

具有集成电流检测、1/256 微步进、SPI 接口、智能调优技术和失速检测的 DRV8434S 步进电机驱动器

1 特性

- PWM 微步进电机驱动器
 - 具有 STEP/DIR 引脚的 SPI 接口
 - 最高 1/256 的微步进分度器
- 集成电流检测功能
 - 无需检测电阻
 - ±4% 满量程电流精度
- 智能调优、慢速和混合衰减选项
- 工作电源电压范围为 4.5V 至 48V
- 低 $R_{DS(ON)}$: 24V、25°C 时为 330mΩ HS + LS
- 高电流容量 : 2.5A 满量程、1.8A 均方根电流
- TRQ_DAC 位可调节满量程电流
- 可配置关断时间 PWM 斩波
 - 7 μs、16 μs、24 μs 或 32 μs
- 支持 1.8V、3.3V、5.0V 逻辑输入
- SPI 支持菊花链
- 低电流睡眠模式 (2 μA)
- 展频时钟，以降低 EMI
- 小型封装和外形尺寸
- 保护特性
 - VM 欠压锁定 (UVLO)
 - 电荷泵欠压 (CPUV)
 - 过流保护 (OCP)
 - 无传感器失速检测
 - 开路负载检测 (OL)
 - 过热警告 (OTW)
 - 热关断 (OTSD)
 - 故障调节输出 (nFAULT)

2 应用

- 打印机和扫描仪
- ATM 和验钞机
- 纺织机
- 舞台照明设备
- 办公和家庭自动化
- 工厂自动化和机器人
- 医疗应用
- 3D 打印机

3 说明

DRV8434S 是一款适用于工业和消费类应用的步进电机驱动器。该器件由两个 N 沟道功率 MOSFET H 桥驱动器、一个微步进分度器以及集成电流检测功能完全集成。DRV8434S 最高可驱动 2.5A 满量程输出电流 (取决于 PCB 设计)。

DRV8434S 采用内部电流检测架构，无需再使用两个外部功率检测电阻，可缩小 PCB 面积并降低系统成本。该器件使用内部 PWM 电流调节方案，该方案能在智能调优、慢速和混合衰减选项之间进行选择。智能调优技术可自动调节，以实现出色的电流调节并减少电机的可闻噪声。

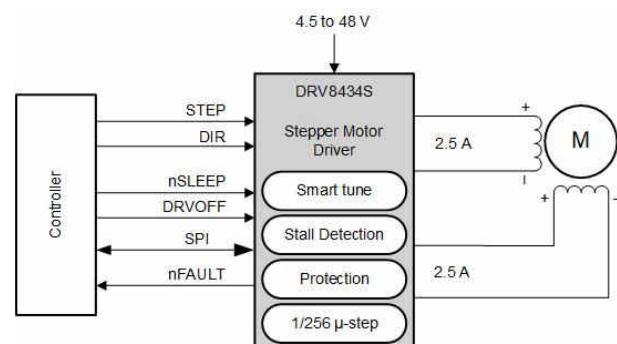
借助具有 STEP/DIR 引脚的简单 SPI 接口，可通过外部控制器管理步进电机的方向和步进速率。这款器件可配置为多种步进模式，从全步进模式到 1/256 微步进模式皆可。利用先进的失速检测算法，设计人员可以检测电机是否停止运行，并根据需要采取措施。该器件还包括一个集成的扭矩 DAC，该扭矩 DAC 允许通过 SPI 调整输出电流，而无需调整 VREF 基准。提供的其他保护特性包括：电源欠压、电荷泵故障、过流、短路、开路负载和过热保护。故障状态通过 nFAULT 引脚指示。

该器件采用 nSLEEP 引脚，可提供一种低功耗的休眠模式，从而实现极低待机电流。该器件采用全双工、4 线同步 SPI 通信功能，并允许通过菊花链方式串联最多 63 个器件以实现可配置性和提供详细故障报告。

器件信息

| 器件型号 ⁽¹⁾ | 封装 | 封装尺寸 (标称值) |
|---------------------|-------------|---------------|
| DRV8434SPWPR | HTSSOP (28) | 9.7mm x 4.4mm |
| DRV8434SRGER | VQFN (24) | 4mm x 4mm |

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



简化版原理图



本文档旨在为方便起见，提供有关 TI 产品中文版本的信息，以确认产品的概要。有关适用的官方英文版本的最新信息，请访问 www.ti.com，其内容始终优先。TI 不保证翻译的准确性和有效性。在实际设计之前，请务必参考最新版本的英文版本。

English Data Sheet: [CLOSE70](#)

内容

| | | | |
|--------------|----|----------------|----|
| 1 特性 | 1 | 7.4 器件功能模式 | 34 |
| 2 应用 | 1 | 7.5 编程 | 35 |
| 3 说明 | 1 | 7.6 寄存器映射 | 40 |
| 4 修订历史记录 | 2 | 8 应用和实施 | 48 |
| 5 引脚配置和功能 | 2 | 8.1 应用信息 | 48 |
| 5.1 引脚功能 | 3 | 8.2 典型应用 | 48 |
| 6 规格 | 4 | 9 电源相关建议 | 53 |
| 6.1 绝对最大额定值 | 4 | 9.1 大容量电容 | 53 |
| 6.2 ESD 等级 | 4 | 10 布局 | 54 |
| 6.3 建议运行条件 | 5 | 10.1 布局指南 | 54 |
| 6.4 热性能信息 | 5 | 11 器件和文档支持 | 56 |
| 6.5 电气特性 | 6 | 11.1 接收文档更新通知 | 56 |
| 6.6 SPI 时序要求 | 7 | 11.2 支持资源 | 56 |
| 6.7 分度器时序要求 | 7 | 11.3 商标 | 56 |
| 7 详细说明 | 10 | 11.4 静电放电警告 | 56 |
| 7.1 概述 | 10 | 11.5 术语表 | 56 |
| 7.2 功能模块图 | 11 | 12 机械、封装和可订购信息 | 57 |
| 7.3 特性说明 | 11 | | |

4 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 | 说明 |
|-------------|------|-------|
| 2020 年 12 月 | * | 初始发行版 |

5 引脚配置和功能

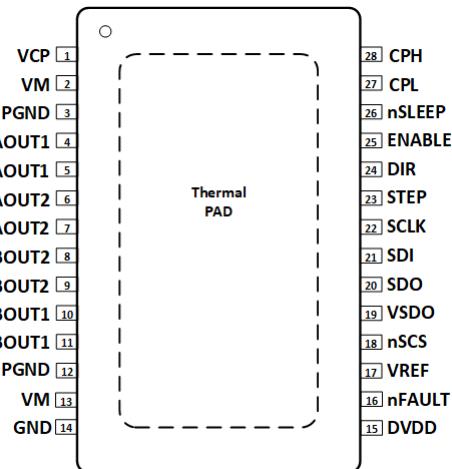


图 5-1. PWP PowerPAD™ 封装 28 引脚 HTSSOP 俯视图

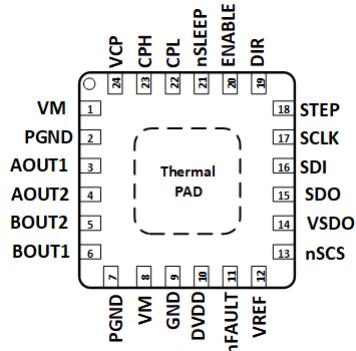


图 5-2. RGE 封装 24 引脚 VQFN (带有外露散热焊盘) 倾视图

5.1 引脚功能

| 引脚 | | | I/O | 类型 | 说明 | | | |
|--------|--------|------|-----|------|---|--|--|--|
| 名称 | NO. | | | | | | | |
| | HTSSOP | VQFN | | | | | | |
| AOUT1 | 4、5 | 3 | O | 输出 | 绕组 A 输出。连接到步进电机绕组。 | | | |
| AOUT2 | 6、7 | 4 | O | 输出 | 绕组 A 输出。连接到步进电机绕组。 | | | |
| PGND | 3、12 | 2、7 | — | 电源 | 电源接地。连接到系统接地。 | | | |
| BOUT2 | 8, 9 | 5 | O | 输出 | 绕组 B 输出。连接到步进电机绕组 | | | |
| BOUT1 | 10、11 | 6 | O | 输出 | 绕组 B 输出。连接到步进电机绕组 | | | |
| CPH | 28 | 23 | — | 电源 | 电荷泵开关节点。在 CPH 到 CPL 之间连接一个额定电压为 VM 的 X7R 0.022μF 陶瓷电容器。 | | | |
| CPL | 27 | 22 | | | | | | |
| DIR | 24 | 19 | I | 输入 | 方向输入。逻辑电平设置步进的方向；内部下拉电阻。 | | | |
| ENABLE | 25 | 20 | I | 输入 | 逻辑低电平将禁用器件输出；逻辑高电平则会启用；内部上拉至 DVDD。 | | | |
| DVDD | 15 | 10 | — | 电源 | 逻辑电源电压。通过电容为 0.47 μF 至 1 μF、额定电压为 6.3V 或 10V 的 X7R 陶瓷电容器连接至 GND。 | | | |
| GND | 14 | 9 | — | 电源 | 器件接地。连接到系统接地。 | | | |
| VREF | 17 | 12 | I | 输入 | 电流设定基准输入。最大值为 3.3V。DVDD 可用于通过电阻分压器提供 VREF。 | | | |
| nSCS | 18 | 13 | I | 输入 | 串行芯片选择。此引脚上的低电平有效支持串行接口通信。内部上拉到 DVDD。 | | | |
| SCLK | 22 | 17 | I | 输入 | 串行时钟输入。串行数据会移出并在此引脚上的相应上升沿和下降沿被捕获。 | | | |
| SDI | 21 | 16 | I | 输入 | 串行数据输入。在 SCLK 引脚的下降沿捕捉数据。 | | | |
| SDO | 20 | 15 | O | 推挽 | 串行数据输出。在 SCLK 引脚的上升沿移出数据。 | | | |
| STEP | 23 | 18 | I | 输入 | 步进输入。上升沿使分度器前进一步；内部下拉电阻。 | | | |
| VCP | 1 | 24 | — | 电源 | 电荷泵输出。通过一个 X7R 0.22 μF 16V 陶瓷电容器连接至 VM。 | | | |
| VM | 2、13 | 1、8 | — | 电源 | 电源。连接到电机电源电压，并通过两个 0.01μF 陶瓷电容器（每个引脚一个）和一个额定电压为 VM 的大容量电容器旁路到 PGND。 | | | |
| VSDO | 19 | 14 | — | 电源 | 适用于 SDO 输出的电源引脚。连接到外部电压，具体取决于所需的逻辑电平。 | | | |
| nFAULT | 16 | 11 | O | 漏极开路 | 故障指示。故障状态下拉至逻辑低电平；开漏输出需要外部上拉电阻。 | | | |
| nSLEEP | 26 | 21 | I | 输入 | 睡眠模式输入。逻辑高电平用于启用器件；逻辑低电平用于进入低功耗睡眠模式；内部下拉电阻。nSLEEP 低电平脉冲将清除故障。 | | | |
| PAD | - | - | - | - | 散热焊盘。连接到系统接地。 | | | |

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) ⁽¹⁾

| | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|-------|---------------------|----|
| 电源电压 (VM) | - 0.3 | 50 | V |
| 电荷泵电压 (VCP、CPH) | - 0.3 | V _{VM} + 7 | V |
| 电荷泵负开关引脚 (CPL) | - 0.3 | V _{VM} | V |
| nSLEEP 引脚电压 (nSLEEP) | - 0.3 | V _{VM} | V |
| 内部稳压器电压 (DVDD) | -0.3 | 5.75 | V |
| SDO 输出基准电压 (VSDO) | -0.3 | 5.75 | V |
| 控制引脚电压 (STEP、DIR、ENABLE、nFAULT、SDI、SDO、SCLK、nSCS) | -0.3 | 5.75 | V |
| 开漏输出电流 (nFAULT) | 0 | 10 | mA |
| 基准输入引脚电压 (VREF) | -0.3 | 5.75 | V |
| 连续相节点引脚电压 (AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2) | - 1 | V _{VM} + 1 | V |
| 瞬态 100ns 相节点引脚电压 (AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2) | - 3 | V _{VM} + 3 | V |
| 峰值驱动电流 (AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2) | 受内部限制 | | A |
| 工作环境温度, T _A | -40 | 125 | °C |
| 运行结温, T _J | -40 | 150 | °C |
| 贮存温度, T _{stg} | -65 | 150 | °C |

(1) 应力超出绝对最大额定值下所列的值可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅仅是应力额定值，这并不表示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 | ±2000 | V |
| | | 充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 | ±750 | |
| | | PWP 转角引脚 (1、14、15 和 28) | ±500 | |
| | | | 其他引脚 | |

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 | 最大值 | 单位 |
|------------|------------------------|------|--------------------|-----|
| V_{VM} | 可确保正常 (直流) 运行的电源电压范围 | 4.5 | 48 | V |
| V_I | 逻辑电平输入电压 | 0 | 5.5 | V |
| V_{VREF} | V_{REF} 电压 | 0.05 | 3.3 | V |
| f_{STEP} | 施加的 STEP 信号 (STEP) | 0 | 500 ⁽¹⁾ | kHz |
| I_{FS} | 电机满量程电流 (xOUTx) | 0 | 2.5 ⁽²⁾ | A |
| I_{rms} | 电机均方根电流 (xOUTx) | 0 | 1.8 ⁽²⁾ | A |
| T_A | 工作环境温度 | -40 | 125 | °C |
| T_J | 工作结温 | -40 | 150 | °C |

(1) STEP 输入工作频率最高可达 500kHz, 但系统带宽受电机负载限制

(2) 必须遵守功耗和热限值

6.4 热性能信息

| 热指标 ⁽¹⁾ | PWP (HTSSOP) | RGE (VQFN) | 单位 |
|----------------------|--------------|------------|------|
| | 28 引脚 | 24 引脚 | |
| $R_{\theta JA}$ | 29.7 | 39.0 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 23.0 | 28.9 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 9.3 | 16.0 | °C/W |
| Ψ_{JT} | 0.3 | 0.4 | °C/W |
| Ψ_{JB} | 9.2 | 15.9 | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 2.4 | 3.4 | °C/W |

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

6.5 电气特性

典型值都是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{VM} = 24\text{V}$ 条件下的值。除非另有说明，否则所有限值都是在推荐工作条件下的限值。

| 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|---|-------|--------------|-------|------------------------|
| 电源电压 (VM、DVDD) | | | | | |
| I_{VM} | VM 工作电源电流 ENABLE = 1, nSLEEP = 1, 无电机负载 | | 5 | 6.5 | mA |
| I_{VMQ} | VM 睡眠模式电源电流 nSLEEP = 0 | | 2 | 4 | μA |
| t_{SLEEP} | 休眠时间 nSLEEP = 0 至睡眠模式 | 120 | | | μs |
| t_{RESET} | nSLEEP 复位脉冲 nSLEEP 低电平至清除故障 | 20 | | 40 | μs |
| t_{WAKE} | 唤醒时间 nSLEEP = 1 至输出转换 | | 0.8 | 1.2 | ms |
| t_{ON} | 开通时间 VM > UVLO 至输出转换 | | 0.8 | 1.2 | ms |
| t_{EN} | 启用时间 ENABLE = 0/1 至输出转换 | | | 5 | μs |
| V_{DVDD} | 内部稳压器电压 无外部负载, $6\text{V} < V_{VM} < 48\text{V}$ | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| | | 4.2 | 4.35 | | V |
| 电荷泵 (VCP、CPH、CPL) | | | | | |
| V_{VCP} | VCP 工作电压 $6\text{V} < V_{VM} < 48\text{V}$ | | $V_{VM} + 5$ | | V |
| $f_{(VCP)}$ | 电荷泵开关频率 $V_{VM} > UVLO$; nSLEEP = 1 | | 360 | | kHz |
| 逻辑电平输入 (STEP、DIR、nSLEEP、nSCS、SCLK、SDI、ENABLE) | | | | | |
| V_{IL} | 输入逻辑低电平电压 | 0 | | 0.6 | V |
| V_{IH} | 输入逻辑高电平电压 | 1.5 | | 5.5 | V |
| V_{HYS} | 输入逻辑迟滞 | | 150 | | mV |
| I_{IL1} | 输入逻辑低电平电流 (nSCS) $V_{IN} = 0\text{V}$ | 8 | | 12 | μA |
| I_{IL} | 输入逻辑低电平电流 (其他引脚) $V_{IN} = 0\text{V}$ | -1 | | 1 | μA |
| I_{IH1} | 输入逻辑高电平电流 (nSCS) $V_{IN} = DVDD$ | | | 500 | nA |
| I_{IH} | 输入逻辑高电平电流 (其他引脚) $V_{IN} = 5\text{V}$ | | | 100 | μA |
| 推挽式输出 (SDO) | | | | | |
| $R_{PD, SDO}$ | 内部下拉电阻 5mA 负载, 以 GND 为基准 | | 30 | 60 | Ω |
| $R_{PU, SDO}$ | 内部上拉电阻 5mA 负载, 以 VSDO 为基准 | | 30 | 60 | Ω |
| I_{SDO} | SDO 漏电流 $SDO = VSDO$ 和 0V | -1 | | 1 | μA |
| 控制输出 (nFAULT) | | | | | |
| V_{OL} | 输出逻辑低电平电压 $I_O = 5\text{mA}$ | | | 0.5 | V |
| I_{OH} | 输出逻辑高电平漏电流 | -1 | | 1 | μA |
| 电机驱动器输出 (AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2) | | | | | |
| $R_{DS(ON)}$ | 高侧 FET 导通电阻 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_O = -1\text{A}$ | | 165 | 200 | $\text{m}\Omega$ |
| | | | 250 | 300 | $\text{m}\Omega$ |
| | | | 280 | 350 | $\text{m}\Omega$ |
| $R_{DS(ON)}$ | 低侧 FET 导通电阻 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_O = 1\text{A}$ | | 165 | 200 | $\text{m}\Omega$ |
| | | | 250 | 300 | $\text{m}\Omega$ |
| | | | 280 | 350 | $\text{m}\Omega$ |
| t_{SR} | 输出压摆率 $V_{VM} = 24\text{V}$ 、 $I_O = 1\text{A}$, 在 10% 至 90% 之间 | | 240 | | $\text{V}/\mu\text{s}$ |
| PWM 电流控制 (VREF) | | | | | |
| K_V | 跨阻增益 $VREF = 3.3\text{V}$ | 1.254 | 1.32 | 1.386 | V/A |

典型值都是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{VM} = 24\text{V}$ 条件下的值。除非另有说明，否则所有限值都是在推荐工作条件下的限值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|------------------|------------------------------------|------|--------------|------|------------------|
| I_{VREF} | VREF 漏电流 | $V_{REF} = 3.3\text{V}$ | | | 8.25 | μA |
| t_{OFF} | PWM 关断时间 | TOFF = 00b | | 7 | | μs |
| | | TOFF = 01b | | 16 | | |
| | | TOFF = 10b | | 24 | | |
| | | TOFF = 11b | | 32 | | |
| ΔI_{TRIP} | 电流跳变精度 | $0.25\text{A} < I_O < 0.5\text{A}$ | -12 | | 12 | $\%$ |
| | | $0.5\text{A} < I_O < 1\text{A}$ | -6 | | 6 | |
| | | $1\text{A} < I_O < 2.5\text{A}$ | -4 | | 4 | |
| $I_{O,CH}$ | AOUT 和 BOUT 电流匹配 | $I_O = 2.5\text{A}$ | -2.5 | | 2.5 | $\%$ |
| 保护电路 | | | | | | |
| V_{UVLO} | VM UVLO 锁定 | VM 下降, UVLO 下降 | 4.1 | 4.25 | 4.35 | V |
| | | VM 上升, UVLO 上升 | 4.2 | 4.35 | 4.45 | |
| $V_{UVLO,HYS}$ | 欠压迟滞 | 上升至下降阈值 | | 100 | | mV |
| V_{RST} | VM UVLO 复位 | VM 下降, 器件复位, SPI 通信 | | | 3.9 | V |
| V_{CPUV} | 电荷泵欠压 | VCP 下降; CPUV 报告 | | $V_{VM} + 2$ | | V |
| I_{OCP} | 过流保护 | 流经任何 FET 的电流 | 4 | | | A |
| t_{OCP} | 过流抗尖峰时间 | | | 2 | | μs |
| t_{RETRY} | 过流重试时间 | $OCP_MODE = 1\text{b}$ | | 4 | | ms |
| t_{OL} | 开路负载检测时间 | $EN_OL = 1\text{b}$ | | | 50 | ms |
| I_{OL} | 开路负载电流阈值 | $EN_OL = 1\text{b}$ | | 75 | | mA |
| T_{OTW} | 过热警告 | 内核温度 T_J | 135 | 150 | 165 | $^\circ\text{C}$ |
| T_{OTSD} | 热关断 | 内核温度 T_J | 150 | 165 | 180 | $^\circ\text{C}$ |
| T_{HYS_OTSD} | 热关断迟滞 | 内核温度 T_J | | 20 | | $^\circ\text{C}$ |
| T_{HYS_OTW} | 过热警告迟滞 | 内核温度 T_J | | 20 | | $^\circ\text{C}$ |

6.6 SPI 时序要求

| | | 最小值 | 标称值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|---|-----|-----|-----|---------------|
| $t_{(READY)}$ | SPI 就绪, $VM > V_{RST}$ | | 1 | | ms |
| $t_{(CLK)}$ | SCLK 最小周期 | 100 | | | ns |
| $t_{(CLKH)}$ | SCLK 最短高电平时间 | 50 | | | ns |
| $t_{(CLKL)}$ | SCLK 最短低电平时间 | 50 | | | ns |
| $t_{su(SDI)}$ | SDI 输入设置时间 | 20 | | | ns |
| $t_h(SDI)$ | SDI 输入保持时间 | 30 | | | ns |
| $t_d(SDO)$ | SDO 输出延迟时间, SCLK 高电平至 SDO 有效, $C_L = 20\text{pF}$ | | | 30 | ns |
| $t_{su(nSCS)}$ | nSCS 输入设置时间 | 50 | | | ns |
| $t_h(nSCS)$ | nSCS 输入保持时间 | 50 | | | ns |
| $t_{(HI_nSCS)}$ | 低电平有效前的 nSCS 最短高电平时间 | | | 2 | μs |
| $t_{dis(nSCS)}$ | nSCS 禁用时间, nSCS 高电平至 SDO 高阻抗 | | 10 | | ns |

6.7 分度器时序要求

典型限值都是在 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{VM} = 24\text{V}$ 条件下的限值。除非另有说明，否则所有限值都是在推荐工作条件下的限值。

| NO. | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----|------------|------|--------------------|--------------|
| 1 | f_{STEP} | 步进频率 | 500 ⁽¹⁾ | kHz |

典型限值都是在 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 且 $V_{VM} = 24\text{V}$ 条件下的限值。除非另有说明，否则所有限值都是在推荐工作条件下的限值。

| NO. | | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----|-------------------|----------------------------|-----|-----|----|
| 2 | $t_{WH(STEP)}$ | 脉冲持续时间，STEP 高电平 | 970 | | ns |
| 3 | $t_{WL(STEP)}$ | 脉冲持续时间，STEP 低电平 | 970 | | ns |
| 4 | $t_{SU(DIR, Mx)}$ | 设置时间，DIR 或 MODEx 至 STEP 上升 | 200 | | ns |
| 5 | $t_{H(DIR, Mx)}$ | 保持时间，DIR 或 MODEx 至 STEP 上升 | 200 | | ns |

(1) STEP 输入工作频率最高可达 500kHz，但系统带宽受电机负载限制。

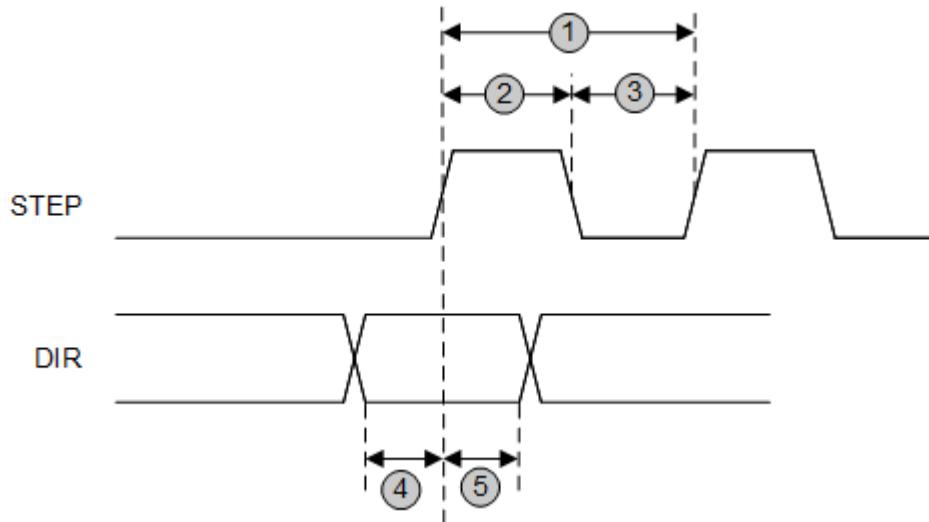


图 6-1. STEP 和 DIR 时序图

6.7.1 典型特性

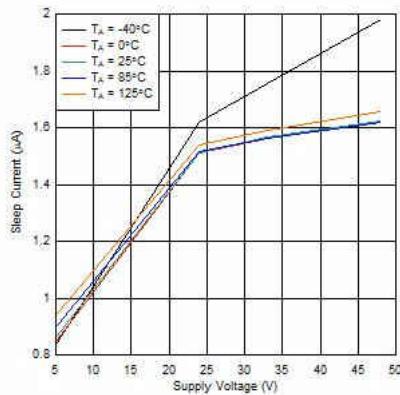


图 6-2. 睡眠电流与电源电压间的关系

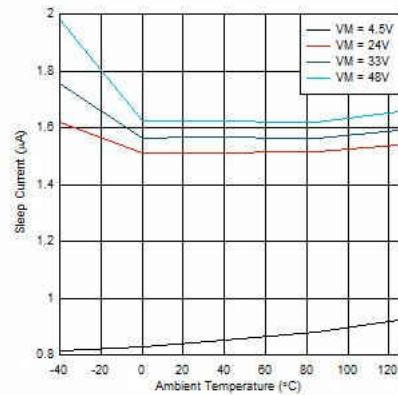


图 6-3. 睡眠电流与温度间的关系

6.7.1 典型特性 (continued)

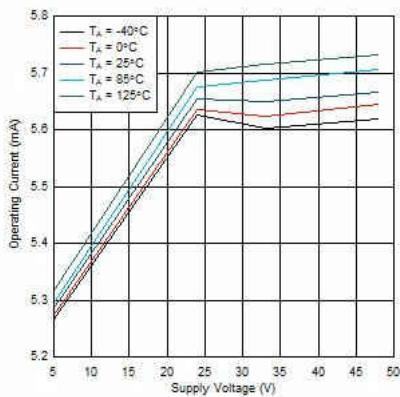


图 6-4. 工作电流与电源电压间的关系

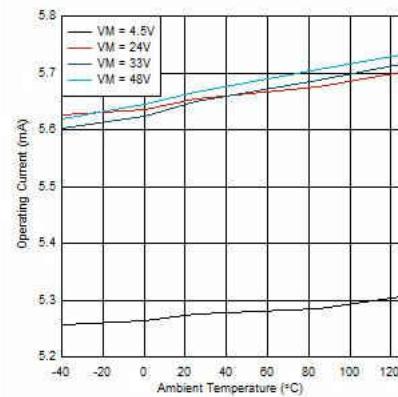


图 6-5. 工作电流与温度间的关系

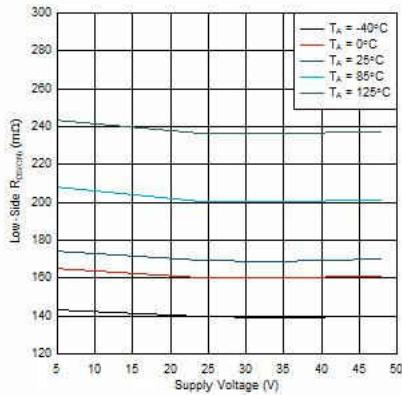


图 6-6. 低侧 $R_{DS(ON)}$ 与电源电压间的关系 (MODE = 0 或 330k 至 GND)

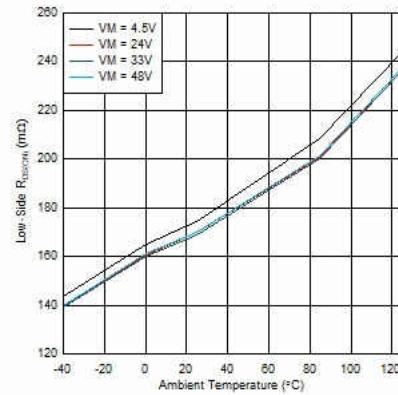


图 6-7. 低侧 $R_{DS(ON)}$ 与温度间的关系 (MODE = 0 或 330k 至 GND)

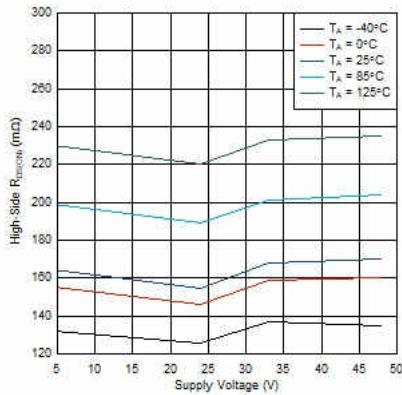


图 6-8. 高侧 $R_{DS(ON)}$ 与电源电压间的关系 (MODE = 0 或 330k 至 GND)

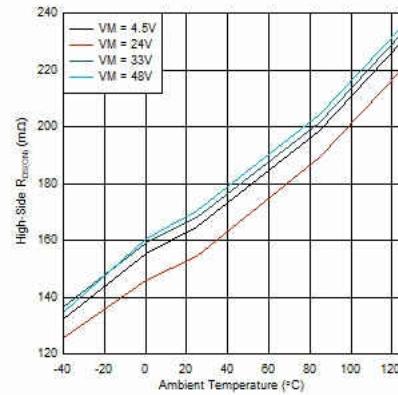


图 6-9. 高侧 $R_{DS(ON)}$ 与温度间的关系 (MODE = 0 或 330k 至 GND)

7 详细说明

7.1 概述

DRV8434S 是一款用于双极步进电机的集成电机驱动器解决方案。该器件通过集成两个 N 沟道功率 MOSFET H 桥、电流检测电阻和调节电路以及一个微步进分度器，可更大程度提高集成度。DRV8434S 能够支持 4.5V 至 48V 的宽电源电压范围。该器件提供高达 4A 峰值、2.5A 满量程或 1.8A 均方根 (rms) 的输出电流。实际的满量程和均方根电流取决于环境温度、电源电压和 PCB 热性能。

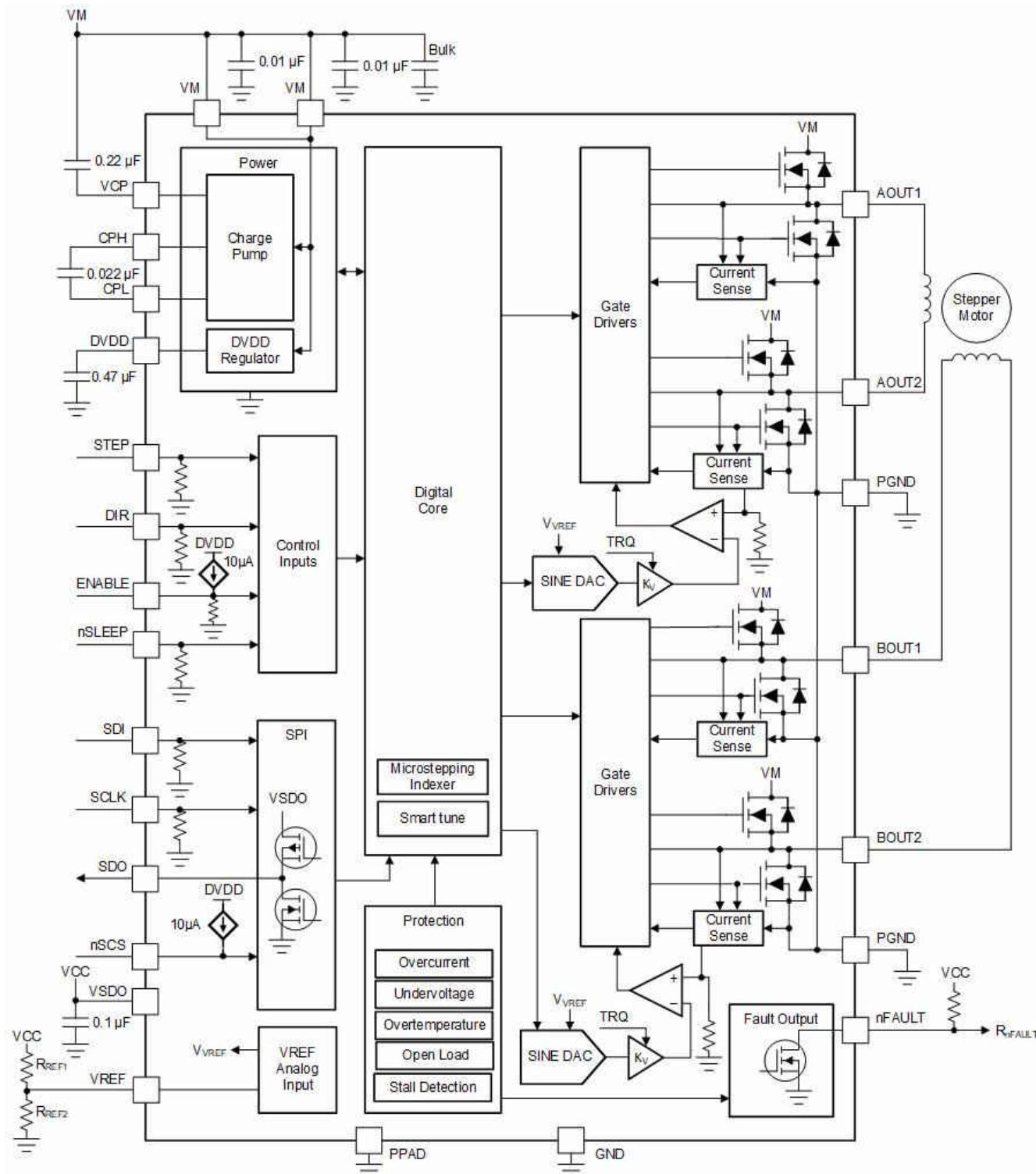
借助简单的 STEP/DIR 接口，可通过外部控制器管理步进电机的方向和步进速率。内部微步进分度器可以执行高精度微步进，而无需外部控制器来管理绕组电流电平。分度器可实现全步进、半步进以及 1/4、1/8、1/16、1/32、1/64、1/128 和 1/256 微步进。高微步进有助于显著降低可闻噪声并实现平稳的运动。除了标准的半步进模式，非循环半步进模式可用于在较高的电机转速下增加扭矩输出。

步进电机驱动器需要通过实现多种类型的衰减模式（如慢速衰减、混合衰减和快速衰减）来再循环绕组电流。DRV8434S 提供智能调优衰减模式。自动调优是一种创新的衰减机制，能够自动调节以实现出色的电流调节性能，而不受电压、电机转速、变化和老化效应的影响。自动调优纹波控制使用可变关断时间纹波电流控制方案，以更大限度地减少电机绕组电流的失真。自动调优动态衰减使用固定关断时间动态快速衰减百分比方案，以更大限度地减少电机绕组电流的失真，同时实现频率成分最小化并显著减少设计工作量。除了该无缝的轻松自动智能调优之外，DRV8434S 还提供传统的衰减模式（如慢速混合衰减和混合衰减）。

扭矩 DAC 功能使控制器无需调节 VREF 电压基准即可调节输出电流。当不需要高输出转矩时，可使用数字输入引脚访问转矩 DAC，该输入引脚允许控制器通过降低电机电流消耗来节省系统功耗。

该器件为内部数字振荡器和内部电荷泵集成了展频时钟特性。此特性可更大程度减少器件的辐射发射。系统包括一个低功耗睡眠模式，以便在不主动驱动电机时节省功耗。

7.2 功能模块图



7.3 特性说明

表 7-1 列出了 DRV8434S 器件的推荐外部组件。

表 7-1. 外部组件

| 组件 | 引脚 1 | 引脚 2 | 推荐 |
|-------------------|---------|--------|---|
| C_{VM1} | VM | PGND | 两个额定电压为 VM 的 X7R 0.01 μ F 陶瓷电容器 |
| C_{VM2} | VM | PGND | 额定电压为 VM 的大容量电容器 |
| C_{VCP} | VCP | VM | X7R 0.22 μ F 16V 陶瓷电容器 |
| C_{SW} | CPH | CPL | 额定电压为 VM 的 X7R 0.022 μ F 陶瓷电容器 |
| C_{DVDD} | DVDD | GND | 电容为 0.47 μ F 至 1 μ F 的 X7R 6.3V 陶瓷电容器 |
| R_{nFAULT} | VCC (1) | nFAULT | >4.7k Ω 电阻 |
| R_{REF1} | VREF | VCC | 用于限制斩波电流的电阻。建议： R_{REF1} 和 R_{REF2} 的并联电阻应低于 50k Ω 。 |
| R_{REF2} (可选) | VREF | GND | |

(1) VCC 不是该器件上的引脚，但开漏输出 nFAULT 需要 VCC 电源电压上拉；nFAULT 可能会被上拉到 DVDD。

7.3.1 步进电机驱动器电流额定值

步进电机驱动器可以通过以下三种不同的输出电流值表示方式进行分类：峰值、均方根和满量程。

7.3.1.1 峰值电流额定值

步进驱动器中的峰值电流受过流保护关断阈值 I_{OCP} 的限制。峰值电流表示任何瞬态持续电流脉冲，例如当对电容充电时，或当总占空比非常低时。通常， I_{OCP} 的最小值指定了步进电机驱动器的峰值电流额定值。对于 DRV8434S，每个电桥的峰值电流额定值为 4A。

7.3.1.2 均方根电流额定值

均方根（平均）电流由集成电路的热特性决定。均方根电流是根据典型系统中 $R_{DS(ON)}$ 、上升和下降时间、PWM 频率、器件静态电流和 25°C 温度下的封装热性能计算的。实际的均方根电流可能更高或更低，具体取决于散热和环境温度。对于 DRV8434S，每个电桥的均方根电流额定值为 1.8A。

7.3.1.3 满量程电流额定值

满量程电流描述了微步进时正弦电流波形的顶部。由于正弦波振幅与均方根电流有关，因此满量程电流也由器件的热特性决定。对于正弦电流波形，满量程电流额定值大约为 $\sqrt{2} \times I_{RMS}$ ；对于方波电流波形，该值大约为 I_{RMS} （全步进）。

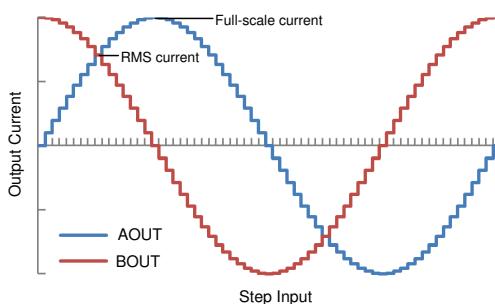


图 7-1. 满量程和均方根电流

7.3.2 PWM 电机驱动器

DRV8434S 具有两个全 H 桥驱动器，用于驱动双极步进电机的两个绕组。图 7-2 显示了该电路的方框图。

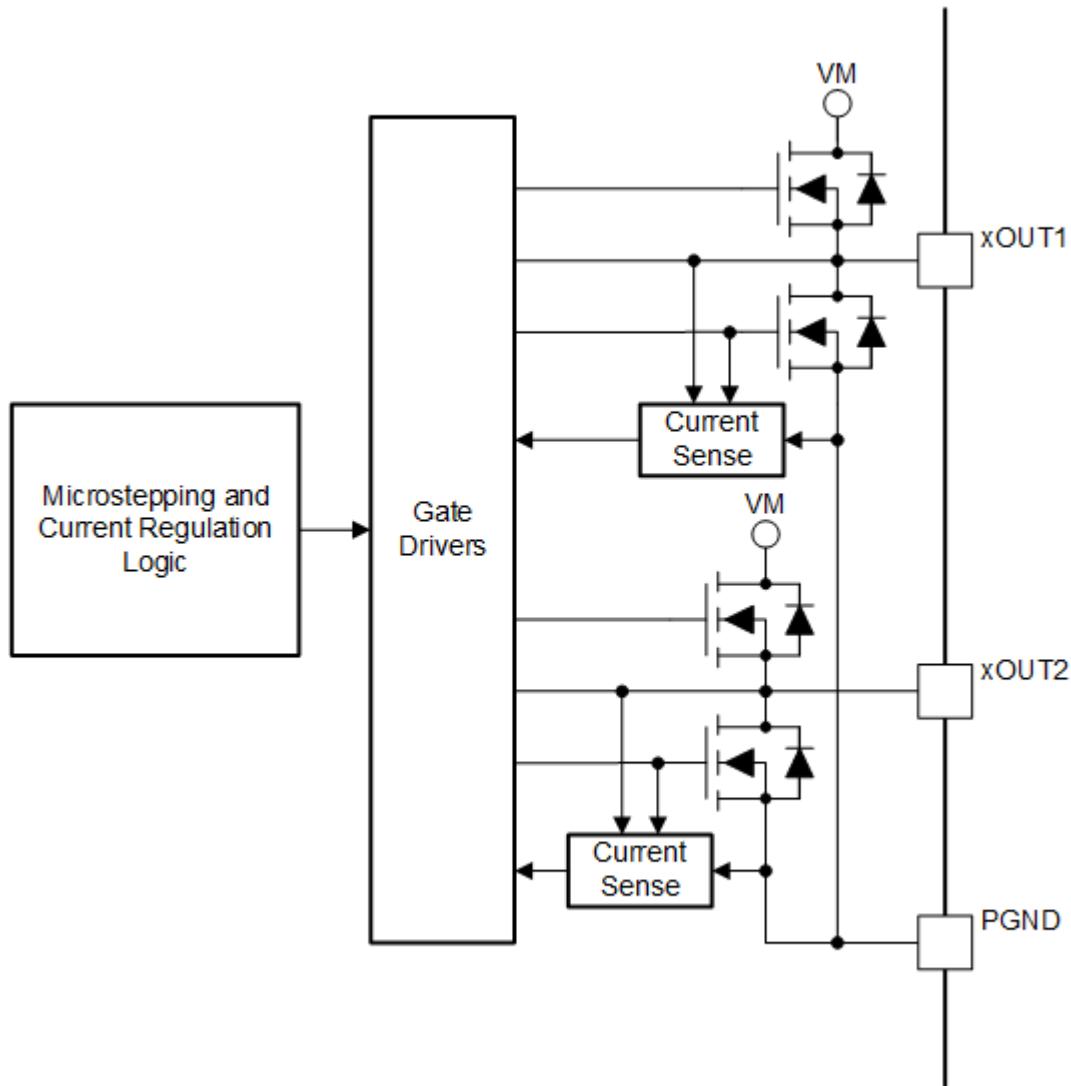


图 7-2. PWM 电机驱动器方框图

7.3.3 微步进分度器

器件中的内置分度器逻辑支持多种不同的步进模式。SPI 寄存器中的 MICROSTEP_MODE 位用于配置步进模式，如表 7-2 所示。

表 7-2. 微步进设置

| MICROSTEP_MODE | 步进模式 |
|----------------|--------------------|
| 0000b | 100% 电流的全步进 (两相励磁) |
| 0001b | 71% 电流的全步进 (两相励磁) |
| 0010b | 非循环 1/2 步进 |
| 0011b | 1/2 步进 |
| 0100b | 1/4 步进 |
| 0101b | 1/8 步进 |
| 0110b | 1/16 步进 |

表 7-2. 微步进设置 (continued)

| MICROSTEP_MODE | 步进模式 |
|----------------|----------|
| 0111b | 1/32 步进 |
| 1000b | 1/64 步进 |
| 1001b | 1/128 步进 |
| 1010b | 1/256 步进 |

表 7-3 显示了全步进 (71% 电流)、1/2 步进、1/4 步进和 1/8 步进运行状态的相对电流和步进方向。更高的微步进分辨率也将遵循相同的模式。AOUT 电流是电角的正弦，BOUT 电流是电角的余弦。正电流是指进行驱动时从 xOUT1 引脚流向 xOUT2 引脚的电流。

在 STEP 输入的每个上升沿，分度器移动到表格中的下一个状态。方向按照 DIR 引脚逻辑高电平进行显示。如果 DIR 引脚为逻辑低电平，则顺序表相反。

NOTE

在步进时，如果步进模式动态变化，则分度器在 STEP 触发上升沿时进入下一个有效状态，以便实现新的步进模式设置。

初始励磁状态是 45° 的电角，对应于两个线圈中均为 71% 的满量程电流。系统会在上电后、退出逻辑欠压锁定后或退出睡眠模式后立即进入该状态。

表 7-3. 相对电流和步进方向

| 1/8 步进 | 1/4 步进 | 1/2 步进 | 全步进 71% | AOUT 电流 (满量程百分比) | BOUT 电流 (满量程百分比) | 电角 (度) |
|--------|--------|--------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|
| 1 | 1 | 1 | | 0% | 100% | 0.00 |
| 2 | | | | 20% | 98% | 11.25 |
| 3 | 2 | | | 38% | 92% | 22.50 |
| 4 | | | | 56% | 83% | 33.75 |
| 5 | 3 | 2 | 1 | 71% | 71% | 45.00 |
| 6 | | | | 83% | 56% | 56.25 |
| 7 | 4 | | | 92% | 38% | 67.50 |
| 8 | | | | 98% | 20% | 78.75 |
| 9 | 5 | 3 | | 100% | 0% | 90.00 |
| 10 | | | | 98% | -20% | 101.25 |
| 11 | 6 | | | 92% | -38% | 112.50 |
| 12 | | | | 83% | -56% | 123.75 |
| 13 | 7 | 4 | 2 | 71% | -71% | 135.00 |
| 14 | | | | 56% | -83% | 146.25 |
| 15 | 8 | | | 38% | -92% | 157.50 |
| 16 | | | | 20% | -98% | 168.75 |
| 17 | 9 | 5 | | 0% | -100% | 180.00 |
| 18 | | | | -20% | -98% | 191.25 |
| 19 | 10 | | | -38% | -92% | 202.50 |
| 20 | | | | -56% | -83% | 213.75 |
| 21 | 11 | 6 | 3 | -71% | -71% | 225.00 |
| 22 | | | | -83% | -56% | 236.25 |
| 23 | 12 | | | -92% | -38% | 247.50 |
| 24 | | | | -98% | -20% | 258.75 |
| 25 | 13 | 7 | | -100% | 0% | 270.00 |

表 7-3. 相对电流和步进方向 (continued)

| 1/8 步进 | 1/4 步进 | 1/2 步进 | 全步进 71% | AOUT 电流 (满量程百分比) | BOUT 电流 (满量程百分比) | 电角 (度) |
|--------|--------|--------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|
| 26 | | | | -98% | 20% | 281.25 |
| 27 | 14 | | | -92% | 38% | 292.50 |
| 28 | | | | -83% | 56% | 303.75 |
| 29 | 15 | 8 | 4 | -71% | 71% | 315.00 |
| 30 | | | | -56% | 83% | 326.25 |
| 31 | 16 | | | -38% | 92% | 337.50 |
| 32 | | | | -20% | 98% | 348.75 |

表 7-4 显示了具有 100% 满量程电流的全步进运行。这种步进模式将比具有 71% 电流的全步进模式消耗更多的电能，但在高电机转速下可提供更高的扭矩。

表 7-4. 100% 电流的全步进

| 全步进 100% | AOUT 电流 (满量程百分比) | BOUT 电流 (满量程百分比) | 电角 (度) |
|----------|-----------------------|-----------------------|----------|
| 1 | 100 | 100 | 45 |
| 2 | -100 | 100 | 135 |
| 3 | -100 | -100 | 225 |
| 4 | 100 | -100 | 315 |

表 7-5 显示了非循环 1/2 步进操作。这种步进模式比循环 1/2 步进运行消耗更多的功耗，但在高电机转速下可提供更高的转矩。

表 7-5. 非循环 1/2 步进电流

| 非循环 1/2 步进 | AOUT 电流 (满量程百分比) | BOUT 电流 (满量程百分比) | 电角 (度) |
|------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 100 | 100 | 45 |
| 3 | 100 | 0 | 90 |
| 4 | 100 | -100 | 135 |
| 5 | 0 | -100 | 180 |
| 6 | -100 | -100 | 225 |
| 7 | -100 | 0 | 270 |
| 8 | -100 | 100 | 315 |

7.3.4 通过 MCU DAC 控制 VREF

在某些情况下，满量程输出电流可能需要在许多不同的值之间变化，具体取决于电机速度和负载。您可以在系统内调节 VREF 引脚的电压，以更改满量程电流。

在这种运行模式中，随着 DAC 电压的增加，满量程调节电流也将增加。为确保正常运行，DAC 的输出不得超过 3.3V。

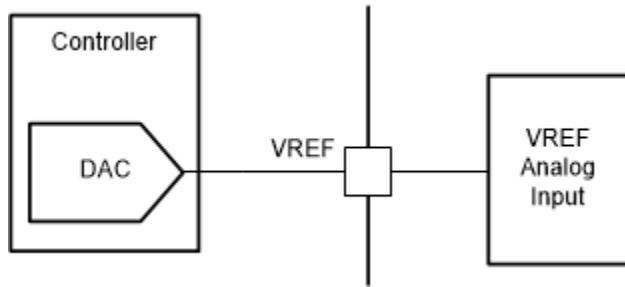


图 7-3. 通过 DAC 资源控制 VREF

您也可以使用 PWM 信号和低通滤波器来调节 VREF 引脚。

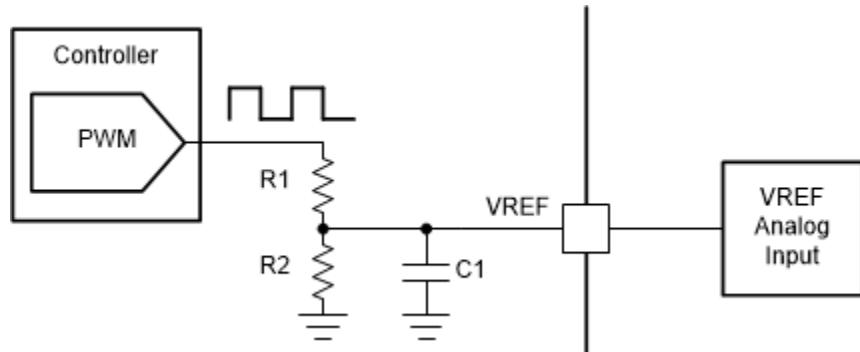


图 7-4. 通过 PWM 资源控制 VREF

7.3.5 电流调节

流经电机绕组的电流由一个 PWM 电流调节电路进行调节。当 H 桥被启用时，通过绕组的电流以一定的速率上升，该速率取决于直流电压、绕组电感和存在的反电动势大小。当电流达到电流调节阈值时，电桥将进入衰减模式以减小电流，该模式的持续时间取决于 TOFF 寄存器设置和所选衰减模式。关断时间结束后，将重新启用电桥，开始另一个 PWM 循环。

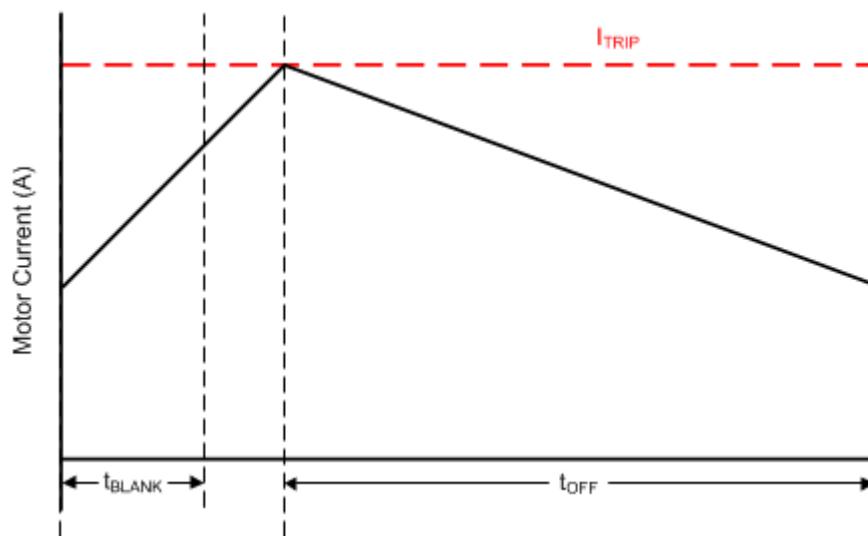


图 7-5. 电流斩波波形

PWM 调节电流由比较器设置，该比较器监测与低侧功率 MOSFET 并联的电流检测 MOSFET 两端的电压。电流检测 MOSFET 通过基准电流进行偏置，该基准电流是电流模式正弦加权 DAC 的输出，其满量程基准电流通过 VREF 引脚的电压进行设置。此外，TRQ_DAC 寄存器还可以进一步调节基准电流。

使用[方程式 1](#)计算满量程调节电流。

$$I_{FS} (A) = \frac{V_{REF} (V)}{K_v (V/A)} \times TRQ_DAC (\%) = \frac{V_{REF} (V) \times TRQ_DAC (\%)}{1.32 (V/A)} \quad (1)$$

TRQ_DAC 通过 SPI 寄存器进行调整。[表 7-6](#)列出了不同输入的当前标量值。

表 7-6. 扭矩 DAC 设置

| TRQ_DAC | 电流标量 (TRQ) |
|---------|------------|
| 0000b | 100% |
| 0001b | 93.75% |
| 0010b | 87.5% |
| 0011b | 81.25% |
| 0100b | 75% |
| 0101b | 68.75% |
| 0110b | 62.5 |
| 0111b | 56.25% |
| 1000b | 50% |
| 1001b | 43.75% |
| 1010b | 37.5% |
| 1011b | 31.25% |
| 1100b | 25% |
| 1101b | 18.75% |

表 7-6. 扭矩 DAC 设置 (continued)

| TRQ_DAC | 电流标量 (TRQ) |
|---------|------------|
| 1110b | 12.5% |
| 1111b | 6.25% |

7.3.6 衰减模式

在 PWM 电流斩波期间，将启用 H 桥以驱动电流流过电机绕组，直至达到 PWM 电流斩波阈值。图 7-6 的项目 1 中显示了这种情况。

达到斩波电流阈值后，H 桥可在两种不同的状态下运行：快速衰减或慢速衰减。在快速衰减模式下，一旦达到 PWM 斩波电流电平，H 桥便会通过导通对侧的 MOSFET 进行状态逆转，使绕组电流反向流动。由于绕组电流接近零，因此会禁用该电桥，以防止进一步出现反向流动的电流。图 7-6 的项目 2 中显示了快速衰减模式。在慢速衰减模式下，通过启用 H 桥中的两个低侧 MOSFET 来实现绕组电流的再循环。图 7-6 的项目 3 中显示了这种情况。

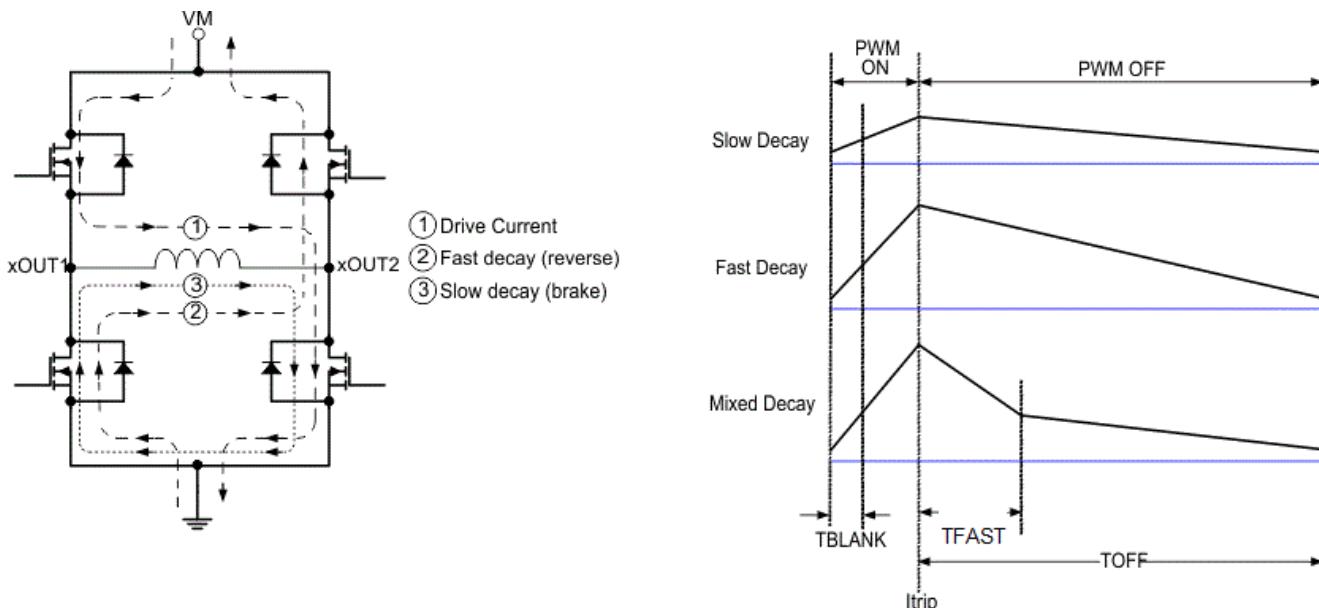


图 7-6. 衰减模式

由 DECAY 寄存器来选择衰减模式，如表 7-7 所示。

表 7-7. 衰减模式设置

| DECAY | 上升阶跃 | 下降阶跃 |
|------------|------------|------------|
| 000b | 慢速衰减 | 慢速衰减 |
| 001b | 慢速衰减 | 混合衰减：快 30% |
| 010b | 慢速衰减 | 混合衰减：快 60% |
| 011b | 慢速衰减 | 快速衰减 |
| 100b | 混合衰减快 30% | 混合衰减：快 30% |
| 101b | 混合衰减：快 60% | 混合衰减：快 60% |
| 110b | 智能调优动态衰减 | 智能调优动态衰减 |
| 111b (默认值) | 智能调优纹波控制 | 智能调优纹波控制 |

图 7-7 定义了上升和下降电流。对于慢速混合衰减模式，衰减模式在上升电流步进期间设置为慢速，在下降电流步进期间设置为混合衰减。在全步进和非循环 1/2 步进模式中，始终使用下降步进所对应的衰减模式。

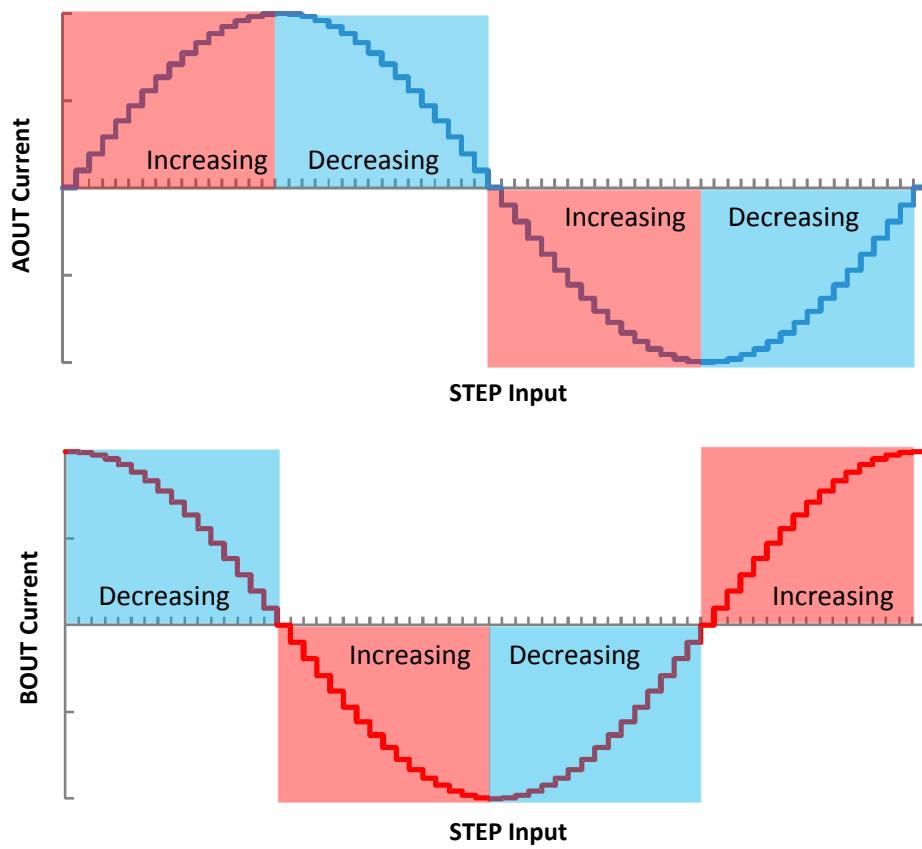


图 7-7. 上升和下降步进的定义

7.3.6.1 上升和下降电流阶段均为慢速衰减

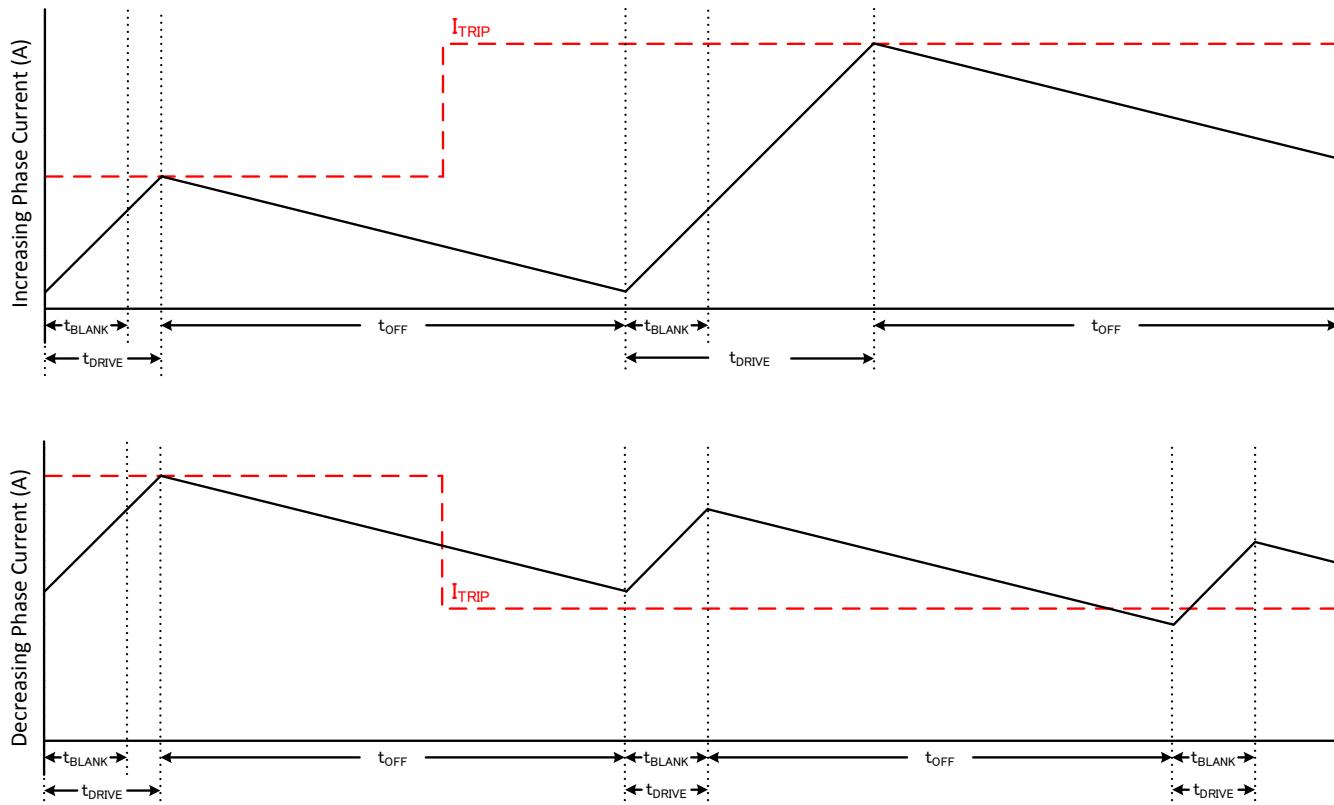


图 7-8. 慢速/慢速衰减模式

在慢速衰减期间，H 桥的两个低侧 MOSFET 均处于开启状态，以便实现电流再循环。

在给定的 t_{OFF} 下，慢速衰减是电流纹波最低的衰减模式。但是，在电流步进下降时，慢速衰减需要很长的时间才能稳定至新的 I_{TRIP} 电平，因为此时的电流下降速度非常慢。如果关断时间结束时的电流高于 I_{TRIP} 电平，则慢速衰减将延长多个关断时间，直到累积关断时间结束时的电流低于 I_{TRIP} 电平为止。

如果绕组电流保持静态很长时间（例如当不存在 STEP 输入时）或步进速度非常慢，则慢速衰减可能无法正确调节电流，因为电机绕组上的反电动势将会很小或不存在。电机电流上升速度会非常快，可能需要很长的关断时间才能调节电流。在某些情况下，这可能导致无法进行电流调节。在这种情况下，建议使用激进衰减模式。

7.3.6.2 上升电流阶段为慢速衰减，下降电流阶段混合衰减

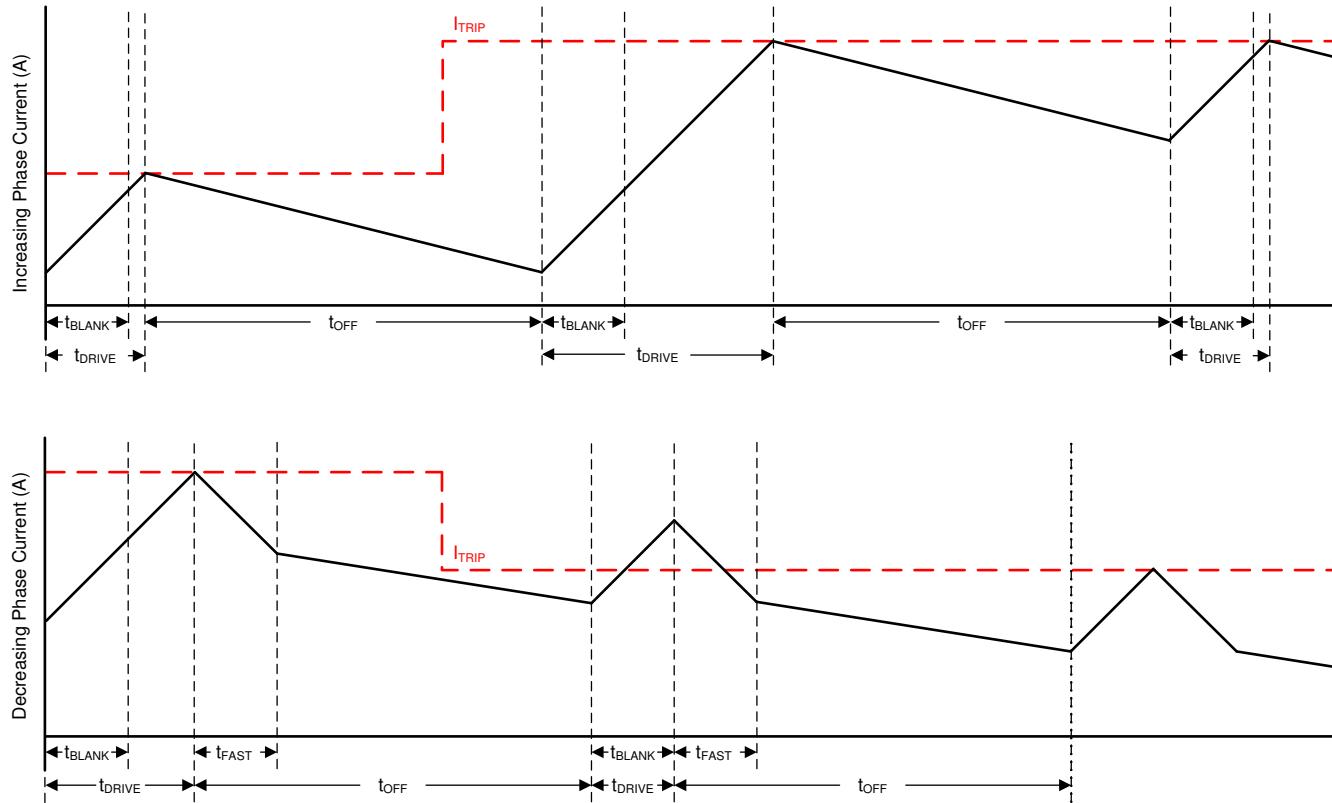


图 7-9. 慢速混合衰减模式

混合衰减模式下， t_{OFF} 开始的一段时间内为快速衰减，然后在 t_{OFF} 的剩余时间内为慢速衰减。混合衰减仅在下降电流期间发生。慢速衰减用于上升电流的情况。

该衰减模式表现出与上升电流的慢速衰减模式相同的电流纹波，因为上升电流时，该模式仅使用慢速衰减。对于下降电流，纹波大于慢速衰减，但小于快速衰减。在下降电流阶跃时，混合衰减可比慢速衰减更快地稳定到新的 I_{TRIP} 电平。

7.3.6.3 用于上升电流的慢速衰减，用于下降电流的快速衰减

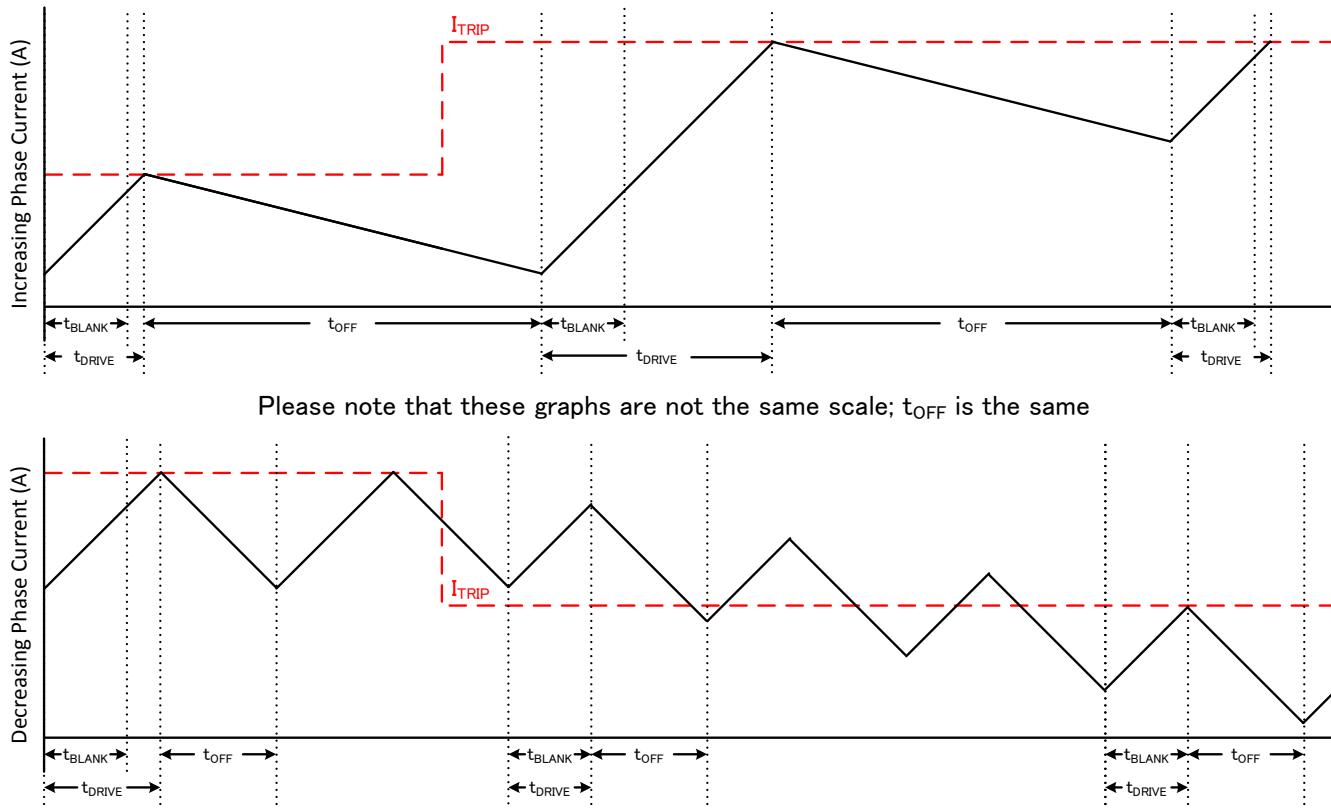


图 7-10. 慢速/快速衰减模式

在快速衰减期间，H 桥的极性会发生逆转。当电流接近零时，H 桥将关闭，以防止电流反向流动。在此模式下，快速衰减仅在下降电流期间发生。慢速衰减用于上升电流的情况。

在给定的 t_{OFF} 下，快速衰减是电流纹波最高的衰减模式。电流步进下降的过渡时间要比慢速衰减短得多，因为其电流下降速度比后者快很多。

7.3.6.4 上升和下降电流阶段均为混合衰减

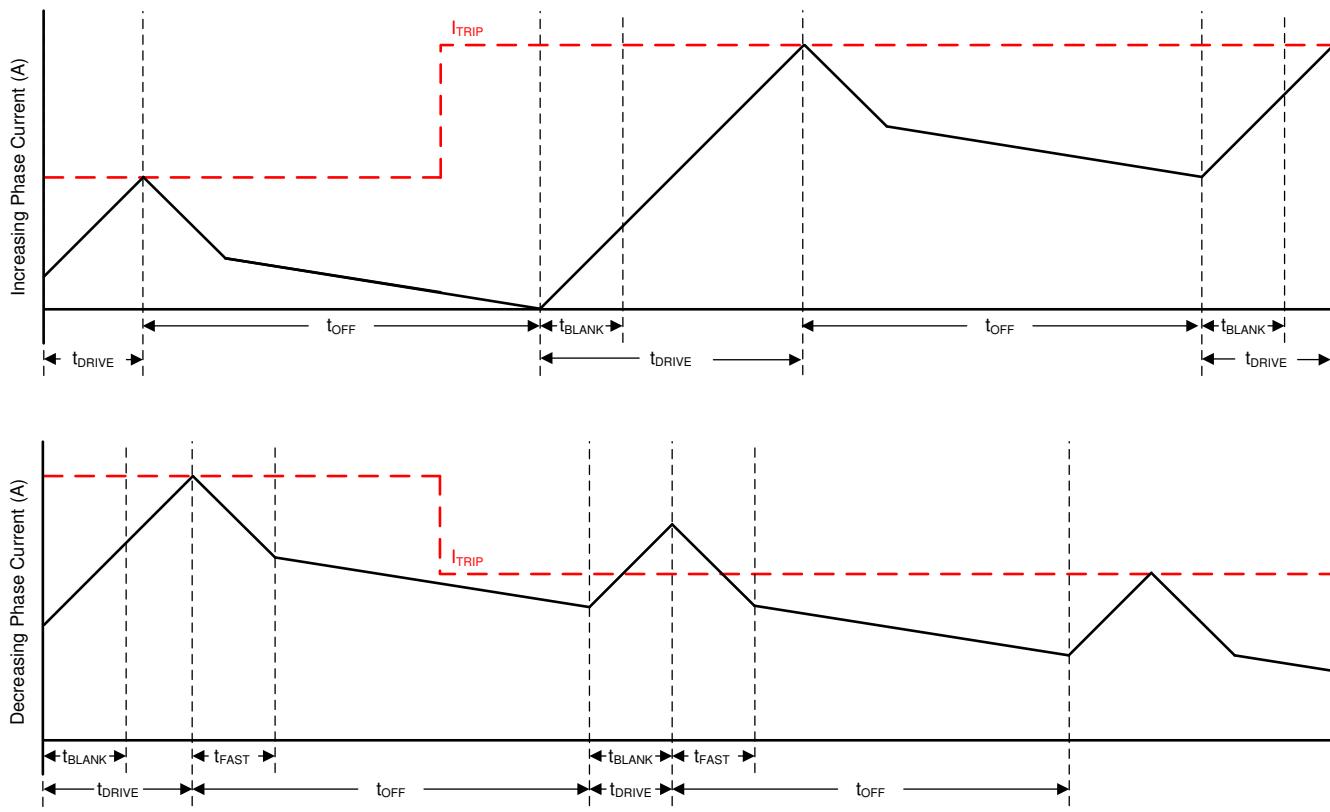


图 7-11. 混合-混合衰减模式

混合衰减模式下， t_{OFF} 开始的一段时间内为快速衰减，然后在 t_{OFF} 的剩余时间内为慢速衰减。在此模式下，上升和下降电流阶跃都会发生混合衰减。

该模式表现出的纹波比慢速衰减大，但比快速衰减小。在下降电流阶跃时，混合衰减可比慢速衰减更快地稳定到新的 I_{TRIP} 电平。

如果绕组电流保持静态很长时间（例如当不存在 STEP 输入时）或步进速度非常慢，则慢速衰减可能无法正确调节电流，因为电机绕组上的反电动势将会很小或不存在。在这种情况下，电机电流上升速度会非常快，需要很长的关断时间才能调节电流。当电机绕组上没有反电动势时，上升或下降电流混合衰减模式能持续调节电流。

7.3.6.5 智能调优动态衰减

与传统的固定关断时间电流调节方案相比，智能调优电流调节方案是一种先进的电流调节控制方法。智能调优电流调节方案有助于步进电机驱动器根据下列因素调整衰减方案：

- 电机绕组电阻和电感
- 电机老化效应
- 电动机动态转速和负载
- 电机电源电压变化
- 步进上升和下降时的电机反电动势差
- 步进转换
- 低电流与高电流 di/dt

该器件提供两种不同的智能调优电流调节模式，即智能调优动态衰减和智能调优纹波控制。

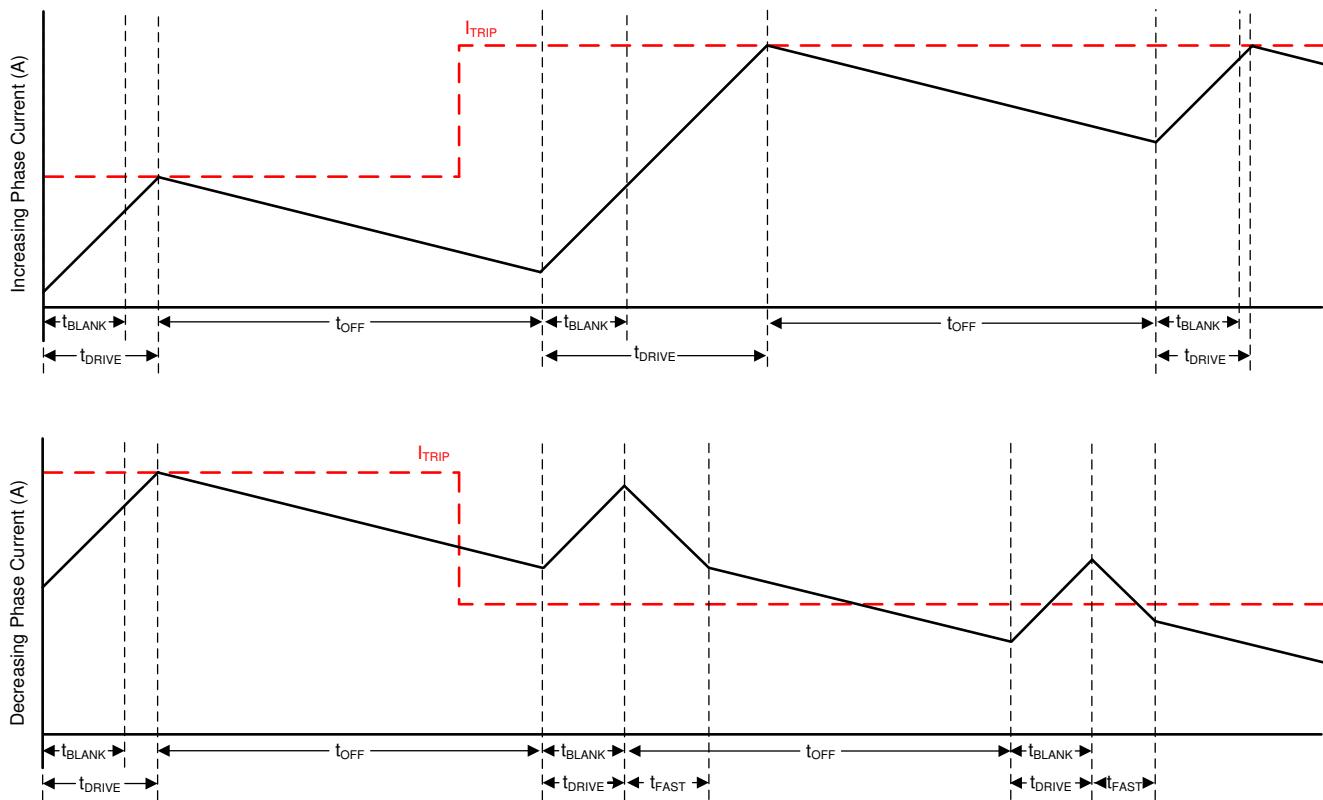


图 7-12. 智能调优动态衰减模式

智能调优动态衰减通过在慢速、混合和快速衰减之间自动配置衰减模式，显著简化了衰减模式选择。在混合衰减中，智能调优将动态调整总混合衰减时间中快速衰减的百分比。此功能通过自动确定最佳衰减设置来消除电机调谐，从而产生最低的电机纹波。

衰减模式设置经由每个 PWM 周期进行迭代优化。如果电机电流超过目标跳变电平，则衰减模式在下一个周期变得更加激进（提高快速衰减百分比）以防止调节损失。如果必须长时间驱动才能达到目标跳变电平，则衰减模式在下一个周期变得不那么激进（降低快速衰减百分比），从而以更少的纹波实现更高效地运行。通过下降电流阶跃，智能调优动态衰减会自动切换到快速衰减，以便快速进入下一电流阶跃。

智能调优动态衰减最适用于需要实现最小电流纹波但希望在电流调节方案中保持固定频率的应用。

7.3.6.6 智能调优纹波控制

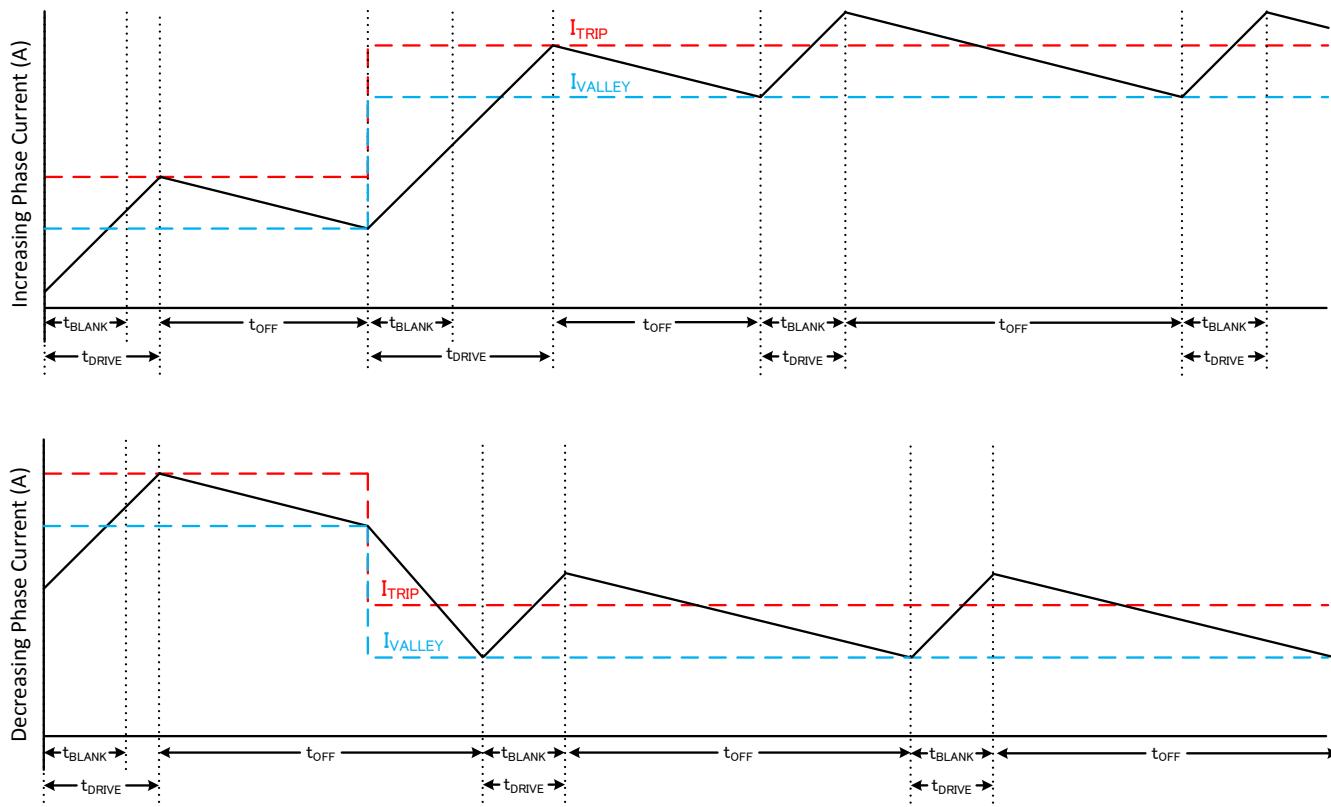


图 7-13. 智能调优纹波控制衰减模式

智能调优纹波控制通过设置 I_{TRIP} 电平以及 I_{VALLEY} 电平来进行操作。当电流电平达到 I_{TRIP} 时，驱动器将进入慢速衰减，直到达到 I_{VALLEY} ，而不是直到 t_{OFF} 时间结束。慢速衰减的工作原理类似于慢速/慢速衰减，其中两个低侧 MOSFET 都导通，允许电流再循环。在此模式下， t_{OFF} 根据电流电平和运行参数而变化。

通过 **RC_RIPPLE[1:0]** 位对该衰减模式下的纹波电流进行编程。纹波电流取决于特定微步进级别的 I_{TRIP} 。

表 7-8. 电流纹波设置

| RC_RIPPLE | 特定微步进级别的电流纹波 |
|-----------|------------------------|
| 00b | $19mA + I_{TRIP}$ 的 1% |
| 01b | $19mA + I_{TRIP}$ 的 2% |
| 10b | $19mA + I_{TRIP}$ 的 4% |
| 11b | $19mA + I_{TRIP}$ 的 6% |

该纹波控制方法可以更严格地调节电流电平，从而提高电机效率和系统性能。智能调优纹波控制适用于能够承受可变关断时间调节方案的系统，以通过电流调节实现低电流纹波。选择可确保 PWM 频率高于可闻范围的尽可能低的纹波电流设置。

7.3.7 PWM 关断时间

除智能调优纹波控制模式外，**TOFF[1:0]** 位会配置所有衰减模式的 PWM 关断时间，如表 7-9 所示。可以动态更改关断时间设置。在更改关断时间设置后，新的关断时间设置将在 $10\mu s$ 的抗尖峰脉冲时间之后生效。

表 7-9. 关断时间设置

| TOFF | 关断时间 |
|------|----------|
| 00b | $7\mu s$ |

表 7-9. 关断时间设置 (continued)

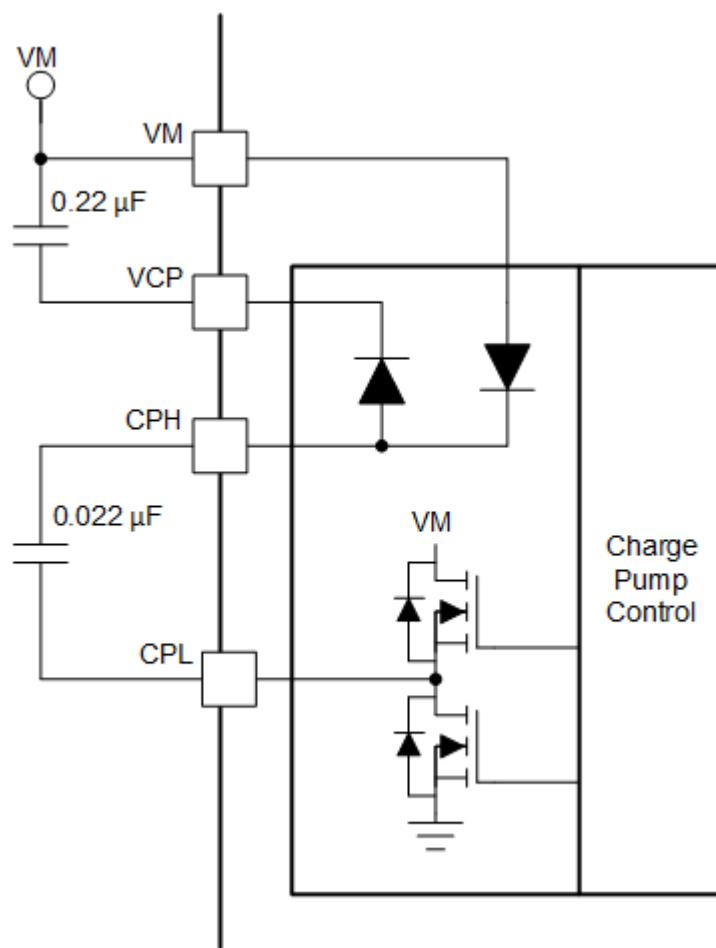
| TOFF | 关断时间 |
|------|------------|
| 01b | 16 μ s |
| 10b | 24 μ s |
| 11b | 32 μ s |

7.3.8 消隐时间

在 H 桥接通电流 (驱动阶段开始) 后 , 电流检测比较器将在启用电流检测电路前被忽略一段时间 (t_{BLANK})。消隐时间还将设置 PWM 的最小驱动时间。消隐时间大约为 1 μ s。

7.3.9 电荷泵

集成了一个电荷泵以提供高侧 N 沟道 MOSFET 栅极驱动电压。需要在 VM 和 VCP 引脚之间为电荷泵放置一个电容作为储能电容。此外 , 还需要在 CPH 和 CPL 引脚之间放置一个陶瓷电容作为飞跨电容。


图 7-14. 电荷泵方框图

7.3.10 线性稳压器

DVDD 器件中集成了一个线性稳压器。DVDD 稳压器可用于提供 VREF 基准电压。DVDD 最大可提供 2mA 的负载。为确保正常运行，请使用陶瓷电容器将 DVDD 引脚旁路至 GND。

DVDD 输出的标称值为 5V。当 DVDD LDO 电流负载超过 2mA 时，输出电压会显著下降。

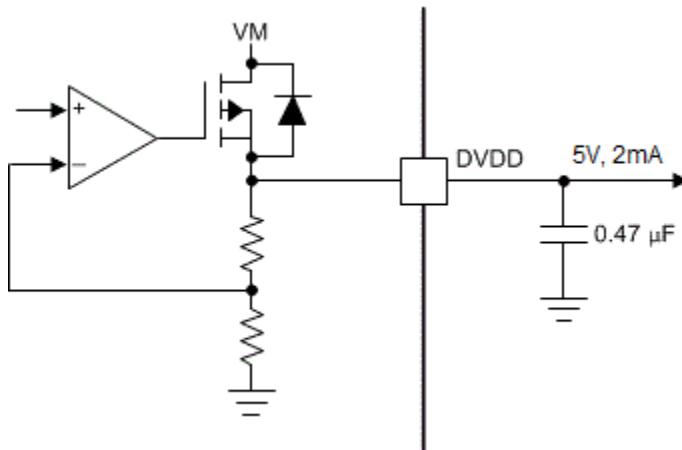


图 7-15. 线性稳压器方框图

如果逻辑电平输入须一直连接高电平，则宜将输入连接到 DVDD 引脚而不是外部稳压器。此方法可在未应用 VM 引脚或处于休眠模式时省电：DVDD 稳压器被禁用，电流不会流经输入下拉电阻。作为参考，逻辑电平输入的典型下拉电阻为 200kΩ。

请勿将 nSLEEP 引脚连接至 DVDD，否则器件将无法退出睡眠模式。

7.3.11 逻辑电平、三电平和四电平引脚图

图 7-17 显示了 STEP、DIR、nSLEEP、SDI、ENABLE 和 SCLK 引脚的输入结构。

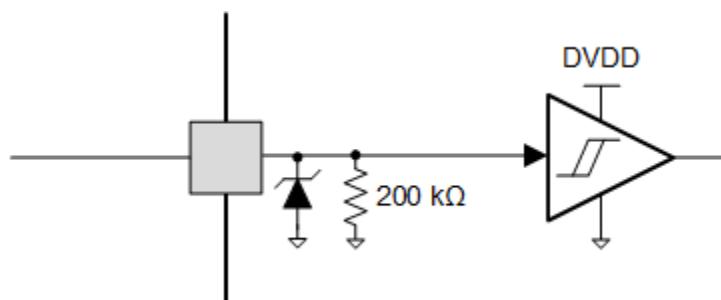


图 7-16. 逻辑电平输入引脚图

图 7-17 显示了逻辑电平引脚 nSCS 的输入结构。

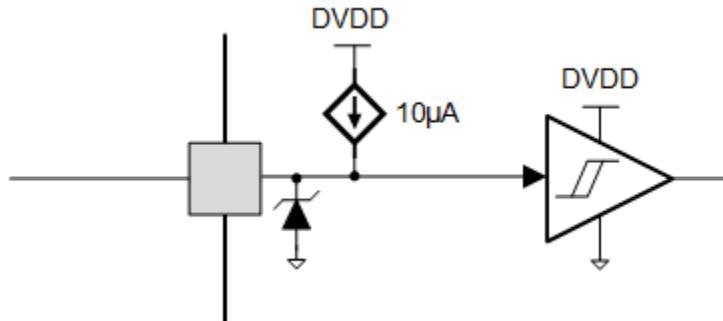


图 7-17. 带内部上拉输入的逻辑电平引脚图

7.3.11.1 nFAULT 引脚

nFAULT 引脚具有开漏输出且应上拉至 5V、3.3V 或 1.8V 电源电压。当检测到故障时，nFAULT 引脚将变成逻辑低电平；上电后，则变成高电平。对于 5V 上拉，nFAULT 引脚可通过一个电阻连接至 DVDD 引脚。对于 3.3V 或 1.8V 上拉，必须使用一个外部电源。

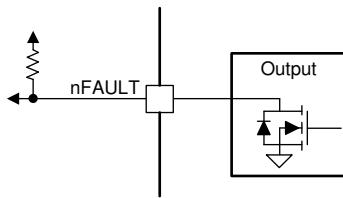


图 7-18. nFAULT 引脚

7.3.12 保护电路

该器件可完全防止电源欠压、电荷泵欠压、输出过流、开路负载和器件过热事件。此外，该器件可针对过载或线路末端运动提供失速检测保护。

7.3.12.1 VM 欠压锁定 (UVLO)

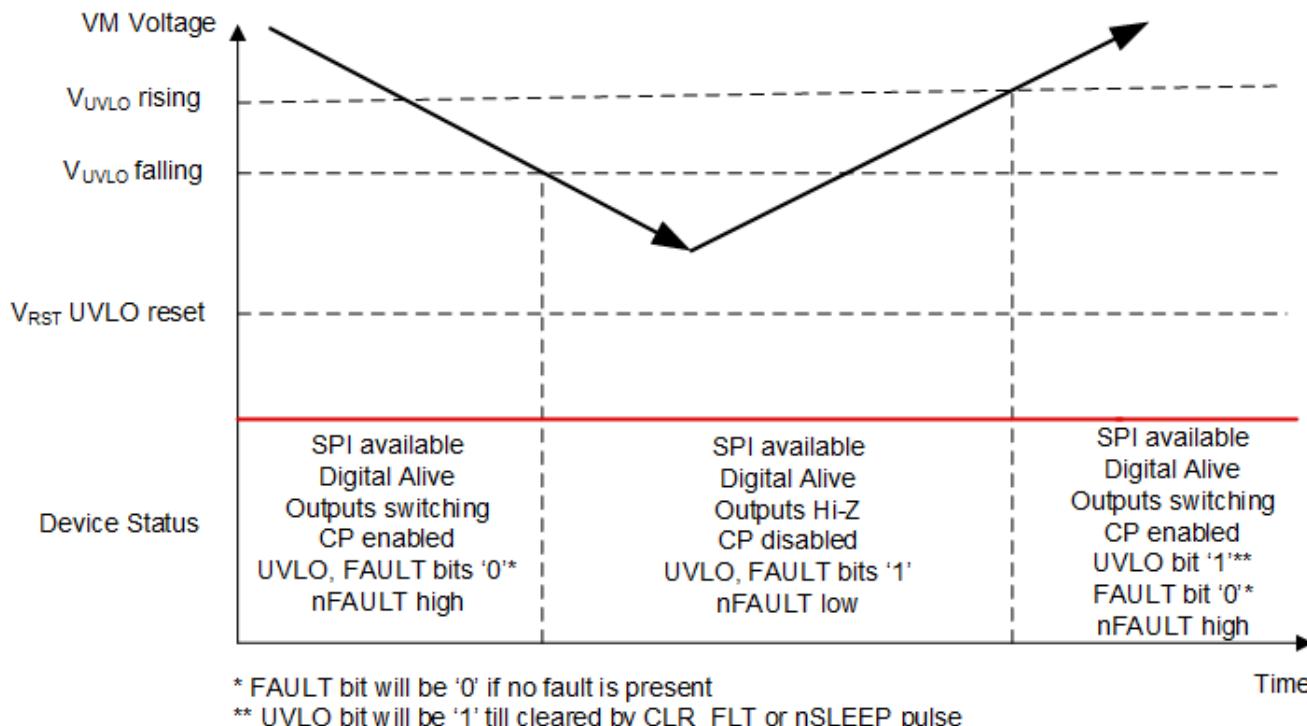


图 7-19. 电源电压斜坡曲线

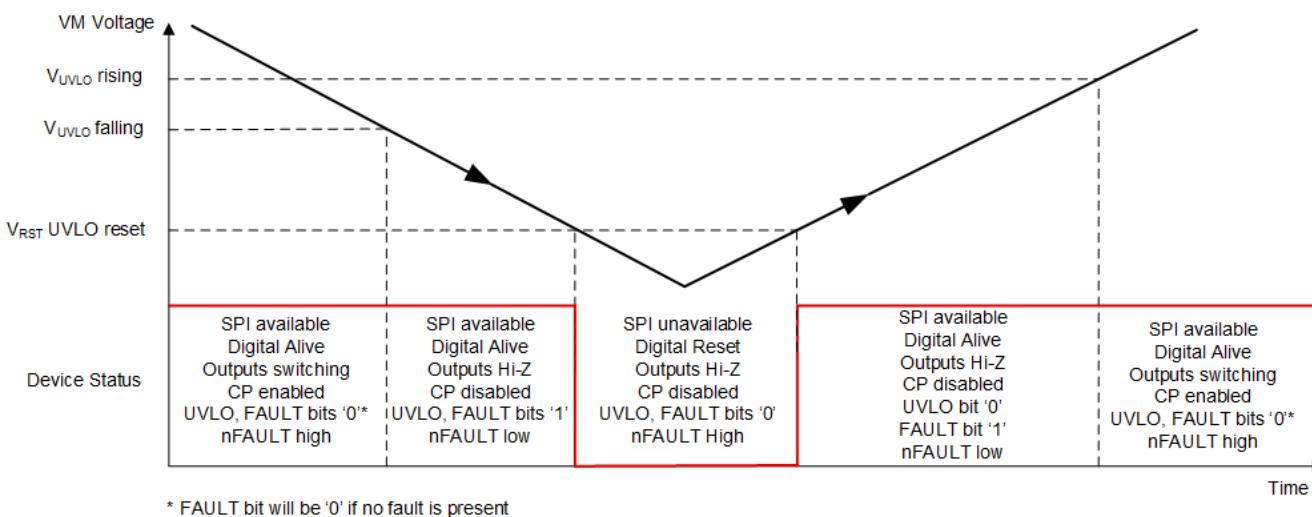


图 7-20. 电源电压斜坡曲线

无论 VM 引脚电压何时降至 UVLO 下降阈值电压以下，都会禁用所有输出（高阻态）以及电荷泵（CP）。当 VM 电压恢复至 UVLO 上升阈值电压以上时，将恢复正常运行（电机驱动器和电荷泵）。

当 VM 引脚电压降至 UVLO 下降阈值电压（典型值 4.25V），但高于 VM UVLO 复位电压（ V_{RST} ，最大值 3.9V），可进行 SPI 通信，器件的数字内核有效，FAULT 和 UVLO 位在 SPI 寄存器中设为高电平，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平，如图 7-19 所示。在这种条件下，如果 VM 电压恢复至高于 UVLO 上升阈值电压（典型值 4.35V），nFAULT 引脚将会释放（上拉至外部电压），FAULT 位会复位，但 UVLO 位会保持锁存为高电平，直到通过 CLR_FLT 位或 nSLEEP 复位脉冲被清除为止。

当 VM 引脚电压降至 VM UVLO 复位电压 (V_{RST} ，最大值 3.9V) 时，不支持 SPI 通信，数字内核关断，FAULT 和 UVLO 位为低电平，并且 nFAULT 引脚为高电平。在后续上电时，如果 VM 电压超过 V_{RST} 电压，数字内核变为有效，UVLO 位保持低电平，但 FAULT 位设为高电平；并且 nFAULT 引脚被拉至低电平，如图 7-20 所示。当 VM 电压超过 VM UVLO 上升阈值时，FAULT 位会复位，UVLO 位保持低电平，并且 nFAULT 引脚被拉高。

7.3.12.2 VCP 欠压锁定 (CPUV)

无论 VCP 引脚电压何时降至 CPUV 电压以下，都会禁用所有输出并将 nFAULT 引脚驱动为低电平。在这种情况下，电荷泵将保持运行状态。FAULT 和 CPUV 位将在 SPI 寄存器中被设为高电平。VCP 欠压条件消失后，器件将恢复正常运行（电机驱动器运行且释放 nFAULT 引脚）。CPUV 位将保持置位状态，直到通过 CLR_FLT 位或 nSLEEP 复位脉冲将其清除为止。

7.3.12.3 过流保护 (OCP)

每个 FET 上的模拟电流限制电路都将通过移除栅极驱动来限制流经 FET 的电流。如果此电流限制的持续时间超过 t_{OCP} ，则将会禁用相应 H 桥中的 FET 并将 nFAULT 引脚驱动为低电平。FAULT 和 OCP 位将在 SPI 寄存器中被锁存为高电平。

对于 xOUTx 到 VM 短路，相应的 OCP_LSx_x 位会在 DIAG 状态 1 寄存器中变为高电平。同样，对于 xOUTx 到接地短路，相应的 OCP_HSx_x 位会变为高电平。例如，对于 AOUT1 到 VM 短路，OCP_LS1_A 位会变为高电平；对于 BOUT2 到接地短路，OCP_HS2_B 位会变为高电平。

在这种情况下，电荷泵将保持运行状态。过流保护可在两种不同的模式下运行：锁存关断和自动重试。

7.3.12.3.1 锁存关断 (OCP_MODE = 0b)

在此模式下，OCP 事件后将会禁用相关输出并将 nFAULT 引脚驱动为低电平。器件会在应用 CLR_FLT 命令、nSLEEP 复位脉冲或下电上电后恢复正常运行。这是发生 OCP 事件时该器件采用的默认模式。

7.3.12.3.2 自动重试 (OCP_MODE = 1b)

在此模式下，OCP 事件后将会禁用相关输出并将 nFAULT 引脚驱动为低电平。在经过 t_{RETRY} 时间且故障条件消失后，器件将自动恢复正常运行（电机驱动器运行且释放 nFAULT 引脚）。

7.3.12.4 失速检测

步进电机的绕组电流、反电动势和电机的机械扭矩负载之间有着独特的关系，如图 7-21 所示。对于给定的绕组电流，当电机负载接近电机的扭矩能力时，反电动势将与绕组电流同相。通过检测电机电流的上升和下降电流象限之间的反电动势相移，DRV8434S 可检测电机过载失速情况或线路末端运动。

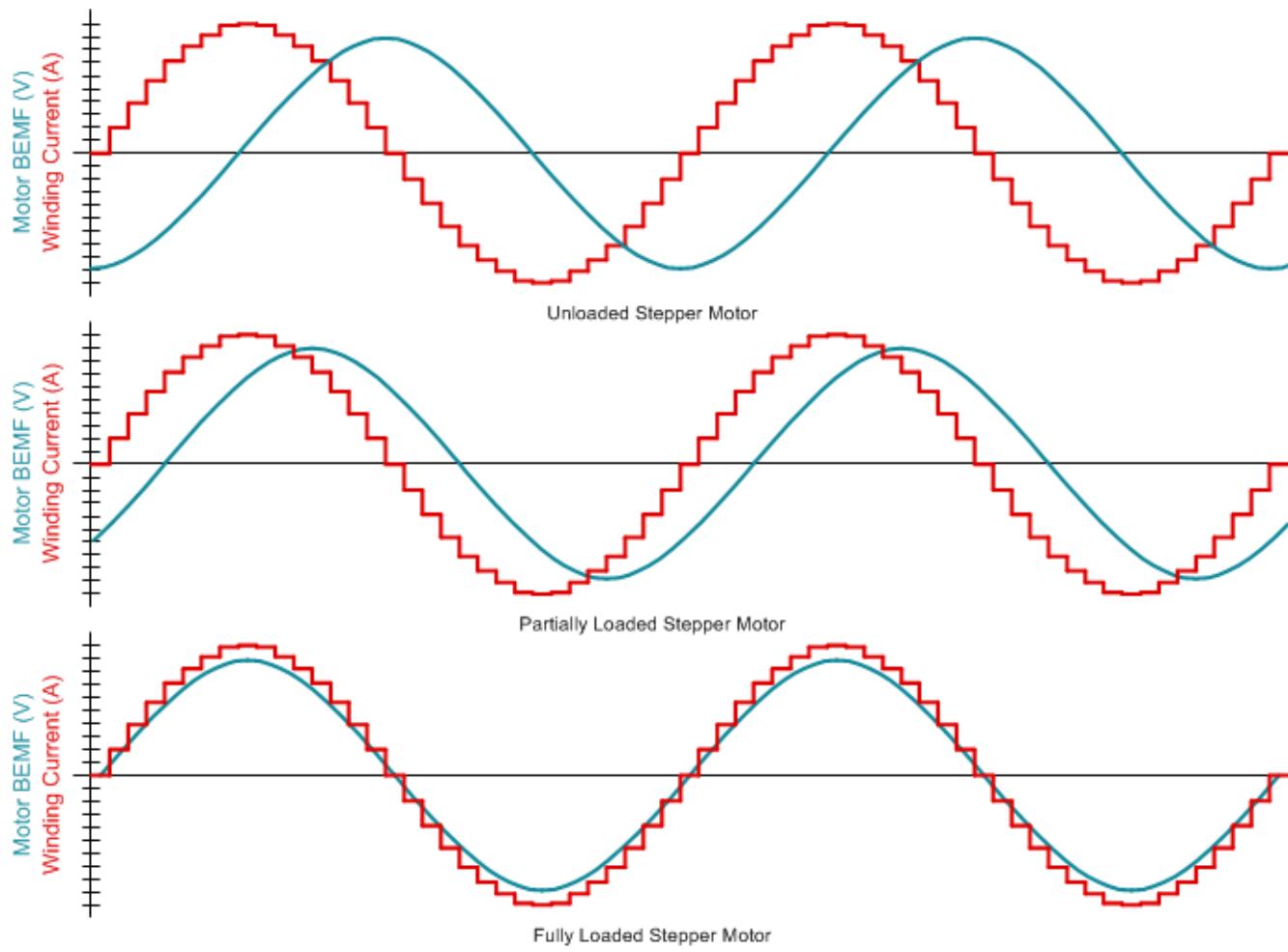


图 7-21. 通过监控电机反电动势进行失速检测

失速检测算法仅在器件被编程为在智能调优纹波控制衰减模式下运行时才有效。EN_STL 位必须为“1”才能启用失速检测。此外，如果存在任何故障条件 (UVLO、OCP、OL、OTSD 等)，将禁用失速检测。

算法可通过监控 PWM 关断时间来比较上升和下降象限之间的反电动势，并生成一个由 12 位寄存器 TRQ_COUNT 表示的值。进行比较时，TRQ_COUNT 值实际上与电机电流、环境温度和电源电压无关。该算法支持全步进操作模式。

对于轻载电机，TRQ_COUNT 将为非零值。当电机接近失速状态时，TRQ_COUNT 将接近零并可用于检测失速状态。如果任何时候 TRQ_COUNT 降至低于失速阈值 (由 12 位 STALL_TH 寄存器表示)，器件将检测失速情况，并且 STALL、STL 和 FAULT 位在 SPI 寄存器中被锁存为高电平。要指明 nFAULT 引脚上的失速检测故障，STL REP 位必须为“1”。如果 STL REP 位为“1”，当检测到失速时，nFAULT 引脚将被驱动为低电平。

在失速情况下，电机轴不会旋转。当失速条件消失并且电机速度从零升至其目标速度时，电机将呈斜坡趋势增加到目标转速。当通过 CLR_FLT 位或 nSLEEP 复位脉冲发出清除故障命令后，nFAULT 将被释放并且故障寄存器将被清除。

TRQ_COUNT 的计算结果是正在旋转的电机的最近四个电半周期的平均扭矩计数。计算值将在接下来的 100ns 内在器件 CTRL8 和 CTRL9 寄存器中更新。在下次更新之前，寄存器将保持不变。之后，每个电半周期会更新一次。

电机线圈阻抗较高可能会导致 TRQ_COUNT 低。TRQ_SCALE 位允许按比例调高 TRQ_COUNT 值，以便于进一步处理。如果最初计算的 TRQ_COUNT 值小于 500，并且 TRQ_SCALE 位为“1”，则 TRQ_COUNT 将乘以 8。如果 TRQ_SCALE 位为“0”，TRQ_COUNT 会保留算法最初计算的值。

失速阈值可以通过两种方式设置 - 用户可以写入 **STALL_TH** 位，或者让算法使用失速学习过程自行了解失速阈值。将 **STL_LRN** 位设置为“1”即会开始失速学习过程。故意使电机短暂失速以便让算法学习理想的失速阈值。成功学习结束时，会用学习到的失速阈值更新 **STALL_TH** 寄存器。**STL_LRN_OK** 位会在成功学习后变为高电平。

在一种速度下获得的失速阈值可能不能充分适合其他速度。建议每当电机转速显著变化时，均重新获得失速阈值。

7.3.12.5 开路负载检测 (OL)

如果任何线圈中的绕组电流降至开路负载电流阈值 (I_{OL}) 和分度器设置的 I_{TRIP} 电平之下，并且持续时长超过开路负载检测时间 (t_{OL})，则表明检测到开路负载条件。**EN_OL** 位必须为“1”才能启用开路负载检测。

当检测到开路负载故障时，**OL** 和 **FAULT** 位在 SPI 寄存器中锁存为高电平，并且 **nFAULT** 引脚被驱动为低电平。如果 **OL_A** 位为高电平，则表明绕组 A 在 **AOUT1** 和 **AOUT2** 之间出现开路负载故障。同样，**BOUT1** 和 **BOUT2** 之间出现开路负载故障会使 **OL_B** 位变为高电平。

当 **OL_MODE** 位为“1”时，如果开路负载条件消失，**nFAULT** 线路会被立即释放。当 **OL_MODE** 位为“0”时，如果开路负载条件消失，并且已通过 **CLR_FLT** 位或 **nSLEEP** 复位脉冲发出清除故障命令，**nFAULT** 线路会被释放。当器件下电上电或退出睡眠模式时，该故障也会清除。

7.3.12.6 过热警告 (OTW)

如果内核温度超过过热警告 (T_{OTW}) 的跳闸点，则会在 SPI 寄存器中设置 **OTW** 和 **TF** 位。器件不会执行任何其他操作，并且会继续运行。在这种情况下，电荷泵将保持运行状态。

当内核温度降至低于过热警告的迟滞点 (T_{HYS_OTW}) 时，**OTW** 和 **TF** 位会自动清除。

通过将 **TW_REP** 位设为 1b，**OTW** 位还可配置为报告 **nFAULT** 引脚上的故障，并在寄存器中设置 **FAULT** 位。

7.3.12.7 热关断 (OTSD)

如果内核温度超过热关断限值 (T_{OTSD})，则会禁用 H 桥中的所有 MOSFET 并将 **nFAULT** 引脚驱动为低电平。在这种情况下，电荷泵会禁用。此外，**FAULT**、**TF** 和 **OTS** 位会被锁存为高电平。无法禁用此保护特性。过热保护可在两种不同的模式下运行：锁存关断和自动恢复。

7.3.12.7.1 锁存关断 (OTSD_MODE = 0b)

在此模式下，OTSD 事件后将会禁用所有输出并将 **nFAULT** 引脚驱动为低电平。**FAULT**、**TF** 和 **OTS** 位将在 SPI 寄存器中被锁存为高电平。器件会在应用 **nSLEEP** 复位脉冲或下电上电后恢复正常运行。此模式是 OTSD 的默认模式。

7.3.12.7.2 自动恢复 (OTSD_MODE = 1b)

在此模式下，OTSD 事件后将会禁用所有输出并将 **nFAULT** 引脚驱动为低电平。**FAULT**、**TF** 和 **OTS** 位将在 SPI 寄存器中被锁存为高电平。结温降至过热阈值限值减去迟滞 ($T_{OTSD} - T_{HYS_OTSD}$) 所得的值以下后，器件将恢复正常运行（电机驱动器运行且释放 **nFAULT** 线路）。**FAULT**、**TF** 和 **OTS** 位保持锁存为高电平，指示发生热事件，直到通过 **CLR_FLT** 位或 **nSLEEP** 复位脉冲发出清除故障命令为止。

故障条件汇总

表 7-10. 故障条件汇总

| FAULT | 条件 | 配置 | 错误报告 | H 桥 | 电荷泵 | 分度器 | 逻辑 | 恢复 |
|---------------|--------------------------------------|----|-------------------|-----|-----|-----|-----------------------|--|
| VM 欠压 (UVLO) | $VM < V_{UVLO}$ (最大值 4.35V) | — | nFAULT/SPI | 禁用 | 禁用 | 禁用 | 复位 ($VM < 3.9V$) | 自动： $VM > V_{UVLO}$ (最大值 4.45V) |
| VCP 欠压 (CPUV) | $VCP < V_{CPUV}$ (VM 典型值 + 2V) | — | nFAULT/SPI | 禁用 | 工作 | 工作 | 工作 | $VCP > V_{CPUV}$ (VM 典型值 + 2.7V) |

表 7-10. 故障条件汇总 (continued)

| FAULT | 条件 | 配置 | 错误报告 | H 桥 | 电荷泵 | 分度器 | 逻辑 | 恢复 |
|-----------------|-----------------------------------|----------------|------------|-----|-----|-----|----|---|
| 过流 (OCP) | $I_{OUT} > I_{OCP}$ (最小值 4A) | OCP_MODE = 0b | nFAULT/SPI | 禁用 | 工作 | 工作 | 工作 | 锁存 : CLR_FLT/ nSLEEP |
| | | OCP_MODE = 1b | nFAULT/SPI | 禁用 | 工作 | 工作 | 工作 | 自动重试 : t_{RETRY} |
| 开路负载 (OL) | 检测到空载 | EN_OL = 1b | nFAULT/SPI | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | 仅报告 |
| 失速检测 (STALL) | 电机失速/卡住 | STL_REP = 0b | SPI | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | CLR_FLT/ nSLEEP |
| | | STL_REP = 1b | nFAULT/SPI | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | |
| 过热警告 (OTW) | $T_J > T_{OTW}$ | TW_REP = 1b | nFAULT/SPI | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | 自动 : $T_J < T_{OTW}$ - T_{HYS_OTW} |
| | | TW_REP = 0b | SPI | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | |
| 热关断 (OTSD) | $T_J > T_{OTSD}$ | OTSD_MODE = 0b | nFAULT/SPI | 禁用 | 禁用 | 工作 | 工作 | 锁存 : CLR_FLT/ nSLEEP |
| | | OTSD_MODE = 1b | SPI | 禁用 | 禁用 | 工作 | 工作 | 自动 : $T_J <$ T_{OTSD} - T_{HYS_OTSD} |

7.4 器件功能模式

7.4.1 睡眠模式 (nSLEEP = 0)

器件将通过 nSLEEP 引脚实现状态管理。当 nSLEEP 引脚为低电平时，该器件将进入低功耗睡眠模式。在睡眠模式下，将会禁用所有内部 MOSFET，DVDD 稳压器、电荷泵和 SPI 也会被禁用。必须在 nSLEEP 引脚触发下降沿之后再过去 t_{SLEEP} 时间后，器件才能进入睡眠模式。如果 nSLEEP 引脚变为高电平，该器件会自动退出睡眠模式。必须在经过 t_{WAKE} 时间之后，器件才能针对输入做好准备。

7.4.2 禁用模式 (nSLEEP = 1 , ENABLE = 0)

ENABLE 引脚用于启用或禁用器件中的半桥。当 ENABLE 引脚为低电平时，输出驱动器将在高阻态状态下被禁用。EN_OUT 位也可用于禁用输出驱动器。当 EN_OUT 位为 “0” 时，输出驱动器将在高阻态状态下被禁用。

表 7-11. 启用或禁用输出驱动器的条件

| nSLEEP | ENABLE | EN_OUT | H 桥 |
|--------|--------|--------|-----|
| 0 | 不用考虑 | 不用考虑 | 禁用 |
| 1 | 0 | 0 | 禁用 |
| 1 | 0 | 1 | 禁用 |
| 1 | 1 | 0 | 禁用 |
| 1 | 1 | 1 | 启用 |

7.4.3 工作模式 (nSLEEP = 1 , ENABLE = 1)

当 nSLEEP 引脚为高电平、ENABLE 引脚为 1 且 VM > UVLO 时，器件将进入工作模式。必须在经过 t_{WAKE} 时间之后，器件才能针对输入做好准备。

7.4.4 nSLEEP 复位脉冲

除了 SPI 寄存器中的 CLR_FLT 位，锁存故障还可通过 nSLEEP 复位脉冲清除。该脉冲的宽度必须在 20 μ s 至 40 μ s 之间。如果 nSLEEP 在 40 μ s 至 120 μ s 的时间内保持低电平，则会清除故障，但器件有可能会关断，也有可能不关断，如时序图中所示（请参阅图 7-22）。该复位脉冲会复位所有 SPI 故障，但不影响电荷泵或其他功能块的状态。

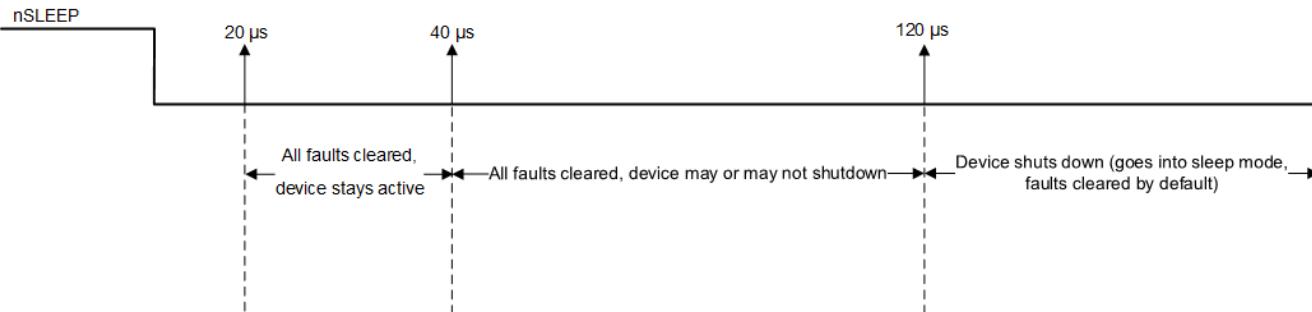


图 7-22. nSLEEP 复位脉冲

功能模式汇总

表 7-12 汇总了所有功能模式。

表 7-12. 功能模式汇总

| 条件 | | 配置 | H 桥 | DVDD 稳压器 | 电荷泵 | 分度器 | 逻辑 |
|------|-----------------|--------------------------------|-----|----------|-----|-----|----|
| 睡眠模式 | 4.5V < VM < 48V | nSLEEP 引脚 = 0 | 禁用 | 禁用 | 禁用 | 禁用 | 禁用 |
| 工作 | 4.5V < VM < 48V | nSLEEP 引脚 = 1 ENABLE 引脚 = 1 | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 |
| 禁用 | 4.5V < VM < 48V | nSLEEP 引脚 = 1 ENABLE 引脚 = 0 | 禁用 | 工作 | 工作 | 工作 | 工作 |

7.5 编程

7.5.1 串行外设接口 (SPI) 通信

器件 SPI 具有全双工、4 线同步通信。本节介绍 SPI 协议、命令结构以及控制和状态寄存器。该器件可按照以下配置与 MCU 连接：

- 一个目标器件
- 并行连接的多个目标器件
- 串行 (菊花链) 连接的多个目标器件

7.5.1.1 SPI 格式

SDI 输入数据字长为 16 位，包含以下格式：

- 1 个读/写位，W (第 14 位)
- 5 个地址位，A (第 13 到第 9 位)
- 8 个数据位，D (第 7 到第 0 位)

SDO 输出数据字的长度是 16 位，状态寄存器 (S1) 占前 8 位。报告字 (R1) 是所访问的寄存器的内容。

对于写命令 (W0 = 0)，SDO 引脚上的响应字是寄存器中目前正在写入的数据。

对于读命令 (W0 = 1)，响应字是寄存器中目前正在读取的数据。

表 7-13. SDI 输入数据字格式

| 读/写 | 地址 | | | | | | | | 不用考 虑 | 数据 | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | B15 | B14 | B13 | B12 | B11 | B10 | B9 | B8 | | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| 0 | W0 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | X | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | | |

表 7-14. SDO 输出数据字格式

| 状态 | | | | | | | | | | | | | | | | 报告 | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
| B15 | B14 | B13 | B12 | B11 | B10 | B9 | B8 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 | | | | |

表 7-14. SDO 输出数据字格式 (continued)

| 状态 | | | | | | | | | 报告 | | | | | | | | |
|----|---|------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| 1 | 1 | UVLO | CPUV | OCP | STL | TF | OL | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | | |

7.5.1.2 用于单个目标器件的 SPI

SPI 用于设置器件配置、工作参数和读取诊断信息。SPI 在目标模式下运行。SPI 输入数据 (SDI) 文字包含 16 位文字，包含 8 位命令和 8 位数据。SPI 输入数据 (SDO) 文字包含 8 位状态寄存器，包含状态指示和 8 位寄存器数据。图 7-23 显示了 MCU 和 SPI 目标驱动器之间的数据序列。

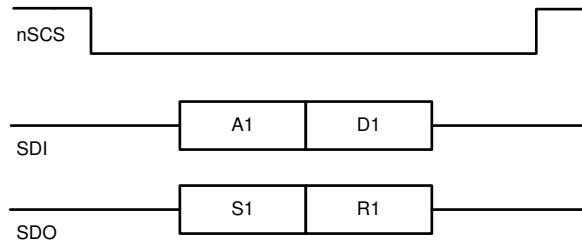


图 7-23. MCU 和器件之间的 SPI 事务

有效帧必须满足以下条件：

- 当 nSCS 引脚变为低电平和高电平时，SCLK 引脚必须为低电平。
- nSCS 引脚在两帧之间的高电平时间至少应为 500ns。
- 当 nSCS 引脚被拉为高电平时，SCLK 和 SDI 引脚上的任何信号都将被忽略，并且 SDO 引脚处于高阻态 (Hi-Z)。
- 必须发生 16 个完整的 SCLK 周期。
- 数据会在时钟下降沿被捕获，并在时钟上升沿被驱动。
- 最高有效位 (MSB) 最先移入和移出。
- 如果发送到 SDI 引脚的数据字不到 16 位或多于 16 位，会发生帧错误并且数据字会被忽略。
- 对于写命令，寄存器中要写入的现有数据会在 8 位命令数据之后在 SDO 引脚上移出。

7.5.1.3 用于菊花链配置的多个目标器件的 SPI

DRV8434S 器件可以采用菊花链配置连接，以在多个器件与同一个 MCU 通信时保持 GPIO 端口可用。图 7-24 显示了三个器件串行连接时的拓扑。

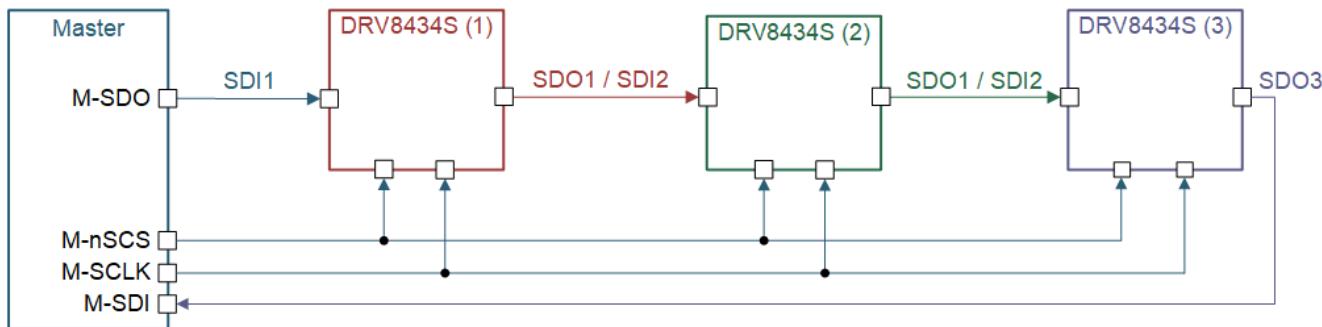


图 7-24. 在菊花链中连接的三个 DRV8434S 器件

链中的第一个器件按以下格式从 MCU 接收数据，以进行 三器件配置：2 字节标头 (HDRx) 后跟 3 字节地址 (Ax) 后跟 3 字节数据 (Dx)。

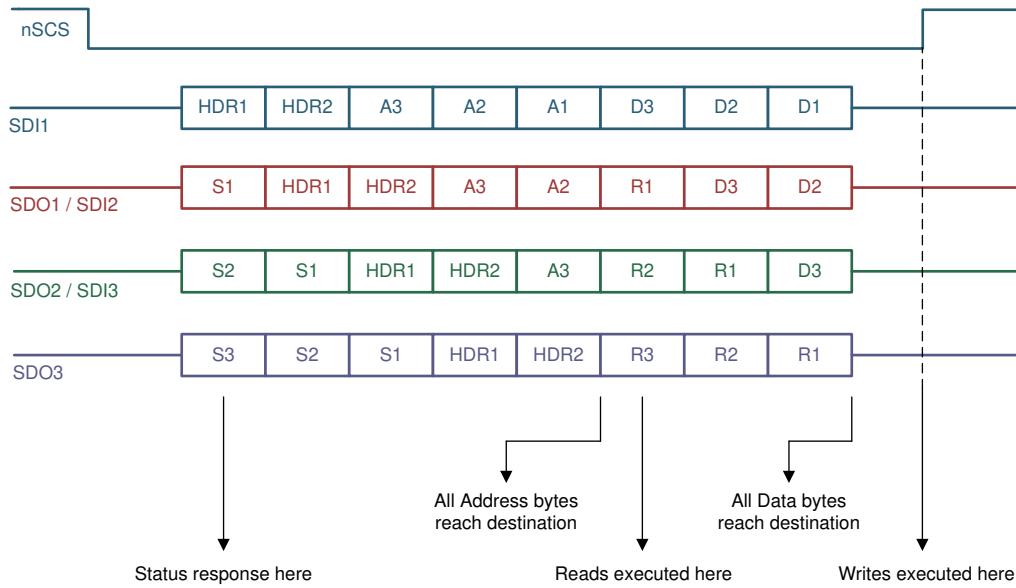


图 7-25. 带有三个器件的 SPI 帧

通过链中传送数据后，MCU 会按以下格式接收数据字符串，以进行 三器件配置：3 字节状态 (Sx) 后跟 2 字节标头后跟 3 字节报告 (Rx)。

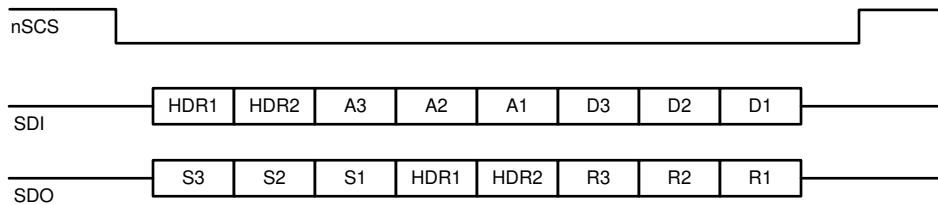


图 7-26. 三个器件的 SPI 数据序列

标头字节包含有关链中连接的器件数量信息，以及一个全局清除故障命令，该命令将在芯片选择 (nSCS) 信号的上升沿清除所有器件的故障寄存器。标头值 N5 到 N0 是 6 位，专用于显示链中的器件数。对于每个菊花链连接，最多可串行连接 63 个器件。

HDR2 寄存器的 5 个 LSB 不用考虑位，MCU 可以使用这些位来确定菊花链连接的完整性。对于两个 MSB，标头字节必须以 1 和 0 开头。

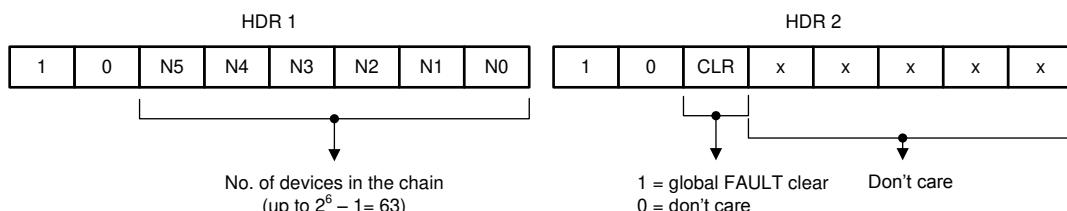


图 7-27. 标头字节

状态字节提供菊花链中每个器件的故障状态寄存器的相关信息，因此 MCU 不必启动读取命令即可从任何特定器件读取故障状态。这样可以保留用于 MCU 的其他读取命令，并使系统更有效地确定器件中标记的故障条件。对于两个 MSB，状态字节必须以 1 和 1 开头。

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----|-----|------|------|-----|-----|----|----|---|
| Header Bytes (HDR _x) | 1 | 0 | N5 | N4 | N3 | N2 | N1 | N0 | 1 |
| | 1 | 0 | CLR | X | X | X | X | X | |
| Status Byte (S _x) | 1 | 1 | UVLO | CPUV | OCP | STL | TF | OL | |
| Address Byte (A _x) | 0 | R/W | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | X | |
| Data Byte (D _x) | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | |

图 7-28. DRV8434S 的标头、状态、地址和数据字节的内容

当数据通过器件时，它通过计算接收到的状态字节数后跟第一个标头字节来确定自身在链中的位置。例如，在这种三器件配置中，链中的器件 2 在接收 HDR1 字节之前先接收两个状态字节，然后再接收 HDR2 字节。

根据两个状态字节，数据可以确定其位于链中的第二个位置。根据 HDR2 字节，数据可以确定链中连接了多少个器件。这样，数据仅将相关的地址和数据字节加载到其缓冲区中，并绕过其他位。该协议可实现更快的通信，而不会因为链中连接多达 63 个器件而增加系统延迟。

对于单器件连接，地址和数据字节保持不变。图 7-26 中显示的报告字节 (R1 到 R3) 是所访问的寄存器的内容。

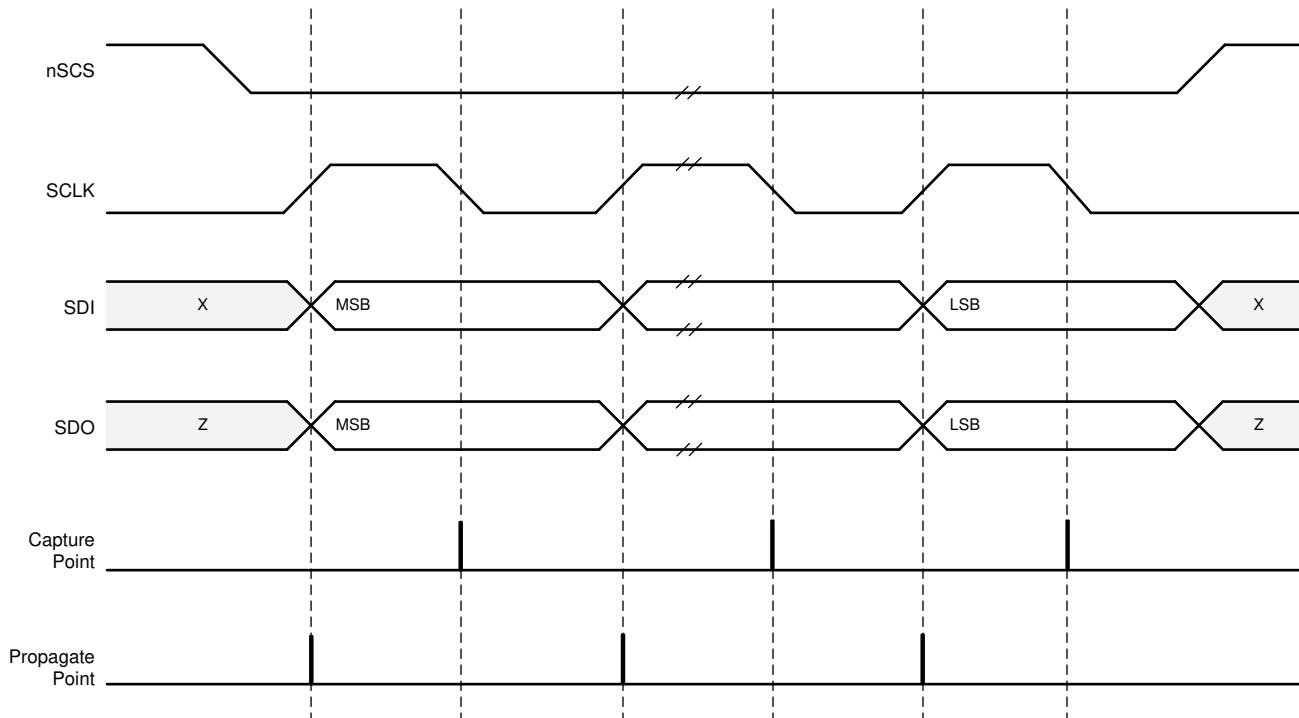


图 7-29. SPI 事务

7.5.1.4 用于并行配置的多个目标器件的 SPI

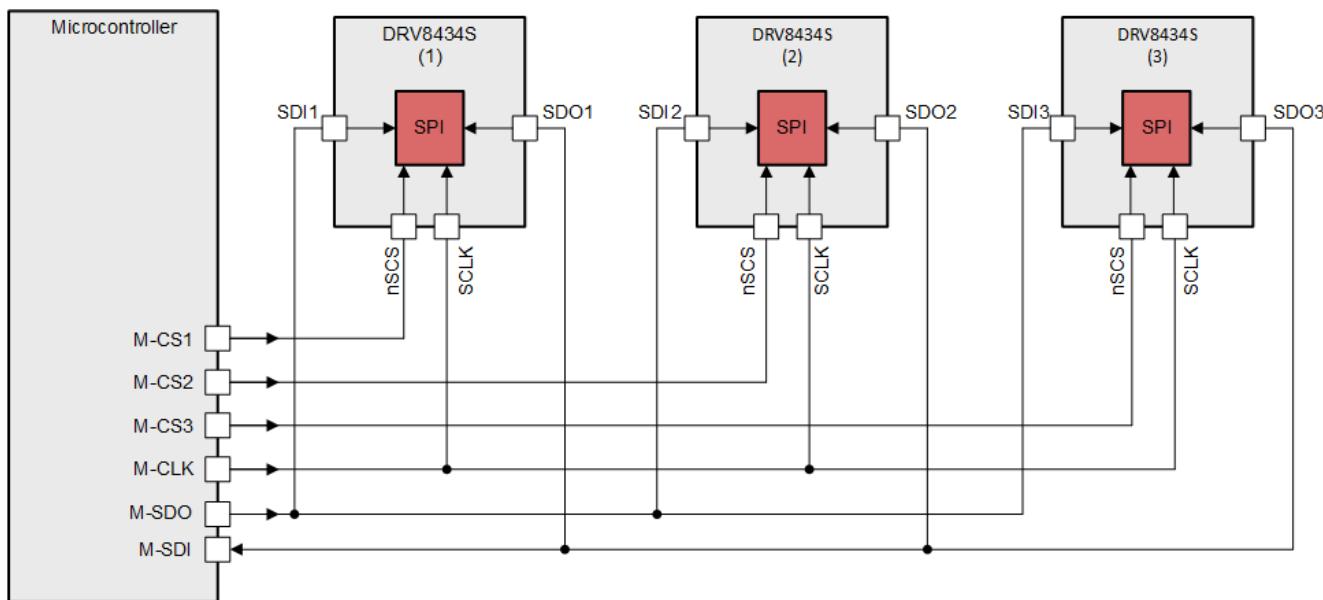


图 7-30. 以并行配置连接的三个 DRV8434S 器件

7.6 寄存器映射

表 7-15 列出了 DRV8434S 器件的存储器映射寄存器。表 7-15 中未列出的所有寄存器地址都应视为保留的存储单元，并且不得修改寄存器内容。

表 7-15. 存储器映射

| 寄存器名称 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 访问类型 | 地址 |
|-----------|-----------------|------------|-----------|-------------|----------------------|-------------|-----------|-----------|------|------|
| 故障状态 | FAULT | SPI_ERROR | UVLO | CPUV | OCP | STL | TF | OL | R | 0x00 |
| DIAG 状态 1 | OCP_LS2_B | OCP_HS2_B | OCP_LS1_B | OCP_HS1_B | OCP_LS2_A | OCP_HS2_A | OCP_LS1_A | OCP_HS1_A | R | 0x01 |
| DIAG 状态 2 | RSVD | OTW | OTS | STL_LRNL_OK | STALL | RSVD | OL_B | OL_A | R | 0x02 |
| CTRL1 | TRQ_DAC [3:0] | | | | RSVD | | OL_MODE | RSVD | RW | 0x03 |
| CTRL2 | EN_OUT | RSVD | | TOFF [1:0] | | DECAY [2:0] | | | RW | 0x04 |
| CTRL3 | DIR | STEP | SPI_DIR | SPI_STEP | MICROSTEP_MODE [3:0] | | | | RW | 0x05 |
| CTRL4 | CLR_FLT | LOCK [2:0] | | | EN_OL | OCP_MODE | OTSD_MODE | OTW_REP | RW | 0x06 |
| CTRL5 | RSVD | | STL_LRNL | EN_STL | STL REP | RSVD | | | RW | 0x07 |
| CTRL6 | STALL_TH [7:0] | | | | | | | RW | | 0x08 |
| CTRL7 | RC_RIPPLE[1:0] | | EN_SSC | TRQ_SCALE | STALL_TH[11:8] | | | | RW | 0x09 |
| CTRL8 | TRQ_COUNT [7:0] | | | | | | | R | | 0x0A |
| CTRL9 | REV_ID[3:0] | | | | TRQ_COUNT[11:8] | | | | R | 0x0B |

复杂的位访问类型通过编码可适应小型表单元。表 7-16 显示了用于此部分中访问类型的代码。

表 7-16. 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 状态寄存器

状态寄存器用于报告警告和故障状况。状态寄存器是只读寄存器

表 7-17 列出了状态寄存器的存储器映射寄存器。表 7-17 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的存储单元，并且不应修改寄存器内容。

表 7-17. 状态寄存器摘要表格

| 地址 | 寄存器名称 | 部分 |
|------|-----------|---------|
| 0x00 | 故障状态 | 节 7.6.2 |
| 0x01 | DIAG 状态 1 | 节 7.6.3 |
| 0x02 | DIAG 状态 2 | 节 7.6.4 |

7.6.2 故障状态寄存器名称 (地址 = 0x00)

图 7-31 中显示了故障状态，表 7-18 中对此进行了介绍。

只读

图 7-31. 故障状态寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| FAULT | SPI_ERROR | UVLO | CPUV | OCP | STL | TF | OL |
| R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b |

表 7-18. 故障状态寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|---|-----------|----|-----|--|
| 7 | FAULT | R | 0b | 当 nFAULT 引脚在 1 时，FAULT 位为 0。当 nFAULT 引脚在 0 时，FAULT 位为 1。 |
| 6 | SPI_ERROR | R | 0b | 指示 SPI 协议错误，例如 SCLK 脉冲多于所需，或者缺少 SCLK，即使 nSCS 为低电平。在出现故障时变为高电平，nFAULT 引脚被驱动为低电平。当协议错误消失时，并且已通过 CLR_FLT 位或 nSLEEP 复位脉冲发出清除故障命令后，将恢复正常运行。 |
| 5 | UVLO | R | 0b | 指示电源欠压锁定故障情况。 |
| 4 | CPUV | R | 0b | 指示电荷泵欠压故障情况。 |
| 3 | OCP | R | 0b | 指示过流故障情况 |
| 2 | STL | R | 0b | 表明存在电机失速情况。 |
| 1 | TF | R | 0b | 过热警告和过热关断的逻辑或。 |
| 0 | OL | R | 0b | 表明存在开路负载情况。 |

7.6.3 DIAG 状态 1 (地址 = 0x01)

图 7-32 中显示了 DIAG 状态 1，表 7-19 中对此进行了介绍。

只读

图 7-32. DIAG 状态 1 寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| OCP_LS2_B | OCP_HS2_B | OCP_LS1_B | OCP_HS1_B | OCP_LS2_A | OCP_HS2_A | OCP_LS1_A | OCP_HS1_A |
| R-0b |

表 7-19. DIAG 状态 1 寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|---|-----------|----|-----|-------------------------------|
| 7 | OCP_LS2_B | R | 0b | 表明 BOUT 中半桥 2 的低侧 FET 上存在过流故障 |
| 6 | OCP_HS2_B | R | 0b | 表明 BOUT 中半桥 2 的高侧 FET 上存在过流故障 |
| 5 | OCP_LS1_B | R | 0b | 表明 BOUT 中半桥 1 的低侧 FET 上存在过流故障 |
| 4 | OCP_HS1_B | R | 0b | 表明 BOUT 中半桥 1 的高侧 FET 上存在过流故障 |
| 3 | OCP_LS2_A | R | 0b | 表明 AOUT 中半桥 2 的低侧 FET 上存在过流故障 |
| 2 | OCP_HS2_A | R | 0b | 表明 AOUT 中半桥 2 的高侧 FET 上存在过流故障 |
| 1 | OCP_LS1_A | R | 0b | 表明 AOUT 中半桥 1 的低侧 FET 上存在过流故障 |
| 0 | OCP_HS1_A | R | 0b | 表明 AOUT 中半桥 1 的高侧 FET 上存在过流故障 |

7.6.4 DIAG 状态 2 (地址 = 0x02)

图 7-33 中显示了 DIAG 状态 2，表 7-20 中对此进行了介绍。

只读

图 7-33. DIAG 状态 2 寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|------|------|------------|-------|------|------|------|
| RSVD | OTW | OTS | STL_LRN_OK | STALL | RSVD | OL_B | OL_A |
| R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b | R-0b |

表 7-20. DIAG 状态 2 寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|---|------------|----|-----|------------------|
| 7 | RSVD | R | 0b | 保留。 |
| 6 | OTW | R | 0b | 表明过热警告。 |
| 5 | OTS | R | 0b | 表明过热关断。 |
| 4 | STL_LRN_OK | R | 0b | 表明失速检测学习成功 |
| 3 | STALL | R | 0b | 表明存在电机失速情况 |
| 2 | RSVD | R | 0b | 保留。 |
| 1 | OL_B | R | 0b | 表明 BOUT 上的开路负载检测 |
| 0 | OL_A | R | 0b | 表明 AOUT 上的开路负载检测 |

7.6.5 控制寄存器

IC 控制寄存器用于配置器件。状态寄存器支持读写。

表 7-21 列出了控制寄存器的存储器映射寄存器。表 7-21 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的存储单元，并且不应修改寄存器内容。

表 7-21. 控制寄存器摘要表格

| 地址 | 寄存器名称 | 部分 |
|------|-------|----------|
| 0x03 | CTRL1 | 节 7.6.6 |
| 0x04 | CTRL2 | 节 7.6.7 |
| 0x05 | CTRL3 | 节 7.6.8 |
| 0x06 | CTRL4 | 节 7.6.9 |
| 0x07 | CTRL5 | 节 7.6.10 |

表 7-21. 控制寄存器摘要表格 (continued)

| 地址 | 寄存器名称 | 部分 |
|------|-------|----------|
| 0x08 | CTRL6 | 节 7.6.11 |
| 0x09 | CTRL7 | 节 7.6.12 |
| 0x0A | CTRL8 | 节 7.6.13 |
| 0x0B | CTRL9 | |

7.6.6 CTRL1 控制寄存器 (地址 = 0x03)

图 7-34 中显示了 CTRL1 控制，表 7-22 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-34. CTRL1 控制寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------------|---|---|---|---------|---|---------|--------|
| TRQ_DAC [3:0] | | | | RSVD | | OL_MODE | RSVD |
| R/W-0000b | | | | R/W-00b | | R/W-0b | R/W-0b |

表 7-22. CTRL1 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|---------------|-----|-------|---|
| 7-4 | TRQ_DAC [3:0] | 读/写 | 0000b | 0000b = 100% 0001b = 93.75% 0010b = 87.5% 0011b = 81.25% 0100b = 75% 0101b = 68.75% 0110b = 62.5% 0111b = 56.25% 1000b = 50% 1001b = 43.75% 1010b = 37.5% 1011b = 31.25% 1100b = 25% 1101b = 18.75% 1110b = 12.5% 1111b = 6.25% |
| 3-2 | RSVD | 读/写 | 00b | 保留 |
| 1 | OL_MODE | 读/写 | 0b | 0b = 使用 CLR_FLT 位或 nSLEEP 复位脉冲清除锁存 OL 故障后，nFAULT 会被释放 1b = OL 故障情况消失后，nFAULT 会被立即释放 |
| 0 | RSVD | 读/写 | 0b | 保留 |

7.6.7 CTRL2 控制寄存器 (地址 = 0x04)

图 7-35 中显示了 CTRL2，表 7-23 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-35. CTRL2 控制寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--------|------|---|------------|---|-------------|---|---|
| EN_OUT | RSVD | | TOFF [1:0] | | DECAY [2:0] | | |

图 7-35. CTRL2 控制寄存器 (continued)

| R/W-0b | R/W-00b | R/W-01b | R/W-111b |
|--------|---------|---------|----------|
|--------|---------|---------|----------|

表 7-23. CTRL2 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|-------------|-----|------|--|
| 7 | EN_OUT | 读/写 | 0b | 写入“0”可禁用所有输出。 |
| 6-5 | RSVD | 读/写 | 00b | 保留 |
| 4-3 | TOFF [1:0] | 读/写 | 01b | 00b = 7μs 01b = 16μs 10b = 24μs 11b = 32μs |
| 2-0 | DECAY [2:0] | 读/写 | 111b | 000b = 提高慢速衰减，降低慢速衰减 001b = 提高慢速衰减，降低混合衰减 30% 010b = 提高慢速衰减，降低混合衰减 60% 011b = 提高慢速衰减，降低快速衰减 100b = 提高混合衰减 30%，降低混合衰减 30% 101b = 提高混合衰减 60%，降低混合衰减 60% 110b = 智能调优动态衰减 111b = 智能调优纹波控制 |

7.6.8 CTRL3 控制寄存器 (地址 = 0x05)

图 7-36 中显示了 CTRL3，表 7-24 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-36. CTRL3 控制寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--------|--------|---------|----------|----------------------|---|---|---|
| DIR | STEP | SPI_DIR | SPI_STEP | MICROSTEP_MODE [3:0] | | | |
| R/W-0b | R/W-0b | R/W-0b | R/W-0b | R/W-0110b | | | |

表 7-24. CTRL3 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|---|----------|-----|-----|--|
| 7 | DIR | 读/写 | 0b | 方向输入。SPI_DIR = 1 时，逻辑值“1”设置步进的方向。 |
| 6 | STEP | 读/写 | 0b | 步进输入。SPI_STEP = 1 时，逻辑值“1”会使分度器前进一步。该位会自行清除，并在写入“1”后自动变为“0”。 |
| 5 | SPI_DIR | 读/写 | 0b | 0b = DIR 的输出跟随输入引脚 1b = 输出跟随 SPI 寄存器 DIR |
| 4 | SPI_STEP | 读/写 | 0b | 0b = STEP 的输出跟随输入引脚 1b = 输出跟随 SPI 寄存器 STEP |

表 7-24. CTRL3 控制寄存器字段说明 (continued)

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|----------------------|-----|-------|--|
| 3-0 | MICROSTEP_MODE [3:0] | 读/写 | 0110b | 0000b = 100% 电流的全步进 (两相励磁) 0001b = 71% 电流的全步进 (两相励磁) 0010b = 非循环 1/2 步进 0011b = 1/2 步进 0100b = 1/4 步进 0101b = 1/8 步进 0110b = 1/16 步进 0111b = 1/32 步进 1000b = 1/64 步进 1001b = 1/128 步进 1010b = 1/256 步进 1011b 至 1111b = 保留 |

7.6.9 CTRL4 控制寄存器 (地址 = 0x06)

图 7-37 中显示了 CTRL4，表 7-25 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-37. CTRL4 控制寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------|------------|---|---|--------|----------|-----------|---------|
| CLR_FLT | LOCK [2:0] | | | EN_OL | OCP_MODE | OTSD_MODE | OTW_REP |
| R/W-0b | R/W-011b | | | R/W-0b | R/W-0b | R/W-0b | R/W-0b |

表 7-25. CTRL4 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|------------|-----|------|---|
| 7 | CLR_FLT | 读/写 | 0b | 向该位写入“1”可清除所有锁存故障位。写入后该位会自动复位。 |
| 6-4 | LOCK [2:0] | 读/写 | 011b | 写入 110b 可锁定设置并忽略后续寄存器写入，除非写入这些位和地址 0x06h 位 7 (CLR_FLT)。在解锁时写入除 110b 之外的任何序列没有任何影响。 向此寄存器写入 011b 可解锁所有寄存器。在锁定时写入除 011b 之外的任何序列没有任何影响。 |
| 3 | EN_OL | 读/写 | 0b | 写入“1”可启用开路负载检测 |
| 2 | OCP_MODE | 读/写 | 0b | 0b = 过流情况会导致锁存故障 1b = 过流情况会导致自动重试故障 |
| 1 | OTSD_MODE | 读/写 | 0b | 0b = 过热情况会导致锁存故障 1b = 过热情况会导致自动恢复故障 |
| 0 | TW_REP | 读/写 | 0b | 0b = 不会在 nFAULT 线路上报告过热或欠温警告 1b = 会在 nFAULT 线路上报告过热或欠温警告 |

7.6.10 CTRL5 控制寄存器 (地址 = 0x07)

图 7-38 中显示了 CTRL5 控制，表 7-26 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-38. CTRL5 控制寄存器

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|---------|--------|---------|------|---|---|---|
| RSVD | STL_LRN | EN_STL | STL_REP | RSVD | | | |

图 7-38. CTRL5 控制寄存器 (continued)

| | | | | |
|---------|--------|--------|--------|----------|
| R/W-00b | R/W-0b | R/W-0b | R/W-1b | R/W-000b |
|---------|--------|--------|--------|----------|

表 7-26. CTRL5 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|---------|-----|------|---|
| 7-6 | RSVD | 读/写 | 00b | 保留。应始终为“00”。 |
| 5 | STL_LRН | 读/写 | 0b | 写入“1”可了解失速检测的失速计数。当失速学习过程完成后，该位会自动返回到“0”。 |
| 4 | EN_STL | 读/写 | 0b | 0b = 禁用失速检测 1b = 启用失速检测 |
| 3 | STL REP | 读/写 | 1b | 0b = nFAULT 上未报告失速检测 1b = nFAULT 上已报告失速检测 |
| 2-0 | RSVD | 读/写 | 000b | 保留。应始终为“000”。 |

7.6.11 CTRL6 控制寄存器 (地址 = 0x08)

图 7-39 中显示了 CTRL6，表 7-27 中对此进行了介绍。

读取/写入

图 7-39. CTRL6 控制寄存器

| | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| STALL_TH [7:0] | | | | | | | |
| R/W-00000011b | | | | | | | |

表 7-27. CTRL6 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|----------------|-----|-----------|--|
| 7-0 | STALL_TH [7:0] | 读/写 | 00000011b | 失速阈值的低 8 位。 00000000b = 计数为 0 XXXXXXXXXXXXb = 计数为 1 到 4094 111111111111b = 计数为 4095 |

7.6.12 CTRL7 控制寄存器 (地址 = 0x09)

图 7-40 中显示了 CTRL7，表 7-28 中对此进行了介绍。

只读

图 7-40. CTRL7 控制寄存器

| | | | | | | | |
|----------------|---|--------|-----------|----------------|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RC_RIPPLE[1:0] | | EN_SSC | TRQ_SCALE | STALL_TH[11:8] | | | |
| R/W-00b | | R/W-1b | R/W-0b | R/W-0000b | | | |

表 7-28. CTRL7 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|----------------|-----|-----|--|
| 7-6 | RC_RIPPLE[1:0] | 读/写 | 00b | 00b = 1% 波纹 01b = 2% 波纹 10b = 4% 波纹 11b = 6% 波纹 |

表 7-28. CTRL7 控制寄存器字段说明 (continued)

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|-----------|-----|-------|--|
| 5 | EN_SSC | 读/写 | 1b | 1b = 已启用展频 0b = 已禁用展频 |
| 4 | TRQ_SCALE | 读/写 | 0b | 0b = 未应用任何扭矩计数调节 1b = 扭矩计数按系数 8 向上调节 |
| 3-0 | STALL_TH | 读/写 | 0000b | 失速阈值的高 4 位。 |

7.6.13 CTRL8 控制寄存器 (地址 = 0x0A)

图 7-41 中显示了 CTRL8，表 7-29 中对此进行了介绍。

只读

图 7-41. CTRL8 控制寄存器

| | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| TRQ_COUNT[7:0] | | | | | | | |
| R-11111111b | | | | | | | |

表 7-29. CTRL8 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|-----------|----|-----------|---|
| 7-0 | TRQ_COUNT | R | 11111111b | TRQ_COUNT 的低 8 位。 00000000b = 计数为 0 XXXXXXXXXXXXb = 计数为 1 到 4094 11111111111b = 计数为 4095 |

7.6.14 CTRL9 控制寄存器 (地址 = 0x0B)

图 7-42 中显示了 CTRL9，表 7-30 中对此进行了介绍。

只读

图 7-42. CTRL9 控制寄存器

| | | | | | | | |
|-------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| REV_ID[3:0] | | | | TRQ_COUNT[11:8] | | | |
| R-0000b | | | | R-1111b | | | |

表 7-30. CTRL9 控制寄存器字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 默认值 | 说明 |
|-----|-----------|----|-------|------------------------|
| 7-4 | REV_ID | R | 0000b | 器件修订版本标识。0000b 指示量产修订。 |
| 3-0 | TRQ_COUNT | R | 1111b | TRQ_COUNT 的高 4 位。 |

8 应用和实施

NOTE

以下应用部分的信息不属于 TI 组件规范，TI 不担保其准确性和完整性。客户应负责确定 TI 组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

DRV8434S 用于双极步进控制。

8.2 典型应用

以下设计过程可用于配置 DRV8434S。

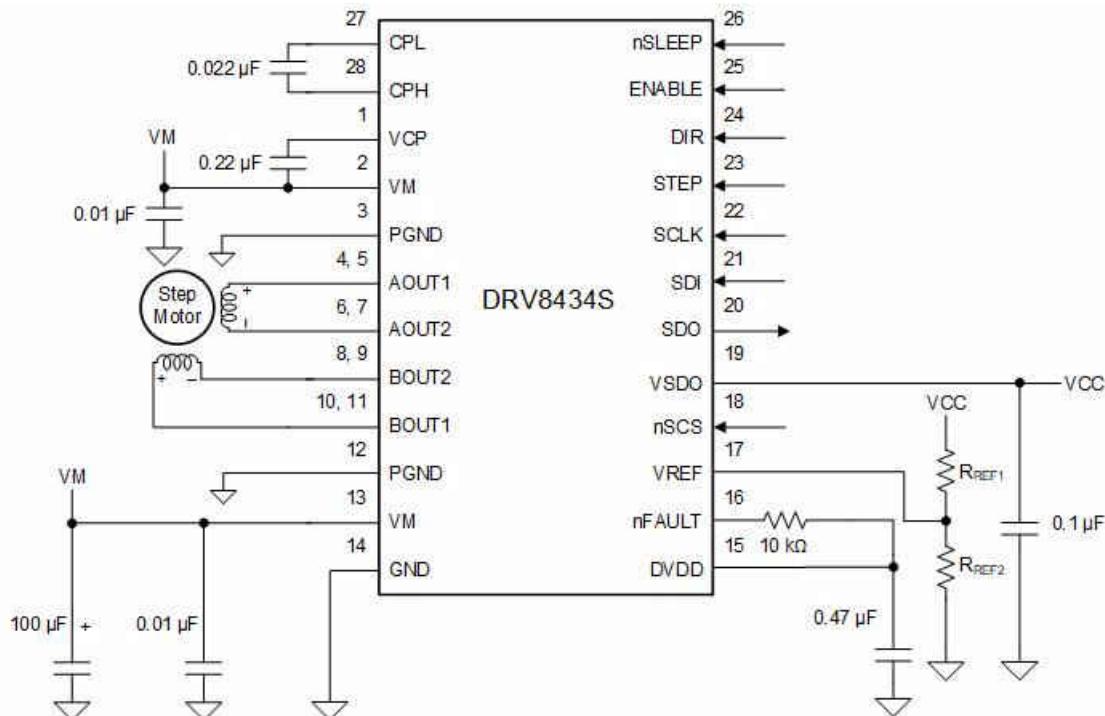


图 8-1. 典型应用原理图 (HTSSOP 封装)

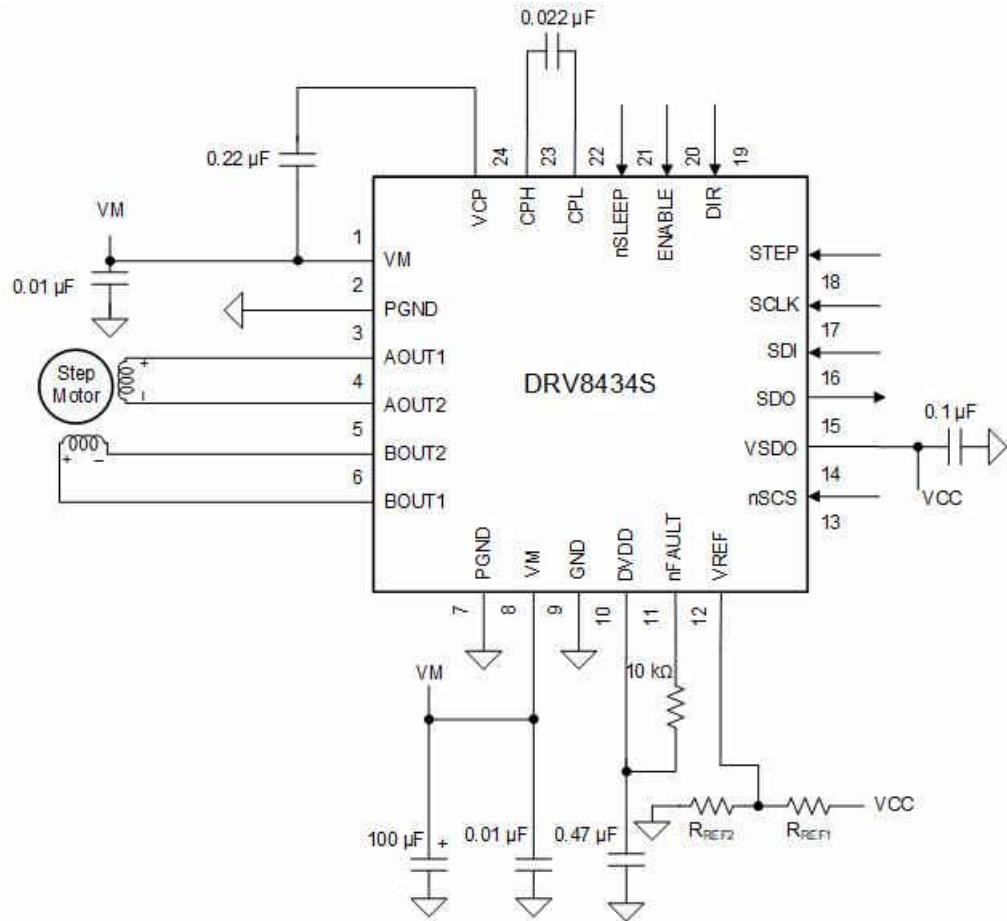


图 8-2. 典型应用原理图 (VQFN 封装)

8.2.1 设计要求

表 8-1 列出了系统设计的设计输入参数。

表 8-1. 设计参数

| 设计参数 | 基准 | 示例值 |
|---------|-----------------|----------|
| 电源电压 | VM | 24V |
| 电机绕组电阻 | R_L | 0.9Ω/相 |
| 电机绕组电感 | L_L | 1.4mH/相 |
| 电机全步进角 | θ_{step} | 1.8°/步进 |
| 目标微步进级别 | n_m | 1/8 步进 |
| 目标电机转速 | v | 18.75rpm |
| 目标满量程电流 | I_{FS} | 2A |

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 步进电机转速

配置 DRV8434S 时，第一步需要确定所需的电机转速和微步进级别。如果目标应用需要恒定转速，则必须将频率为 f_{step} 的方波施加到 STEP 引脚。如果目标电机转速过高，则电机不会旋转。请确保电机可以支持目标转速。请使用 [方程式 2](#) 计算所需电机转速 (v)、微步进级别 (n_m) 和电机全步进角 (θ_{step}) 对应的 f_{step}

$$f_{\text{step}} \text{ (steps / s)} = \frac{v \text{ (rpm)} \times 360 \text{ (° / rot)}}{\theta_{\text{step}} \text{ (° / step)} \times n_m \text{ (steps / microstep)} \times 60 \text{ (s / min)}} \quad (2)$$

θ_{step} 的值载于步进电机数据表中或印于电机上。例如，该应用中的电机需要以 1.8°/步进的步进角旋转，目标是在 1/8 微步进模式下实现 18.75rpm 的转速。通过使用 [方程式 2](#)，可以计算出 f_{step} 为 500Hz。

微步进电平由 **MICROSTEP_MODE** 位设置。微步进级别越高，电机运动越平稳、可闻噪声越低，但需要更高的 f_{step} 才能实现相同的电机转速。

8.2.2.2 电流调节

在步进电机中，满量程电流 (I_{FS}) 是通过任一绕组的最大电流。该值大小取决于 **VREF** 电压和 **TRQ_DAC** 设置，如 [方程式 3](#) 所示。

VREF 引脚上允许的最大电流为 3.3V。DVDD 可用于通过电阻分压器提供 **VREF**。

在步进期间， I_{FS} 定义了最大电流步进的电流斩波阈值 (I_{TRIP})。

$$I_{\text{FS}} \text{ (A)} = \frac{V_{\text{REF}} \text{ (V)}}{K_v \text{ (V/A)}} \times \text{TRQ_DAC} \text{ (%) } = \frac{V_{\text{REF}} \text{ (V)} \times \text{TRQ_DAC} \text{ (%)}}{1.32 \text{ (V/A)}} \quad (3)$$

8.2.2.3 衰减模式

DRV8434A 以智能调优纹波控制衰减模式运行。当电机绕组电流达到电流斩波阈值 (I_{TRIP}) 时，DRV8434A 会将绕组置于慢速衰减模式下。

8.2.2.4 应用曲线

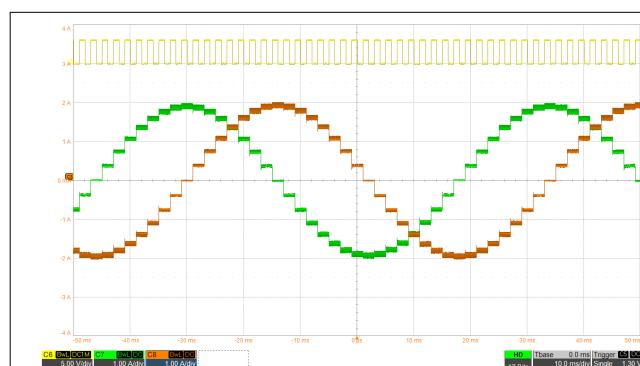


图 8-3. 智能调优纹波控制衰减下的 1/8 微步进

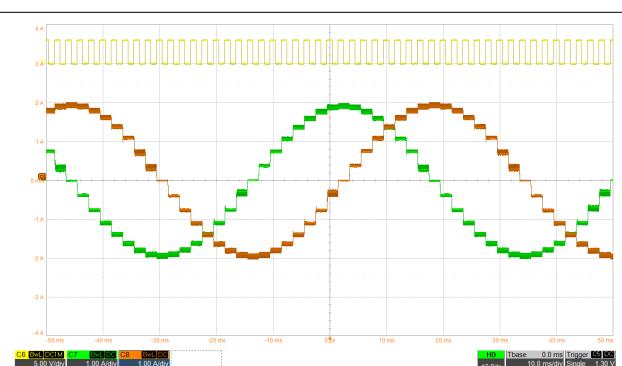


图 8-4. 智能调优动态衰减下的 1/8 微步进



图 8-5. 智能调优纹波控制衰减下的 1/32 微步进



图 8-6. 智能调优动态衰减下的 1/32 微步进

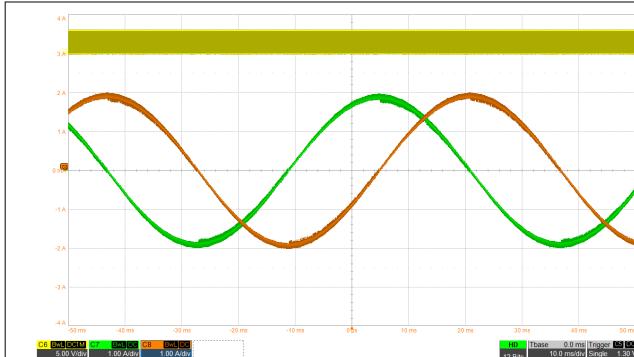


图 8-7. 智能调优纹波控制衰减下的 1/256 微步进



图 8-8. 智能调优动态衰减下的 1/256 微步进

8.2.2.5 热应用

该部分介绍了器件的功率损耗计算和结温估算方法。

8.2.2.5.1 功率损耗

总功率损耗由三个主要部分组成：导通损耗 (P_{COND})、开关损耗 (P_{SW}) 和静态电流消耗导致的功率损耗 (P_Q)。

8.2.2.5.2 导通损耗

对于在全桥内连接的电机而言，电流路径为通过一个半桥的高侧 FET 和另一个半桥的低侧 FET。导通损耗 (P_{COND}) 取决于电机的均方根电流 (I_{RMS}) 以及高侧 ($R_{DS(ONH)}$) 和低侧 ($R_{DS(ONL)}$) 的导通电阻（如方程式 4 所示）。

$$P_{COND} = 2 \times (I_{RMS})^2 \times (R_{DS(ONH)} + R_{DS(ONL)}) \quad (4)$$

方程式 5 中计算了表 8-1 中显示的典型应用的导通损耗。

$$P_{COND} = 2 \times (I_{RMS})^2 \times (R_{DS(ONH)} + R_{DS(ONL)}) = 2 \times (2A/\sqrt{2})^2 \times (0.165 \Omega + 0.165 \Omega) = 1.32W \quad (5)$$

NOTE

这种计算方式高度依赖于器件的温度，因为温度会显著影响高侧和低侧的 FET 导通电阻。如需更准确地计算该值，请考虑器件温度对 FET 导通电阻的影响。

8.2.2.5.3 开关损耗

由 PWM 开关频率造成的功率损耗取决于压摆率 (t_{SR})、电源电压、电机均方根电流和 PWM 开关频率。每个 H 桥在上升时间和下降时间内的开关损耗计算公式如方程式 6 和方程式 7 所示。

$$P_{SW_RISE} = 0.5 \times V_{VM} \times I_{RMS} \times t_{RISE_PWM} \times f_{PWM} \quad (6)$$

$$P_{SW_FALL} = 0.5 \times V_{VM} \times I_{RMS} \times t_{FALL_PWM} \times f_{PWM} \quad (7)$$

t_{RISE_PWM} 和 t_{FALL_PWM} 均可取近似值 V_{VM}/t_{SR} 。将相应的值代入各种参数后，假设 PWM 频率为 30kHz，则每个 H 桥内的开关损耗为：

$$P_{SW_RISE} = 0.5 \times 24V \times (2A/\sqrt{2}) \times (24V/240V/\mu s) \times 30kHz = 0.05W \quad (8)$$

$$P_{SW_FALL} = 0.5 \times 24V \times (1A/\sqrt{2}) \times (24V/240V/\mu s) \times 30kHz = 0.05W \quad (9)$$

在计算步进电机驱动器的总开关损耗 (P_{SW}) 时，取上升时间开关损耗 (P_{SW_RISE}) 和下降时间开关损耗 (P_{SW_FALL}) 之和的两倍：

$$P_{SW} = 2 \times (P_{SW_RISE} + P_{SW_FALL}) = 2 \times (0.05W + 0.05W) = 0.2W \quad (10)$$

NOTE

上升时间 (t_{RISE}) 和下降时间 (t_{FALL}) 的计算均是基于压摆率的典型值 (t_{SR})。该参数预计会随电源电压、温度和器件规格的变化而变化。

开关损耗与 PWM 开关频率成正比。一个应用中的 PWM 频率将取决于电源电压、电机线圈的电感、反电动势电压和关断时间或纹波电流（对于智能调优纹波控制衰减模式而言）。

8.2.2.5.4 由于静态电流造成的功率损耗

电源的静态电流功率损耗计算公式如下所示：

$$P_Q = V_{VM} \times I_{VM} \quad (11)$$

代入相应值，可得：

$$P_Q = 24V \times 5mA = 0.12W \quad (12)$$

NOTE

计算静态功率损耗需要使用典型工作电流 (I_{VM})，该值取决于电源电压、温度和器件规格。

8.2.2.5.5 总功率损耗

总功率损耗 (P_{TOT}) 是导通损耗、开关损耗和静态功率损耗之和，如方程式 13 所示。

$$P_{TOT} = P_{COND} + P_{SW} + P_Q = 1.32W + 0.2W + 0.12W = 1.64W \quad (13)$$

8.2.2.5.6 器件结温估算

如果已知环境温度 T_A 和总功率损耗 (P_{TOT})，则结温 (T_J) 的计算公式为：

$$T_J = T_A + (P_{TOT} \times R_{\theta JA})$$

在一个符合 JEDEC 标准的 4 层 PCB 中，采用 HTSSOP 封装时的结至环境热阻 ($R_{\theta JA}$) 为 $29.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，而采用 VQFN 封装时则为 $39^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

假设环境温度为 25°C ，则 HTSSOP 封装的结温为：

$$T_J = 25^{\circ}\text{C} + (1.64W \times 29.7^{\circ}\text{C}/\text{W}) = 73.71^{\circ}\text{C} \quad (14)$$

VQFN 封装的结温为：

$$T_J = 25^{\circ}\text{C} + (1.64W \times 39^{\circ}\text{C}/\text{W}) = 88.96^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

9 电源相关建议

该器件可在 4.5V 至 48V 的输入电压电源 (VM) 范围内正常工作。必须在每个 VM 引脚处放置一个额定电压为 VM 的 $0.01\mu\text{F}$ 陶瓷电容器，该电容器要尽可能靠近该器件。此外，VM 上必须放置一个大容量电容器。

9.1 大容量电容

配备合适的局部大容量电容是电机驱动系统设计中的重要因素。使用更多的大容量电容通常是有益的，但缺点在于这会增加成本和物理尺寸。

所需的局部电容数量取决于多种因素，包括：

- 电机系统所需的最高电流
- 电源的电容和拉电流的能力
- 电源和电机系统之间的寄生电感量
- 可接受的电压纹波
- 使用的电机类型（有刷直流、无刷直流、步进电机）
- 电机制动方法

电源和电机驱动系统之间的电感将限制电流可以从电源变化的速率。如果局部大容量电容太小，系统将以电压变化的方式对电机中的电流不足或过剩电流作出响应。当使用足够多的大容量电容时，电机电压保持稳定，可以快速提供大电流。

数据表通常会给出建议值，但需要进行系统级测试来确定大小适中的大容量电容。

大容量电容的额定电压应高于工作电压，以在电机将能量传递给电源时提供裕度。

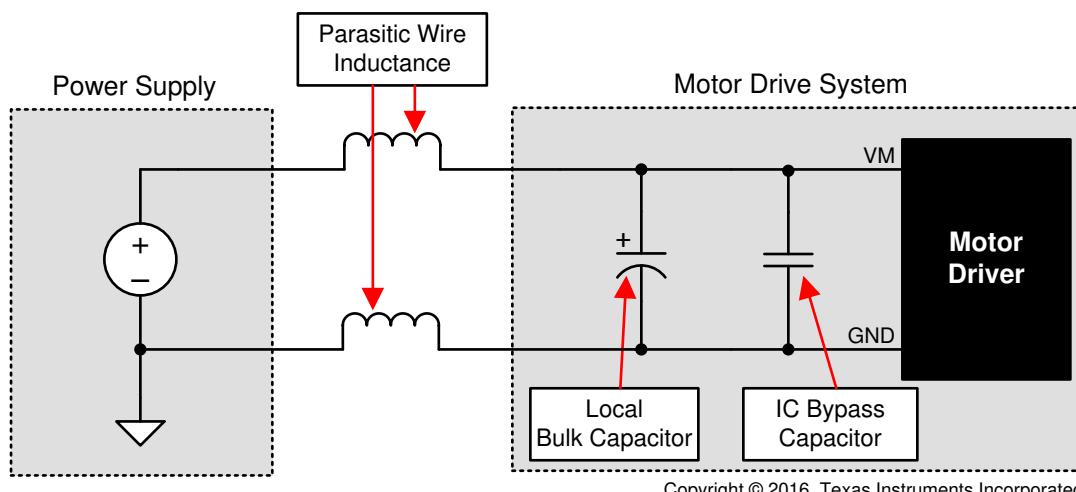


图 9-1. 带外部电源的电机驱动系统示例设置

10 布局

10.1 布局指南

应使用一个推荐电容为 $0.01\mu F$ 且额定电压为 VM 的低 ESR 陶瓷旁路电容器将 VM 引脚旁路至 $PGND$ 。该电容器应尽可能靠近 VM 引脚放置，并通过较宽的引线或通过接地平面与器件 $PGND$ 引脚连接。

必须使用额定电压为 VM 的大容量电容器将 VM 引脚旁路至接地。该组件可以是电解电容。

必须在 CPL 和 CPH 引脚之间放置一个低 ESR 陶瓷电容。建议使用一个电容值为 $0.022\mu F$ 、额定电压为 VM 的电容。将此组件尽可能靠近引脚放置。

必须在 VM 和 VCP 引脚之间放置一个低 ESR 陶瓷电容。建议使用一个电容值为 $0.22\mu F$ 、额定电压为 $16V$ 的电容。将此组件尽可能靠近引脚放置。

使用低 ESR 陶瓷电容器将 $DVDD$ 引脚旁路至接地。建议使用一个电容为 $0.47\mu F$ 、额定电压为 $6.3V$ 的电容器。将此旁路电容器尽可能靠近引脚放置。

10.1.1 布局示例

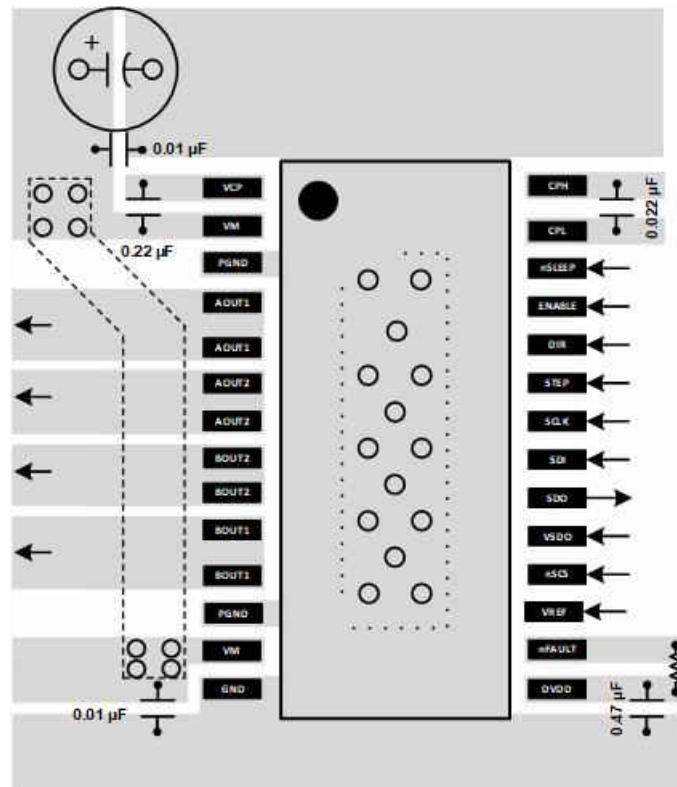


图 10-1. HTSSOP 布局示例

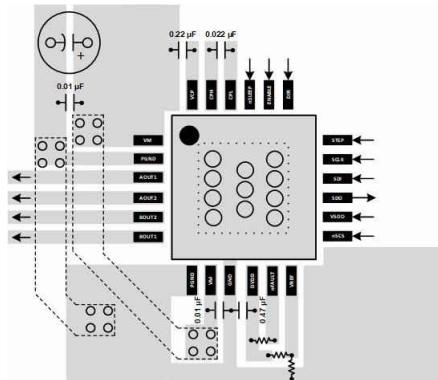


图 10-2. QFN 布局示例

11 器件和文档支持

11.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [订阅更新](#) 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。

11.2 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#)是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、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可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》](#)。

11.3 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。

11.4 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。

11.5 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 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。如需获取此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

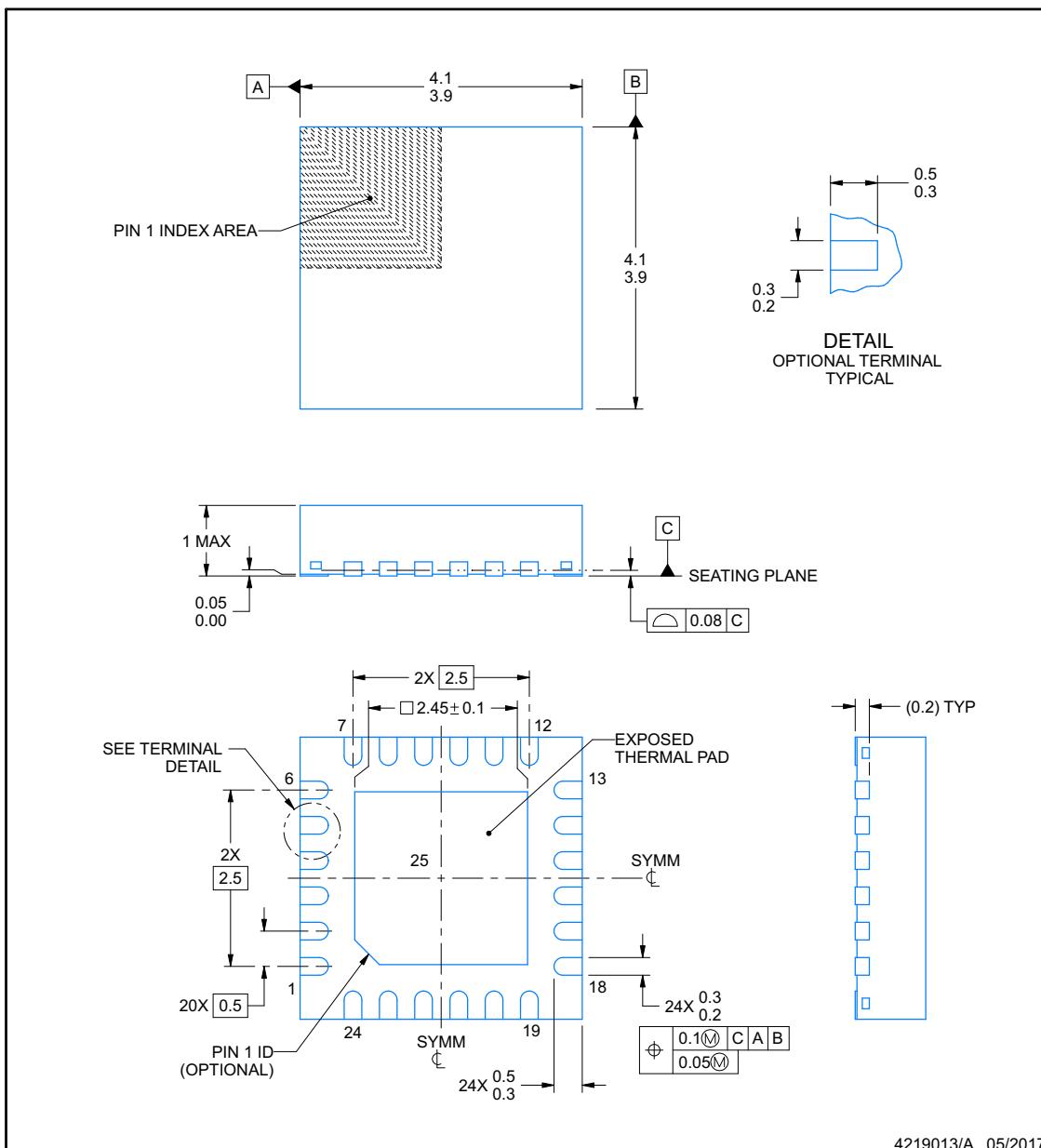
PACKAGE OUTLINE

RGE0024B



VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4219013/A 05/2017

NOTES:

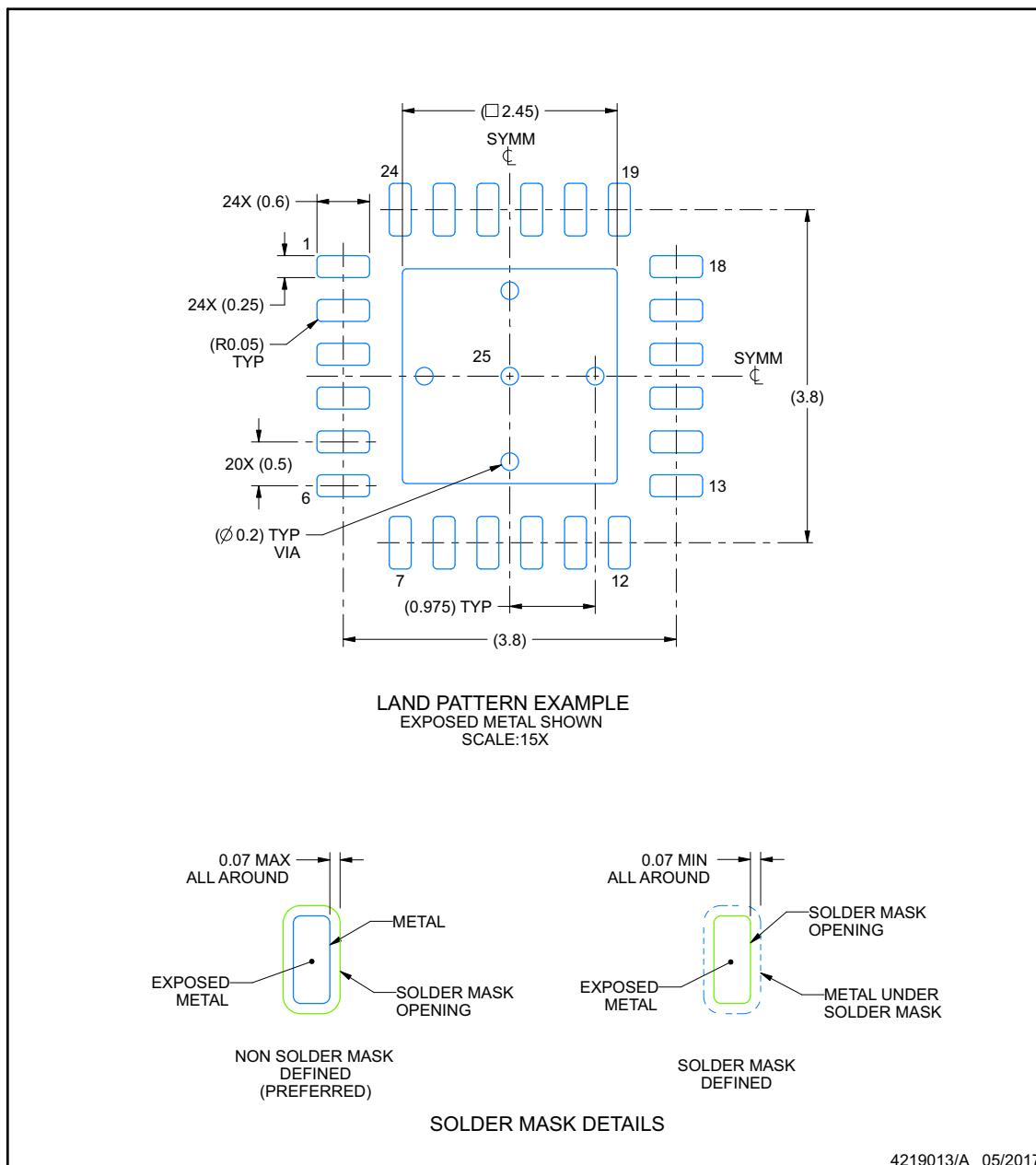
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

RGE0024B

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

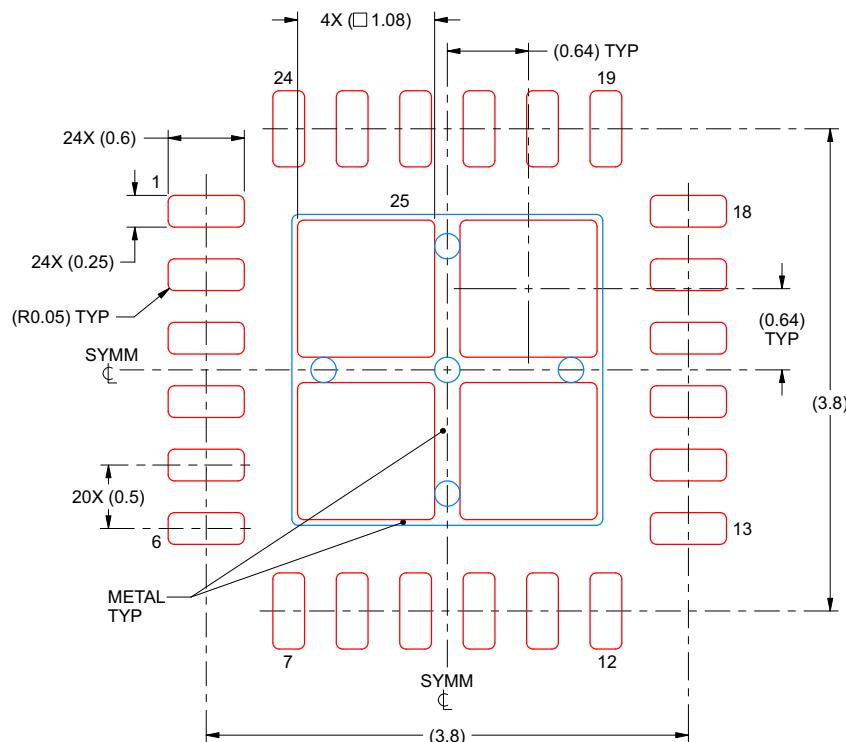
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RGE0024B

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 25
78% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:20X

4219013/A 05/2017

NOTES: (continued)

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

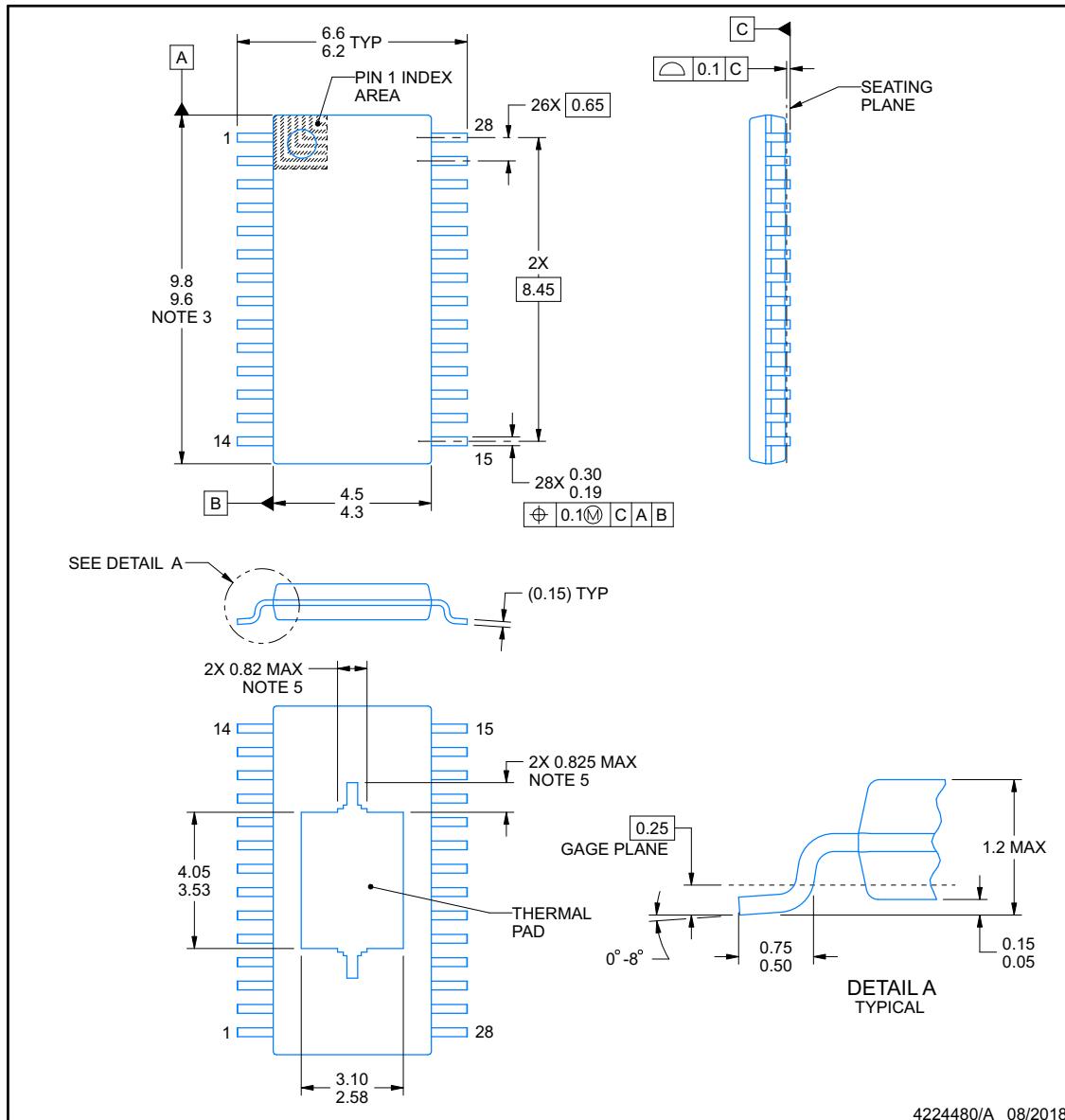
PACKAGE OUTLINE

PWP0028M



PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

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. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
 4. Reference JEDEC registration MO-153.
 5. Features may differ or may not be present.

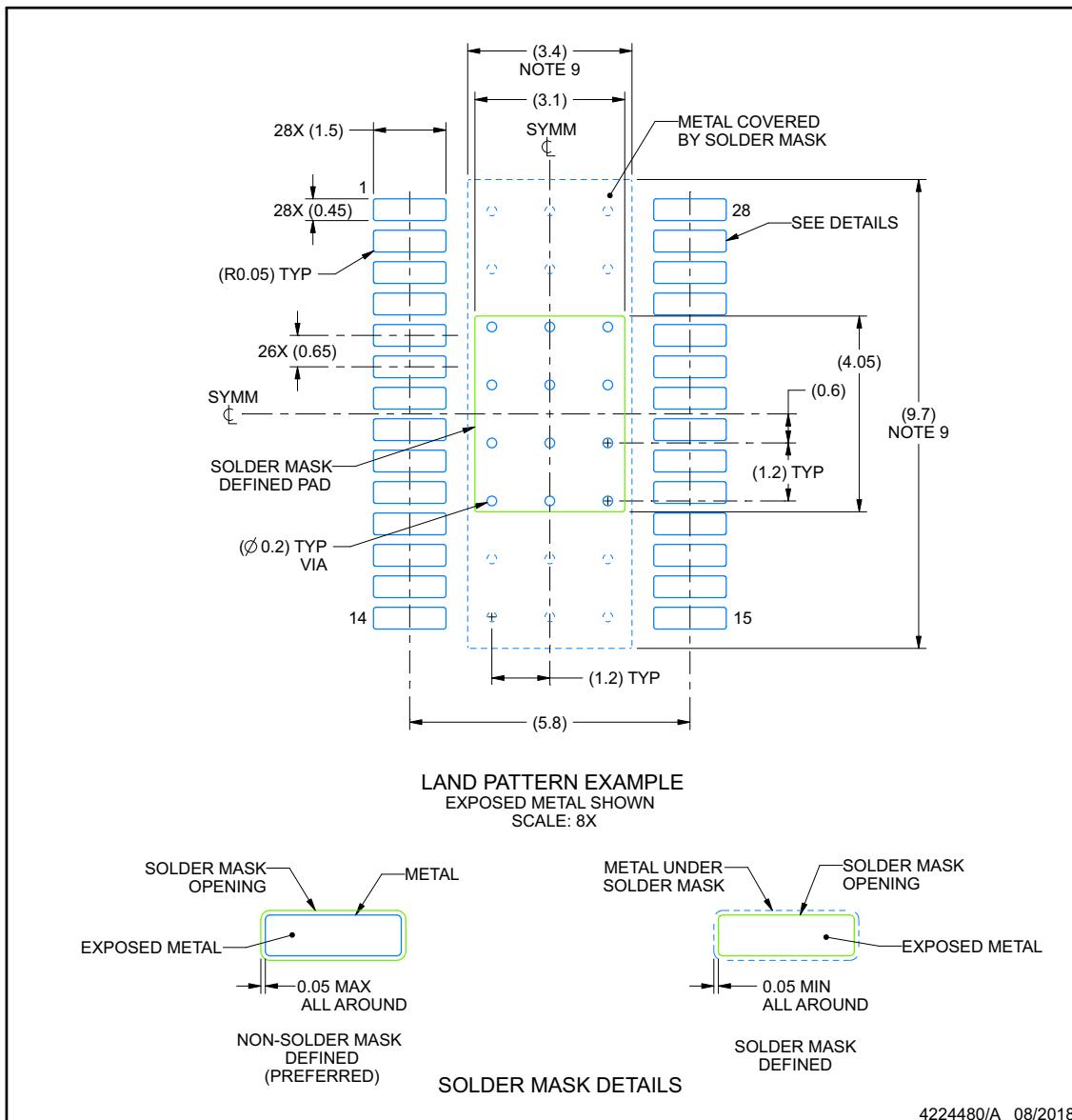


EXAMPLE BOARD LAYOUT

PWP0028M

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES: (continued)

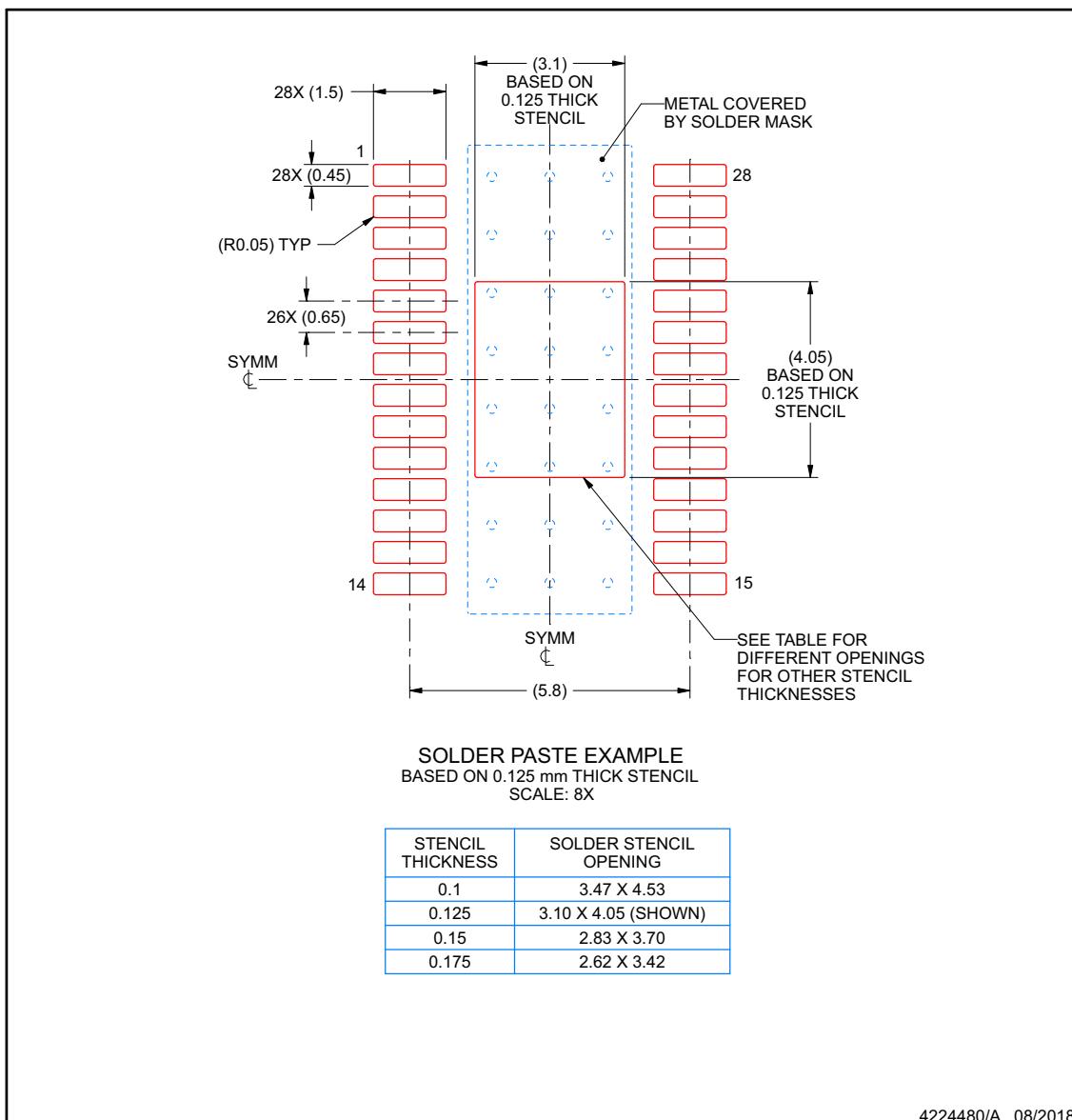
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.
10. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

PWP0028M

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package Pins | Package qty Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|-----------------------|---------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| DRV8434SPWPR | Active | Production | HTSSOP (PWP) 28 | 2500 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | DRV8434S |
| DRV8434SPWPR.A | Active | Production | HTSSOP (PWP) 28 | 2500 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | DRV8434S |
| DRV8434SRGER | Active | Production | VQFN (RGE) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | DRV 8434S |
| DRV8434SRGER.A | Active | Production | VQFN (RGE) 24 | 3000 LARGE T&R | Yes | NIPDAU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | DRV 8434S |

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

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

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

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

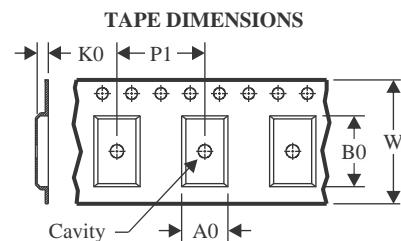
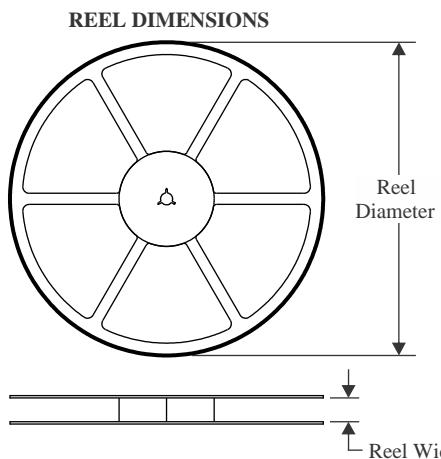
⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

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

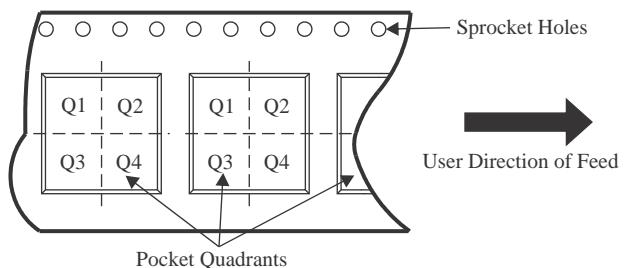
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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

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

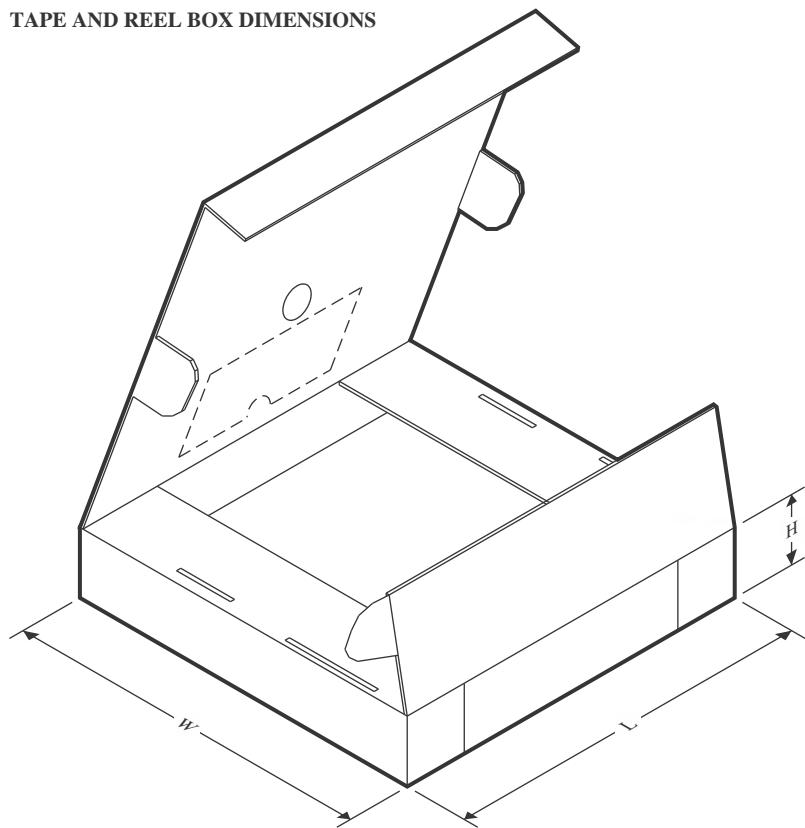
TAPE AND REEL INFORMATION


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

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|--------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| DRV8434SPWPR | HTSSOP | PWP | 28 | 2500 | 330.0 | 16.4 | 6.75 | 10.1 | 1.8 | 12.0 | 16.0 | Q1 |
| DRV8434SRGER | VQFN | RGE | 24 | 3000 | 330.0 | 12.4 | 4.25 | 4.25 | 1.15 | 8.0 | 12.0 | Q2 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

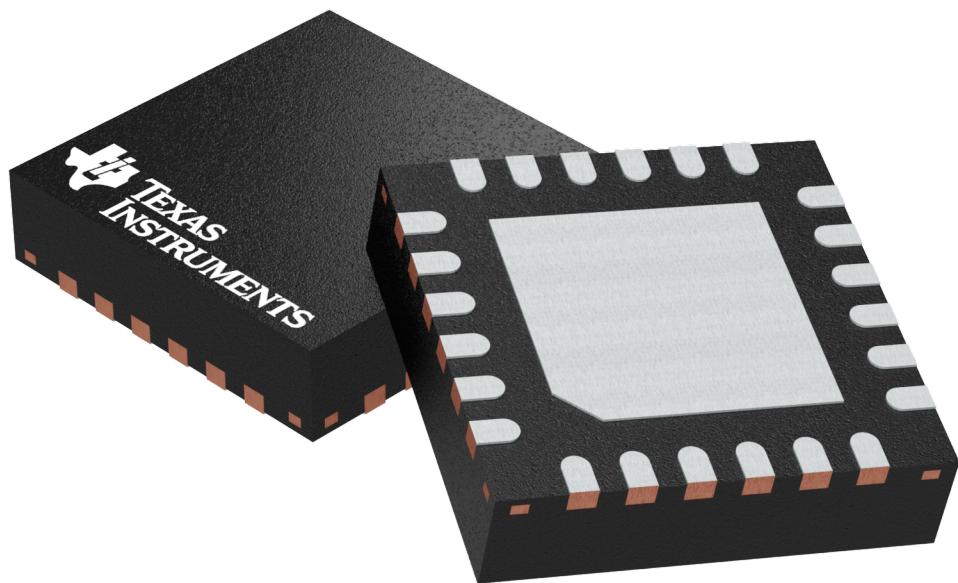
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|--------------|--------------|-----------------|------|------|-------------|------------|-------------|
| DRV8434SPWPR | HTSSOP | PWP | 28 | 2500 | 353.0 | 353.0 | 32.0 |
| DRV8434SRGER | VQFN | RGE | 24 | 3000 | 367.0 | 367.0 | 35.0 |

GENERIC PACKAGE VIEW

RGE 24

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4204104/H

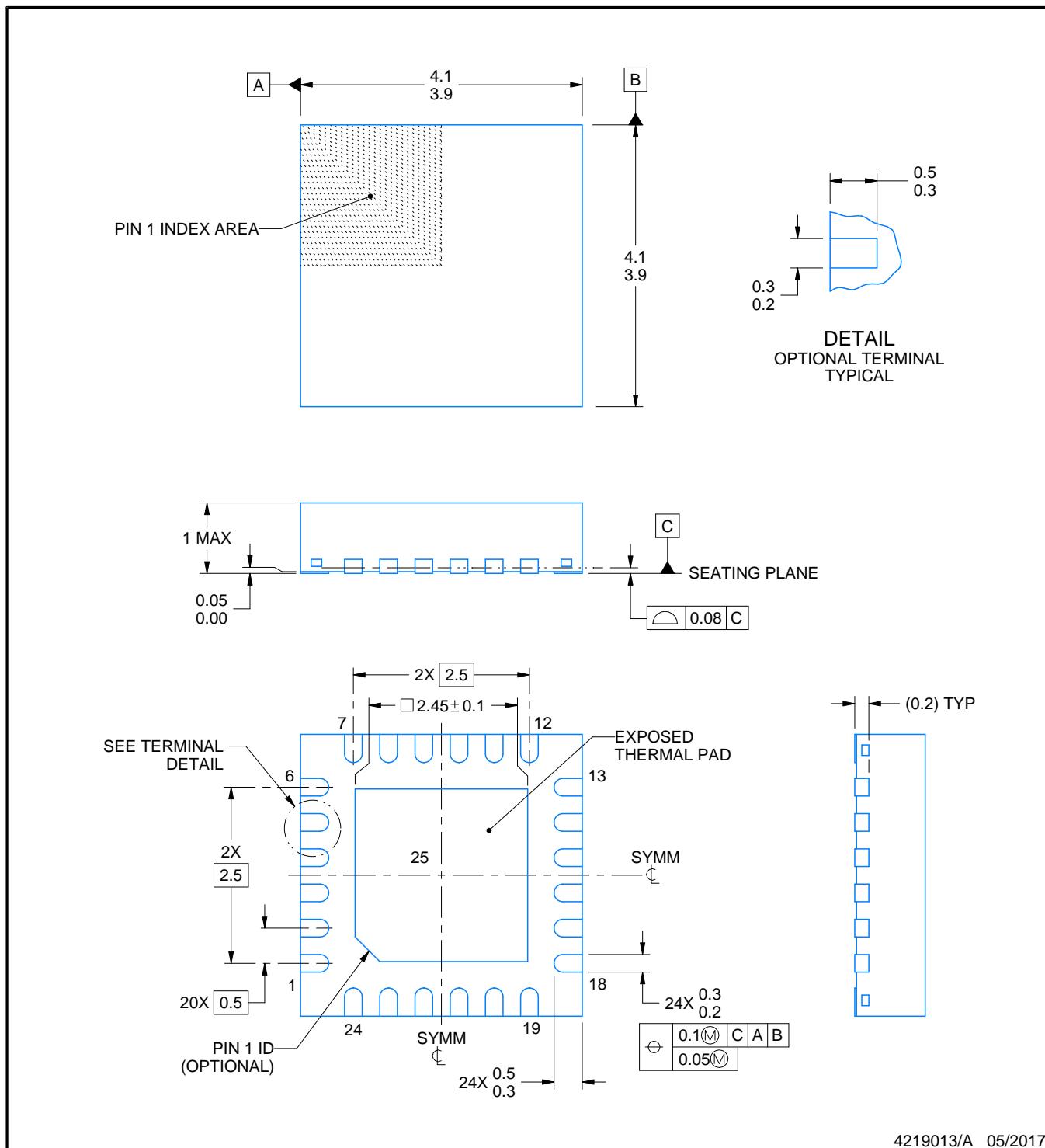
PACKAGE OUTLINE

RGE0024B



VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4219013/A 05/2017

NOTES:

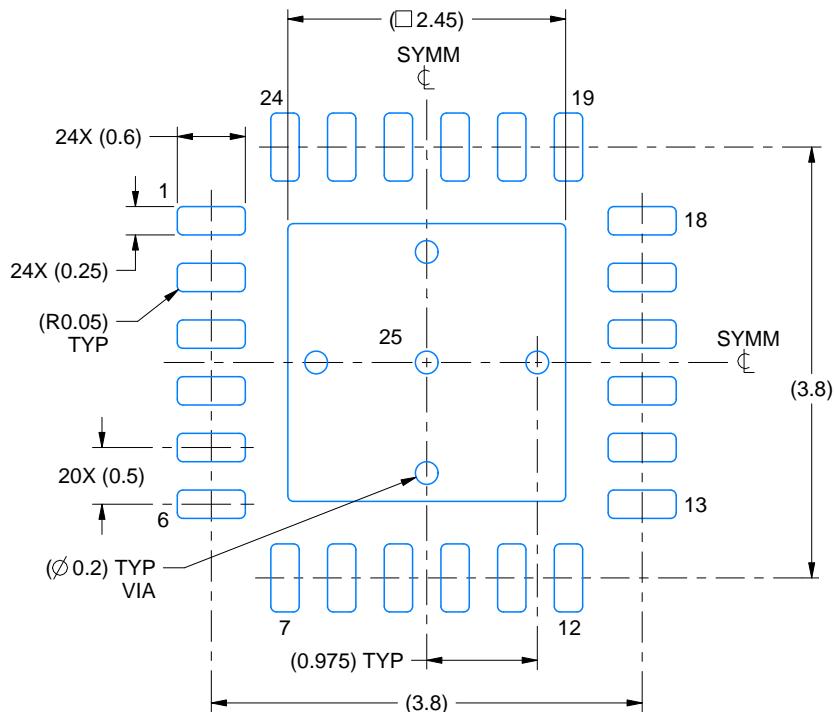
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
 2. This drawing is subject to change without notice.
 3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

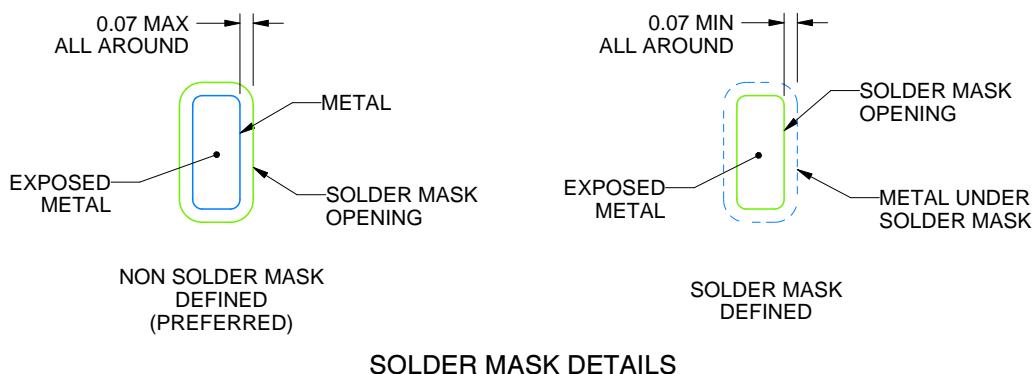
RGE0024B

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X



4219013/A 05/2017

NOTES: (continued)

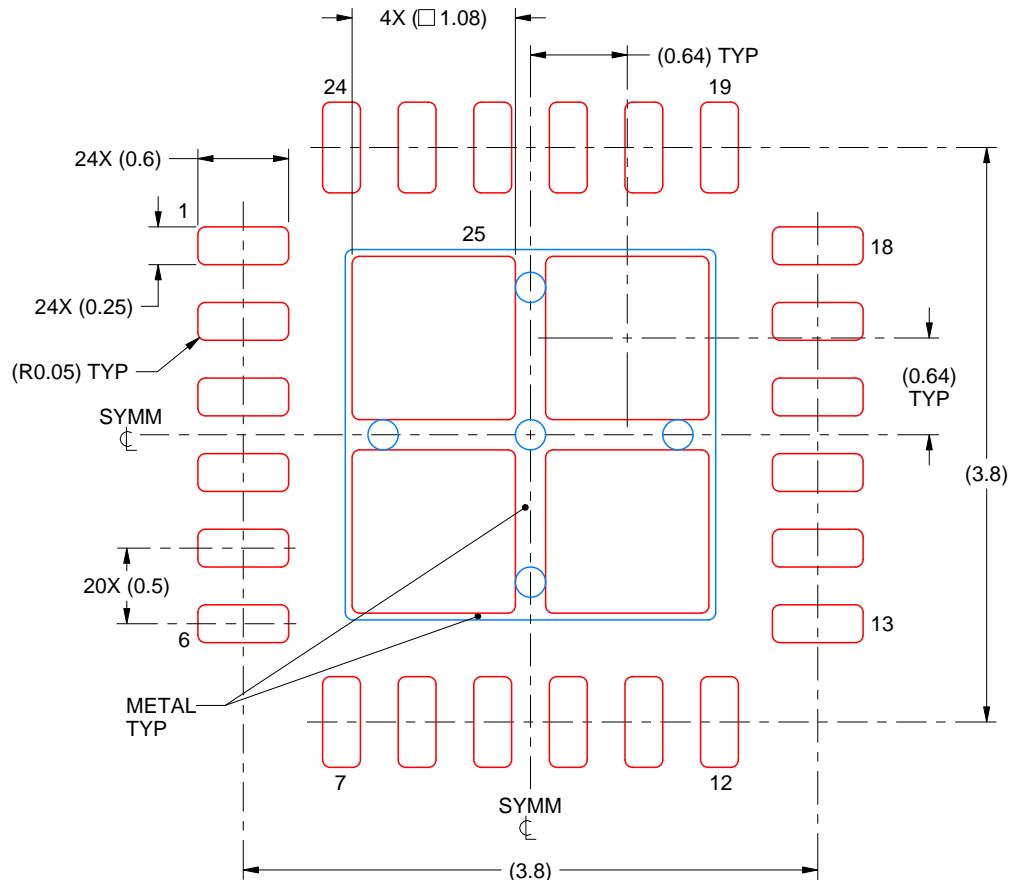
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
 5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RGE0024B

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 25
78% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:20X

4219013/A 05/2017

NOTES: (continued)

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

GENERIC PACKAGE VIEW

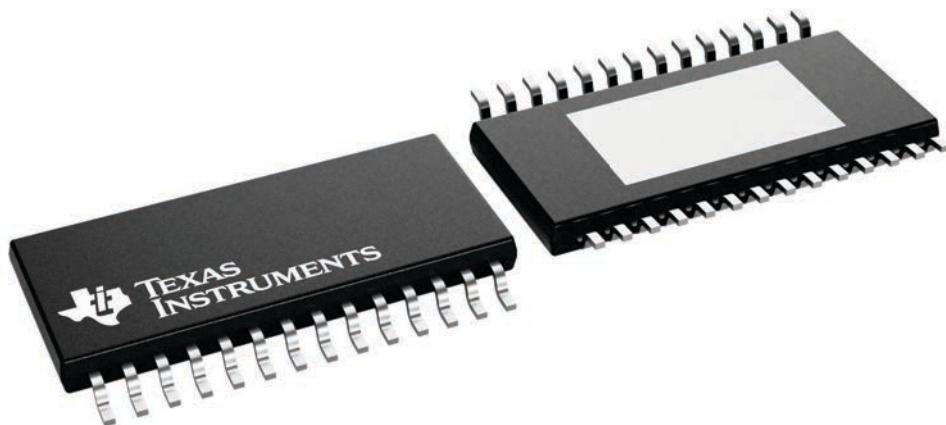
PWP 28

4.4 x 9.7, 0.65 mm pitch

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4224765/B

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月