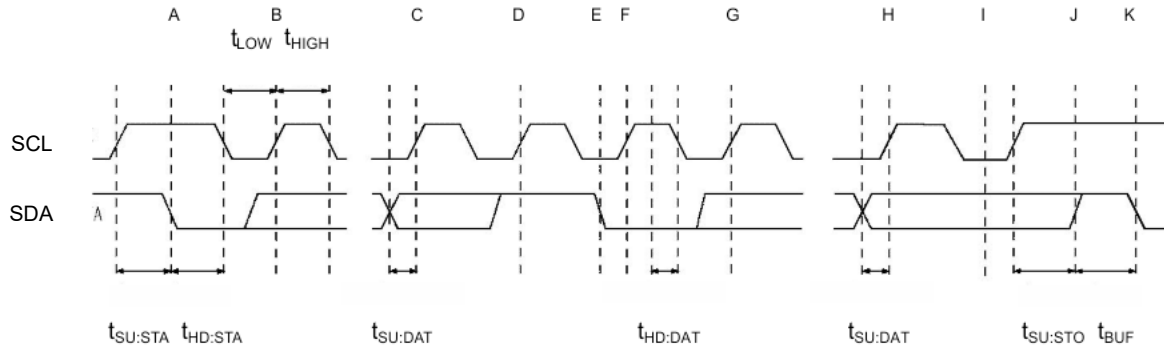
- (1) 控制器到目标
- (2) S = 启动条件或重复启动条件
- (3) W = 写入位 (逻辑低电平)
- (4) 目标到控制器 (灰色阴影)
- (5) ACK = 确认 (逻辑低电平)
- (6) R = 读取位 (逻辑高电平)
- (7) NACK = 未确认 (逻辑高电平)
- (8) P = 停止条件

### 7.5.1.2 时序图



- A = 启动条件
- B = 时钟输入到目标的地址的 MSB
- C = 时钟输入到目标的地址的 LSB
- D = 时钟输入到目标的 R/W 位
- E = 目标将 SMBDATA 线拉至低电平
- F = 时钟输入到控制器的确认位
- G = 时钟输入到目标的数据的 MSB
- H = 时钟输入到目标的数据的 LSB
- I = 目标将 SMBDATA 线拉至低电平
- J = 时钟输入到控制器的确认
- K = 确认时钟脉冲
- L = 停止条件，数据由目标执行
- M = 新的启动条件

图 7-12. SMBus 写入时序



A = 启动条件

B = 时钟输入到目标的地址的 MSB

C = 时钟输入到目标的地址的 LSB

D = 时钟输入到目标的 R/W 位

E = 目标将 SMBDATA 线拉至低电平

F = 时钟输入到控制器的确认位

G = 时钟输入到控制器的数据的 MSB

H = 时钟输入到控制器的数据的 LSB

I = 确认时钟脉冲

J = 停止条件

K = 新的启动条件

图 7-13. SMBus 读取时序

## 7.6 BQ25770G 寄存器

表 7-12 列出了 BQ25770G 寄存器的存储器映射寄存器。表 7-12 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

**表 7-12. BQ25770G 寄存器**

地址	首字母缩写词	寄存器名称	部分
12h	REG0x12_ChargeOption0	ChargeOption0()	<a href="#">转到</a>
14h	REG0x14_CHARGE_CURRENT	CHARGE_CURRENT()	<a href="#">转到</a>
15h	REG0x15_CHARGE_VOLTAGE	CHARGE_VOLTAGE()	<a href="#">转到</a>
17h	REG0x17_ChargeProfile	ChargeProfile()	<a href="#">转到</a>
18h	REG0x18_GateDrive	GateDrive()	<a href="#">转到</a>
19h	REG0x19_ChargeOption5	ChargeOption5()	<a href="#">转到</a>
1Ah	REG0x1A_AutoCharge	AutoCharge()	<a href="#">转到</a>
1Bh	REG0x1B_ChargerStatus0	ChargerStatus0()	<a href="#">转到</a>
20h	REG0x20_ChargerStatus1	ChargerStatus1()	<a href="#">转到</a>
21h	REG0x21_Prochot_Status_Register	Prochot 状态寄存器	<a href="#">转到</a>
22h	REG0x22_IIN_DPM	IIN_DPM()	<a href="#">转到</a>
23h	REG0x23_ADC_VBUS	ADC_VBUS()	<a href="#">转到</a>
24h	REG0x24_ADC_IBAT	ADC_IBAT()	<a href="#">转到</a>
25h	REG0x25_ADC_IIN	ADC_IIN()	<a href="#">转到</a>
26h	REG0x26_ADC_VSYS	ADC_VSYS()	<a href="#">转到</a>
27h	REG0x27_ADC_VBAT	ADC_VBAT()	<a href="#">转到</a>
28h	REG0x28_ADC_PSYS	ADC_PSYS()	<a href="#">转到</a>
29h	REG0x29_ADC_CMPIN_TR	ADC_CMPIN_TR()	<a href="#">转到</a>
30h	REG0x30_ChargeOption1	ChargeOption1()	<a href="#">转到</a>
31h	REG0x31_ChargeOption2	ChargeOption2()	<a href="#">转到</a>
32h	REG0x32_ChargeOption3	ChargeOption3()	<a href="#">转到</a>
33h	REG0x33_ProchotOption0_Register	ProchotOption0 寄存器	<a href="#">转到</a>
34h	REG0x34_ProchotOption1	ProchotOption1()	<a href="#">转到</a>
35h	REG0x35_ADCAOption	ADCAOption()	<a href="#">转到</a>
36h	REG0x36_ChargeOption4	ChargeOption4()	<a href="#">转到</a>
37h	REG0x37_Vmin_Active_Protection	Vmin_Active_Protection()	<a href="#">转到</a>
3Bh	REG0x3B_OTG_VOLTAGE	OTG_VOLTAGE()	<a href="#">转到</a>
3Ch	REG0x3C_OTG_CURRENT	OTG_CURRENT()	<a href="#">转到</a>
3Dh	REG0x3D_VINDPM	VINDPM()	<a href="#">转到</a>
3Eh	REG0x3E_VSYS_MIN	VSYS_MIN()	<a href="#">转到</a>
3Fh	REG0x3F_IIN_HOST	IIN_HOST()	<a href="#">转到</a>
60h	REG0x60_AUTOTUNE_READ	AUTOTUNE_READ()	<a href="#">转到</a>
61h	REG0x61_AUTOTUNE_FORCE	AUTOTUNE_FORCE()	<a href="#">转到</a>
62h	REG0x62_GM_ADJUST_FORCE	GM_ADJUST_FORCE()	<a href="#">转到</a>
FDh	REG0xFD_VIRTUAL_CONTROL	VIRTUAL_CONTROL()	<a href="#">转到</a>
FEh	REG0xFE_Manufacture_ID	制造 ID	<a href="#">转到</a>
FFh	REG0xFF_Device_ID	器件 ID	<a href="#">转到</a>

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-13 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-13. BQ25770G 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

### 7.6.1 REG0x12\_ChargeOption0 寄存器 (地址 = 12h) [复位 = E70Eh]

图 7-14 展示了 REG0x12\_ChargeOption0，表 7-14 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-14. REG0x12\_ChargeOption0 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
EN_LWPWR	WDTMR_ADJ		IIN_DPM_AUTO_DISABLE	OTG_ON_CHRGOK	EN_OOA	PWM_FREQ	EN_BATOV
R/W-1h	R/W-3h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-1h	R/W-1h
7	6	5	4	3	2	1	0
EN_CMP_LATCH	VSYS_UVP_EN_Z	EN_LEARN	IADPT_GAIN	IBAT_GAIN	EN_LDO	EN_IIN_DPM	CHRG_INHIBIT
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-1h	R/W-1h	R/W-0h

表 7-14. REG0x12\_ChargeOption0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	EN_LWPWR	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	低功耗模式使能  0b = 禁用低功耗模式。器件处于性能模式，仅使用电池。PROCHOT、IADPT/IBAT/PSYS 和比较器遵循相应的寄存器设置，REGN 应以满容量运行。 1b = 启用低功耗模式。器件处于低功耗模式，仅使用电池，以实现最低静态电流。PROCHOT、放电电流监控缓冲器、电源监控缓冲器和独立比较器被禁用。ADC 在低功耗模式下不可用。可以通过将 EN_LWPWR_CMP 设置为 1b 来启用独立比较器。可以通过 EN_REGN_LWPWR=1b 启用 REGN，并以 5mA 电流能力来节省静态电流。
14-13	WDTMR_ADJ	R/W	3h	复位方式： REG_RESET	看门狗计时器调节 设置充电电压或充电电流命令的连续 EC 主机写入之间的最大延迟。 如果器件在看门狗时间段内未收到对 CHARGE_VOLTAGE() 或 CHARGE_CURRENT() 的写入，则会通过将 CHARGE_CURRENT() 设置为 0mA 来暂停充电器。到期后，计时器将在写入 CHARGE_CURRENT()、CHARGE_VOLTAGE()、WDTMR_ADJ 或 WD_RST=1b 时恢复。如果值有效，充电器将恢复。  00b = 禁用 01b = 5 秒 10b = 88 秒 11b = 175 秒
12	IIN_DPM_AUTO_DISABLE	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	IIN_DPM 自动禁用 当 CELL_BATPRES 引脚为低电平时，充电器通过将 EN_IIN_DPM 设置为 0 自动禁用 IIN_DPM 功能。主机稍后可以通过向 EN_IIN_DPM 位写入 1 来启用 IIN_DPM 功能。  0b = 禁用 1b = 启用
11	OTG_ON_CHRGOK	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	将 OTG 添加到 CHRG_OK 当器件处于 OTG 模式时，将 CHRG_OK 驱动为高电平。  0b = 禁用 1b = 启用

表 7-14. REG0x12\_ChargeOption0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
10	EN_OOA	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	Out-of-Audio 使能 0b = 无限制 1b = 将最小 PFM 频率设置为高于 20kHz 以避免音频噪声
9	PWM_FREQ	R/W	1h		开关频率选择：建议在 2.2μH 时使用 600kHz，在 1.5μH 时使用 800kHz。在充电器 POR 后，MODE 引脚编程过程将改变一次频率选择。 注意：不允许动态更改的频率必须在转换器为高阻态时更改。 0b = 800kHz 1b = 600kHz
8	EN_BATOV	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	启用 BATOV 保护： 0b = 禁用 1b = 启用
7	EN_CMP_LATCH	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用独立比较器锁存。比较器输出具有有效低电平。如果在 PROCHOT 配置 (PP_CMP=1b) 中启用，则 STAT_COMP 位会在触发后保持 1b，直到由主机读取并清除。主机可以通过切换此 EN_CMP_LATCH 位来清除 CMPOUT 引脚 0b = 无锁存 1b = 锁存
6	VSYS_UVP_ENZ	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	禁用系统欠压保护。 0b = 启用 1b = 禁用
5	EN_LEARN	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	学习模式功能使能： 0b = 禁用 1b = 启用
4	IADPT_GAIN	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	IADPT 放大器比率 IADPT 上的电压与 ACP 和 ACN 上的电压之比。 0b = 20x 1b = 40x
3	IBAT_GAIN	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	IBAT 放大器比率 IBAT 上的电压与 SRP 和 SRN 上的电压之比 0b = 8x 1b = 64x
2	EN_LDO	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	LDO 模式使能 当电池电压低于 VSYS_MIN() 时，充电器处于预充电状态并启用 LDO 模式。 0b = 禁用 LDO 模式，当启用充电且 VSYS_MIN() 调节无效时，BATFET 完全开启，除非 VBAT<5V 且系统被调节至 5V。禁用充电后，BATFET 完全关闭，且系统被调节至 VBAT+160mV。 1b = 启用 LDO 模式，预充电电流由 CHARGE_CURRENT() 和 IPRECHG() 中的较低设置进行设置。系统由 VSYS_MIN() 寄存器进行调节。



表 7-14. REG0x12\_ChargeOption0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
1	EN_IIN_DPM	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	IIN_DPM 使能 主机写入该位以启用 IIN_DPM 调节环路。当充电器禁用 IIN_DPM 时 (请参阅 IIN_DPM_AUTO_DISABLE)，该位变为低电平。在 OTG 模式下，该位还用于启用/禁用 IOTG 调节。  0b = 禁用 1b = 启用
0	CHRG_INHIBIT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	充电抑制 当该位为 0 时，电池充电将以 CHARGE_VOLTAGE() 和 CHARGE_CURRENT() 中的有效值启动。  0b = 启用 1b = 抑制

## 7.6.2 REG0x14\_CHARGE\_CURRENT 寄存器 (地址 = 14h) [复位 = 0000h]

图 7-15 展示了 REG0x14\_CHARGE\_CURRENT，表 7-15 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-15. REG0x14\_CHARGE\_CURRENT 寄存器

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

表 7-15. REG0x14\_CHARGE\_CURRENT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-14	RESERVED	R	0h		保留
13-3	CHARGE_CURRENT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET 看门狗	使用 5mΩ 检测电阻时的充电电流设置 ( 低于 128mA 的非零值被视为 128mA )：请注意，如果在 RSNS_RSR=1b 时选择 2mΩ，最大充电电流将被钳位在 5DCh ( 具有 20mA LSB 时为 30A )。在以下情况下，CHARGE_CURRENT 复位为 0A： 1) BATCOC 故障。 2) Charge_Voltage() 被写入 0V 3) CELL_BATPRES 变为低电平 ( 电池移除 ) 4) STAT_AC 无效 ( 适配器移除 ) 5) 看门狗事件触发器 6) 自主充电被终止 (CHRG_STAT=111b) 7) 安全计时器触发器 注意：写入超过钳位高电平/低电平的 值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。 POR：0mA (0h) 范围：0mA-16320mA (0h-7F8h) 钳位至高电平 位步长：8mA
2-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.3 REG0x15\_CHARGE\_VOLTAGE 寄存器 (地址 = 15h) [复位 = 0000h]

图 7-16 展示了 REG0x15\_CHARGE\_VOLTAGE，表 7-16 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-16. REG0x15\_CHARGE\_VOLTAGE 寄存器

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

表 7-16. REG0x15\_CHARGE\_VOLTAGE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	RESERVED	R	0h		保留
14-2	CHARGE_VOLTAGE	R/W	0h	向此寄存器写入 0 应使寄存器值保持不变，并强制 CHARGE_CURRENT() 为零以禁用充电 CHARGE。 复位方式： REG_RESET	充电电压设置 注意：写入超过钳位高电平/低电平的非零值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。写入 0V 时，它不应更改 CHARGE_VOLTAGE()，而是将 CHARGE_CURRENT() 复位为 0A POR : 0mV (0h) 范围：5000mV-23000mV (4E2h-1676h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：4mV 模式：2s 8400mV POR : 8400mV (834h) 模式：3s 12600mV POR : 12600mV (C4Eh) 模式：4s 16800mV POR : 16800mV (1068h) 模式：5s 21000mV POR : 21000mV (1482h)
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.4 REG0x17\_ChargeProfile 寄存器 (地址 = 17h) [复位 = 3020h]

图 7-17 展示了 REG0x17\_ChargeProfile，表 7-17 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-17. REG0x17\_ChargeProfile 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
IPRECHG							
R/W-30h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ITERM							
R/W-20h							

表 7-17. REG0x17\_ChargeProfile 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-8	IPRECHG	R/W	30h	复位方式： REG_RESET	<p>使用 5mΩ 检测电阻时的最大预充电电流钳位设置 (CHARGE_CURRENT() 和 IPRECHG 中的较低设置决定了 VBAT &lt; VSYS_MIN() 时的实际预充电电流)：请注意，当选择 2mΩ 检测电阻 RSNS_RSR=1b 时，IPRECHG() 的上钳位应为 66H，以便限制 BATFET 散热。</p> <p>注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。</p> <p>POR：384mA (30h) 范围：128mA-2016mA (10h-FCh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：8mA</p>
7-0	ITERM	R/W	20h	复位方式： REG_RESET	<p>使用 5mΩ 检测电阻时的终止电流设置：</p> <p>注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。</p> <p>POR：256mA (20h) 范围：128mA-2016mA (10h-FCh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：8mA</p>

### 7.6.5 REG0x18\_GateDrive 寄存器 (地址 = 18h) [复位 = 246Ch]

图 7-18 展示了 REG0x18\_GateDrive，表 7-18 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-18. REG0x18\_GateDrive 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
HIDRV1_STAT			LODRV1_STAT			RESERVED	BATOVP_EXTEND
R/W-1h			R/W-1h			R-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
HIDRV2_STAT			LODRV2_STAT			VSYS_REG_SLOW	RESERVED
R/W-3h			R/W-3h			R/W-0h	R-0h

表 7-18. REG0x18\_GateDrive 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	HIDRV1_STAT	R/W	1h		针对导通和关断的 HIDRV1_A 和 HIDRV1_B HS MOSFET 栅极驱动强度调整： 000b = Scale0 ( Vgs=4.5V Qg 范围：0-5nC ) 001b = Scale1 ( Vgs=4.5V Qg 范围：5-13nC ) 010b = Scale2 ( Vgs=4.5V Qg 范围：13-21nC ) 011b = Scale3 ( Vgs=4.5V Qg 范围：21-29nC ) 100b = Scale4 ( Vgs=4.5V Qg 范围：29-37nC ) 101b = Scale5 ( Vgs=4.5V Qg 范围：37-45nC ) 110b = Scale6 ( Vgs=4.5V Qg 范围：45-53nC ) 111b = Scale7 ( Vgs=4.5V Qg 范围：>53nC )
12-10	LODRV1_STAT	R/W	1h		针对导通和关断的 LODRV1_A 和 LODRV1_B LS MOSFET 栅极驱动强度调整： 000b = Scale0 ( Vgs=4.5V Qg 范围：0-5nC ) 001b = Scale1 ( Vgs=4.5V Qg 范围：5-13nC ) 010b = Scale2 ( Vgs=4.5V Qg 范围：13-21nC ) 011b = Scale3 ( Vgs=4.5V Qg 范围：21-29nC ) 100b = Scale4 ( Vgs=4.5V Qg 范围：29-37nC ) 101b = Scale5 ( Vgs=4.5V Qg 范围：37-45nC ) 110b = Scale6 ( Vgs=4.5V Qg 范围：45-53nC ) 111b = Scale7 ( Vgs=4.5V Qg 范围：>53nC )
9	RESERVED	R	0h		保留
8	BATOVP_EXTEND	R/W	0h		为充电启用和禁用场景 ( 包括交流+电池和仅电池的情况 ) 启用 BATOVP。 0b：当 EN_BATOVP=1b 时，BATOVP 仅在启用充电 ( BATFET 导通 ) 时处于活动状态 1b：只要 EN_BATOVP=1b，无论充电是否启用 ( BATFET 导通或关断 )，BATOVP 都会处于活动状态 0b = 禁用 1b = 启用

表 7-18. REG0x18\_GateDrive 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
7-5	HIDRV2_STAT	R/W	3h		<p>针对导通和关断的 HIDRV2 HS MOSFET 栅极驱动强度调整：</p> <p>000b = Scale0 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 0-5nC )            001b = Scale1 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 5-13nC )            010b = Scale2 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 13-21nC )            011b = Scale3 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 21-29nC )            100b = Scale4 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 29-37nC )            101b = Scale5 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 37-45nC )            110b = Scale6 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 45-53nC )            111b = Scale7 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : &gt;53nC )</p>
4-2	LODRV2_STAT	R/W	3h		<p>针对导通和关断的 LODRV2 LS MOSFET 栅极驱动强度调整：</p> <p>000b = Scale0 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 0-5nC )            001b = Scale1 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 5-13nC )            010b = Scale2 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 13-21nC )            011b = Scale3 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 21-29nC )            100b = Scale4 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 29-37nC )            101b = Scale5 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 37-45nC )            110b = Scale6 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : 45-53nC )            111b = Scale7 ( Vgs=4.5V Qg 范围 : &gt;53nC )</p>
1	VSYS_REG_SLOW	R/W	0h		<p>系统调节环路带宽会减慢以减少负载瞬态期间的输入电流过冲：</p> <p>0b = 禁用            1b = 启用</p>
0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.6 REG0x19\_ChargeOption5 寄存器 (地址 = 19h) [复位 = 0685h]

图 7-19 展示了 REG0x19\_ChargeOption5，表 7-19 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-19. REG0x19\_ChargeOption5 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
PTM_EXIT_LIG HT_LOAD	WD_RST	CMPIN_TR_SE LECT	REGN_EXT	EN_REGN_LW PWR	BATCOC_CONFIG		HIGH_DUTY_B UCK
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-3h		R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
SINGLE_DUAL_TRANS_TH			FORCE_SINGL E	PH_ADD_DEG		PH_DROP_DEG	
R/W-4h			R/W-0h	R/W-1h		R/W-1h	

表 7-19. REG0x19\_ChargeOption5 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	PTM_EXIT_LIGHT_LOAD	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用在轻负载下的 PTM 自动退出： 0b = 禁用 1b = 启用
14	WD_RST	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	复位看门狗计时器控制： 0b = 正常 1b = 复位 ( 计时器复位后位恢复为 0 )
13	CMPIN_TR_SELECT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	CPMIN_TS 引脚功能选择： 0b = CPMIN 功能 1b = TREG 功能
12	REGN_EXT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 REGN 的外部 5V 过驱： 0b = 禁用外部 5V 过驱 1b = 启用外部 5V 过驱
11	EN_REGN_LWPWR	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	在仅电池和低功耗模式下，启用按比例降低电流能力为 5mA 的 REGN： 0b = 在仅电池低功耗模式下禁用 REGN 1b = 在仅电池低功耗模式下启用 REGN
10-9	BATCOC_CONFIG	R/W	3h	复位方式： REG_RESET	禁用 BATCOC 并配置 SRP-SRN 上的 BATCOC 阈值： 00b = 禁用 01b = 50mV 10b = 75mV 11b = 100mV
8	HIGH_DUTY_BUCK	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用高占空比降压模式以支持最大降压模式工作范围，从而在无需升压开关的情况下使 Q4 恒定导通。 0b = 禁用 1b = 启用

表 7-19. REG0x19\_ChargeOption5 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
7-5	SINGLE_DUAL_TRANS_TH	R/W	4h	复位方式： REG_RESET	根据输出负载电流进行降压模式单相到双相转换阈值调整：(如果在 MODE 引脚编程时选择准双相) 请注意，从双相到单相的转换中，负载电流阈值比此配置低 1A (作为迟滞)。  000b = 强制双相运行 001b = 3A 010b = 4A 011b = 5A 100b = 6A 101b = 7A 110b = 8A 111b = 9A
4	FORCE_SINGLE	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	通过 MODE 引脚编程选择准双相时在降压模式下强制单相运行：  0b = 根据 SINGLE_DUAL_TRANS_TH 阈值选项自动转换到双相 1b = 在降压模式下强制单相运行
3-2	PH_ADD_DEG	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	调整单相到双相 (增相转换) 抗尖峰脉冲时间：  00b = 0.727us (最小值) / 1.7us (典型值) / 2.67us (最大值) 01b = 2.91us (最小值) / 5.5us (典型值) / 8us (最大值) 10b = 11.6us (最小值) / 20us (典型值) / 29.3us (最大值) 11b = 46.6us (最小值) / 86us (典型值) / 115us (最大值)
1-0	PH_DROP_DEG	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	调整双相到单相 (降相转换) 抗尖峰脉冲时间：  00b = 70us (最小值) / 93us (典型值) / 115us (最大值) 01b = 1.12ms (最小值) / 1.5ms (典型值) / 1.82ms (最大值) 10b = 8.94ms (最小值) / 11ms (典型值) / 1.46ms (最大值) 11b = 71.5ms (最小值) / 94ms (典型值) / 117ms (最大值)



### 7.6.7 REG0x1A\_AutoCharge 寄存器 (地址 = 1Ah) [复位 = 01C2h]

图 7-20 展示了 REG0x1A\_AutoCharge，表 7-20 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-20. REG0x1A\_AutoCharge 寄存器

15		14		13		12		11		10		9		8	
EN_AUTO_CHG		CHRG_OK_INT		VRECHG						CHG_TMR					
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h						R/W-1h					
7		6		5		4		3		2		1		0	
EN_TMR2X		EN_CHG_TMR		EN_TREG		PP_THERMAL		STAT_THERMAL		THERMAL_DEG		ACOV_ADJ			
R/W-1h		R/W-1h		R/W-0h		R/W-0h		R-0h		R/W-0h		R/W-2h			

表 7-20. REG0x1A\_AutoCharge 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	EN_AUTO_CHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	自动充电控制（自动再充电和终止电池充电）： 0b = 禁用 1b = 启用
14	CHRG_OK_INT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用用于中断功能的 CHRG_OK 引脚： 0b = 禁用（当 CHRG_STAT 位更改时，CHRG_OK 引脚不会被拉至低电平） 1b = 启用（当 CHRG_STAT 位更改时，CHRG_OK 引脚被拉至低电平至少 256us）
13-10	VRECHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	电池自动再充电阈值低于 CHARGE_VOLTAGE()： POR：50mV (0h) 范围：50mV-800mV (0h-Fh) 位步长：50mV 偏移：50mV 模式：2s 200mV POR：200mV (3h) 模式：3s 300mV POR：300mV (5h) 模式：4s 400mV POR：400mV (7h) 模式：5s 500mV POR：500mV (9h)
9-8	CHG_TMR	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	自动充电安全计时器控制： 00b = 5 小时 01b = 8 小时 10b = 12 小时 11b = 24 小时
7	EN_TMR2X	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	充电安全计时器速度控制：（注意，更改 EN_TMR2X 的状态仅影响计数器计数的速率，对任何现有的累积计数都没有影响） 0b = 计时器始终正常计数 1b = 在 VINDPM/IINDPM/TREG 调节期间计时器速度减半

表 7-20. REG0x1A\_AutoCharge 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
6	EN_CHG_TMR	R/W	1h	复位方式： REG_RESET 看门狗	启用充电安全计时器： 0b = 禁用 1b = 启用
5	EN_TREG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	如果 CMPIN_TR_SELECT=1b，则启用温度调节功能并将 CMPOUT 引脚下拉至 GND。如果 CMPIN_TR_SELECT=0b，则 EN_TREG 不会生效。 0b = 禁用温度调节功能 1b = 启用温度调节功能
4	PP_THERMAL	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	为 PROCHOT 配置启用温度调节 (TREG)。 0b = 禁用 1b = 启用
3	STAT_THERMAL	R	0h	复位方式： REG_RESET	TREG 过热 (CMPIN_TR < 1.1V) 时的 PROCHOT 配置状态位。状态将锁存直到从主机读取。 0b = 未触发 1b = 已触发
2	THERMAL_DEG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	调整 TREG 热抗尖峰脉冲时间以触发 PROCHOT 配置下拉脉冲。 0b = 0.76sec (最小值) / 0.965sec (典型值) / 1.17sec (最大值) 1b = 95.3ms (最小值) / 121ms (典型值) / 146ms (最大值)
1-0	ACOV_ADJ	R/W	2h	复位方式： REG_RESET	ACOV 保护阈值调整： 00b = 20V (15V SPR) 01b = 25V (20V SPR) 10b = 33V (28V EPR) 11b = 41V (36V EPR)

### 7.6.8 REG0x1B\_ChargerStatus0 寄存器 (地址 = 1Bh) [复位 = 0000h]

图 7-21 展示了 REG0x1B\_ChargerStatus0，表 7-21 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

ChargeStatus0()

图 7-21. REG0x1B\_ChargerStatus0 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
CHRG_STAT			CHG_TMR_STAT	TREG_STAT	MODE_STAT		
R-0h			R-0h	R-0h	R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
FAULT_BATOV P	RESERVED	FAULT_OCP	RESERVED	FAULT_REGN	RESERVED		
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h		

表 7-21. REG0x1B\_ChargerStatus0 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	CHRG_STAT	R	0h		充电周期状态 000b = 未充电 001b = 涓流充电 (VBAT<VBAT_SHORT) 010b = 预充电 (VBAT<VSYN_MIN) 011b = 快速充电 (CC 模式) 100b = 快速充电 (CV 模式) 101b = 保留 1 110b = 保留 2 111b = 充电终止完成
12	CHG_TMR_STAT	R	0h	复位方式： REG_RESET	充电安全计时器状态 0b = 正常 1b = 充电安全计时器到期
11	TREG_STAT	R	0h	复位方式： REG_RESET	温度调节状态 0b = 未处于温度调节 (TREG) 状态 1b = 处于温度调节 (TREG) 状态
10-8	MODE_STAT	R	0h		MODE 引脚编程状态 000b = 准双相/正常补偿/Fsw-600kHz 001b = 准双相/正常补偿/Fsw-800kHz 010b = 准双相/慢速补偿/Fsw-600kHz 011b = 准双相/慢速补偿/Fsw-800kHz 100b = 不适用/正常补偿/Fsw-600kHz 101b = 不适用/正常补偿/Fsw-800kHz 110b = 不适用/慢速补偿/Fsw-600kHz 111b = 不适用/慢速补偿/Fsw-800kHz
7	FAULT_BATOV P	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。 0b = 无故障 1b = 故障
6	RESERVED	R	0h		保留

表 7-21. REG0x1B\_ChargerStatus0 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
5	FAULT_OCP	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 <b>1b</b> 。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。  0b = 无故障 1b = 故障
4	RESERVED	R	0h		保留
3	FAULT_REGN	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 <b>1b</b> 。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。  0b = 无故障 1b = 故障
2-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.9 REG0x20\_ChargerStatus1 寄存器 (地址 = 20h) [复位 = 0000h]

图 7-22 展示了 REG0x20\_ChargerStatus1，表 7-22 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-22. REG0x20\_ChargerStatus1 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
STAT_AC	ICO_DONE	IN_VAP	IN_VINDPM	IN_IIN_DPM	FAULT_SC_VBUSACP	FAULT_BATCO C	IN_OTG
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
FAULT_ACOV	FAULT_BATDO C	FAULT_ACOV	FAULT_SYSOV P	FAULT_VSYS_ UVP	FAULT_FRC_C ONV_OFF	FAULT_OTG_O VP	FAULT_OTG_U VP
R-0h	R-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	R-0h

表 7-22. REG0x20\_ChargerStatus1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	STAT_AC	R	0h	复位方式： REG_RESET	输入源状态，只要存在有效 VBUS 源，STAT_AC 便会处于活动状态  0b = 不存在 1b = 存在
14	ICO_DONE	R	0h	复位方式： REG_RESET	ICO 例程成功执行后，该位变为 1。  0b = 未完成 1b = 完成
13	IN_VAP	R	0h	复位方式： REG_RESET	数字状态位指示 VAP 已启用 (1) 还是已禁用 (0)。VAP 模式的启用仅遵循主机命令，不受 /PROCHOT 的任何状态的限制。VAP 模式的退出也遵循主机命令，但任何故障都会自动退出 VAP 模式。STAT_EXIT_VAP 变为 1，这会将 /PROCHOT 拉至低电平，直到主机清除。主机可以通过将 EN_OTG 引脚设置为高电平并设置 OTG_VAP_MODE=0b 来启用 VAP，通过将 EN_OTG 引脚设置为低电平或设置 OTG_VAP_MOD=1b 来禁用 VAP。当 IN_VAP 位从 0 变为 1 时，充电器应禁用 VinDPM、IIN_DPM、ILIM 引脚、禁用 PP_ACOV (如果已启用)、启用 PP_VSYS (如果已禁用)。当 IN_VAP 位从 1 变为 0 时，充电器应启用 VinDPM、IIN_DPM、ILIM 引脚  0b = 未运行 1b = 已运行
12	IN_VINDPM	R	0h	复位方式： REG_RESET	VINDPM/VOTG 状态  0b = 充电器未处于 VINDPM 状态 (在正向模式期间) 或电压调节中 (在 OTG 模式期间) 1b = 充电器处于 VINDPM 状态 (在正向模式期间) 或电压调节中 (在 OTG 模式期间)
11	IN_IIN_DPM	R	0h	复位方式： REG_RESET	IIN_DPM/IOTG 状态  0b = 未处于 IIN_DPM 中 1b = 处于 IIN_DPM 中
10	FAULT_SC_VBUSACP	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。  0b = 无故障 1b = 故障

表 7-22. REG0x20\_ChargerStatus1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
9	FAULT_BATCOC	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到触发 1 秒后从主机读取。要恢复充电，EC 还需要将非零值重新写入 CHARGE_CURRENT() 寄存器。 0b = 无故障 1b = 故障
8	IN_OTG	R	0h	复位方式： REG_RESET	OTG 0b = 未处于 OTG 中 1b = 处于 OTG 中
7	FAULT_ACOV	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。 0b = 无故障 1b = 故障
6	FAULT_BATDOC	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。 0b = 无故障 1b = 故障
5	FAULT_ACOV	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。 0b = 无故障 1b = 故障
4	FAULT_SYSOVP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	SYSOVP 故障状态和清除 当发生 SYSOVP 时，该位设置为高电平。只要该位为高电平，便会禁用转换器。移除 SYSOVP 后，用户必须向该位写入 0 或拔下适配器来清除 SYSOVP 条件，从而再次启用转换器。 0b = 无故障 1b = 故障
3	FAULT_VSYS_UVP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	VSYS_UVP 故障状态和清除。故障将锁存直到通过向该位写入 0 来从主机清除。 只要该位为高电平，便会禁用转换器。移除 VSYS_UVP 后，用户必须向该位写入 0 或拔下适配器来清除 VSYS_UVP 条件，从而再次启用转换器。 0b = 无故障 1b = 故障
2	FAULT_FRC_CONV_OFF	R	0h	复位方式： REG_RESET	当独立比较器触发低电平有效时，强制关闭转换器。故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 1b。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。 0b = 无故障 1b = 故障

表 7-22. REG0x20\_ChargerStatus1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
1	FAULT_OTG_OVP	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 <b>1b</b> 。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。  0b = 无故障 1b = 故障
0	FAULT_OTG_UVP	R	0h	复位方式： REG_RESET	故障将锁存直到从主机读取，如果主机读取期间故障仍然存在，则该位应保持为 <b>1b</b> 。但是，在主机读取一次故障状态后，该位将在原始故障被清除后自动复位。这样，主机就无需在故障被清除后再次读取以清除该故障位。  0b = 无故障 1b = 故障

### 7.6.10 REG0x21\_Prochot\_Status\_Register (地址 = 21h) [复位 = 3800h]

图 7-23 展示了 REG0x21\_Prochot\_Status\_Register，表 7-23 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-23. REG0x21\_Prochot\_Status\_Register

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED	EN_PROCHOT_EXT	PROCHOT_WIDTH		PROCHOT_CLEAR	TSHUT	STAT_VAP_FAIL	STAT_EXIT_VAP
R-0h	R/W-0h	R/W-3h		R/W-1h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
STAT_VINDP	STAT_COMP	STAT_ICRIT	STAT_INOM	STAT_IDCHG1	STAT_VSYS	STAT_BATTERY_REMOVAL	STAT_ADAPTER_REMOVAL
R/W-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

表 7-23. REG0x21\_Prochot\_Status\_Register 字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	RESERVED	R	0h		保留
14	EN_PROCHOT_EXT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	PROCHOT 脉冲扩展使能。启用脉冲扩展后，保持 PROCHOT 引脚电压为低电平，直到主机写入 PROCHOT_CLEAR=0b。  0b = 禁用 1b = 启用
13-12	PROCHOT_WIDTH	R/W	3h	复位方式： REG_RESET	当 EN_PROCHOT_EXT = 0b 时的 PROCHOT 脉冲宽度  00b = 83ms (最小值) / 100ms (典型值) / 117ms (最大值) 01b = 42ms (最小值) / 50ms (典型值) / 58ms (最大值) 10b = 5ms (最小值) / 6.15ms (典型值) / 7.3ms (最大值) 11b = 10ms (最小值) / 12.5ms (典型值) / 15ms (最大值)
11	PROCHOT_CLEAR	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	PROCHOT 脉冲清除。 当 EN_PROCHOT_EXT=0b 时，清除 PROCHOT 脉冲。  0b = 清除 PROCHOT 脉冲并将 /PROCHOT 引脚驱动为高电平 1b = 空闲
10	TSHUT	R	0h	复位方式： REG_RESET	TSHUT 触发器  0b = 未触发 1b = 已触发
9	STAT_VAP_FAIL	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	该状态位报告在 VAP 模式下 VBUS 连续 7 次加载失败，这表明电池电压可能不足以进入 VAP 模式，或 VAP 加载电流设置过高。  0b = 未处于 VAP 故障中 1b = 处于 VAP 故障中，充电器退出 VAP 模式，并锁闭直到主机将该位写为 0。
8	STAT_EXIT_VAP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	当充电器在 VAP 模式下运行时，如果通过主机禁用或存在任何充电器故障，则该充电器可以退出 VAP。  0b = PROCHOT_EXIT_VAP 未处于活动状态 1b = PROCHOT_EXIT_VAP 处于活动状态，PROCHOT 引脚为低电平，直到主机将该状态位写为 0



表 7-23. REG0x21\_Prochot\_Status\_Register 字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
7	STAT_VINDPM	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	PROCHOT 配置 VINDPM 状态位，触发为 1b 后，PROCHOT 引脚为低电平，直到主机在 PP_VINDPM = 1b 时写入此状态位为 0b。  0b = 未触发 1b = 已触发
6	STAT_COMP	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
5	STAT_ICRIT	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
4	STAT_INOM	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
3	STAT_IDCHG1	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
2	STAT_VSYS	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
1	STAT_BATTERY_REMOVAL	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发
0	STAT_ADAPTER_REMOVAL	R	0h	复位方式： REG_RESET	状态将锁存直到从主机读取。  0b = 未触发 1b = 已触发

### 7.6.11 REG0x22\_IIN\_DPM 寄存器 (地址 = 22h) [复位 = 0320h]

图 7-24 展示了 REG0x22\_IIN\_DPM，表 7-24 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-24. REG0x22\_IIN\_DPM 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED						IIN_DPM	
R-0h						R-C8h	
7	6	5	4	3	2	1	0
IIN_DPM						RESERVED	
R-C8h						R-0h	

表 7-24. REG0x22\_IIN\_DPM 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-11	RESERVED	R	0h		保留
10-2	IIN_DPM	R	C8h	复位方式： REG_RESET	使用 10m $\Omega$ 检测电阻时的输入电流设置： POR : 5000mA (C8h) 范围 : 400mA-8200mA (10h-148h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长 : 25mA
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.12 REG0x23\_ADC\_VBUS 寄存器 (地址 = 23h) [复位 = 0000h]

图 7-25 展示了 REG0x23\_ADC\_VBUS，表 7-25 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-25. REG0x23\_ADC\_VBUS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_VBUS							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_VBUS							
R-0h							

表 7-25. REG0x23\_ADC\_VBUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_VBUS	R	0h	复位方式： REG_RESET	VBUS ADC 读数： (注意：在转换器启动之前插入 VBUS 时，VBUS ADC 通道应执行一次以读取空载 VBUS 电压并将值保存到 ADC_VBUS() 中)  POR：0mV (0h) 格式：二进制补码 范围：0mV-65534mV (0h-7FFFh) 钳位至低电平 位步长：2mV

### 7.6.13 REG0x24\_ADC\_IBAT 寄存器 (地址 = 24h) [复位 = 0000h]

图 7-26 展示了 REG0x24\_ADC\_IBAT，表 7-26 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-26. REG0x24\_ADC\_IBAT 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_IBAT							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_IBAT							
R-0h							

表 7-26. REG0x24\_ADC\_IBAT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_IBAT	R	0h	复位方式： REG_RESET	使用 5mΩ 检测电阻时的 IBAT ADC 读数：请注意，充电器仅在仅电池模式或 OTG 模式下测量放电电流（负电压），仅在插入有效适配器后测量充电电流（正电压）  POR：0mA (0h) 格式：二进制补码 范围：-32768mA-32767mA (8000h-7FFFh) 位步长：1mA

### 7.6.14 REG0x25\_ADC\_IIN 寄存器 (地址 = 25h) [复位 = 0000h]

图 7-27 展示了 REG0x25\_ADC\_IIN，表 7-27 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-27. REG0x25\_ADC\_IIN 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_IIN							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_IIN							
R-0h							

表 7-27. REG0x25\_ADC\_IIN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_IIN	R	0h	复位方式： REG_RESET	使用 10mΩ 检测电阻时的 IIN ADC 读数：从适配器流向转换器的电流（与正向模式相同）表示为正，流向适配器的电流（与 OTG 模式相同）为负。  POR：0mA (0h) 格式：二进制补码 范围：-16384mA-16383.5mA (8000h-7FFFh) 位步长：0.5mA

### 7.6.15 REG0x26\_ADC\_VSYS 寄存器 (地址 = 26h) [复位 = 0000h]

图 7-28 展示了 REG0x26\_ADC\_VSYS，表 7-28 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-28. REG0x26\_ADC\_VSYS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_VSYS							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_VSYS							
R-0h							

表 7-28. REG0x26\_ADC\_VSYS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_VSYS	R	0h	复位方式： REG_RESET	VSYS ADC 读数： POR：0mV (0h) 格式：二进制补码 范围：0mV-65534mV (0h-7FFFh) 钳位至低电平 位步长：2mV

### 7.6.16 REG0x27\_ADC\_VBAT 寄存器 (地址 = 27h) [复位 = 0000h]

图 7-29 展示了 REG0x27\_ADC\_VBAT，表 7-29 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-29. REG0x27\_ADC\_VBAT 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_VBAT							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_VBAT							
R-0h							

表 7-29. REG0x27\_ADC\_VBAT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_VBAT	R	0h	复位方式： REG_RESET	VBAT ADC 读数： POR：0mV (0h) 格式：二进制补码 范围：0mV-32767mV (0h-7FFFh) 钳位至低电平 位步长：1mV

### 7.6.17 REG0x28\_ADC\_PSYS 寄存器 (地址 = 28h) [复位 = 0000h]

图 7-30 展示了 REG0x28\_ADC\_PSYS，表 7-30 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-30. REG0x28\_ADC\_PSYS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_PSYS							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_PSYS							
R-0h							

表 7-30. REG0x28\_ADC\_PSYS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_PSYS	R	0h	钳位在 3.2V 复位方式： REG_RESET	系统电源 PSYS ADC 读数： POR：0mV (0h) 范围：0mV-8191mV (0h-1FFFh) 钳位至高电平 位步长：1mV



### 7.6.18 REG0x29\_ADC\_CMPIN\_TR 寄存器 (地址 = 29h) [复位 = 0000h]

图 7-31 展示了 REG0x29\_ADC\_CMPIN\_TR，表 7-31 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-31. REG0x29\_ADC\_CMPIN\_TR 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_CMPIN_TR							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADC_CMPIN_TR							
R-0h							

表 7-31. REG0x29\_ADC\_CMPIN\_TR 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-0	ADC_CMPIN_TR	R	0h	引脚绝对最大值 = 5.5V 复位方式： REG_RESET	CMPIN_TR 引脚电压 ADC 读数： POR : 0mV (0h) 范围 : 0mV-8191mV (0h-1FFFh) 钳位至高电平 位步长 : 1mV

### 7.6.19 REG0x30\_ChargeOption1 寄存器 (地址 = 30h) [复位 = 3201h]

图 7-32 展示了 REG0x30\_ChargeOption1，表 7-32 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-32. REG0x30\_ChargeOption1 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
EN_IBAT	EN_LWPWR_CMP	PSYS_CONFIG		RSNS_RAC	RSNS_RSR	PSYS_RATIO	EN_OTG_BIG_CAP
R/W-0h	R/W-0h	R/W-3h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
SYSOVP_MAX	CMP_POL	CMP_DEG		FRC_CONV_OFF	EN_PTM	EN_SHIP_DCHG	EN_SC_VBUS_ACP
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-1h

表 7-32. REG0x30\_ChargeOption1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	EN_IBAT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	IBAT 使能 启用 IBAT 输出缓冲器。在低功耗模式 (EN_LWPWR=1b) 下， 无论该位值如何，IBAT 缓冲器始终处于禁用状态。  0b = 禁用 1b = 启用
14	EN_LWPWR_CMP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	独立比较器使能 在仅电池低功耗模式 (EN_LWPWR=1b) 下启用独立比较器  0b = 禁用 1b = 启用
13-12	PSYS_CONFIG	R/W	3h	复位方式： REG_RESET	PSYS 使能和定义寄存器 启用 PSYS 检测电路和输出缓冲器 (整个 PSYS 电路)。在低功耗模式 (EN_LWPWR=1b) 下，无论该位值如何，PSYS 检测和缓冲器始终处于禁用状态。  00b = PBUS+PBAT 01b = PBUS 10b = 保留 11b = 关闭
11	RSNS_RAC	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	输入检测电阻 RAC。不建议在 IINDPM/IOTG 调节期间更改此值：在插入适配器的情况下：在转换器以轻负载启动后且启用充电前立即进行更改。 在仅电池模式下：在 EN_OTG 引脚上拉之前进行更改。  0b = 10m $\Omega$ 1b = 5m $\Omega$
10	RSNS_RSR	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	充电检测电阻 RSR。不建议在 ICHG/IPRECHG/BATFET_CLAMP1/BATFET_CLAMP2/BAT_SHORT 调节期间更改此值： 在插入适配器的情况下：在转换器以轻负载启动后且启用充电前立即进行更改。 在仅电池模式下：在 EN_OTG 引脚上拉之前进行更改。  0b = 5m $\Omega$ 1b = 2m $\Omega$

表 7-32. REG0x30\_ChargeOption1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
9	PSYS_RATIO	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	PSYS 增益 PSYS 输出电流与总输入和电池功率之比。  0b = 0p25uAperW 1b = 1p00uAperW
8	EN_OTG_BIG_CAP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	VBUS 有效电容大于 60uF 时 启用 OTG 补偿  0b = 禁用 OTG 大型 VBUS 电容补偿 (建议在 VBUS 有效电容小于 60uF 有效电容时设置为此值) 1b = 启用 OTG 大型 VBUS 电容补偿 (建议在 VBUS 有效电容大于 60uF 有效电容时设置为此值)
7	SYSOVP_MAX	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	将 SYSOVP 保护阈值强制设置为 27V，忽略 CELL_BATPRES 引脚配置  0b = 禁用 1b = 启用
6	CMP_POL	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	独立比较器输出极性  0b = 当 CMPIN_TR 高于内部阈值时，CMPOUT 处于 低电平 (内部迟滞) 1b = 当 CMPIN_TR 低于内部阈值时，CMPOUT 处于 低电平 (外部迟滞)
5-4	CMP_DEG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	独立比较器抗尖峰脉冲时间，仅适用于 CMPOUT 的 下降沿 (高电平到低电平)。  00b = 1us (未处于仅电池低功耗模式) /40us (仅电池 低功耗模式) 01b = 2.05ms~2.73ms 10b = 20.85ms~27.31ms 11b = 5.34s~6.99s
3	FRC_CONV_OFF	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	强制电源路径关闭 当触发独立比较器时，充电器会关闭 Q1 和 Q4 (与禁用转换器相同)，从而使系统与输入源断开连 接。 同时，CHRG_OK 信号变为低电平以通知系统。此设置 应该在插入交流电源的正向模式下或仅电池性能模式 下有效。FRC_CONV_OFF 和 CMP_EN 都应为 1b 才能 启用此功能。EN_LWPWR、EN_LWPWR_CMP 无需 为高电平，这些字段在仅电池低功耗模式下使用。  0b = 禁用 1b = 启用
2	EN_PTM	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	PTM 使能寄存器位，它将自动复位为零  0b = 禁用 1b = 启用

表 7-32. REG0x30\_ChargeOption1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
1	EN_SHIP_DCHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	<p>在运输模式下使 SRN 放电 用于使 SRN 引脚电容器电压放电，这是电池电量监测计器件运输模式所必需的。当该位为 1 时，在 340ms 内使 SRN 引脚放电，并使大约 20mA 电流流过 VSYS 引脚。当 340ms 结束时，该位自动复位为 0。如果在 340ms 到期之前由主机将此位写入为 0b，则 VSYS 引脚应立即停止放电。当 SRN 放电至 0V 后，放电电流将自动关断，以便消除 SRN 引脚上的任何负电压。请注意，如果在 340ms 之后的 SRN 电压仍然不足以使电池电量监测计器件进入运输模式，则主机可能需要再次将此位写入为 1b 以启动新的 340ms 放电周期。</p> <p>0b = 禁用 1b = 启用</p>
0	EN_SC_VBUSACP	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	<p>SC_VBUSACP 保护使能寄存器位</p> <p>0b = 禁用 1b = 启用</p>

### 7.6.20 REG0x31\_ChargeOption2 寄存器 (地址 = 31h) [复位 = 00B7h]

图 7-33 展示了 REG0x31\_ChargeOption2，表 7-33 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-33. REG0x31\_ChargeOption2 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
PKPWR_TOVLD_DEG		EN_PKPWR_IIN_DPM	EN_PKPWR_VSYS	STAT_PKPWR_OVLD	STAT_PKPWR_RELAX	PKPWR_TMAX	
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
EN_EXTILIM	EN_ICHG_IDCHG	OCP_SW2_HIGH_RANGE	OCP_SW1X_HIGH_RANGE	EN_ACOC	ACOC_VTH	EN_BATDOC	BATDOC_VTH
R/W-1h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-1h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-1h	R/W-1h

表 7-33. REG0x31\_ChargeOption2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-14	PKPWR_TOVLD_DEG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	峰值功率模式下的输入过载时间 00b = 1ms 01b = 2ms 10b = 5ms 11b = 10ms
13	EN_PKPWR_IIN_DPM	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用由输入电流过冲触发的峰值功率模式。如果 EN_PKPWR_IIN_DPM 和 EN_PKPWR_VSYS 为 0b，则禁用峰值功率模式。移除适配器后，该位复位为 0b。 0b = 禁用 1b = 启用
12	EN_PKPWR_VSYS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用由系统电压下冲触发的峰值功率模式。如果 EN_PKPWR_IIN_DPM 和 EN_PKPWR_VSYS 为 0b，则禁用峰值功率模式。移除适配器后，该位复位为 0b。 0b = 禁用 1b = 启用
11	STAT_PKPWR_OVLD	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	指示器件处于过载周期。写入 0 以退出过载周期。 0b = 未处于峰值 1b = 处于峰值
10	STAT_PKPWR_RELAX	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	指示器件处于弛豫周期。写入 0 以退出弛豫周期。 0b = 未处于弛豫周期 1b = 处于弛豫周期
9-8	PKPWR_TMAX	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	峰值功率模式过载和弛豫周期时间。 00b = 20ms 01b = 40ms 10b = 80ms 11b = 1s
7	EN_EXTILIM	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	启用 ILIM_HIZ 引脚以设置输入电流限制 0b = 禁用 (输入电流限制由 IIN_HOST() 设置) 1b = 启用 (输入电流限制由 ILIM_HIZ 引脚和 IIN_HOST() 的较低值设置)
6	EN_ICHG_IDCHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	IBAT 引脚监控放电电流和充电电流选择 0b = IBAT 引脚作为放电电流 1b = IBAT 引脚作为充电电流

表 7-33. REG0x31\_ChargeOption2 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
5	OCP_SW2_HIGH_RANGE	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	通过检测 Q4 VDS 来确定过流保护阈值。当此故障持续触发 1 个开关周期时，转换器将锁闭。要重新启用转换器，需要将 EN_HIZ 位从 0 切换为 1，然后切换回 0。  0b = 150mV 1b = 260mV
4	OCP_SW1X_HIGH_RANGE	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	通过检测 RAC 电阻上的电压来确定提供过流保护阈值。当此故障持续触发 1 个开关周期时，转换器将锁闭。要重新启用转换器，需要将 EN_HIZ 位从 0 切换为 1，然后切换回 0。  0b = 对于 Q1_A 和 Q1_B 为 300mV (在 VSYS_UVP 下为 150mV) 1b = 对于 Q1_A 和 Q1_B 为 450mV (在 VSYS_UVP 下为 300mV)
3	EN_ACOC	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	ACOC 使能 通过检测 ACP_A 和 ACN_A 上的电压以及 ACP_B 和 ACN_B 上的电压来启用输入过流 (ACOC) 保护。在 ACOC 时 (经过 250μs 消隐时间后)，转换器被禁用。  0b = 禁用 1b = 启用
2	ACOC_VTH	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	ACOC 限制 将 ACOC 阈值设置为 ILIM2_VTH (具有从 RAC 检测到的电流) 的百分比。  0b = 1.33 1b = 2
1	EN_BATDOC	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	BATDOC 使能 通过检测 SRN 和 SRP 上的电压实现电池放电过流 (BATDOC) 保护。在 BATDOC 时，转换器被禁用。  0b = 禁用 1b = 启用
0	BATDOC_VTH	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	将电池放电过流阈值设置为 PROCHOT 电池放电电流限制的百分比。  0b = 2 1b = 3

### 7.6.21 REG0x32\_ChargeOption3 寄存器 (地址 = 32h) [复位 = 0534h]

图 7-34 展示了 REG0x32\_ChargeOption3，表 7-34 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-34. REG0x32\_ChargeOption3 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
EN_HIZ	REG_RESET	DETECT_VIND PM	EN_OTG	EN_ICO_MOD E	EN_PORT_CT RL	EN_VSYS_MIN_SOFT_SR	
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-1h	
7	6	5	4	3	2	1	0
BATFET_ENZ	RESERVED	OTG_VAP_MO DE	IL_AVG		CMP_EN	BATFETOFF_H IZ	PSYS_OTG_ID CHG
R/W-0h	R-0h	R/W-1h	R/W-2h		R/W-1h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-34. REG0x32\_ChargeOption3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	EN_HIZ	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	器件高阻态模式使能 当充电器处于高阻态模式时，器件消耗的静态电流最小。且 VBUS 高于 UVLO。REGN LDO 保持开启状态，系统由电池供电。  0b = 禁用 1b = 启用
14	REG_RESET	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	复位寄存器 所有 R/W 和 R 寄存器都恢复到默认设置，但以下各项除外：CHRG_STAT、MODE_STAT、HIDRV1_STAT、LODRV1_STAT、HIDRV2_STAT、LODRV2_STAT、PWM_FREQ  0b = 空闲 1b = 复位
13	DETECT_VINDPM	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	根据 VBUS 测量结果减去 1.28V 来设置 VINDPM 阈值，需禁用转换器才能测量 VBUS。完成 VBUS 测量后，VINDPM() 中将写入值 VBUS-1.28V。然后，该位恢复为 0，转换器启动。  0b = 空闲 1b = 测量 VIN，将 VIN-1.28V 写入 VINDPM
12	EN_OTG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET 看门狗	OTG 模式使能 当 EN_OTG 引脚为高电平时，在 OTG 模式下启用器件。  0b = 禁用 1b = 启用
11	EN_ICO_MODE	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 ICO 算法  0b = 禁用 1b = 启用
10	EN_PORT_CTRL	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	为双端口应用启用 BATFET 控制：  0b = 通过高阻态 BATDRV 引脚禁用 BATFET 控制 1b = 通过处于活动状态的 BATDRV 引脚启用 BATFET 控制

表 7-34. REG0x32\_ChargeOption3 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
9-8	EN_VSYS_MIN_SOFT_SR	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	适用于 VSYS_MIN 升压转换的 VSYS_MIN 软压摆率控制。注意降压不需要软转换。  00b = 禁用 01b = 6.25mV/us 10b = 3.125mV/us 11b = 1.5625mV/us
7	BATFET_ENZ	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	在仅电池低功耗模式下关闭 BATFET。当不处于诸如 OTG 之类的低功耗模式或插入了交流电时，该位配置会被忽略且无效。  0b = 不强制关闭 BATFET 1b = 强制关闭 BATFET
6	RESERVED	R	0h		保留
5	OTG_VAP_MODE	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	外部 EN_OTG 引脚控制的选择。  0b = VAP 模式 1b = OTG 模式
4-3	IL_AVG	R/W	2h	复位方式： REG_RESET	4 级电感器平均电流钳位。  00b = 10A 01b = 18A 10b = 24A 11b = 禁用 (内部 30A 限制)
2	CMP_EN	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	启用具有有效低电平的独立比较器。  0b = 禁用 1b = 启用
1	BATFETOFF_HIZ	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	在高阻态模式期间关闭 BATFET。  0b = 开 1b = 关
0	PSYS_OTG_IDCHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	OTG 模式期间的 PSYS 定义。  0b = PSYS 作为电池放电功率减去 OTG 输出功率 1b = PSYS 仅作为电池放电功率



### 7.6.22 REG0x33\_ProchotOption0\_Register ( 地址 = 33h ) [复位 = 4A39h]

图 7-35 展示了 REG0x33\_ProchotOption0\_Register，表 7-35 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-35. REG0x33\_ProchotOption0\_Register

15	14	13	12	11	10	9	8
ILIM2_VTH				ICRIT_DEG			PROCHOT_VIN DPM_80_90
R/W-9h				R/W-1h			R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
VSYS_TH1						INOM_DEG	LOWER_PROC HOT_VINDPM
R/W-Eh						R/W-0h	R/W-1h

表 7-35. REG0x33\_ProchotOption0\_Register 字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-11	ILIM2_VTH	R/W	9h	在此处添加说明 复位方式： REG_RESET	ILIM2 阈值 00000b = OutOfRange_0x00 00001b = 110_percent 00010b = 115_percent 00011b = 120_percent 00100b = 125_percent 00101b = 130_percent 00110b = 135_percent 00111b = 140_percent 01000b = 145_percent 01001b = 150_percent 01010b = 155_percent 01011b = 160_percent 01100b = 165_percent 01101b = 170_percent 01110b = 175_percent 01111b = 180_percent 10000b = 185_percent 10001b = 190_percent 10010b = 195_percent 10011b = 200_percent 10100b = 205_percent 10101b = 210_percent 10110b = 215_percent 10111b = 220_percent 11000b = 225_percent 11001b = 230_percent 11010b = 250_percent 11011b = 300_percent 11100b = 350_percent 11101b = 400_percent 11110b = 450_percent 11111b = OutOfRange_0x1F
10-9	ICRIT_DEG	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	触发 PROCHOT 的 ICRIT 抗尖峰脉冲时间 00b = 12us ( 最小值 ) /14.5us ( 典型值 ) /17us ( 最大 值 ) 01b = 93us ( 最小值 ) /111us ( 典型值 ) /129us ( 最大 值 ) 10b = 372us ( 最小值 ) /443us ( 典型值 ) /513us ( 最 大值 ) 11b = 745us ( 最小值 ) /873us ( 典型值 ) /1000us ( 最 大值 )

表 7-35. REG0x33\_ProchotOption0\_Register 字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
8	PROCHOT_VINDPM_80_90	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	PROCHOT_VINDPM 比较器的下限阈值。 当 LOWER_PROCHOT_VINDPM=1 时， PROCHOT_VINDPM 的阈值由该设置决定。  0b = VINDPM 的 83% 1b = VINDPM 的 91%
7-2	VSYS_TH1	R/W	Eh	复位方式： REG_RESET	VAP 模式下用于触发 VBUS 放电的 VSYS 阈值。 POR : 6400mV (Eh) 范围 : 5000mV-11300mV (0h-3Fh) 位步长 : 100mV 偏移 : 5000mV
1	INOM_DEG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	INOM 抗尖峰脉冲时间  0b = 0.84ms (最小值) / 0.988ms (典型值) / 1.14ms (最大值) 1b = 54ms (最小值) / 64ms (典型值) / 73ms (最大值)
0	LOWER_PROCHOT_VINDPM	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	启用 PROCHOT_VINDPM 比较器的下限阈值：  0b = PROCHOT_VINDPM 遵循 VINDPM REG0x3D 设置 1b = PROCHOT_VINDPM 降低并由 PROCHOT_VINDPM_80_90 位设置确定

### 7.6.23 REG0x34\_ProchotOption1 寄存器 (地址 = 34h) [复位 = 41A0h]

图 7-36 展示了 REG0x34\_ProchotOption1，表 7-36 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-36. REG0x34\_ProchotOption1 寄存器

15		14		13		12		11		10		9		8	
IDCHG_TH1										IDCHG_DEG1					
R/W-10h										R/W-1h					
7		6		5		4		3		2		1		0	
PP_VINDPM	PP_CMP	PP_ICRIT	PP_INOM	PP_IDCHG1	PP_VSYS	PP_BATPRES	PP_ACOK								
R/W-1h	R/W-0h	R/W-1h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h								

表 7-36. REG0x34\_ProchotOption1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-10	IDCHG_TH1	R/W	10h	复位方式： REG_RESET	IDCHG 1 级阈值 6 位，范围 1500A 至 33A (5mΩ RSR)，步长 500mA。所有代码都存在 1500mA 偏移 测量 SRN 和 SRP 之间的电流。 当放电电流高于阈值时触发。 如果该值编程为 000000b，则始终会触发 PROCHOT。 默认值：9500mA 或 010000b POR：9500mA (10h) 范围：1500mA-33000mA (0h-3Fh) 位步长：500mA 偏移：1500mA
9-8	IDCHG_DEG1	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	IDCHG 抗尖峰脉冲时间 00b = 69ms (最小值) / 78ms (典型值) / 93.6ms (最大值) 01b = 1.1sec (最小值) / 1.25sec (典型值) / 1.4sec (最大值) 10b = 4.4sec (最小值) / 5sec (典型值) / 5.6ms (最大值) 11b = 17.5sec (最小值) / 20sec (典型值) / 22.3sec (最大值)
7	PP_VINDPM	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	VINDPM PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用
6	PP_CMP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	COMP PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用
5	PP_ICRIT	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	ICRIT PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用
4	PP_INOM	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	INOM PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用
3	PP_IDCHG1	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	IDCHG1 PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用

表 7-36. REG0x34\_ProchotOption1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
2	PP_VSYS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	VSYS PROCHOT 配置使能 0b = 禁用 1b = 启用
1	PP_BATPRES	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	电池移除 PROCHOT 配置使能 如果移除电池后在 PROCHOT 中启用了 PP_BATPRES，它将立即发出一次性 PROCHOT 脉 冲。 0b = 禁用 1b = 启用
0	PP_ACOK	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	适配器移除 PROCHOT 配置使能。 如果移除适配器后在 PROCHOT 中启用了 PP_ACOK，则会将其拉至低电平。 0b = 禁用 1b = 启用

### 7.6.24 REG0x35\_ADCOption 寄存器 (地址 = 35h) [复位 = 9000h]

图 7-37 展示了 REG0x35\_ADCOption，表 7-37 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-37. REG0x35\_ADCOption 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ADC_RATE	ADC_EN	ADC_SAMPLE		ADC_AVG	ADC_AVG_INIT	RESERVED	
R/W-1h	R/W-0h	R/W-1h		R/W-0h	R/W-0h	R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
EN_ADC_CMPIN	EN_ADC_VBUS	EN_ADC_PSY S	EN_ADC_IIN	RESERVED	EN_ADC_IBAT	EN_ADC_VSY S	EN_ADC_VBAT
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-37. REG0x35\_ADCOption 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	ADC_RATE	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	ADC 转换类型选择 典型的转换时间由分辨率精度决定。  0b = 连续更新。循环无中断地对 ADC 寄存器执行一组转换更新。整个组的总周期由 ADC 通道启用计数乘以每个通道的转换时间（该时间取决于 ADC_SAMPLE 设置）决定。 1b = 一次性更新。在 ADC_START = 1 后，对 ADC 寄存器执行一组转换更新。整个组的总周期由 ADC 通道启用计数乘以每个通道的转换时间（该时间取决于 ADC_SAMPLE 设置）决定。
14	ADC_EN	R/W	0h	复位方式： REG_RESET 看门狗	ADC 转换使能命令。 在一次性 ADC 配置 ADC_RATE=0b 下，一次性更新完成后， 该位自动复位为零  0b = 空闲 1b = 启动
13-12	ADC_SAMPLE	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	ADC 采样分辨率选择，每个通道转换时间也根据分辨率来确定。  00b = 15 位有效分辨率（每个通道的转换时间为 24ms） 01b = 14 位有效分辨率（每个通道的转换时间为 12ms） 10b = 13 位有效分辨率（每个通道的转换时间为 6ms） 11b = 保留
11	ADC_AVG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	ADC 平均值控制  0b = 单个值 1b = 运行平均值
10	ADC_AVG_INIT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	ADC 平均初始值控制  0b = 使用现有寄存器值开始计算平均值 1b = 使用新的 ADC 转换开始计算平均值
9-8	RESERVED	R	0h		保留
7	EN_ADC_CMPIN	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 CMPIN_TR 引脚电压 ADC 通道  0b = 禁用 1b = 启用

表 7-37. REG0x35\_ADCAOption 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
6	EN_ADC_VBUS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 VBUS 引脚电压 ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用
5	EN_ADC_PSYS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 PSYS 引脚电压 ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用
4	EN_ADC_IIN	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 IIN ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用
3	RESERVED	R	0h		保留
2	EN_ADC_IBAT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 ICHG ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用
1	EN_ADC_VSYS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 VSYS 引脚电压 ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用
0	EN_ADC_VBAT	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 SRN 引脚电压 ADC 通道 0b = 禁用 1b = 启用

### 7.6.25 REG0x36\_ChargeOption4 寄存器 (地址 = 36h) [复位 = 0048h]

图 7-38 展示了 REG0x36\_ChargeOption4，表 7-38 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-38. REG0x36\_ChargeOption4 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
VSYS_UVP		EN_DITHER		VSYS_UVP_NO_HICCUP		PP_VBUS_VAP	STAT_VBUS_VAP
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
IDCHG_DEG2		IDCHG_TH2		PP_IDCHG2		STAT_IDCHG2	STAT_PTM
R/W-1h		R/W-1h		R/W-0h		R-0h	R-0h

表 7-38. REG0x36\_ChargeOption4 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	VSYS_UVP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	VSYS 欠压锁定，在触发 UVP 后，充电器进入断续模式，如果在 90 秒内重启失败 7 次，充电器将锁闭。通过设置 VSYS_UVP_NO_HICCUP = 1b 可禁用 UVP 期间的断续模式。  000b = 2.4V 001b = 3.2V 010b = 4.0V 011b = 4.8V 100b = 5.6V 101b = 6.4V 110b = 7.2V 111b = 8.0V
12-11	EN_DITHER	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	频率抖动配置  00b = 禁用 01b = 1X 10b = 2X 11b = 3X
10	VSYS_UVP_NO_HICCUP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	禁用 VSYS_UVP 断续模式运行：  0b = 启用断续模式 1b = 禁用断续模式
9	PP_VBUS_VAP	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用 VBUS_VAP PROCHOT 配置  0b = 禁用 1b = 启用
8	STAT_VBUS_VAP	R	0h	复位方式： REG_RESET	STAT_VBUS_VAP  0b = 未触发 1b = 已触发
7-6	IDCHG_DEG2	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	电池放电电流限制 2 抗尖峰脉冲时间  00b = 81us (最小值) / 98us (典型值) / 115us (最大值) 01b = 1.3ms (最小值) / 1.55ms (典型值) / 1.8ms (最大值) 10b = 5.2ms (最小值) / 6.25ms (典型值) / 7.3ms (最大值) 11b = 10.4ms (最小值) / 12.5ms (典型值) / 14.6ms (最大值)

表 7-38. REG0x36\_ChargeOption4 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	注释	说明
5-3	IDCHG_TH2	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	<p>基于 IDCHG_TH1 百分比的电池放电电流限制 2。请注意，如果 IDCHG_TH2 设置值高于 40A，则目标值和 40A 之间的精度会降低。</p> <p>000b = 125%*IDCHG_TH1            001b = 150%*IDCHG_TH1            010b = 175%*IDCHG_TH1            011b = 200%*IDCHG_TH1            100b = 250%*IDCHG_TH1            101b = 300%*IDCHG_TH1            110b = 350%*IDCHG_TH1            111b = 400%*IDCHG_TH1</p>
2	PP_IDCHG2	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	<p>启用 IDCHG_TH2 PROCHOT 配置</p> <p>0b = 禁用            1b = 启用</p>
1	STAT_IDCHG2	R	0h	复位方式： REG_RESET	<p>状态将锁存直到从主机读取。</p> <p>0b = 未触发            1b = 已触发</p>
0	STAT_PTM	R	0h	复位方式： REG_RESET	<p>PTM 运行状态位监控器</p> <p>0b = 未活动状态            1b = 活动状态</p>



### 7.6.26 REG0x37\_Vmin\_Active\_Protection 寄存器 (地址 = 37h) [复位 = 0024h]

图 7-39 展示了 REG0x37\_Vmin\_Active\_Protection，表 7-39 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-39. REG0x37\_Vmin\_Active\_Protection 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
VBUS_VAP_TH							DIS_BATOVP_20MA
R/W-0h							R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
VSYS_TH2						EN_VSYSTH2_FOLLOW_VSYSTH1	EN_FRS
R/W-9h						R/W-0h	R/W-0h

表 7-39. REG0x37\_Vmin\_Active\_Protection 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-9	VBUS_VAP_TH	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	VAP 模式 2 VBUS /PROCHOT 触发电压阈值 POR：3200mV (0h) 范围：3200mV-15900mV (0h-7Fh) 位步长：100mV 偏移：3200mV
8	DIS_BATOVP_20MA	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	禁用通过 VSYS 引脚的 BATOVP 20mA 放电电流 0b = 在 BATOVP 下进行 20mA 放电 1b = 在 BATOVP 下不进行 20mA 放电
7-2	VSYS_TH2	R/W	9h	复位方式： REG_RESET	VAP 模式 2 VBUS /PROCHOT 触发电压阈值 POR：5900mV (9h) 范围：5000mV-11300mV (0h-3Fh) 位步长：100mV 偏移：5000mV
1	EN_VSYSTH2_FOLLOW_VSYSTH1	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	启用内部 VSYS_TH2，遵循 VSYS_TH1 设置，忽略寄存器 VSYS_TH2 设置 0b = 禁用 1b = 启用
0	EN_FRS	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	快速角色交换功能使能 0b = 禁用 1b = 启用

### 7.6.27 REG0x3B\_OTG\_VOLTAGE 寄存器 (地址 = 3Bh) [复位 = 03E8h]

图 7-40 展示了 REG0x3B\_OTG\_VOLTAGE，表 7-40 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-40. REG0x3B\_OTG\_VOLTAGE 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				OTG_VOLTAGE			
R-0h				R/W-FAh			
7	6	5	4	3	2	1	0
OTG_VOLTAGE						RESERVED	
R/W-FAh						R-0h	

表 7-40. REG0x3B\_OTG\_VOLTAGE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	RESERVED	R	0h		保留
12-2	OTG_VOLTAGE	R/W	FAh	复位方式： REG_RESET	OTG 输出电压调节： 注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。 POR：5000mV (FAh) 范围：3000mV-5000mV (96h-FAh) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mV
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.28 REG0x3C\_OTG\_CURRENT 寄存器 (地址 = 3Ch) [复位 = 01E0h]

图 7-41 展示了 REG0x3C\_OTG\_CURRENT，表 7-41 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-41. REG0x3C\_OTG\_CURRENT 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					OTG_CURRENT		
R-0h					R/W-78h		
7	6	5	4	3	2	1	0
OTG_CURRENT					RESERVED		
R/W-78h					R-0h		

表 7-41. REG0x3C\_OTG\_CURRENT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-11	RESERVED	R	0h		保留
10-2	OTG_CURRENT	R/W	78h	复位方式： REG_RESET	使用 10mΩ RAC 电流检测功能时的 OTG 输出电流限制： 注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。  POR：3000mA (78h) 范围：100mA-3000mA (4h-78h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：25mA
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.29 REG0x3D\_VINDPM 寄存器 (地址 = 3Dh) [复位 = 0280h]

图 7-42 展示了 REG0x3D\_VINDPM，表 7-42 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-42. REG0x3D\_VINDPM 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				VINDPM			
R-0h				R/W-A0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
VINDPM						RESERVED	
R/W-A0h						R-0h	

表 7-42. REG0x3D\_VINDPM 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	RESERVED	R	0h		保留
12-2	VINDPM	R/W	A0h	复位方式： REG_RESET	输入电压限制： 注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。 POR：3200mV (A0h) 范围：3200mV-27000mV (A0h-546h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：20mV
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.30 REG0x3E\_VSYS\_MIN 寄存器 (地址 = 3Eh) [复位 = 0528h]

图 7-43 展示了 REG0x3E\_VSYS\_MIN，表 7-43 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-43. REG0x3E\_VSYS\_MIN 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				VSYS_MIN			
R-0h				R/W-528h			
7	6	5	4	3	2	1	0
VSYS_MIN							
R/W-528h							

表 7-43. REG0x3E\_VSYS\_MIN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-13	RESERVED	R	0h		保留
12-0	VSYS_MIN	R/W	528h	复位方式： REG_RESET	最低系统电压配置寄存器 注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。  POR：6600mV (528h) 范围：5000mV-21000mV (3E8h-1068h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：5mV 模式：2s 6600mV  模式：3s 9200mV POR：9200mV (730h)  模式：4s 12300mV POR：12300mV (99Ch)  模式：5s 15400mV POR：15400mV (C08h)

### 7.6.31 REG0x3F\_IIN\_HOST 寄存器 (地址 = 3Fh) [复位 = 0320h]

图 7-44 展示了 REG0x3F\_IIN\_HOST，表 7-44 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-44. REG0x3F\_IIN\_HOST 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED						IIN_HOST	
R-0h						R/W-C8h	
7	6	5	4	3	2	1	0
IIN_HOST						RESERVED	
R/W-C8h						R-0h	

表 7-44. REG0x3F\_IIN\_HOST 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-11	RESERVED	R	0h		保留
10-2	IIN_HOST	R/W	C8h	复位方式： REG_RESET	使用 10mΩ 检测电阻时的最大输入电流限制： 注意：写入超过钳位高电平/低电平的值实际上会将寄存器设置为钳位高电平/低电平值。 POR：5000mA (C8h) 范围：400mA-8200mA (10h-148h) 钳位至低电平 钳位至高电平 位步长：25mA
1-0	RESERVED	R	0h		保留

### 7.6.32 REG0x60\_AUTOTUNE\_READ 寄存器 (地址 = 60h) [复位 = 0000h]

图 7-45 展示了 REG0x60\_AUTOTUNE\_READ，表 7-45 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-45. REG0x60\_AUTOTUNE\_READ 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
AUTOTUNE_A							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
AUTOTUNE_B							
R-0h							

表 7-45. REG0x60\_AUTOTUNE\_READ 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-8	AUTOTUNE_A	R	0h		A 相电感器时间常数 L(uH)/DCR(mΩ) 值： AUTOTUNE_A = 256-265*L(uH)/DCR(mΩ)。当转换器关闭时，这些位将设置回 0。
7-0	AUTOTUNE_B	R	0h		B 相电感器时间常数 L(uH)/DCR(mΩ) 值： AUTOTUNE_A = 256-265*L(uH)/DCR(mΩ)。当转换器关闭时，这些位将设置回 0。

### 7.6.33 REG0x61\_AUTOTUNE\_FORCE 寄存器 (地址 = 61h) [复位 = A8A8h]

图 7-46 展示了 REG0x61\_AUTOTUNE\_FORCE，表 7-46 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-46. REG0x61\_AUTOTUNE\_FORCE 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
FORCE_AUTOTUNE_A							
R/W-A8h							
7	6	5	4	3	2	1	0
FORCE_AUTOTUNE_B							
R/W-A8h							

表 7-46. REG0x61\_AUTOTUNE\_FORCE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-8	FORCE_AUTOTUNE_A	R/W	A8h		A 相电感器时间常数强制值 L(uH)/DCR(mΩ) : FORCE_AUTOTUNE_A = 256-265*L(uH)/ DCR(mΩ)。默认的 0xA8 表示 0.211uH/mΩ
7-0	FORCE_AUTOTUNE_B	R/W	A8h		B 相电感器时间常数强制值 L(uH)/DCR(mΩ) : FORCE_AUTOTUNE_B = 256-265*L(uH)/ DCR(mΩ)。默认的 0xA8 表示 0.211uH/mΩ



### 7.6.34 REG0x62\_GM\_ADJUST\_FORCE 寄存器 (地址 = 62h) [复位 = 00C7h]

图 7-47 展示了 REG0x62\_GM\_ADJUST\_FORCE，表 7-47 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-47. REG0x62\_GM\_ADJUST\_FORCE 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
GM_ADJUST						FORCE_UPDATE	RESERVED
R-0h						R/W-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
FORCE_GM_ADJUST						FORCE_GM_ADJUST_EN	FORCE_AUTOTUNE_EN
R/W-31h						R/W-1h	R/W-1h

表 7-47. REG0x62\_GM\_ADJUST\_FORCE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-10	GM_ADJUST	R	0h		电感器 DCR 的自动自适应调整值。当转换器关闭时，该值为 0。如果转换器开始开关并且 FORCE_GM_ADJUST_EN=1b，则 GM_ADJUST=FORCE_GM_ADJUST+1 并作为固定值。
9	FORCE_UPDATE	R/W	0h		更新 FORCE_AUTOTUNE_A、FORCE_AUTOTUNE_B、FORCE_GM_ADJUST 值，使其对电感器 DCR 电流检测有效。当该位的写入值从 0b 变为 1b 以登记新的强制值时，转换器将自动关闭并重新启动。一次性更新完成后，转换器自动恢复开关行为并将该位复位为 0b。  0b = 空闲 1b = 将 FORCE_AUTOTUNE_A、FORCE_AUTOTUNE_B、FORCE_GM_ADJUST 值更新到转换器
8	RESERVED	R	0h		保留
7-2	FORCE_GM_ADJUST	R/W	31h		电感器 DCR 的强制 GM 调整值：GM_ADJUST = 71.25-272/DCR(mΩ)。默认值 0x31 表示 12.2mΩ
1	FORCE_GM_ADJUST_EN	R/W	1h		使 FORCE_GM_ADJUST 对电感器 DCR 电流检测有效。当 FORCE_UPDATE 位的写入值从 0b 变为 1b 以更新这些强制值时，转换器将自动关闭并重新启动。当转换器因其他原因重新启动时，只要该位为 1b，转换器便会强制 GM_ADJUST = FORCE_GM_ADJUST+1 作为固定值  0b = 禁用 FORCE_GM_ADJUST 1b = 启用 FORCE_GM_ADJUST
0	FORCE_AUTOTUNE_EN	R/W	1h		使 FORCE_AUTOTUNE_A、FORCE_AUTOTUNE_B 对电感器 DCR 电流检测有效。当 FORCE_UPDATE 位的写入值从 0b 变为 1b 以更新这些强制值时，转换器将自动关闭并重新启动。当转换器因其他原因重新启动时，只要该位为 1b，转换器便会遵循 FORCE_AUTO_TUNE_A/B 值，并且开始时不再进行自动校准。  0b = 禁用 FORCE_AUTOTUNE_A、FORCE_AUTOTUNE_B 1b = 启用 FORCE_AUTOTUNE_A、FORCE_AUTOTUNE_B

### 7.6.35 REG0xFD\_VIRTUAL\_CONTROL 寄存器 (地址 = FDh) [复位 = 0013h]

图 7-48 展示了 REG0xFD\_VIRTUAL\_CONTROL，表 7-48 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-48. REG0xFD\_VIRTUAL\_CONTROL 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
EN_AUTO_CHG	RESERVED						EN_OTG
R/W-0h	R-0h						R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
REG_RESET	RESERVED		EN_EXTILIM	RESERVED	WD_RST	WDTMR_ADJ	
R/W-0h	R-0h		R/W-1h	R-0h	R/W-0h	R/W-3h	

表 7-48. REG0xFD\_VIRTUAL\_CONTROL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15	EN_AUTO_CHG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	自动充电控制 (自动再充电和终止电池充电)： 0b = 禁用 1b = 启用
14-9	RESERVED	R	0h		保留
8	EN_OTG	R/W	0h	复位方式： REG_RESET 看门狗	OTG 模式使能 当 EN_OTG 引脚为高电平时，在 OTG 模式下启用器件。 0b = 禁用 1b = 启用
7	REG_RESET	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	复位寄存器 所有 R/W 和 R 寄存器都恢复到默认设置，但以下各项除外：CHRG_STAT、MODE_STAT、HIDRV1_STAT、LODRV1_STAT、HIDRV2_STAT、LODRV2_STAT 0b = 空闲 1b = 复位
6-5	RESERVED	R	0h		保留
4	EN_EXTILIM	R/W	1h	复位方式： REG_RESET	启用 ILIM_HIZ 引脚以设置输入电流限制 0b = 禁用 (输入电流限制由 IIN_HOST() 设置) 1b = 启用 (输入电流限制由 ILIM_HIZ 引脚和 IIN_HOST() 的较低值设置)
3	RESERVED	R	0h		保留
2	WD_RST	R/W	0h	复位方式： REG_RESET	复位看门狗计时器控制： 0b = 正常 1b = 复位 (计时器复位后位恢复为 0)

**表 7-48. REG0xFD\_VIRTUAL\_CONTROL 寄存器字段说明 (续)**

位	字段	类型	复位	注释	说明
1-0	WDTMR_ADJ	R/W	3h	复位方式： REG_RESET	<p>看门狗计时器调节 设置充电电压或充电电流命令的连续 EC 主机写入之间的最大延迟。</p> <p>如果器件在看门狗时间段内未收到对 CHARGE_VOLTAGE() 或 CHARGE_CURRENT() 的写入，则会通过将 CHARGE_CURRENT() 设置为 0mA 来暂停充电器。到期后，计时器将在写入 CHARGE_CURRENT()、CHARGE_VOLTAGE()、WDTMR_ADJ 或 WD_RST=1b 时恢复。如果值有效，充电器将恢复。</p> <p>00b = 禁用 01b = 5 秒 10b = 88 秒 11b = 175 秒</p>

### 7.6.36 REG0xFE\_Manufacture\_ID 寄存器 (地址 = FEh) [复位 = 0040h]

图 7-49 展示了 REG0xFE\_Manufacture\_ID，表 7-49 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-49. REG0xFE\_Manufacture\_ID 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
MANUFACTURE_ID							
R-40h							

表 7-49. REG0xFE\_Manufacture\_ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-8	RESERVED	R	0h		保留
7-0	MANUFACTURE_ID	R	40h		制造 ID : 40h

### 7.6.37 REG0xFF\_Device\_ID 寄存器 (地址 = FFh) [复位 = 000Ah]

图 7-50 展示了 REG0xFF\_Device\_ID，表 7-50 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-50. REG0xFF\_Device\_ID 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
DEVICE_ID							
R-Ah							

表 7-50. REG0xFF\_Device\_ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	注释	说明
15-8	RESERVED	R	0h		保留
7-0	DEVICE_ID	R	Ah		器件 ID BQ25776 : 00 001 100(0Ah)

## 8 应用和实例

### 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

BQ25770EVM 评估模块 (EVM) 是一个用于评估 BQ25770G 的完整充电器模块。应用曲线是使用 BQ25770EVM 绘制的。

### 8.2 典型应用

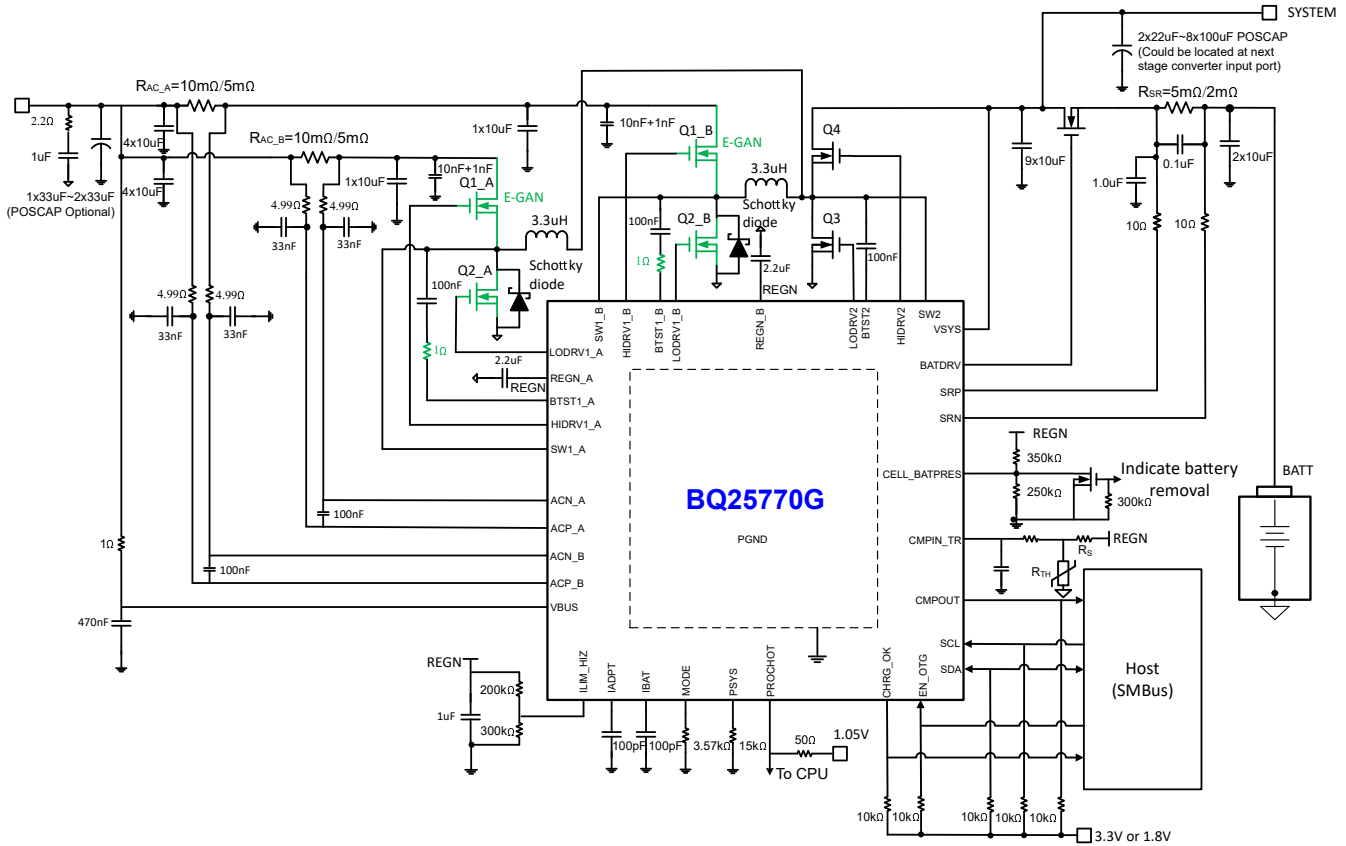


图 8-1. BQ25770G 的应用示意图

#### 8.2.1 设计要求

设计参数	示例值
输入电压 <sup>(2)</sup>	3.5V < 适配器电压 < 40V
输入电流限制 <sup>(2)</sup>	对于 28V 140W 适配器为 5A
电池充电电压 <sup>(1)</sup>	对于 4 节串联电池为 16800mV
电池充电电流 <sup>(1)</sup>	对于 4 节串联电池为 8192mA
最小系统电压 <sup>(1)</sup>	对于 4 节串联电池为 12300mV

(1) 有关设置，请参阅电池规格。

(2) 有关输入电压和输入电流限制的设置，请参阅适配器规格。

## 8.2.2 详细设计过程

可使用评估软件对这些参数进行配置。简化版应用电路（请参阅图 8-1，应用示意图）显示了最低元件要求。本节的其余部分将介绍电感器、电容器和 MOSFET 选择。有关完整的应用原理图，请参阅 EVM 用户指南。

### 8.2.2.1 ACP-ACN 输入滤波器

BQ25770G 通过 ACP\_A-ACN\_A 和 ACP\_B-ACN\_B 进行的输入电流检测对于确保 IINDPM/IOTG 调节稳定性至关重要。板载寄生电感会在 ACP\_A-ACN\_A 和 ACP\_B-ACN\_B 上产生高频振铃，从而淹没转换器检测的电感器电流信息。更大的寄生电感将产生更大的检测电流振铃，这可能导致平均电流控制环路进入振荡状态。因此，需要调理 ACP\_A-ACN\_A 和 ACP\_B-ACN\_B 检测信息。

对于实际的系统板条件，我们建议使用以下电路设计来获得最佳结果，并滤除由不同 PCB 寄生因素引起的噪声。滤波很有效，并且检测到的信号上的延迟很小，因此无需担心平均电流模式控制。在 ACN\_A 和 ACN\_B 侧，最大电容为  $1 \times 10 \mu\text{F}$  MLCC，如下所示，与  $10 \mu\text{F}$  MLCC 相比， $10\text{nF} + 1\text{nF}$  EMI 滤波电容可忽略不计。在 ACN\_A 和 ACN\_B 上使用  $10 \mu\text{F}$  MLCC 时，建议为 ACP\_A-ACN\_A 和 ACP\_B-ACN\_B 使用差分  $100\text{nF} \sim 220\text{nF}$  滤波电容器，以防止脉冲反向电流流经 RAC。

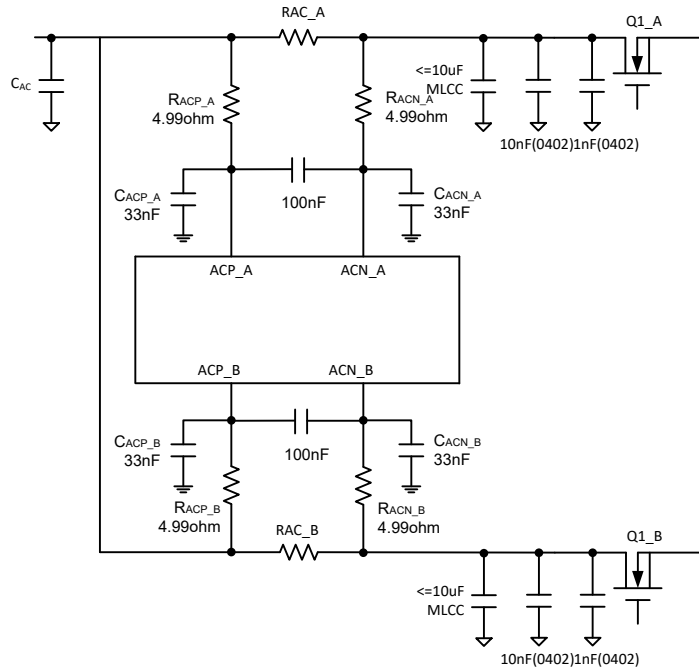


图 8-2. ACN-ACP 输入滤波器

### 8.2.2.2 电感器选型

BQ25770G 具有两种可选的固定开关频率  $600\text{kHz}/800\text{kHz}$ 。更高的开关频率允许使用更小的电感。电感器饱和电流应高于充电电流 ( $I_{\text{CHG}}$ ) 加上一半的纹波电流 ( $I_{\text{RIPPLE}}$ )：

$$I_{\text{SAT}} \geq I_{\text{CHG}} + (1/2) I_{\text{RIPPLE}} \quad (3)$$

降压运行模式下的电感器纹波电流取决于输入电压 ( $V_{\text{IN}}$ )、占空比 ( $D_{\text{BUCK}} = V_{\text{OUT}}/V_{\text{IN}}$ )、开关频率 ( $f_{\text{S}}$ ) 和电感 ( $L$ )：

$$I_{\text{RIPPLE\_BUCK}} = V_{\text{IN}} \times D_{\text{BUCK}} \times (1 - D_{\text{BUCK}}) / (f_{\text{S}} \times L) \quad (4)$$

在升压运行期间，占空比为：

$$D_{\text{BOOST}} = 1 - (V_{\text{IN}}/V_{\text{BAT}})$$

纹波电流为：

$$I_{\text{RIPPLE\_BOOST}} = (V_{\text{IN}} \times D_{\text{BOOST}}) / (f_{\text{S}} \times L)$$

最大电感器纹波电流发生在  $D = 0.5$  或接近  $0.5$  时。例如，4 节电池组成的电池包的电池充电电压范围为 12V 至 16.8V。对于 28V 适配器电压，14V 电池电压可提供最大电感器纹波电流。

对于每个阶段，建议的电感器 DCR 范围为  $5\text{m}\Omega \sim 25\text{m}\Omega$ 。电感器 DCR 超出此范围可能会导致系统稳定性风险，不建议这样做。在不同的开关频率和 VBUS 输入电压下，建议的电感如表 8-1 所示。低于建议值的电感可能会导致不希望出现的较大电感器纹波和高电感器磁芯损耗。

**表 8-1. 电感选择建议**

	VBUS = 20V	VBUS = 28V	VBUS = 36V
Fsw=600kHz	2.2 $\mu\text{H}$	2.2 $\mu\text{H}$	3.3 $\mu\text{H}$
Fsw=800kHz	1.5 $\mu\text{H}$	1.5 $\mu\text{H}$	2.2 $\mu\text{H}$

### 8.2.2.3 输入电容器

输入电容器应具有足够的纹波电流等级以吸收输入开关纹波电流。在降压模式下，当占空比为 0.5 时，最坏情况下的 RMS 纹波电流是充电电流的一半（加上有任何系统负载时的系统电流）。如果转换器不以 50% 的占空比运行，则最坏情况下的电容器 RMS 电流发生在占空比最接近 50% 的位置，可通过方程式 5 估算得出：

$$I_{\text{CIN}} = I_{\text{CHG}} \times \sqrt{D \times (1 - D)} \quad (5)$$

X7R 或 X5R 等低 ESR 陶瓷电容是输入去耦电容的首选，应放置在 RAC 电流检测的前面，并尽可能靠近功率级半桥 MOSFET。功率级半桥之前 RAC 后的电容应限制为  $10\ \mu\text{F} + 10\text{nF} + 1\text{nF}$ ，请参阅图 8-2 中的示意图。电容器的额定电压必须高于正常输入电压电平，28V 输入电压下最好使用额定电压为 35V 或更高的电容器。建议在 28V/140W 适配器设计中最少使用 10 个  $10\ \mu\text{F}$  0603 尺寸电容器。在 36V 输入电压下，最好使用额定电压为 50V 或更高的电容器。当功率达到 36V/180W 时，最少需要  $10 \times 10\ \mu\text{F}$  0805 电容器。在不同的输入电压下，最小输入电容要求如表 8-2、表 8-3 和表 8-4 所示。对于准双相，建议在 RAC\_A 和 RAC\_B 之前分散 MLCC 电容器。建议将  $1 \times 10\text{nF} + 1\text{nF}$  0402 封装 MLCC 电容器（EMI 滤波用途）放置在尽可能靠近 A 相和 B 相半桥 MOSFET 的位置。

陶瓷电容器表现出直流偏置效应。在陶瓷电容器上施加直流偏置电压时，这种效应可减小有效电容，就像是在充电器的输入电容器上一样。这种影响可能会导致显著的电容压降，尤其是对于高输入电压和小型电容器封装。请参阅制造商的数据表，了解施加直流偏置电压时的降额性能。为了在运行点获得所需的电容值，也许有必要选择一个更高的额定电压或者标称电容值。钽电容器（POSCAP）可避免直流偏置效应和温度变化影响，尤其推荐用于 28V 和 36V 的更高功率的应用。

**表 8-2. 20V/100W 系统的输入电容要求**

20V/100W 系统	最小值	典型值	最大值
有效输入电容	不需要 $4\ \mu\text{F}$ (MLCC) OTG 需要 $8\ \mu\text{F}$ (MLCC) OTG	$4\ \mu\text{F}$ (MLCC) + $15\ \mu\text{F}$ (POSCAP)	$4\ \mu\text{F}$ (MLCC) + $2 \times 33\ \mu\text{F}$ (POSCAP)
实际输入电容器配置	不需要 $4 \times 10\ \mu\text{F}$ OTG (在 20V 偏置电压下，0603 35V MLCC 降额至约 10%)	$4 \times 10\ \mu\text{F}$ (在 20V 偏置电压下，0603 35V MLCC 降额至约 10%) $1 \times 15\ \mu\text{F}$ (2917 35V POSCAP)	$4 \times 10\ \mu\text{F}$ (在 20V 偏置电压下，0603 35V MLCC 降额至约 10%) $2 \times 33\ \mu\text{F}$ (2917 35V POSCAP)

**表 8-3. 28V/140W 系统的输入电容要求**

28V/140W 系统	最小值	典型值	最大值
有效输入电容	不需要 $6\ \mu\text{F}$ (MLCC) OTG 需要 $8\ \mu\text{F}$ (MLCC) OTG	$6\ \mu\text{F}$ (MLCC) + $15\ \mu\text{F}$ (POSCAP)	$6\ \mu\text{F}$ (MLCC) + $2 \times 33\ \mu\text{F}$ (POSCAP)



表 8-3. 28V/140W 系统的输入电容要求 (续)

28V/140W 系统	最小值	典型值	最大值
实际输入电容器配置	不需要 10*10 $\mu$ F OTG (在 28V 偏置电压下, 0603 35V MLCC 降额至约 6%)	10*10 $\mu$ F (在 28V 偏置电压下, 0603 35V MLCC 降额至约 6%) 1*15 $\mu$ F (2917 35V POSCAP)	10*10 $\mu$ F (在 28V 偏置电压下, 0603 35V MLCC 降额至约 6%) 2*33 $\mu$ F (2917 35V POSCAP)

表 8-4. 36V/180W 系统的输入电容要求

36V/180W 系统	最小值	典型值	最大值
有效输入电容	8 $\mu$ F (MLCC)	8 $\mu$ F (MLCC) + 15 $\mu$ F (POSCAP)	8 $\mu$ F (MLCC) + 2*33 $\mu$ F (POSCAP)
实际输入电容器配置	10*10 $\mu$ F (在 36V 偏置电压下, 0805 50V MLCC 降额至约 8%)	10*10 $\mu$ F (在 36V 偏置电压下, 0805 50V MLCC 降额至约 8%) 1*15 $\mu$ F (2917 50V POSCAP)	10*10 $\mu$ F (在 36V 偏置电压下, 0805 50V MLCC 降额至约 8%) 2*33 $\mu$ F (2917 50V POSCAP)

### 8.2.2.4 输出电容器

输出电容器还应具有足够的纹波电流额定值, 以吸收输出开关纹波电流。输出电容器的首选陶瓷电容器为 35V X7R 或 X5R。建议至少将 7 个 10 $\mu$ F 0603 尺寸电容器放置在尽可能靠近 Q3 和 Q4 半桥的位置 (在 Q4 漏极端子和 Q3 源极端子之间), 当功率达到 140W/180W 时, 建议在系统输出端多放置 2 个 0603 MLCC。为实现出色的稳定性, 建议在充电电流检测电阻之后放置至少 2\*10 $\mu$ F。总最小 VSYS 有效电容应为 50  $\mu$ F, 包括沿 VSYS 输出线路分布的所有电容, 如下一级 VR 上的输入电容, 请参阅表 8-5。

陶瓷电容器表现出直流偏置效应。在陶瓷电容器上施加直流偏置电压时, 这种效应可减小有效电容, 就像是在充电器的输出电容器上一样。这种影响可能会导致显著的电容压降, 尤其是对于高输出电压和小型电容器封装。请参阅制造商的数据表, 了解施加直流偏置电压时的降额性能。为了在运行点获得所需的电容值, 也许有必要选择一个更高的额定电压或者标称电容值。

表 8-5. 最小输出电容要求

输出电容器与总输入功率间的关系	100W	140W	180W
最小有效输出电容	50 $\mu$ F	50 $\mu$ F	50 $\mu$ F
充电器 VSYS 输出端子上的最小输出电容器	7*10 $\mu$ F (0603 35V MLCC)	9*10 $\mu$ F (0603 35V MLCC)	VBUS $\leq$ 28V 时为 9*10 $\mu$ F (0603 35V MLCC) VBUS=36V 时为 9*10 $\mu$ F (0805 50V MLCC)
VSYS 配电线路上的最小附加输出电容器, 下一级转换器的输入电容器也可计入。	2*22 $\mu$ F (2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100m $\Omega$ ESR)	2*22 $\mu$ F (2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100m $\Omega$ ESR)	2*22 $\mu$ F (2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100m $\Omega$ ESR) VBUS $\leq$ 28V 2*22 $\mu$ F (2917 50V POSCAP, 每个均为小于 100m $\Omega$ ESR) VBUS=36V

在系统功率较高的情况下, 总的下一级 (Vcore) 输入电容通常可能会相应地增加。这些电容也被计为充电器系统输出电容。当这些电容值过大时, 也会影响控制器稳定性, 下面列出了最大有效输出电容供参考。

表 8-6. 最大输出电容要求

输出电容器与总输入功率间的关系	100W	140W	180W
最大有效输出电容	500 $\mu$ F	800 $\mu$ F	800 $\mu$ F

表 8-6. 最大输出电容要求 (续)

输出电容器与总输入功率间的关系	100W	140W	180W
VSYS 配电线路上的最大输出电容器, 下一级转换器的输入电容器也可计入。	5*100 μF ( 2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100mΩ ESR )	8*100 μF ( 2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100mΩ ESR )	8*100 μF ( 2917 35V POSCAP, 每个均为小于 100mΩ ESR ) VBUS<=28V 8*100 μF ( 2917 50V POSCAP, 每个均为小于 100mΩ ESR ) VBUS=36V

### 8.2.2.5 功率 MOSFET 选择

六个外部 N 沟道 MOSFET 用于同步开关电池充电器。栅极驱动器集成到具有 5V 栅极驱动电压的 IC 中。根据不同的输入电压和应用位置, MOSFET 击穿电压 ( $BV_{DSS}$ ) 额定值如表 8-7 所示。5mm\*6mm 封装的 MOSFET 是改善热性能的首选, 而 3.3mm\*3.3mm 封装的 MOSFET 则是在设计中提高功率密度的首选。

表 8-7. MOSFET 额定电压建议

	20V/100W	28V/140W	36V/180W
降压半桥 ( Q1_A、Q2_A、Q1_B、Q2_B )	$BV_{DSS}=30V$ 或更高	$BV_{DSS}=40V$ 或更高	$BV_{DSS}=60V$ 或更高
升压半桥 ( Q3、Q4 ) 和 BATFET (Q5)	$BV_{DSS}=30V$ 或更高	$BV_{DSS}=30V$ 或更高	$BV_{DSS}=40V$ 或更高 ( 用于确保降压 HS 短路故障状态安全 )

品质因数 (FOM) 通常用于根据导通损耗和开关损耗之间的权衡来选择合适的 MOSFET。对于顶部 MOSFET, FOM 定义为 MOSFET 导通电阻  $R_{DS(ON)}$  与栅漏电荷  $Q_{GD}$  的乘积。对于底部 MOSFET, FOM 定义为 MOSFET 导通电阻  $R_{DS(ON)}$  与总栅极电荷  $Q_G$  的乘积。

$$FOM_{top} = R_{DS(on)} \cdot Q_{GD}; FOM_{bottom} = R_{DS(on)} \cdot Q_G \quad (6)$$

FOM 值越低, 总功率损耗越低。通常, 在相同的封装尺寸下, 较低的  $R_{DS(ON)}$  具有较高的成本。

顶部 MOSFET 损耗包括导通损耗和开关损耗。以降压模式运行为例, 功率损耗是占空比 ( $D=V_{OUT}/V_{IN}$ )、充电电流 ( $I_{CHG}$ )、MOSFET 导通电阻 ( $R_{DS(ON\_top)}$ )、输入电压 ( $V_{IN}$ )、开关频率 ( $f_s$ )、开通时间 ( $t_{on}$ ) 和关断时间 ( $t_{off}$ ) 的函数:

$$P_{top} = P_{con\_top} + P_{sw\_top} \quad (7)$$

$$P_{con\_top} = D \cdot I_{L\_RMS}^2 \cdot R_{DS(on\_top)}; \quad (8)$$

$$I_{L\_RMS}^2 = I_{L\_DC}^2 + I_{ripple}^2 / 12 \quad (9)$$

- $I_{L\_DC}$  是降压模式下的平均电感器直流电流;
- $I_{ripple}$  是电感器电流纹波峰峰值;

$$P_{sw\_top} = P_{IV\_top} + P_{Qoss\_top} + P_{Gate\_top}; \quad (10)$$

第一项  $P_{con\_top}$  表示直接的导通损耗。第二项  $P_{sw\_top}$  表示顶部 MOSFET 中的多个开关损耗项, 包括电压和电流重叠损耗 ( $P_{IV\_top}$ )、MOSFET 寄生输出电容损耗 ( $P_{Qoss\_top}$ ) 和栅极驱动损耗 ( $P_{Gate\_top}$ )。计算电压和电流重叠损耗 ( $P_{IV\_top}$ ):

$$P_{IV\_top} = 0.5 \times V_{IN} \cdot I_{valley} \cdot t_{on} \cdot f_s + 0.5 \times V_{IN} \cdot I_{peak} \cdot t_{off} \cdot f_s \quad (11)$$

$$I_{valley} = I_{L\_DC} - 0.5 \cdot I_{ripple} \text{ (inductor current valley value);} \quad (12)$$

$$I_{peak} = I_{L\_DC} + 0.5 \cdot I_{ripple} \text{ (inductor current peak value);} \quad (13)$$

- $t_{on}$  是 MOSFET 开通时间，即  $V_{DS}$  从  $V_{IN}$  到几乎为零的下降时间 (MOSFET 开启导通电压)；
- $t_{off}$  是 MOSFET 关断时间，即  $I_{DS}$  从  $I_{peak}$  到零的下降时间；

MOSFET 导通时间和关断时间的计算公式如下：

$$t_{on} = \frac{Q_{SW}}{I_{on}}, \quad t_{off} = \frac{Q_{SW}}{I_{off}} \quad (14)$$

其中  $Q_{SW}$  是开关电荷， $I_{on}$  是导通栅极驱动电流， $I_{off}$  是关断栅极驱动电流。如果 MOSFET 数据表中未给出开关电荷，则可通过栅漏电荷 ( $Q_{GD}$ ) 和栅源电荷 ( $Q_{GS}$ ) 来估算开关电荷：

$$Q_{SW} = Q_{GD} + Q_{GS} \quad (15)$$

可通过栅极驱动器的 REGN 电压 ( $V_{REGN}$ )、MOSFET 平坦电压 ( $V_{plt}$ )、总导通栅极电阻 ( $R_{on}$ ) 和关断栅极电阻 ( $R_{off}$ ) 来估算栅极驱动电流：

$$I_{on} = \frac{V_{REGN} - V_{plt}}{R_{on}}, \quad I_{off} = \frac{V_{plt}}{R_{off}} \quad (16)$$

计算顶部 MOSFET 寄生输出电容损耗 ( $P_{Qoss\_top}$ )：

$$P_{Qoss\_top} = 0.5 \cdot V_{IN} \cdot Q_{oss} \cdot f_s \quad (17)$$

- $Q_{oss}$  是 MOSFET 寄生输出电荷，可以在 MOSFET 数据表中找到；

计算顶部 MOSFET 栅极驱动损耗 ( $P_{Gate\_top}$ )：

$$P_{Gate\_top} = V_{IN} \cdot Q_{Gate\_top} \cdot f_s \quad (18)$$

- $Q_{Gate\_top}$  是顶部 MOSFET 栅极电荷，可在 MOSFET 数据表中找到；
- 请注意，此处使用  $V_{IN}$  而不是 6V 的实际栅极驱动电压，因为 6V 的栅极驱动是在降压模式下基于 LDO 通过  $V_{IN}$  生成的，当使用  $V_{IN}$  进行栅极驱动损耗计算时，所有与栅极驱动相关的损耗都被考虑在内。

底部 MOSFET 损耗还包括导通损耗和开关损耗：

$$P_{bottom} = P_{con\_bottom} + P_{sw\_bottom} \quad (19)$$

$$P_{con\_bottom} = (1 - D) \cdot I_{L\_RMS}^2 \cdot R_{DS(on)\_bottom}; \quad (20)$$

$$P_{sw\_bottom} = P_{RR\_bottom} + P_{Dead\_bottom} + P_{Gate\_bottom}; \quad (21)$$

第一项  $P_{con\_bottom}$  表示直接的导通损耗。第二项  $P_{sw\_bottom}$  表示底部 MOSFET 中的多个开关损耗项，包括反向恢复损耗 ( $P_{RR\_bottom}$ )、死区时间体二极管导通损耗 ( $P_{Dead\_bottom}$ ) 和栅极驱动损耗 ( $P_{Gate\_bottom}$ )。下面提供了详细计算：

$$P_{RR\_bottom} = V_{IN} \cdot Q_{rr} \cdot f_s \quad (22)$$

- $Q_{rr}$  是底部 MOSFET 反向恢复电荷，可在 MOSFET 数据表中找到；

$$P_{Dead\_bottom} = V_F \cdot I_{valley} \cdot f_s \cdot t_{dead\_rise} + V_F \cdot I_{peak} \cdot f_s \cdot t_{dead\_fall} \quad (23)$$

- $V_F$  是体二极管正向导通压降；
- $t_{dead\_rise}$  是顶部和底部 MOSFET 之间的 SW 上升沿死区时间，约为 20 ns；
- $t_{dead\_fall}$  是顶部和底部 MOSFET 之间的 SW 下降沿死区时间，约为 20 ns；

$P_{Gate\_bottom}$  可以遵循与顶部 MOSFET 栅极驱动损耗计算方法相同的方法 (请参阅 [方程式 18](#))。

N 沟道 MOSFET 用于电池充电 BATFET。栅极驱动器在内部集成到具有 5V 栅极驱动电压的 IC 中。30V 或更高电压等级的 MOSFET 是理想选择，N 沟道 MOSFET 的  $C_{iss}$  应选择小于 6nF。

### 8.2.3 应用曲线

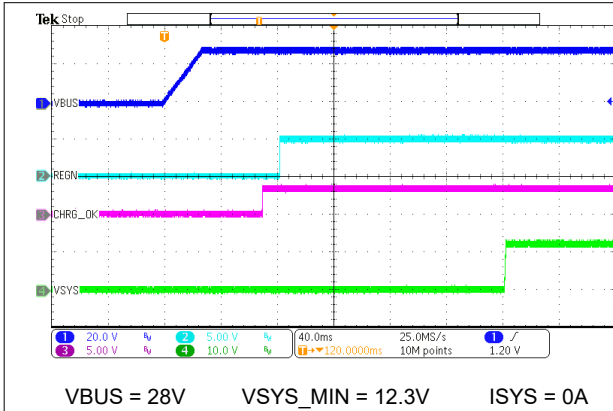


图 8-3. 从 28V 上电

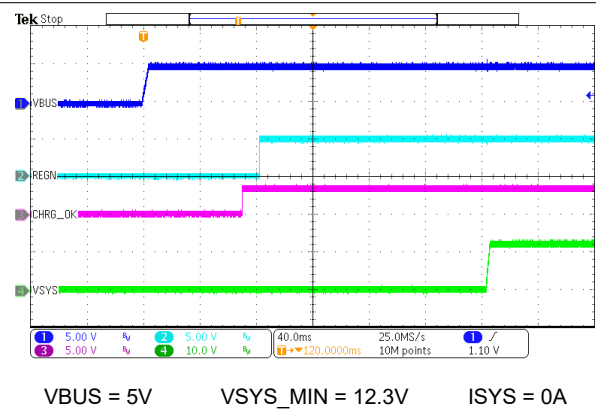


图 8-4. 从 5V 上电

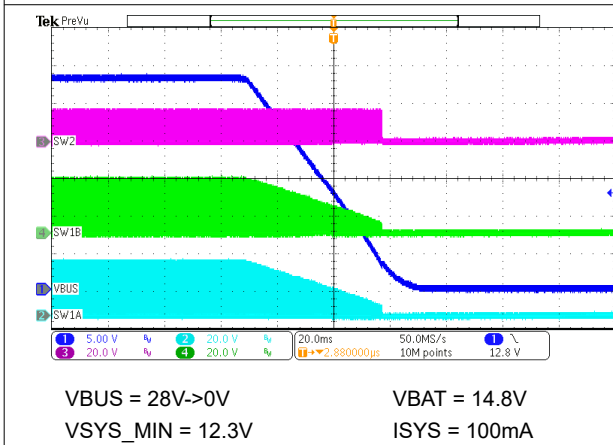


图 8-5. 从 28V 断电

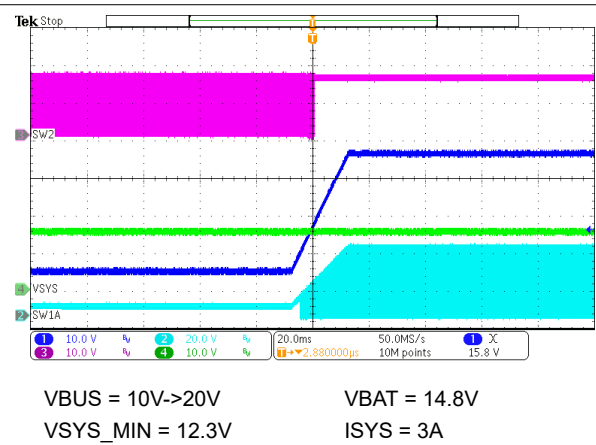


图 8-6. 线路调节

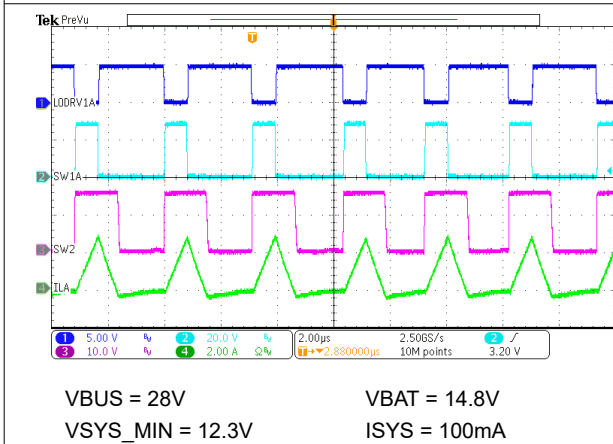


图 8-7. PFM 运行模式

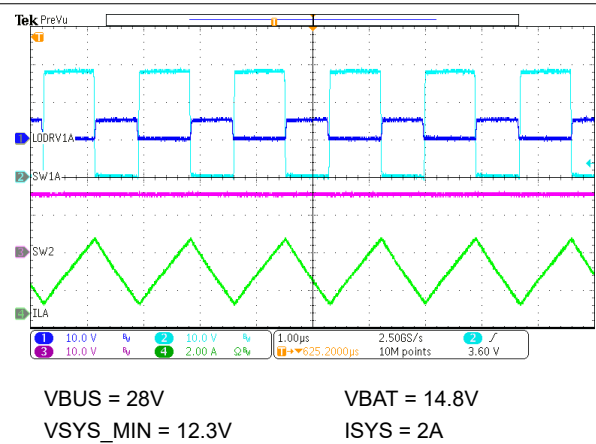
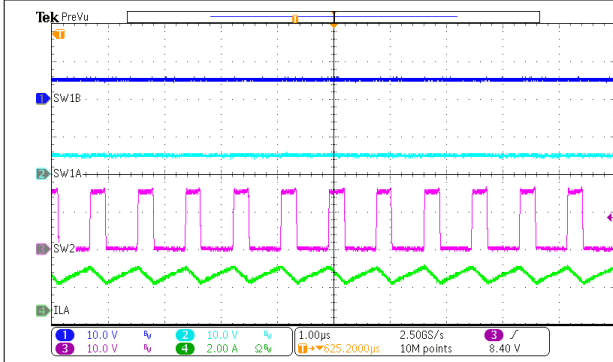
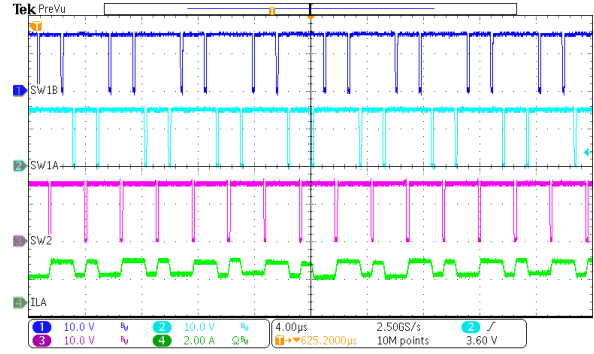


图 8-8. PWM 运行模式



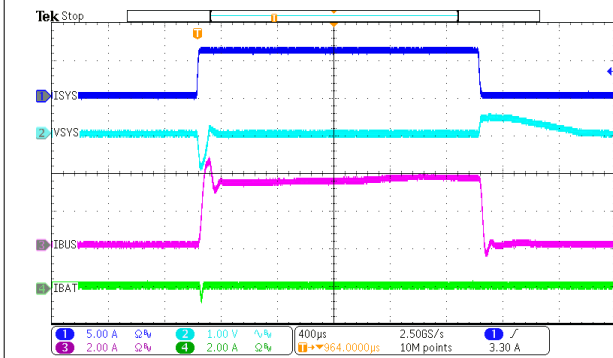
VBUS = 5V                      VBAT = 14.8V  
VSYS\_MIN = 12.3V            ISYS = 1A

图 8-9. 升压模式期间切换



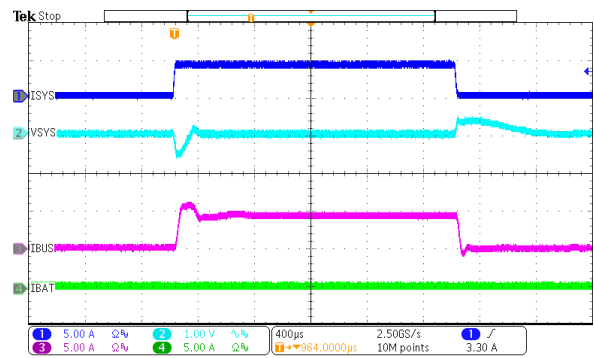
VBUS = 15V                    VBAT = 14.8V  
VSYS\_MIN = 12.3V            ISYS = 3A

图 8-10. 降压/升压模式期间切换



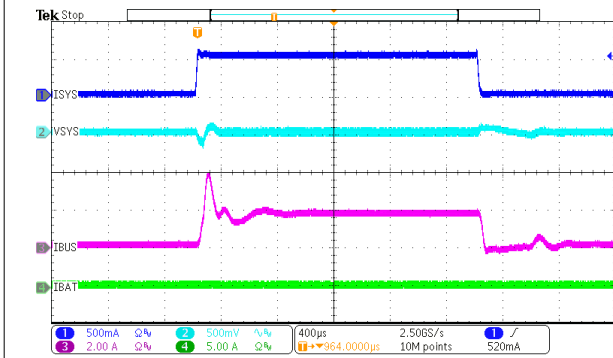
VBUS = 28V                    VBAT = 14.8V            ISYS = 0~6A

图 8-11. 降压模式下的系统调节



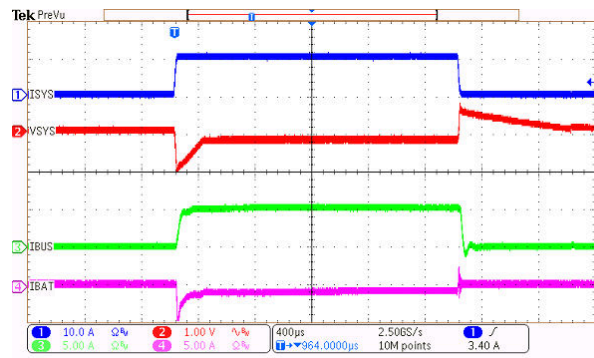
VBUS = 15V                    VBAT = 14.8V            ISYS = 0~4A

图 8-12. 降压/升压模式下的系统调节



VBUS = 5V                      VBAT = 14.8V            ISYS = 0~0.5A

图 8-13. 升压模式下的系统调节



VBUS = 28V                    VBAT = 14.8V            IINDPM = 5A            ISYS = 0~10A

图 8-14. 降压模式下的输入电流调节

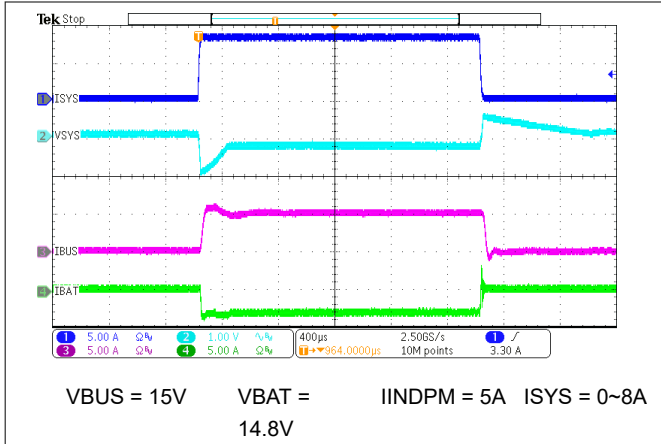


图 8-15. 降压/升压模式下的输入电流

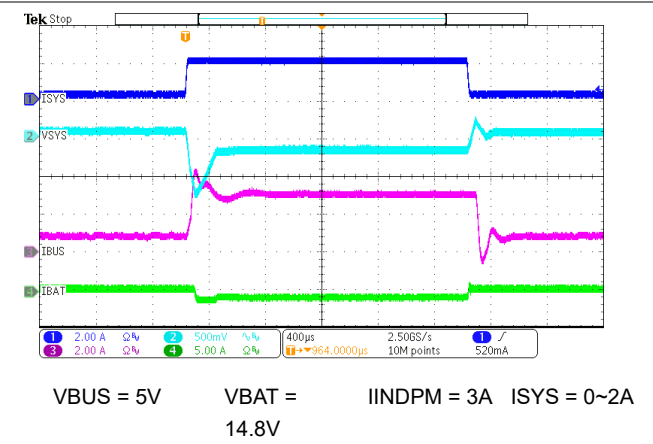


图 8-16. 升压模式下的输入电流

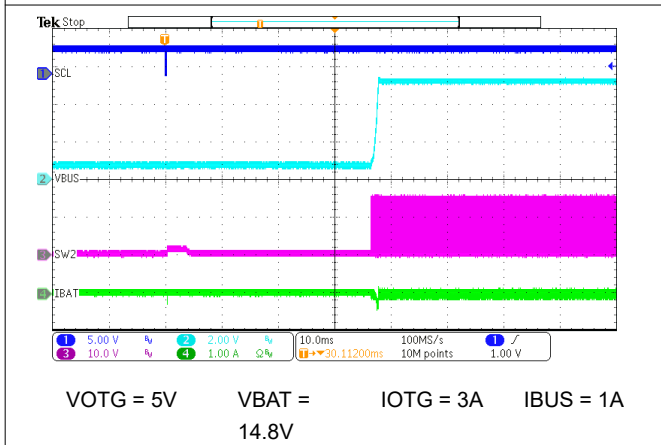


图 8-17. 启用后 OTG 电压斜升

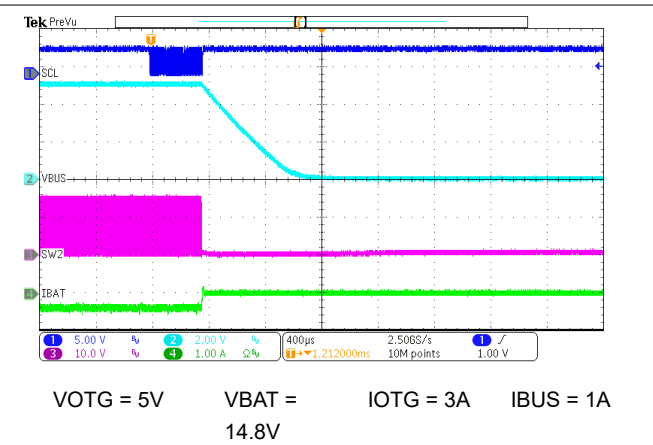


图 8-18. 禁用后 OTG 电压断电

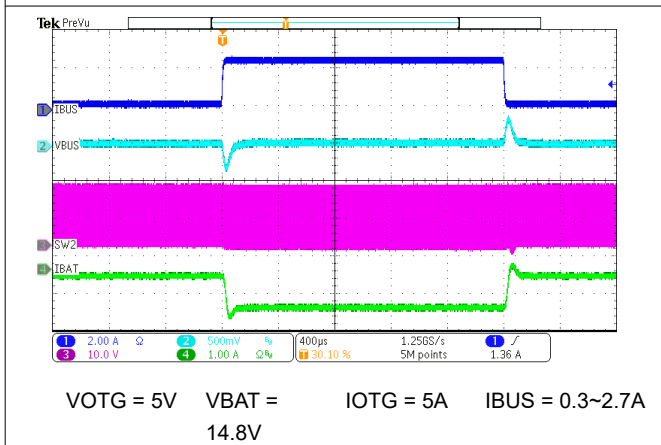


图 8-19. OTG 负载瞬态

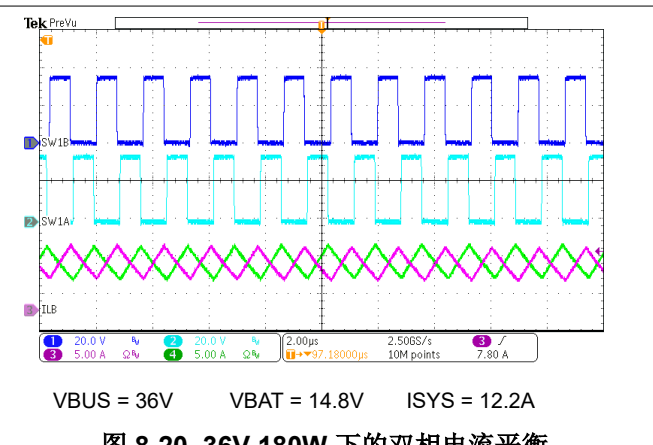
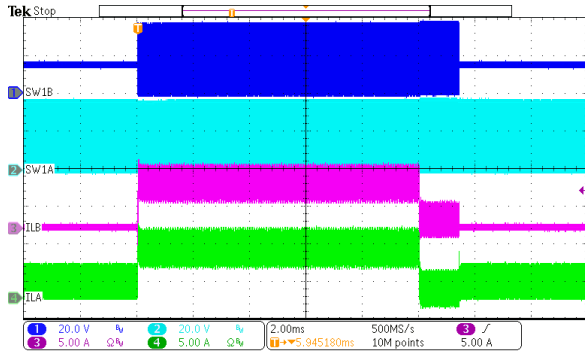
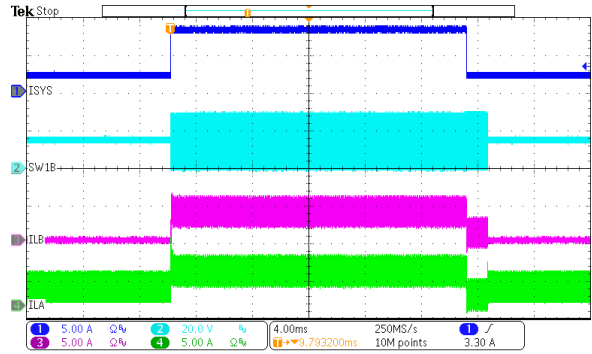


图 8-20. 36V 180W 下的双相电流平衡



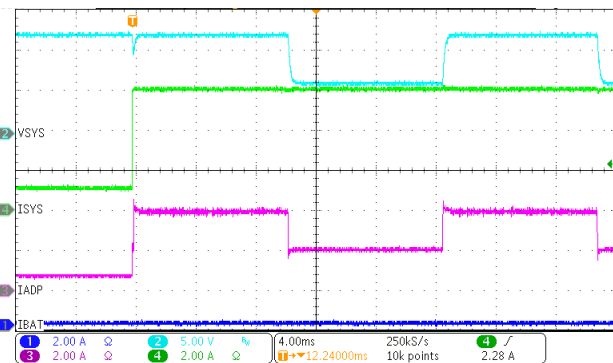
VBUS = 36V                      ISYS = 2~12A  
SINGLE\_DUAL\_TRANS\_TH = 6A    PH\_DROP\_DEG = 1ms

图 8-21. 在 36V VBUS 下自动进行第二相增相/降相



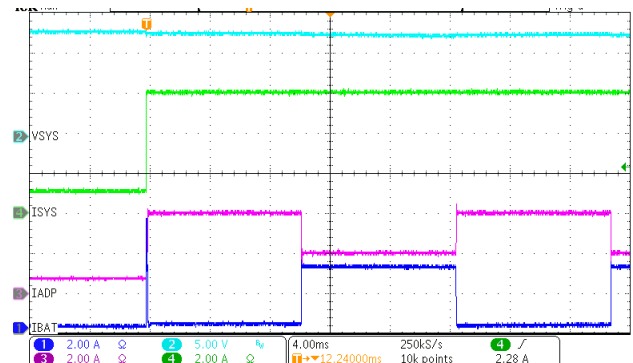
VBUS = 28V                      ISYS = 2~8A  
SINGLE\_DUAL\_TRANS\_TH = 5A    PH\_DROP\_DEG = 1ms

图 8-22. 在 28V VBUS 下自动进行第二相增相/降相



VBUS = 28V    IIN\_DPM = 2A    ILIM2\_VTH = 200%  
T<sub>MAX</sub> = 20ms    T<sub>OVLD</sub> = 10ms    ISYS = 1~6A

图 8-23. 峰值功率模式 VSYS 触发器



VBUS = 28V    IIN\_DPM = 2A    ILIM2\_VTH = 200%  
T<sub>MAX</sub> = 20ms    T<sub>OVLD</sub> = 10ms    ISYS = 1~6A

图 8-24. 峰值功率模式 IBUS 触发器

## 9 电源相关建议

适配器的有效电压范围为 3.5V ( $V_{VBUS\_CONVEN}$ ) 至 40V，额定电流至少为 500mA。当 CHRG\_OK 变为高电平时，系统通过充电器从适配器供电。移除适配器后，系统通过 BATFET 连接到电池。通常，电池电量耗尽阈值应大于 VSYS\_MIN，从而可以充分利用电池容量，以实现最大电池运行时间。



## 10 布局

### 10.1 布局指南

为了防止电场和磁场辐射以及高频谐振问题，请务必确保元件布局合理，以尽可能减小高频电流路径环路（参阅节 10.2）。以下是正确布局的 PCB 布局优先级列表。

表 10-1. PCB 布局指南

规则	元件	功能	影响	指南
1		PCB 层堆叠	热性能、效率、信号完整性	建议使用多层 PCB。至少分配一个接地层。BQ2577xG EVM 使用 6 层 PCB（顶层、接地层、信号层和底层）。
2	CBUS、RAC_A、RAC_B、Q1_A、Q1_B、Q2_A、Q2_B	输入环路	高频噪声，纹波	VBUS 电容器、RAC_A、RAC_B、Q1_A、Q1_B 和 Q2_A、Q2_B 形成两个小环路 1 和 2。最好将它们放在同一侧。用大面积的铜连接它们以减少寄生电阻。将部分 CBUS 移到 PCB 的另一侧，以实现高密度设计。在 Q1_A、Q1_B 和 Q2_A、Q2_B 功率级之前的 RAC_A、RAC_B 之后，建议将 10uF（0603/0805 封装）+10nF+1nF（0402 封装）去耦电容器尽可能靠近 IC 放置，以便对开关环路高频噪声进行去耦。
3	RAC_A、RAC_B、Q1_A、Q1_B、L1、Q4	电流路径	效率	从 VBUS 到 VSYS 通过 RAC_A、RAC_B、Q1_A、Q1_B、L1、Q4 的电流路径具有低阻抗。请留意过孔电阻是否不在同一侧。对于 1oz 铜厚度的 10mil 过孔，过孔数量可估算出每个过孔为 1A 至 2A。
4	CSYS、Q3、Q4	输出环路	高频噪声，纹波	VSYS 电容器 Q3 和 Q4 构成一个小环路 3。最好将它们放在同一侧。用大面积的铜连接它们以减少寄生电阻。将部分 CSYS 移到 PCB 的另一侧，以实现高密度设计。
5	QBAT、RSR	电流路径	效率、电池电压检测	将 QBAT 和 RSR 放置在电池端子附近。从 VBAT 到 VSYS 通过 RSR 和 QBAT 的电流路径具有低阻抗。请留意过孔电阻是否不在同一侧。该器件通过电池端子附近的 SRN 检测电池电压。
6	Q1_A、Q1_B、Q2_A、Q2_B、L1、Q3、Q4	功率级	热性能、效率	将 Q1_A 和 Q2_A、Q1_B 和 Q2_B、L1、Q3 和 Q4 彼此相邻放置。留出足够的铜面积来散热。建议铜面积为焊盘尺寸的 2 到 4 倍。多个散热过孔可用于将更多铜层连接在一起并散发更多热量。
7	RAC_A、RAC_B、RSR	电流检测	调节精度	对 RAC_A、RAC_B 和 RSR 电流检测电阻使用开尔文检测技术。将电流检测 RAC_A、RAC_B 连接到焊盘的中心，并将电流检测布线用作差分对。
8	小电容	IC 旁路电容器	噪声、抖动、纹波	将 VBUS 电容、VCC 电容、REGN 电容靠近 IC 放置。
9	BTST 电容器	HS 栅极驱动	高频噪声，纹波	将 HS MOSFET 升压自举电路电容器放置在靠近 IC 的位置并位于 PCB 板的同一侧。建议电容器 SW1_A/SW1_B/2 节点使用宽铜多边形连接到功率级，建议电容器 BTST1_A/BTST1_B/BTST2 节点使用至少 8mil 的布线连接到 IC BTST1_A/BTST1_B/BTST2 引脚。
10		接地分区	测量精度、调节精度、抖动、纹波	优先选择单独的模拟接地 (AGND) 和电源接地 (PGND)。PGND 应用于所有功率级相关的接地网。AGND 应用于所有检测、补偿和控制网络接地，例如 ACP_A/ACN_A/ACP_B/ACN_B/CMPIN_TR/CMPOUT/IADPT/IBAT/PSYS。将所有模拟接地端连接到专用的低阻抗覆铜平面，该覆铜平面连接到 IC 外露焊盘下方的电源接地端。如果可能，请使用专用的 AGND 布线。使用电源板作为单一接地连接点，将模拟接地和电源接地连接在一起。

## 10.2 布局示例

### 10.2.1 布局示例参考顶视图

根据上述布局指南，准双相降压/升压充电器布局示例顶视图如下所示，其中包括所有关键电源元件。另外还单独显示了顶层 PCB 以展示顶层 PCB 布线、主功率流和关键优化寄生环路 1-3。

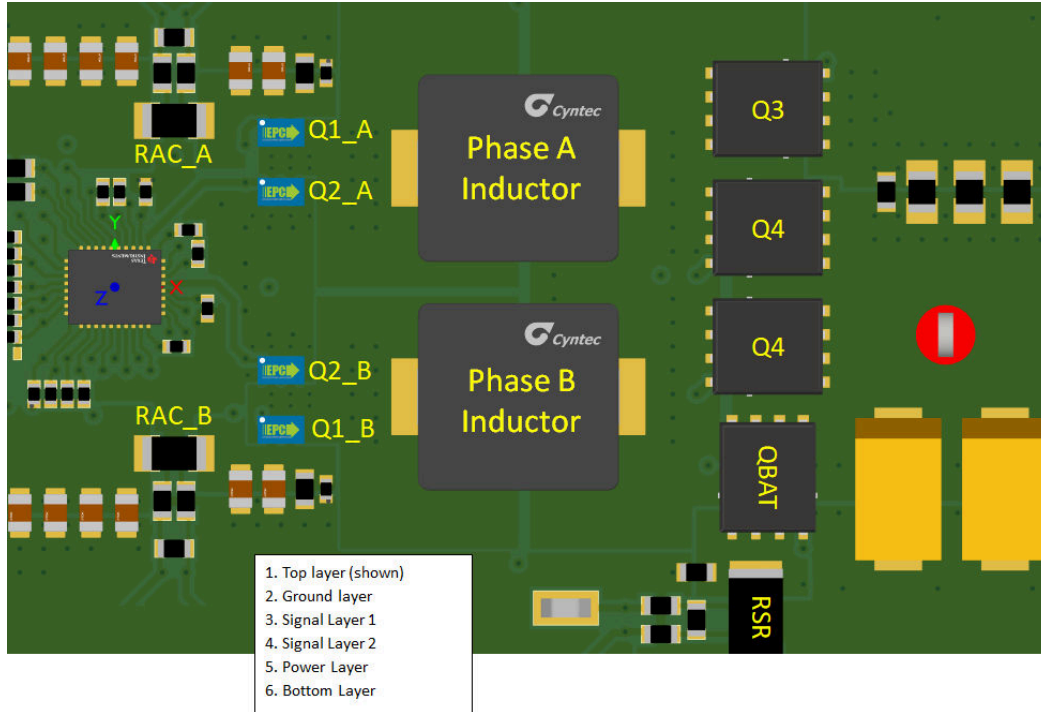


图 10-1. 准双相降压/升压充电器布局参考示例顶视图

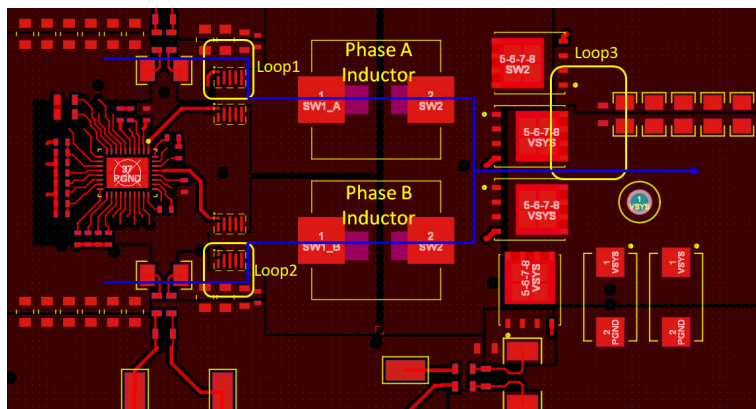


图 10-2. 准双相降压/升压充电器顶层 PCB 概览

## 11 器件和文档支持

### 11.1 器件支持

#### 11.1.1 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。

### 11.2 文档支持

#### 11.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 半导体和 IC 封装热指标应用报告 [SPRA953](#)
- BQ2571x 评估模块用户指南 [SLUUBT8](#)
- QFN/SON PCB 连接应用报告 [SLUA271](#)

### 11.3 接收文档更新通知

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

### 11.4 支持资源

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

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

### 11.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 11.6 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

### 11.7 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

## 12 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
April 2024	*	初始发行版

### 13 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的最新可用数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
BQ25770GREER	ACTIVE	WQFN	REE	36	3000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	Q25770G	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:

**ACTIVE:** Product device recommended for new designs.

**LIFEBUY:** TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

**NRND:** Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

**PREVIEW:** Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

**OBSELETE:** TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

**RoHS Exempt:** TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

**Green:** TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

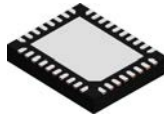
(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices 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.

**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.

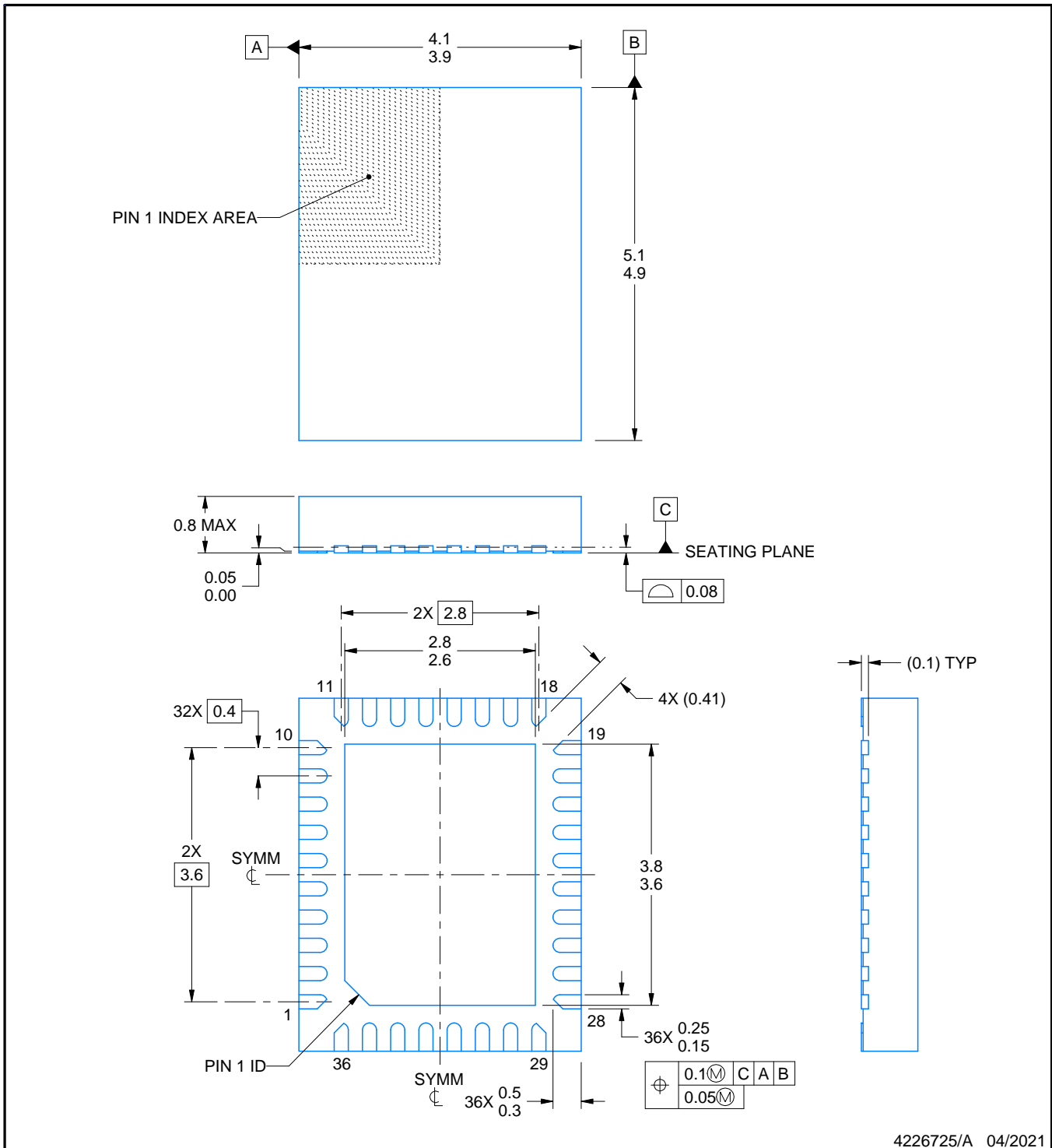
REE0036A



# PACKAGE OUTLINE

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4226725/A 04/2021

NOTES:

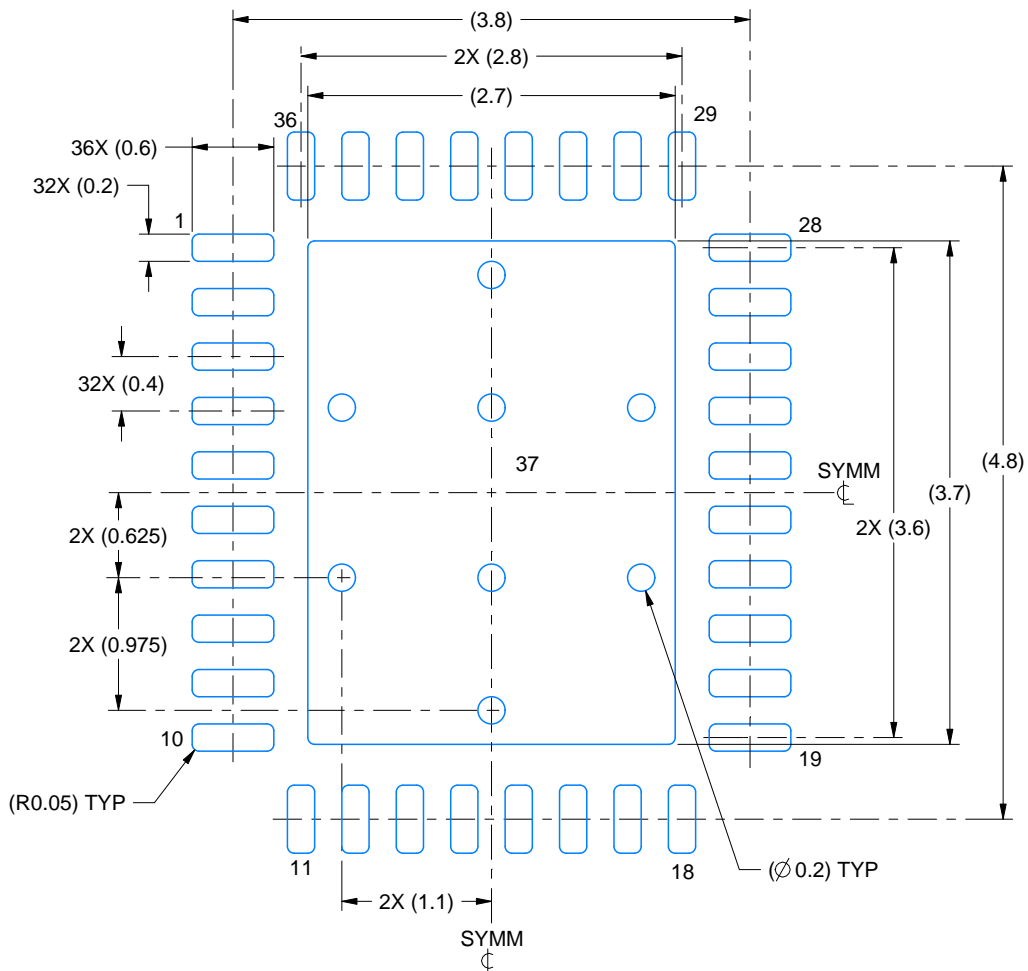
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

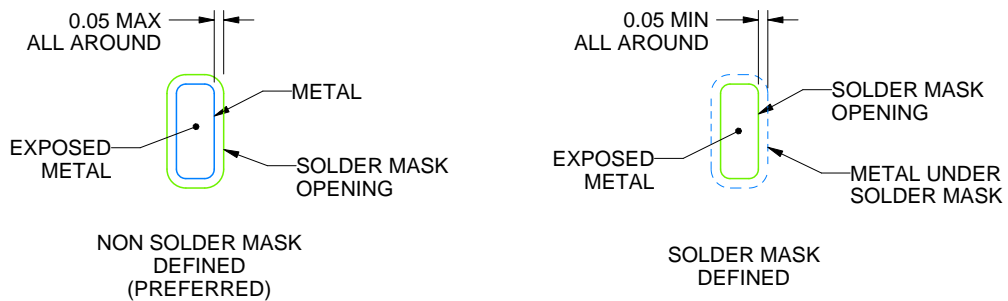
REE0036A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



**LAND PATTERN EXAMPLE**  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE:18X



**SOLDER MASK DETAILS**

4226725/A 04/2021

NOTES: (continued)

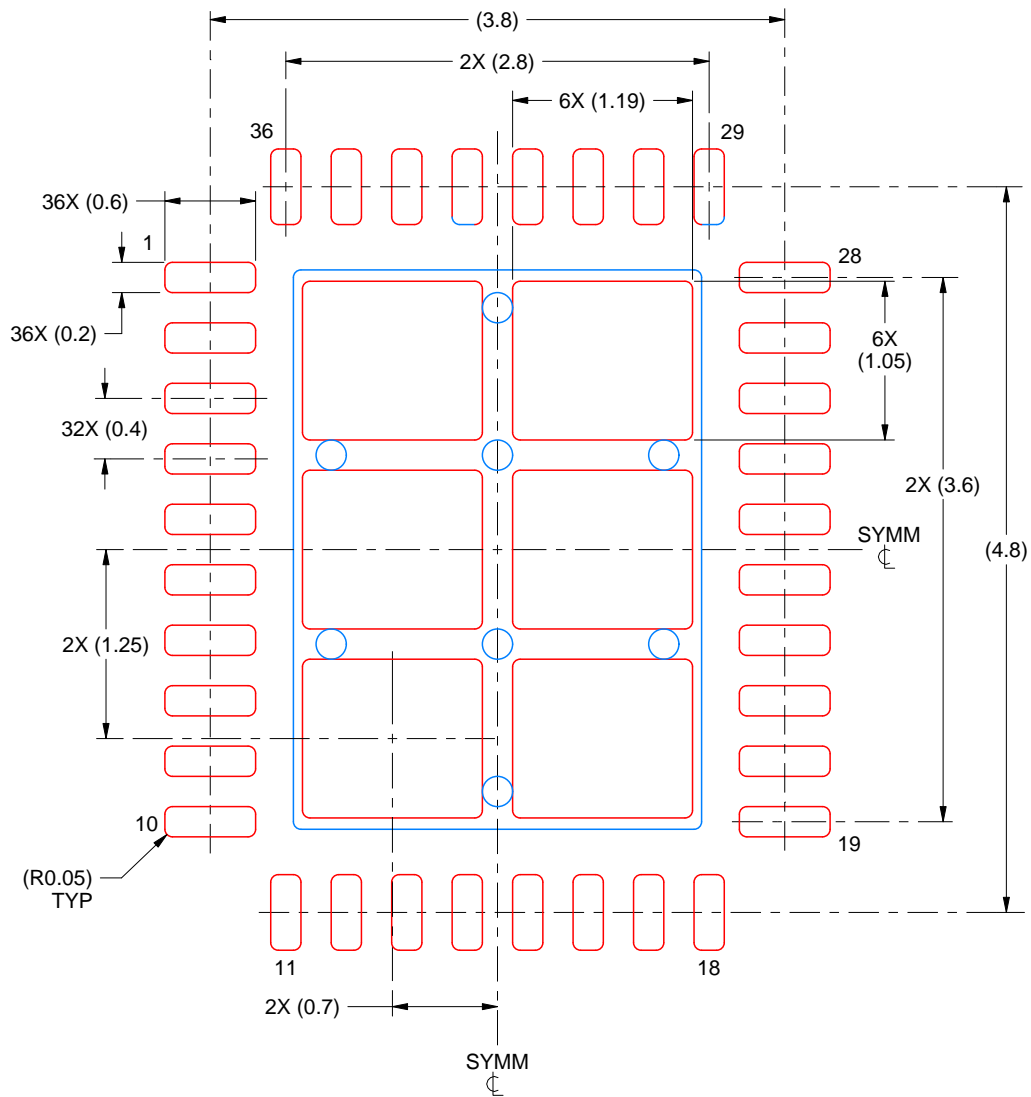
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

REE0036A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



**SOLDER PASTE EXAMPLE**  
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL  
EXPOSED PAD  
75% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA  
SCALE:20X

4226725/A 04/2021

NOTES: (continued)

5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.



## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司