
译文

TC78B025FTG

本资料是为了参考的目的由原始文档翻译而来。
使用本资料时，请务必以原始文档及其关联的最
新东芝信息为准，并遵守该等原始文档和东芝信
息。

原本：“TC78B025FTG” 2018-02-14

翻译日：2018-06-22

东芝 CMOS 硅单片集成电路

TC78B025FTG

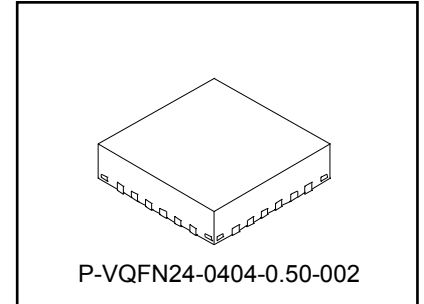
三相无刷直流电机 1 霍尔正弦波 PWM（脉宽调制）驱动器

1. 概述

TC78B025FTG 是三相无刷直流电机 1 霍尔正弦波 PWM（脉宽调制）驱动器。输出段采用 DMOS，实现低导通电阻 $0.2\ \Omega$ （高低边总和）。具有一个非易失性存储器（NVM）和闭环速度控制功能。无需使用微电脑，压低了成本。

2. 应用

风扇电机



重量：0.04g（典型值）

3. 功能特点

- 1 霍尔正弦波 PWM（脉宽调制）驱动
- 内置速度闭环控制，可配置速度曲线
- 低导通电阻： $R_{DS(H+L)}=0.2\ \Omega$ （典型值）
- 驱动电流：最大 3.5 A（峰值）
- 工作电压范围：4.5 至 16 V
- 串行接口
- 待机模式
- 软启动
- 内置保护电路：热关断（TSD）、欠压锁定（UVLO）、过压保护（OVP）、电荷泵欠压保护、过电流保护（ISD）、输出电流极限保护（OCP）、锁定检测保护。

4. 方框图

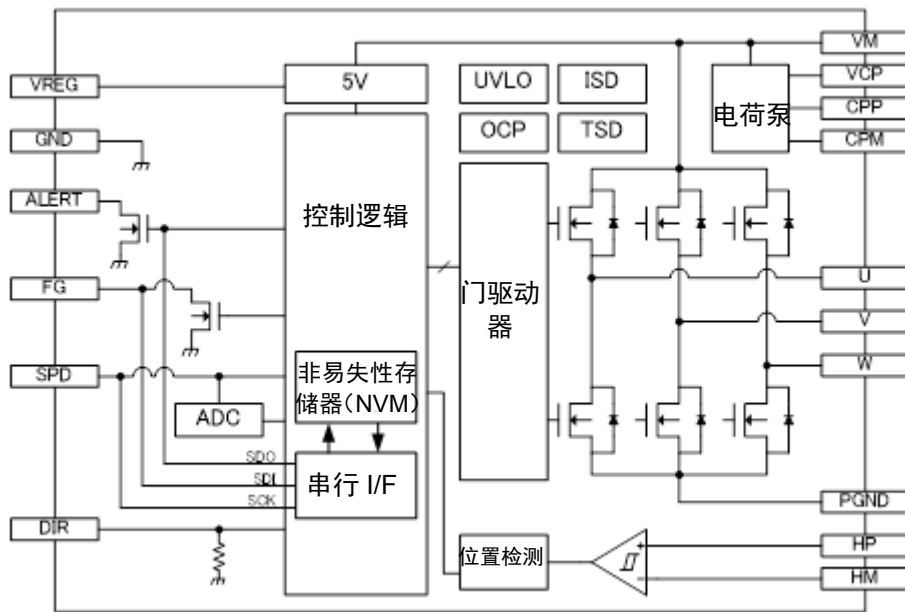


图 4.1 方框图

注：为便于解释，可以省略或简化方块图中的一些功能块、电路或常数。

5. 绝对最大额定值

表 5.1 绝对最大额定值（除非另有说明，否则 $T_a = 25^\circ\text{C}$ ）

| 特性 | | 符号 | 额定值 | 单位 |
|------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|
| 电源电压 | | V_M | 18 | V |
| | | V_{REG} | 6 (注 1) | |
| | | V_{CP} | $V_M + 6$ (注 1) | |
| 输入电压 | HP, HM, DIR, FG | V_{IN} | -0.3 至 6 | V |
| | SPD | | -0.3 至 18 | |
| 输出电压 | U, V, W, FG, ALERT | V_{OUT} | 18 | V |
| 输出电流 | FG, ALERT | I_{OUT1} | 10 | mA |
| | VREG | I_{OUT2} | 10 | |
| 功耗 | | P_D | 1.7 (注 2) | W |
| 工作温度 | | T_{opr} | -40 至 105 | $^\circ\text{C}$ |
| 储存温度 | | T_{stg} | -55 至 150 | $^\circ\text{C}$ |
| 接点温度 | | $T_{j(MAX)}$ | 150 | $^\circ\text{C}$ |

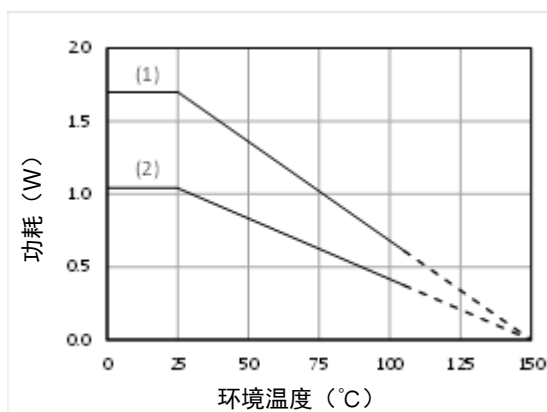
注：半导体器件的绝对最大额定值是一组不能超过的额定值，即使是瞬时超过也不允许。请勿超过任何绝对最大额定值。超过绝对最大额定值可能导致器件故障、损坏或退化，并可能由于爆炸或燃烧而造成伤害。请在指定的工作范围内使用 IC。

注：输出电流受到环境温度或器件使用的限制。最大接点温度 ($T_{j(MAX)}$) 不得超过 150°C 。

注 1: V_{REG} 和 V_{CP} 引脚电压在 IC 内产生。请勿从外部提供电压。

注 2: 安装在一块板上 (JEDEC 2 层板, $R\theta_{ja}=73.5^\circ\text{C/W}$)

5.1. 功耗



注 1: JEDEC 2 层板, $R\theta_{ja}=73.5^{\circ}\text{C/W}$

注 2: $\Phi 22\text{mm}$, 2 层环形板, $R\theta_{ja}=120^{\circ}\text{C/W}$

图 5.1 功耗特性

6. 工作范围

表 6.1 工作范围

| 特性 | | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|--------------|----------------------|-------|-----|----------------------|-----|
| VM 引脚电源电压 1 | | $V_{M(\text{opr}1)}$ | 5.5 | 12 | 16 | V |
| VM 引脚电源电压 2 (注 1) | | $V_{M(\text{opr}2)}$ | 10.8 | 12 | 16 | |
| VM 引脚电源电压 3 (注 2) | | $V_{M(\text{opr}3)}$ | (4.5) | — | (5.5) | |
| 输入 PWM 指令频率 | | f_{TSP} | 1 | — | 100 | kHz |
| 输入外围串行接口时钟频率 | | f_{SCK} | 15 | — | 500 | kHz |
| 输入电压 | HP, HM | V_{IN} | 0.1 | — | $V_{\text{REG}}-2.0$ | V |
| | DIR, SPD, FG | | -0.3 | — | 5.5 | |

注 1: 用于非易失性存储器写入

注 2: 由于电气特性变化较大, 所以仅供参考。

表 6.2 非易失性存储器 (NVM) 特性

| 特性 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------|--------------------------------|-----|-----|----|
| 编程/擦除循环 | $T_j=0$ 至 90°C | 10 | — | 循环 |
| 编程/擦除期限 | 执行 NVM_SAVE | — | 1 | s |

7. 引脚分配（顶视图）

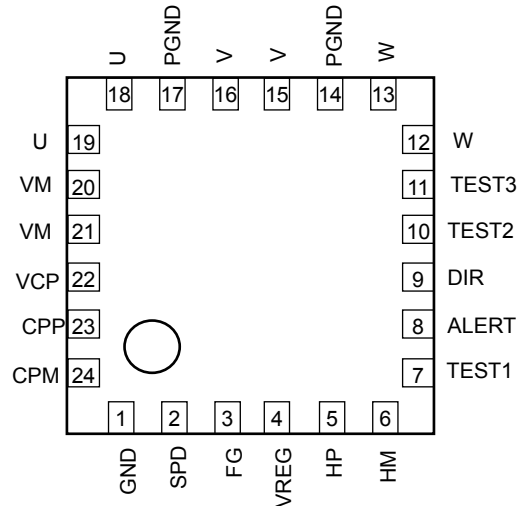


图 7.1 引脚分配

8. 引脚说明

表 8.1 引脚说明

| 引脚编号 | 引脚名称 | 输入 / 输出 | 引脚说明 |
|------|-------|---------|----------------------------|
| 1 | GND | — | GND 引脚 |
| 2 | SPD | IN | 速度指令输入引脚，串行 I/F 时钟输入引脚 |
| 3 | FG | I/O | 旋转数信号输出引脚，串行 I/F 数据 I/O 引脚 |
| 4 | VREG | — | 5V 参照电压输出引脚 |
| 5 | HP | IN | 霍尔信号输入 (+) 引脚 |
| 6 | HM | IN | 霍尔信号输入 (-) 引脚 |
| 7 | TEST1 | — | TEST 引脚 (50 kΩ 下拉电阻) |
| 8 | ALERT | OUT | 警报信号输出引脚，串行 I/F 数据输出引脚 |
| 9 | DIR | IN | 转动方向设置引脚 (50 kΩ 下拉电阻) |
| 10 | TEST2 | — | TEST 引脚 (50 kΩ 下拉电阻) |
| 11 | TEST3 | — | TEST 引脚 (50 kΩ 下拉电阻) |
| 12 | W | OUT | W 相输出引脚 |
| 13 | W | OUT | W 相输出引脚 |
| 14 | PGND | — | 电源 GND 引脚 |
| 15 | V | OUT | V 相输出引脚 |
| 16 | V | OUT | V 相输出引脚 |
| 17 | PGND | — | 电源 GND 引脚 |
| 18 | U | OUT | U 相输出引脚 |
| 19 | U | OUT | U 相输出引脚 |
| 20 | VM | — | 电源供电引脚 |
| 21 | VM | — | 电源供电引脚 |
| 22 | VCP | — | 电荷泵蓄积电容器连接引脚 |
| 23 | CPP | — | 电荷泵泵吸电容器连接引脚 |
| 24 | CPM | — | 电荷泵泵吸电容器连接引脚 |

注：TEST 引脚必须连接 GND。

注：SPD 引脚不得处于打开状态。

注：虽然 GND 和 PGND 引脚是通过 IC 内的双向二极管连接，但每个引脚都须连接 GND。详情参见“参照布局图”。

注：由于 U、V、W、VM 信号都有两个引脚，分别按外部模式将这些两个引脚短路。

9. 输入/输出等效电路

| 引脚名称 | 说明 | 等效电路 |
|----------|---------------------------------------|------|
| HP HM | 霍尔信号输入引脚 | |
| VREG | 5V 参照电压输出引脚 | |
| ALERT | 警报信号输出引脚 漏极开路 串行 I/F 数据输出引脚 | |
| FG | 旋转数信号输出引脚 漏极开路 串行 I/F 数据 I/O 引脚 | |
| SPD | 速度指令输入引脚 串行 I/F 时钟输入引脚 | |
| DIR | 转动方向信号输入引脚 50 kΩ 下拉电阻 | |

| 引脚名称 | 说明 | 等效电路 |
|-------------------------|-----------------------|------|
| VCP CPP VM CPM | 电荷泵 | |
| U V W | 电机输出引脚 | |
| GND PGND | GND 引脚 | |
| TEST1 TEST2 | TEST 引脚 50kΩ 下拉电阻 | |
| TEST3 | TEST 引脚 50 kΩ 下拉电阻 | |

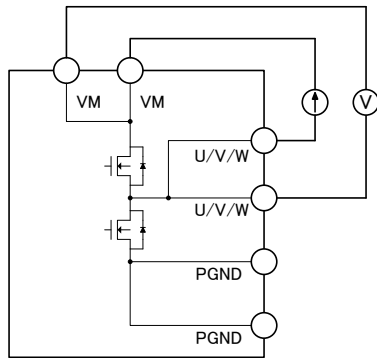
10. 电气特性

表 10.1 电气特性（除非另有说明，否则 VM = 12 V, Ta = 25°C）

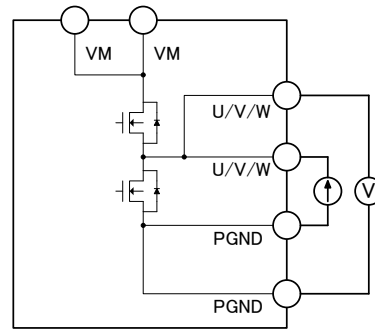
| 特性 | | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------|----------------------|------------------------|--|-------|-------|--------------------------|-----|
| 电源电流 | | I _{VM} | VM=12 V, V _{REG} =开路 霍尔信号输入=100 Hz, 输出=开路 | — | 10 | 12 | mA |
| | | I _{STBY} | VM=12 V, 待机模式 | — | 0.33 | 0.5 | |
| VREG 引脚电压 | | V _{REG} | VM=12 V, I _{VREG} =0 至 10 mA | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| 变速泵电压 | | — | VM=12V, VCP-VM | 4.2 | 4.7 | 5.0 | V |
| 霍尔输入信号 | 公共相输入电压范围 | V _{HCMR} | — | 0.1 | — | V _{REG} -2.0 | V |
| | 输入振幅范围 | V _H | — | 40 | — | — | mV |
| | 输入电流 | I _{HIN} | — | — | — | 1 | μA |
| | 滞后 (+) 电压 | V _{HHYS+} | — | — | 8 | — | mV |
| | 滞后 (-) 电压 | V _{HHYS-} | — | — | -8 | — | |
| SPD 引脚 | 待机模式 控制电压 | V _{STBY(L)} | 待机模式开关电压 | 1 | 1.15 | — | V |
| | | V _{STBY(H)} | 待机模式释放电压 | — | 1.25 | 1.4 | V |
| | | V _{STBY(hys)} | 滞后电压 | — | 100 | — | mV |
| | 输入电流 | I _{SPD} | V _{SPD} =0 至 V _{REG} | — | — | 1 | μA |
| SPD 引脚 PWM 占空比 输入期间 | 输入电压 | V _{TSP(H)} | 高电压 | 2.0 | — | 5.5 | V |
| | | V _{TSP(L)} | 低电压 | -0.3 | — | 1.0 | V |
| | | V _{TSP(hys)} | 滞后电压 | — | 200 | — | mV |
| | 输入频率 | f _{TSP} | — | 1 | — | 100 | kHz |
| | 100% 占空比检测时间 | T _{duty(100)} | — | — | 1.5 | — | |
| 0% 占空比检测时间 | T _{duty(0)} | — | — | 100 | — | ms | |
| SPD 引脚 模拟电压输入 期间 | 输入电压 | V _{VSP(H)} | ADC=512 (100%) | 3.9 | 4.0 | 4.1 | V |
| | | V _{VSP(L)} | ADC=0 (0%) | 1.4 | 1.5 | 1.6 | V |
| | ADC 响应时间 | t _{ADC} | — | — | — | 10 | ms |
| DIR 引脚 | 输入电压 | V _{DIR(H)} | 高电压 | 2.0 | — | 5.5 | V |
| | | V _{DIR(L)} | 低电压 | -0.3 | — | 1.0 | V |
| | | V _{DIR(hys)} | 滞后电压 | — | 200 | — | mV |
| | 输入电流 | I _{SPD(H)} | V _{DIR} =5V | 80 | 100 | 120 | μA |
| I _{SPD(L)} | | V _{DIR} =0V | — | — | 1 | | |
| 输出电阻 | | R _{DS(H+L)} | I _{OUT} =0.2A, T _J =25 至 105°C (注) | — | 0.2 | 0.3 | Ω |
| 内部 OSC 频率 | | f _{OSC} | — | 11.64 | 12 | 12.36 | MHz |
| 输出 PWM 频率 | | f _{PWM(1)} | f _{OSC} =12MHz, PWMSEL[2:0]=000 | — | 23.4 | — | kHz |
| | | f _{PWM(2)} | f _{OSC} =12MHz, PWMSEL[2:0]=011 | — | 187.5 | — | |
| FG 引脚 | 输出低电压 | — | I _{FG} =5mA | — | 0.15 | 0.3 | V |
| | 输出漏电流 | — | V _{FG} =18V | — | 1.5 | 5 | μA |
| ALERT 引脚 | 输出低电压 | — | I _{ALERT} =5mA | — | 0.15 | 0.3 | V |
| | 输出漏电流 | — | V _{ALERT} =18V | — | — | 1 | μA |
| 输出电流极限 | | I _{OCL} | 设置电流为 1.5A, 和目标电流有差异。 | -20 | — | 20 | % |
| 过电流保护 | 关断电流 | I _{ISD} | (设计值) | 4.5 | 5.5 | 6.5 | A |
| 热关断 | 关断温度 | T _{TSD} | 升温 (设计值) | — | 170 | — | °C |

| 特性 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------|---------------------|---------------------|------|------|------|----|
| 释放滞后温度 | ΔT_{TSD} | 降温（设计值） | — | 40 | — | °C |
| 释放温度 | — | 降温（设计值） | — | 130 | — | °C |
| 过压保护 | 开关电压（从正弦波驱动到150°换相） | VM 升高 | 16.5 | 17.2 | 17.9 | V |
| | 恢复滞后电压（从150°换相到正弦波） | VM 下降 | — | 400 | — | mV |
| | 恢复电压（从150°换相到正弦波） | VM 下降 | 16.1 | 16.8 | 17.5 | V |
| 欠压保护 | UVLO 工作电压 | VM 下降 | 3.7 | 3.9 | 4.1 | V |
| | UVLO 滞后电压 | VM 升高 | — | 300 | — | mV |
| | UVLO 释放电压 | VM 升高 | 4.0 | 4.2 | 4.4 | V |
| | UVLO 工作电压 | VREG 下降 | — | 3.7 | — | V |
| | UVLO 滞后电压 | VREG 升高 | — | 300 | — | mV |
| | UVLO 释放电压 | VREG 升高 | — | 4.0 | — | V |
| 电荷泵欠压保护 | 欠压保护工作电压 | VCP 引脚和 VM 引脚之间电压下降 | — | 3.3 | — | V |
| | 欠压保护滞后电压 | VCP 引脚和 VM 引脚之间电压升高 | — | 300 | — | mV |
| | 欠压保护释放电压 | VCP 引脚和 VM 引脚之间电压升高 | — | 3.6 | — | V |

注：输出电阻测试电路。



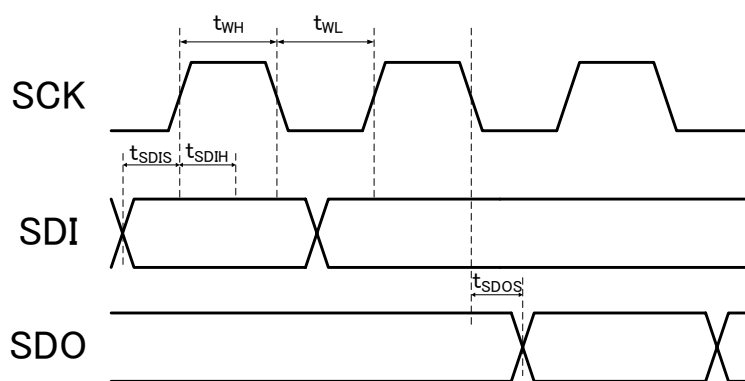
高边测试电路



低边测试电路

表 10.2 串行接口（除非另有说明，否则 $V_M = 12\text{ V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$ ）

| 特性 | | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------|-----------------|-----------------------|------|------|-----|-----|---------------|
| SCK | 输入电压 | $V_{\text{SCK(H)}}$ | 高电压 | 2.0 | — | 5.5 | V |
| | | $V_{\text{SCK(L)}}$ | 低电压 | -0.3 | — | 1.0 | V |
| | | $V_{\text{SCK(hys)}}$ | 滞后电压 | — | 100 | — | mV |
| | 输入频率 | f_{SCK} | — | 15 | — | 500 | kHz |
| | 高电平期 | t_{WH} | — | 1 | — | — | μs |
| 低频电平期 | t_{WL} | — | 1 | — | — | | |
| SDI | 建立期 | t_{SDIS} | — | 1 | — | — | μs |
| | 保持期 | t_{SDIH} | — | 500 | — | — | ns |
| SDO | 建立期 | t_{SDOS} | — | — | — | 500 | ns |



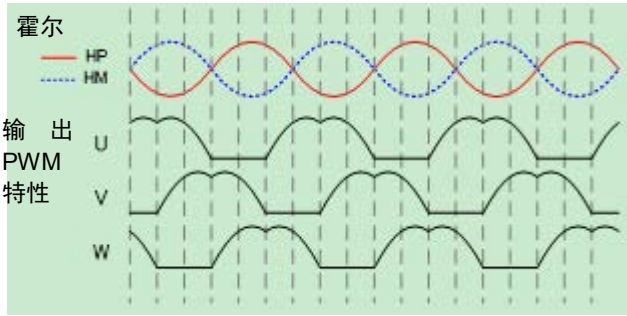
11. 功能说明

11.1. 基本操作

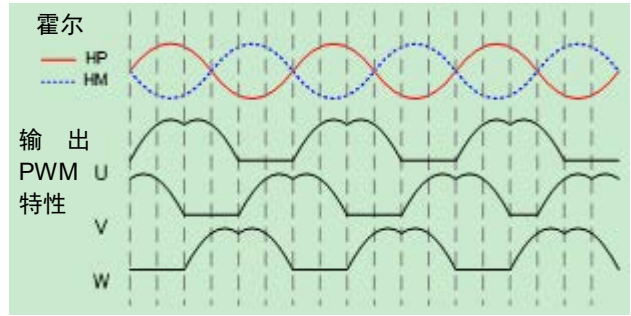
TC78B025FTG 可以实现 1 霍尔正弦波换相或 1 霍尔 150°换相。而且，不需要使用外部微电脑即可执行闭环速度控制功能。输入 PWM 占空比信号或为 SPD 引脚施加模拟电压，控制电机转速。

为 SPD 引脚施加 $V_{STBY(L)}$ 电压或更低电压后锁定检测期内无法检测到霍尔信号时，操作切换到待机模式。待机模式下，通过切断内部 5V 调节器来降低 IC 功耗。若霍尔元件由 IC 的 5V 调节器提供电源，则可以降低整个电机系统的功耗。若电机配置为 SPD 引脚电压是 $V_{STBY(L)}$ 或更低时不停机，则待机模式失效。

1 霍尔正弦波驱动

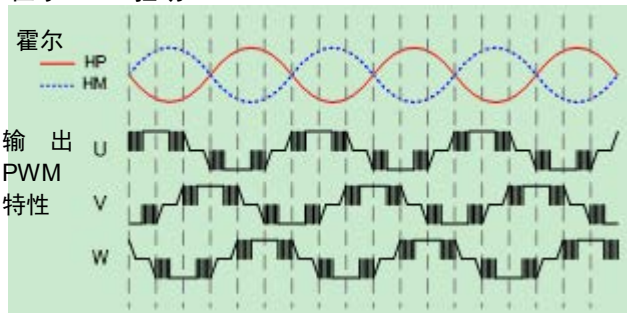


CW 引导角=0°

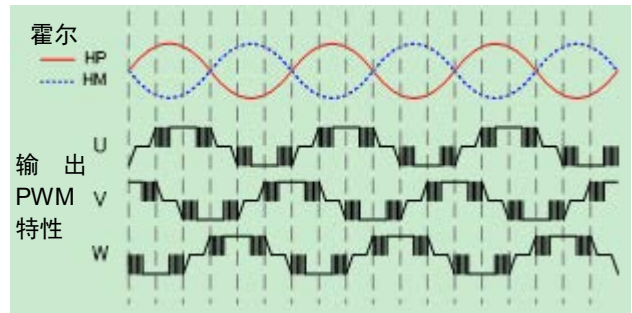


CCW 引导角=0°

1 霍尔 150°驱动



CW 引导角=0°

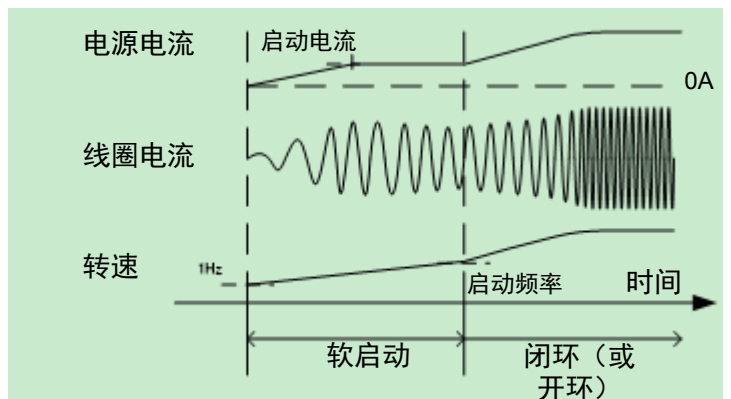


CCW 引导角=0°

11.2. 软启动

电机由停机状态启动时采用软启动的方式以防止发生冲击电流。

软启动从 0% 逐步增加输出占空比，直到输出电流达到启动电流。转动频率从 1Hz 开始增加。转动频率达到开关频率（启动频率）后，软启动完成并切换到闭环速度控制或开环速度控制模式。



11.3. 输入/输出信号

11.3.1. SPD

SPD 引脚控制电机的启动、停止与转速。

可以通过寄存器对 PWM 占空比信号输入或模拟电压信号输入进行配置。此外，还可以通过寄存器对信号的极性进行配置。

对于模拟电压输入，电压范围 $V_{VSP(L)}$ 至 $V_{VSP(H)}$ 内分辨率是 9 位。

对于 PWM 占空比输入，其频率范围是 1 kHz 至 100 kHz。频率范围 1 kHz 至 20 kHz 时，分辨率是 9 位。频率 20 kHz 或更高时，分辨率降低。例如，频率 40 kHz 时，分辨率是 8 位，频率 100 kHz 时，分辨率是 7 位。

此外，SPD 引脚还可以作为串行接口（SCK 信号）的时钟输入引脚。

11.3.2. DIR

DIR 引脚控制电机的转向、正转（CW）与反转（CCW）。

通过寄存器对 DIR 引脚极性和转向之间的关系进行配置。

11.3.3. ALERT

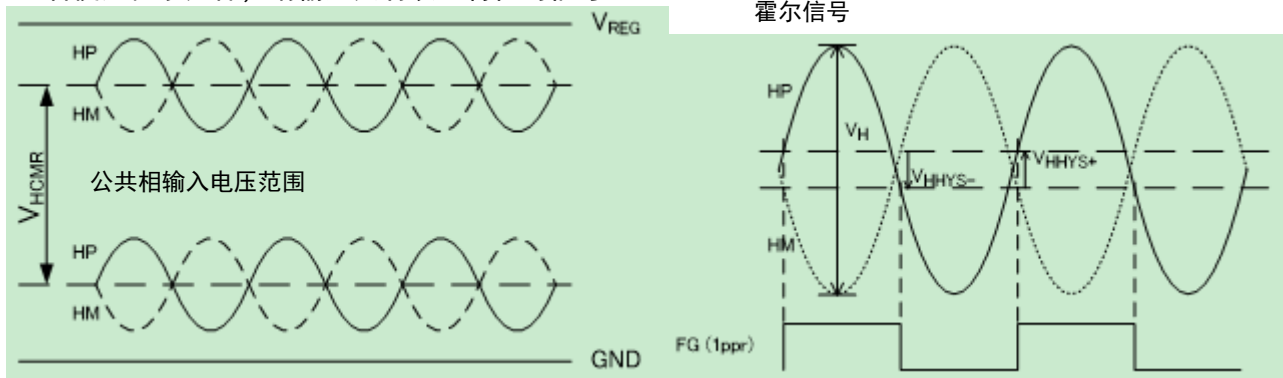
ALERT 引脚是开漏型输出引脚。检测到异常状态（电荷泵过电流，过温、电机锁定或欠压）后，ALERT 引脚输出低电平信号。

此外，该引脚还可以作为串行接口（SDO 信号）的数据输出引脚。

11.3.4. HP, HM

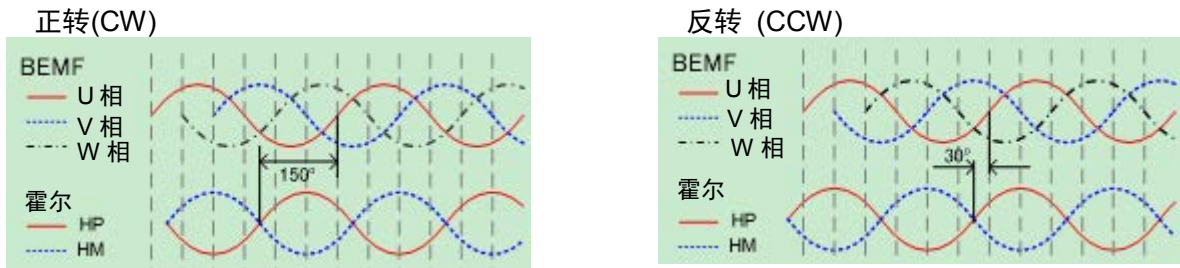
HP 和 HM 引脚输入霍尔信号。

若使用霍尔元件，请输入具有以下特性的信号。



若使用霍尔 IC，一直为 HP 引脚输入霍尔信号。应固定 HM 引脚的电压。

作为默认设置，请调准霍尔传感器，以使得霍尔信号和感生电压之间的关系如下图所示。



霍尔传感器偏离默认位置后，可以用寄存器来弥补。

11.3.5. FG

FG 引脚是开漏型输出引脚。输出自霍尔信号获取的转速信号。按照寄存器设置，检测到电机锁定后，FG 引脚也可以输出 RDO 信号。RDO 信号是低电平信号。

此外，FG 引脚还可以作为串行接口（SDI 或 SDIO 信号）的数据输入或输入/输出引脚。

表 11.1FG 信号设置和每电机循环输出脉冲数之间的关系

| FGSEL[2:0] | FG 信号设置 | 电机极数 | | | | |
|------------|---------|------|-----|-----|-----|------|
| | | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 | 10 极 |
| 000 | 1 ppr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 001 | 2/3 ppr | 2/3 | 4/3 | 2 | 8/3 | 10/3 |
| 010 | 1/2 ppr | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 |
| 011 | 2 ppr | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 100 | 3 ppr | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 101 | 2.4 ppr | 2.4 | 4.8 | 7.2 | 9.6 | 12 |
| 110 | 1/3 ppr | 1/3 | 2/3 | 1 | 4/3 | 5/3 |
| 111 | 请勿使用 | | | | | |

注：当霍尔信号频率是 1.67 Hz 或更高时，FG 引脚输出信号。当霍尔信号频率低于 1.67 Hz 时，FG 信号固定为 Hi-Z。

注：当 FG 信号设置为 1 ppr 时，输出霍尔信号的同步信号。当 FG 信号设置为其他时，输出内部处理结果。

11.4. 速度控制

11.4.1. 闭环

闭环速度控制的基本速度曲线（SPD 信号值和转速之间的关系）如下所示：

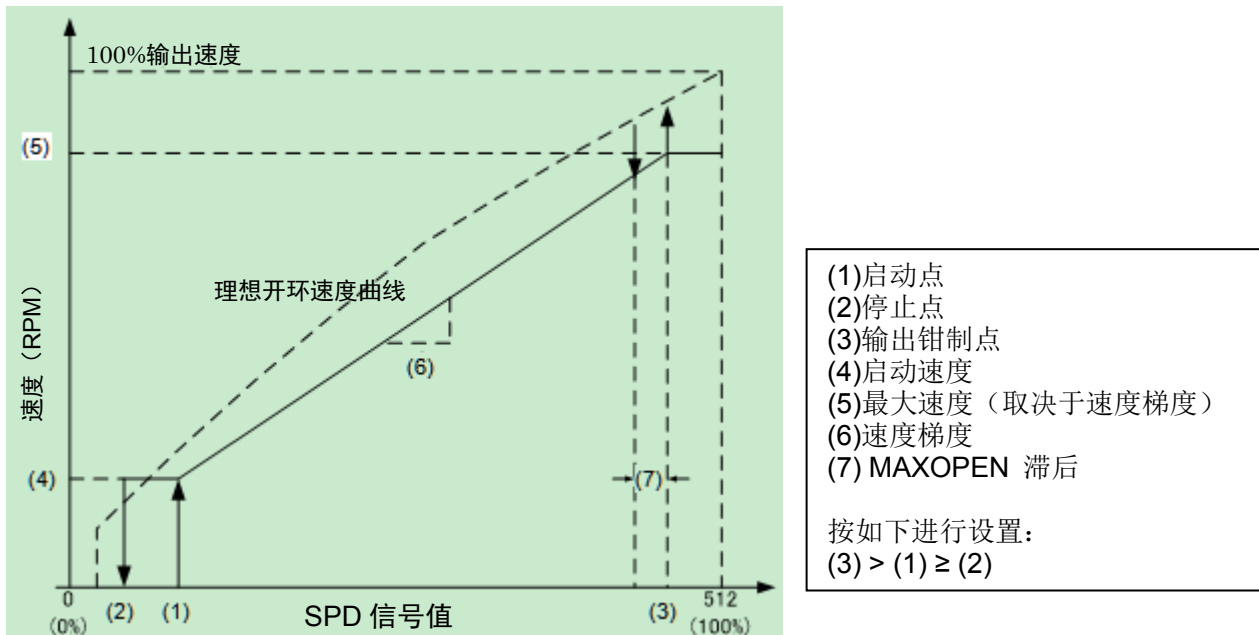


图 11.1 闭环速度控制的速度梯度举例

(1)启动点：

当 SPD 信号值超过启动阈值时，禁用输出。阈值范围为 0 (0 %) 至 255 (49.8 %)，分辨率 0.2%。用 8 位寄存器 STARTDUTY 进行设置。

$$\text{启用输出的 SPD 占空比 (\%)} = 100 \times \text{STARTDUTY} / 512$$

(2)停止点：

当 SPD 信号值下降至停止阈值时，禁用输出。阈值范围为 0 (0 %) 至 254 (49.6 %)，分辨率 0.4%。用 7 位寄存器 STOPDUTY 进行设置。

$$\text{禁用输出的 SPD 占空比 (\%)} = 200 \times \text{STOPDUTY} / 512$$

(3)输出钳制点和 (7) MAXOPEN 滞后：

MAXDUTY = 0：当 SPD 信号值超过输出钳制阈值时，转速固定。阈值范围为 257 (50.2 %) 至 512 (100 %)，分辨率 0.2%。用 8 位寄存器 MAXDUTY 进行设置。

$$\text{钳制输出的 SPD 占空比 (\%)} = 100 \times (257 + \text{MAXDUTY}) / 512$$

MAXOPEN = 1：当 SPD 信号值超过输出钳制阈值时，控制切换到开环速度控制模式。开环速度控制期间的输出占空比和 SPD 信号值对应。SPD 信号值使得控制切回闭环速度控制模式，其滞后范围为 2 (0.4 %) 至 32 (6.25 %)，分辨率 0.4%。用 4 位寄存器 MAXDUTYHYS 进行设置。

$$\text{SPD 占空比滞后 (\%)} = 200 \times (\text{MAXDUTYHYS} + 1) / 512$$

(4)启动速度：

用 12 位寄存器 STARTRPM 设置启动最小转速。设置范围为 0 至 4095 RPM，分辨率 1RPM。

$$\text{启动速度 (RPM)} = \text{STARTRPM}$$

(5)最大速度和 (6) 速度梯度：

最大速度取决于速度梯度，用 14 位寄存器 SPEEDSLOP 进行设置。

$$\text{SPEEDSLOP} = 64 \times (\text{最大速度} - \text{启动速度}) / (\text{MAXDUTY} + 257 - \text{STARTDUTY})$$

MAXOPEN、NOSTOP 和 MAXOFF 寄存器的配置情况决定了当 SPD 信号值等于或低于启动（启用输出）点时的运行方式。

表 11.2 转动运行（SPD 信号值≤启动点）

| MAXOPEN | NOSTOP | MAXOFF | 目标速度 | | |
|---------|--------|--------|---------|-------------|-------------------------|
| | | | SPD=0 % | 0%<SPD ≤启动点 | 停止点<SPD ≤启动点 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 占空比升高: 0 占空比下降: 启动速度 |
| | 0 | 1 | 最大速度 | 0 | 占空比升高: 0 占空比下降: 启动速度 |
| | 1 | 0 | 启动速度 | 启动速度 | 启动速度 |
| | 1 | 1 | 最大速度 | 最大速度 | 启动速度 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 占空比升高: 0 占空比下降: 启动速度 |
| | 0 | 1 | 100% 输出 | 0 | 占空比升高: 0 占空比下降: 启动速度 |
| | 1 | 0 | 启动速度 | 启动速度 | 启动速度 |
| | 1 | 1 | 100% 输出 | 100% 输出 | 启动速度 |

可以在速度曲线上增加速度变化点。

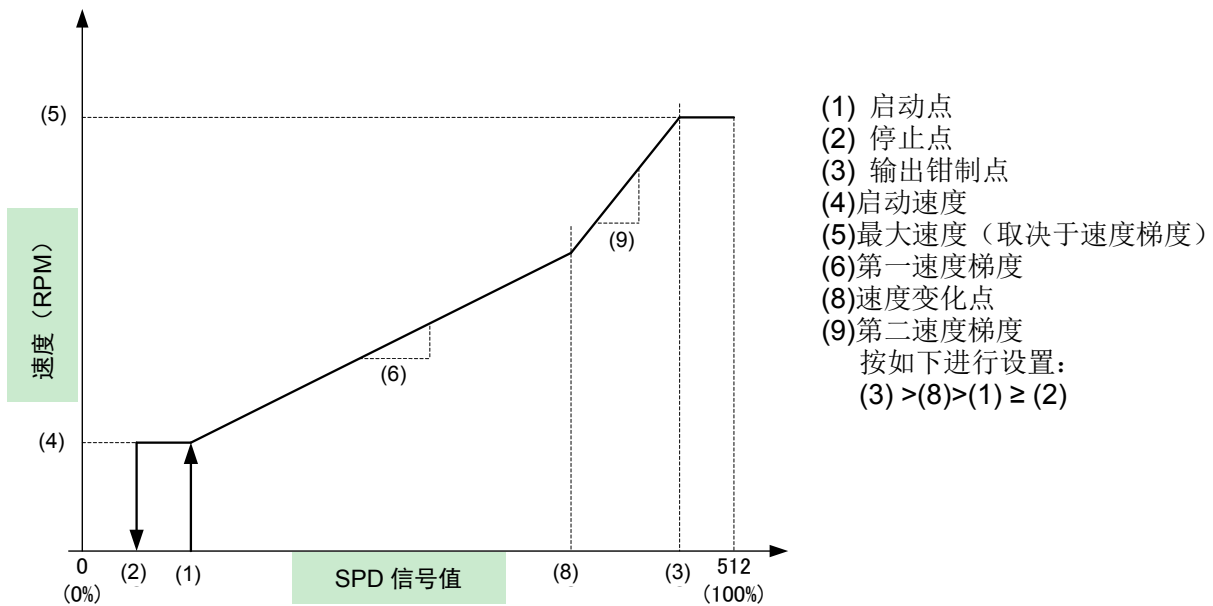


图 11.2 闭环速度控制的速度梯度举例（增加速度变化点）

(8)速度变化点:

速度变化点的 SPD 信号值范围为 0 (0.4 %) 至 510 (99.6 %), 分辨率 0.4%。用 8 位寄存器 CHANGEDUTY 进行设置。

$$\text{变化点的 SPD 占空比 (\%)} = 200 \times \text{CHANGEDUTY} / 512$$

若不使用速度变化点，将 CHANGEDUTY 设置为 0。

(9)第二速度梯度:

过了速度变化点之后，用寄存器 SPEEDSLOP2 设置速度梯度。

11.4.2. 开环

开环速度控制的基本速度曲线（SPD 信号值和输出占空比之间的关系）如下所示：

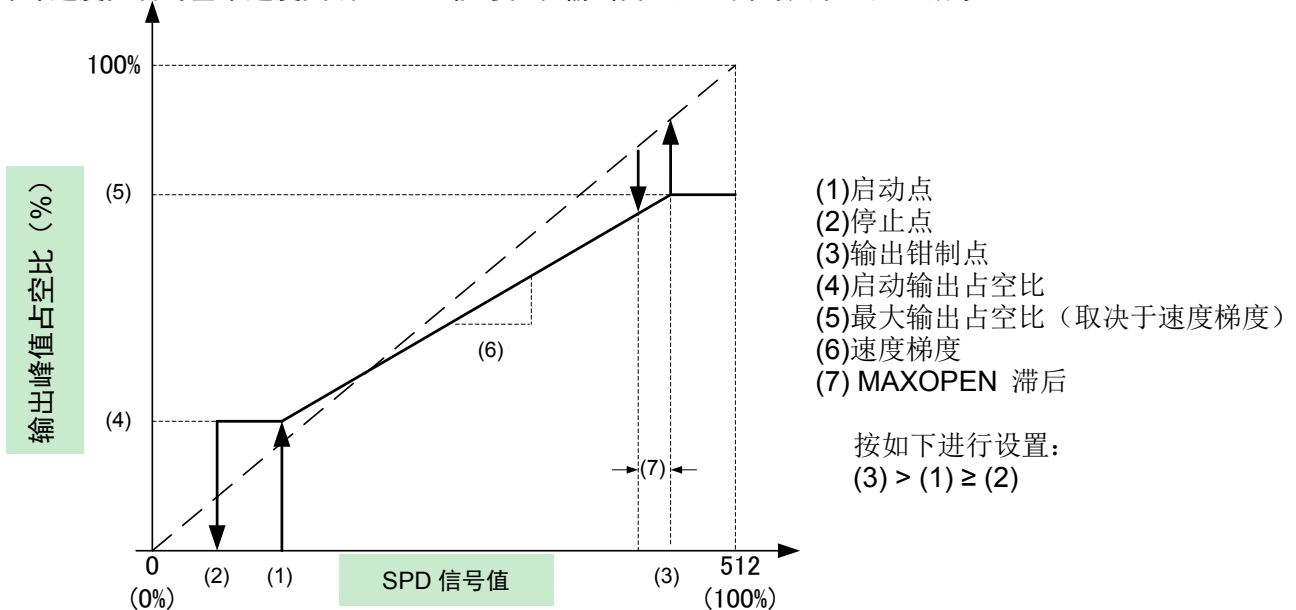


图 11.3 开环速度控制的速度梯度举例

(1)启动点：

当 SPD 信号值超过启动阈值时，禁用输出。阈值范围为 0 (0 %) 至 255 (49.8 %)，分辨率 0.2%。用 8 位寄存器 STARTDUTY 进行设置。

$$\text{启用输出的 SPD 占空比 (\%)} = 100 \times \text{STARTDUTY} / 512$$

(2)停止点：

当 SPD 信号值下降至停止阈值时，禁用输出。阈值范围为 0 (0 %) 至 254 (49.6 %)，分辨率 0.4%。用 7 位寄存器 STOPDUTY 进行设置。

$$\text{禁用输出的 SPD 占空比 (\%)} = 200 \times \text{STOPDUTY} / 512$$

(3)输出钳制点和 (7) MAXOPEN 滞后：

MAXDUTY = 0: 当 SPD 信号值超过输出钳制阈值时，输出占空比固定。阈值范围为 257 (50.2 %) 至 512 (100 %)，分辨率 0.2%。用 8 位寄存器 MAXDUTY 进行设置。

$$\text{SPD 占空比钳制输出 (\%)} = 100 \times (257 + \text{MAXDUTY}) / 512$$

MAXOPEN = 1: 当 SPD 信号值超过输出钳制阈值时，输出占空比和 SPD 信号值对应。SPD 信号值使得输出返回到原始速度曲线，其滞后范围为 2 (0.4 %) 至 32 (6.25 %)，分辨率 0.4%。用 4 位寄存器 MAXDUTYHYS 进行设置。

$$\text{SPD 占空比滞后 (\%)} = 200 \times (\text{MAXDUTYHYS} + 1) / 512$$

(4)启动输出占空比：

用 12 位寄存器 STARTRPM 的高位 8 位来设置启动最小输出占空比。设置范围为 0 (0 %) 至 255 (49.8 %)，分辨率 0.2%。

$$\text{启动输出占空比 (\%)} = 100 \times \text{STARTRPM}[11:4] / 512$$

(5)最大输出占空比和 (6) 速度梯度：

最大输出占空比取决于速度梯度，用 14 位寄存器 SPEEDSLOP 进行设置。

$$\text{SPEEDSLOP} = 2^{19} \times (\text{最大输出占空比 (\%)} - \text{启动输出占空比 (\%)}) / (\text{MAXDUTY} + 257 - \text{STARTDUTY}) / 100$$

MAXOPEN、NOSTOP 和 MAXOFF 寄存器的配置情况决定了当 SPD 信号值等于或低于启动（启用输出）点时的运行方式。

表 11.3 转动运行（SPD 信号值≤启动点）

| MAXOPEN | NOSTOP | MAXOFF | 输出占空比 | | |
|---------|--------|--------|---------|-------------|-----------------------|
| | | | SPD =0% | 0%<SPD ≤启动点 | 停止点<SPD ≤启动点 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 占空比升高：0 占空比下降：启动输出 |
| | 0 | 1 | 最大输出 | 0 | 占空比升高：0 占空比下降：启动输出 |
| | 1 | 0 | 启动输出 | 启动输出 | 启动输出 |
| | 1 | 1 | 最大输出 | 最大输出 | 启动输出 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 占空比升高：0 占空比下降：启动输出 |
| | 0 | 1 | 100% 输出 | 0 | 占空比升高：0 占空比下降：启动输出 |
| | 1 | 0 | 启动输出 | 启动输出 | 启动输出 |
| | 1 | 1 | 100% 输出 | 100% 输出 | 启动输出 |

可以在速度曲线上增加速度变化点。

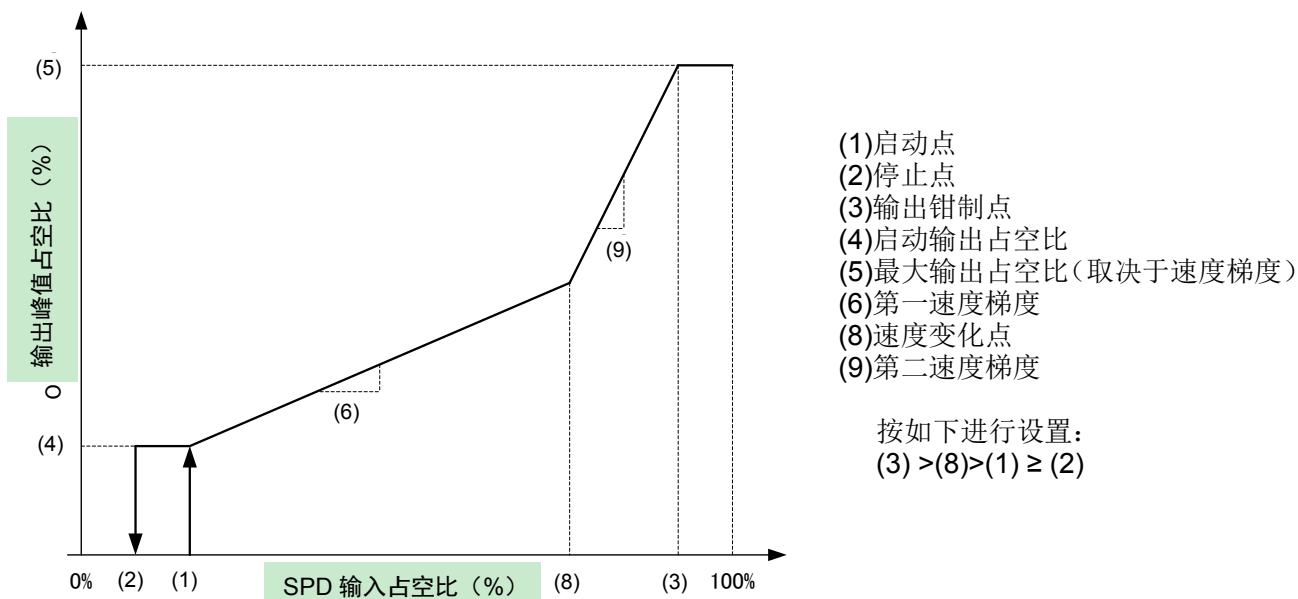


图 11.4 开环速度控制的速度梯度举例（增加速度变化点）

(8)速度变化点：

速度变化点的 SPD 信号值范围为 0 (0.4 %) 至 510 (99.6 %)，分辨率 0.4%。用 8 位寄存器 CHANGEDUTY 进行设置。

$$\text{变化点的 SPD 占空比 (\%)} = 200 \times \text{CHANGEDUTY} / 512$$

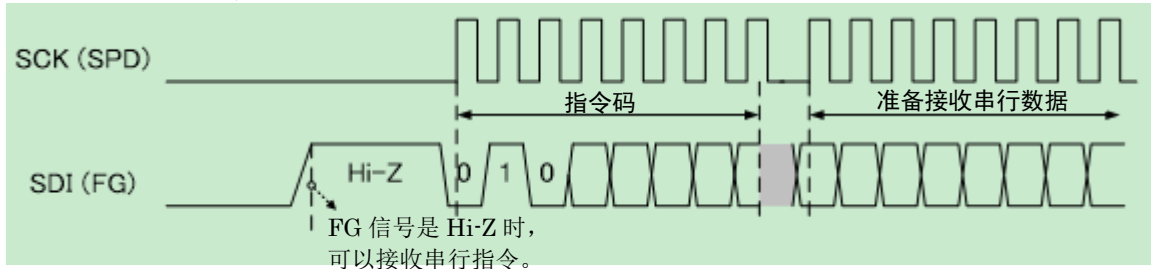
若不使用速度变化点，将 CHANGEDUTY 设置为 0。

(9)第二速度梯度：

过了速度变化点之后，用寄存器 SPEEDSLOP2 设置速度梯度。

11.5. 串行接口与非易失性存储器 (NVM)

可以通过串行接口对内部寄存器和 NVM 的数据进行配置。
FG 信号是 Hi-Z 时，可以接收串行指令。



11.5.1. 串行指令

表 11.4 串行指令

| 指令 | 代码 | 说明 | 后续数据 |
|-----------|------------|-----------------|------------------------|
| SR_READ | 010 01 001 | 读取状态寄存器 | 8 位数据输出 |
| SR_WRITE | 010 01 010 | 写入状态寄存器 | 8 位数据输入 |
| REG_READ | 010 10 001 | 读取正常寄存器 | 8 位 addr 输入 + 16 位数据输出 |
| REG_WRITE | 010 10 010 | 写入正常寄存器 | 8 位 addr 输入 + 16 位数据输入 |
| NVM_LOAD | 010 11 001 | 加载 NVM 数据到正常寄存器 | 否 |
| NVM_SAVE | 010 11 010 | 储存正常寄存器数据到 NVM | 否 |
| NVM_ABORT | 010 11 100 | 强行终止 NVM 写入程序 | 否 |

11.5.2. 状态寄存器

| 第 7 位 | 第 6 位 | 第 5 位 | 第 4 位 | 第 3 位 | 第 2 位 | 第 1 位 | 第 0 位 |
|-------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|
| — | — | — | CAL_ERR | NVM_WR | WIRE | ENB | BUSY |

| 名称 | 说明 | 详情 |
|---------|----------|---|
| BUSY | 寄存器处理状态 | BUSY=0: 待机 BUSY=1: 处理中 |
| ENB | 串行指令启用设置 | ENB=0: 仅 SR_READ SR_WRITE 可以接受 ENB=1: 所有指令均可接受 |
| WIRE | 串行通信模式设置 | WIRE=0: 3 线模式 (SCK=SPD、SDI=FG、SDO=ALERT) WIRE=1: 2 线模式 (SCK=SPD、SDIO=FG) |
| NVM_WR | NVM 模式设置 | NVM_WR=0: READ 启用, WRITE 禁用 NVM_WR=1: READ 禁用, WRITE 启用 |
| CAL_ERR | 霍尔位置检测结果 | CAL_ERR=0: 成功 CAL_ERR=1: 失败 |

11.5.3. 正常寄存器

表 11.5 寄存器映射

| 序号 | 位 | 名称 | 说明 | 默认 |
|-----|-------------|------------------|--|----|
| 0 | 15:0 | USERID[15:0] | — | 0 |
| 1 | 15 | NOSTOP | 不间断模式 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| | 14:8 | STOPDUTY[6:0] | 停止占空比 | 0 |
| | 7:0 | STARTDUTY[7:0] | 启动占空比 | 0 |
| 2 | 15:8 | CHANGEDUTY[7:0] | 速度变化点占空比 | 0 |
| | 7:0 | MAXDUTY[7:0] | 最大占空比 | 0 |
| 3 | 15:4 | STARTRPM [11:0] | 启动转速 | 0 |
| | 3:0 | MAXDUTYHYS[3:0] | 从开环到闭环速度控制的恢复滞后 | 0 |
| 4 | 15:2 | SPEEDSLOP[13:0] | 速度梯度 | 0 |
| | 1 | MAXOPEN | 当 SPD 信号值超过阈值时切换到开环速度控制 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| | 0 | MAXOFF | 当 SPD 信号值等于或低于启动点时全速转动 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| 5 | 15:2 | SPEEDSLOP2[13:0] | 过速度变化点之后的速度梯度 | 0 |
| | 1 | REVALERT | 反向检测的 ALERT 输出 | 0 |
| | 0 | OPENLOOP | 开环/闭环速度控制 (0: 闭环, 1: 开环) | 0 |
| 6 | 15 | KIX | KI 的 8 倍 | 0 |
| | 14:8 | KI[6:0] | KI (0 至 127) | 0 |
| | 7 | KPX | KP 的 8 倍 | 0 |
| | 6:0 | KP[6:0] | KP (0 至 127) | 0 |
| 7 | 15 | STBY | 待机模式 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| | 14 | DIR | DIR 引脚极性和转向之间的关系 (0: 阳极, 1: 阴极) | 0 |
| | 13:11 | POLEPAIR[2:0] | 成对电机极 | 0 |
| | 10:9 | MAXSPEED[1:0] | 最大转速 | 0 |
| | 8 | HALLINV | 霍尔信号极性转换 (0: 阳极, 1: 阴极) | 0 |
| | 7:6 | HALLPOS[1:0] | 霍尔对齐扇区 | 0 |
| | 5:0 | HALLOFFSET[5:0] | 霍尔位置偏移 | 0 |
| 8 | 15 | RDSEL | 输出 FG 引脚信号选择 (0: FG 信号, 1: RDO 信号) | 0 |
| | 14:12 | FGSEL[2:0] | FG 信号类型设置 | 0 |
| | 11 | SPDSEL | SPD 指令类型设置 (0: 模拟电压输入, 1: PWM 占空比输入) | 0 |
| | 10 | SPDINV | SPD 信号极性转换 (0: 阳极, 1: 阴极) | 0 |
| | 9 | REVBRAKE | 反向启动 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| | 8 | 150DRV | 150° 换相 (0: 正弦波驱动, 1: 150°换相) | 0 |
| | 7 | ISDLATCH | ISD 锁存器 (0: 禁用, 1: 启用) | 0 |
| | 6 | OCPMASK | 限流遮蔽期 | 0 |
| | 5 | OCPDIS | 禁止限流 (0: OCP 启用, 1: OCP 禁用) | 0 |
| | 4:3 | OCPLEVEL[1:0] | 限流阈值设置 | 0 |
| 2:0 | PWMSEL[2:0] | 输出 PWM 频率设置 | 0 | |

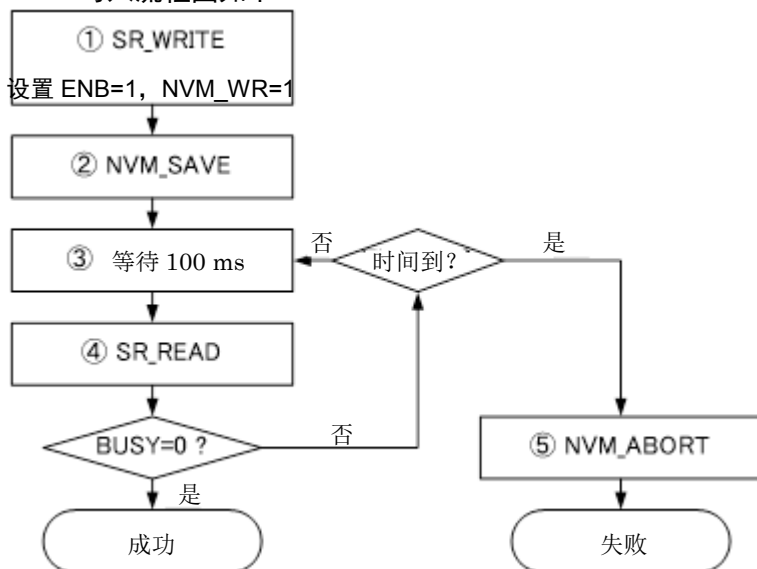
| 序号 | 位 | 名称 | 说明 | 默认 |
|----|-------|--------------------|----------------|----|
| 9 | 15 | TON | 锁定检测接通期 | 0 |
| | 14 | TOFF | 锁定检测断开期 | 0 |
| | 13 | LOCKDIS | 禁止锁定检测 | 0 |
| | 12:10 | DUTYCHGLIMIT[2:0] | 占空比变化限制 | 0 |
| | 9:8 | STARTFREQ[1:0] | 启动开关频率 | 0 |
| | 7:6 | STARTCURRENT[1:0] | 启动限流 | 0 |
| | 5 | LASEL | 引导角选择 | 0 |
| | 4:0 | LATABLE[4:0] | 引导角表 | 0 |
| 10 | 15:6 | Trq_duty[9:0] | SPD 指令 | 0 |
| | 5 | Unused | Don't care | 0 |
| | 4:3 | Hall off.Freq[1:0] | 霍尔位置检测（强制换相频率） | 0 |
| | 2:1 | Hall cal.Freq[1:0] | 霍尔位置检测（检测启动频率） | 0 |
| | 0 | Hall cal. | 霍尔位置检测 | 0 |

注：序号 0-9 中数据可以存储在 NVM 中。

| ADDR | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | |
|------|------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|-------------------|----------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------|----|----|----|--|
| 0 | USERID [15:0] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | NOSTOP | STOPDUTY [6:0] | | | | | STARTDUTY [7:0] | | | | | | | | | | |
| 2 | CHANGEDUTY [7:0] | | | | | MAXDUTY [7:0] | | | | | | | | | | | |
| 3 | STARTRPM [11:0] | | | | | MAXDUTYHYS [3:0] | | | | | | | | | | | |
| 4 | SPEEDSLOP[13:0] | | | | | | | | | | MAXOPEN | MAXOFF | | | | | |
| 5 | SPEEDSLOP2[13:0] | | | | | | | | | | REVALERT | OPENLOOP | | | | | |
| 6 | KIX | KI [6:0] | | | | | KPX | KP [6:0] | | | | | | | | | |
| 7 | STBY | DIR | POLEPAIR [2:0] | | MAXSPEED [1:0] | HALLINV | HALLPOS [1:0] | | HALLOFFSET [5:0] | | | | | | | | |
| 8 | RSEL | FGSEL [2:0] | SPDSEL | SPDINV | REVBRAKE | 150DRV | ISDLATCH | OGPMASK | OCPLDIS | OCPLLEVEL [1:0] | PWMSEL [2:0] | | | | | | |
| 9 | TON | TOFF | LOCKDIS | DUTYCHGLIMIT [2:0] | | STARTFREQ [1:0] | STARTCURRENT[1:0] | LASEL | LATABLE [4:0] | | | | | | | | |
| 10 | Trq_duty[9:0] | | | | | | | | | | Hall off. Freq [1:0] | Hall cal. Freq [1:0] | Hall cal. | | | | |

11.5.4. 写入非易失性存储器（NVM）

NVM 写入流程图如下：



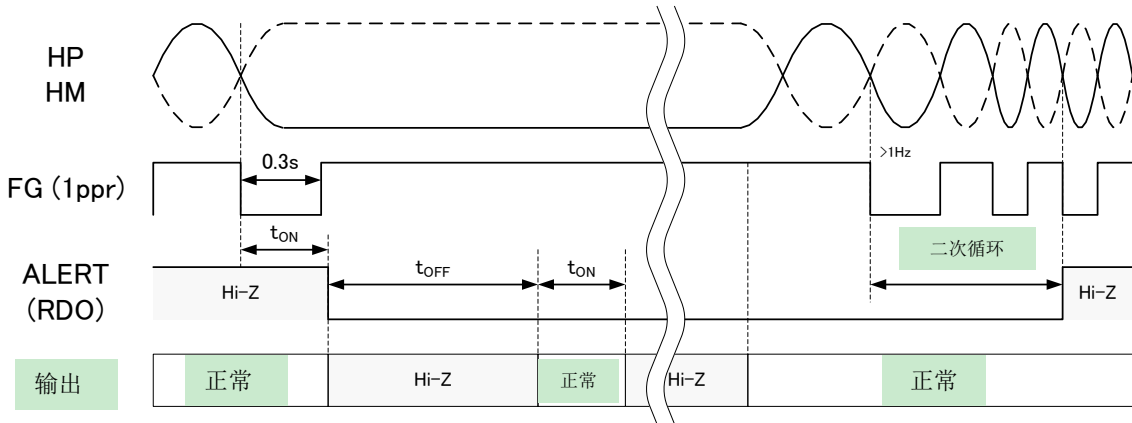
根据具体工作条件，写入期可能更长。若 BUSY 在 1 秒内未返回 0，应该是写入错误。请使用 NVM_ABORT 指令强行终止写入程序。

NVM 写入程序完成后，将 NVM_WR 设置返回 0。

11.6. 保护功能

11.6.1. 锁定检测保护

若某一特定时期内 (t_{ON}) 未检测出霍尔信号零交叉, 则认为是锁定状态。启动该项功能后, ALERT 引脚输出低电平信号。这样, 某一特定时期内 (t_{OFF}) 输入被关闭。然后, IC 输出自动恢复。输出关闭期间内, FG 信号固定为 Hi-Z 状态。锁定检测期和输出关闭期可以用寄存器来配置。



11.6.2. 输出电流限制保护 (OCP)

该项功能可以限制电机电流。无需使用外部分流电阻器即可对 IC 输出阶段的电流进行监控。
 若采用正弦波驱动模式, 当输出电流超过电流限制检测阈值时, 驱动模式从正弦波驱动 (同步整流) 切换到 150° 换相 (上部 PWM 驱动)。切换到 150° 换相之后, 每个 PWM 循环的电流都受到限制。电流限制控制值是 500 mA, 低于电流限制检测阈值。再无电流达到电流限制控制值之后, 在驱动模式返回到正弦波驱动之前, 150° 换相将继续 2 个循环。
 若采用 150° 换相模式, 电流限制检测阈值和电流限制控制值相同。每个 PWM 循环的电流都受到限制。

| OCPLEVEL [1:0] | 正弦波驱动模式 | | 150° 换相模式 | |
|----------------|----------|---------|-----------|---------|
| | 电流限制检测阈值 | 电流限制控制值 | 电流限制检测阈值 | 电流限制控制值 |
| 00 | 1.5A | 1A | 1A | 1A |
| 01 | 2A | 1.5A | 1.5A | 1.5A |
| 10 | 2.5A | 2A | 2A | 2A |
| 11 | 3.5A | 3A | 3A | 3A |

11.6.3. 过压保护 (OVP)

该项功能可以防止电机减速过程中 VM 电压升高。若采用正弦波驱动模式, 当 VM 电压达到 17.2 V (典型值) 或更高时, 驱动模式从正弦波驱动 (同步整流) 切换到 150° 换相 (上部 PWM 驱动)。VM 电压降至 16.8 V (典型值) 或更低之后, 在驱动模式切回到正弦波驱动之前, 150° 换相将继续 2 个循环。
 若采用 150° 换相模式, 过压保护无效。

11.6.4. 欠压锁定 (UVLO)

当电源电压低于 IC 工作电压时, 该项功能关闭 IC 运行以避免发生故障。
 可同时监控 VM 电压和 VREG 电压。当 VM 电压是 3.9 V (典型值) 或更低时, 或者 VREG 电压是 3.7 V (典型值) 或更低时, 该项功能启用。该功能滞后电压 0.3 V (典型值)。当 VM 电压超过 4.2 V (典型值) 以及 VREG 电压超过 4.0 V (典型值) 时, IC 恢复正常运行。

11.6.5. 电荷泵欠压保护

当 VCP 与 VM 之间电压差是 3.3 V (典型值) 或更低时, 电机输出被关闭 (高阻抗状态)。该功能滞后电压 0.3 V (典型值)。当电压差超过 3.6 V (典型值) 时, 电机恢复正常运行。该功能工作时, ALERT 引脚输出低电平信号。

11.6.6. 过电流保护 (ISD)

该项功能可以个别监控输出功率晶体管的电流并在电流值超过检测阈值时关闭所有输出段。防止 IC 持续流过过量电流。该功能工作时，ALERT 引脚输出低电平信号。

可以使用寄存器来选择自动恢复或者锁存器模式。若采用自动恢复模式，输出关闭期 (t_{OFF}) 过了之后输出自动恢复。如果过电流状态持续出现，保护循环重复执行。若连续重复 8 次，输出将无法恢复，且所有输出功率晶体管保持关闭状态。通过再次运用 SPD 信号或者再次打开电源来解除这种状态。

若采用锁存器方法，检测出过电流后输出功率晶体管保持关闭状态。通过再次运用 SPD 信号或者再次打开电源来解除这种状态。

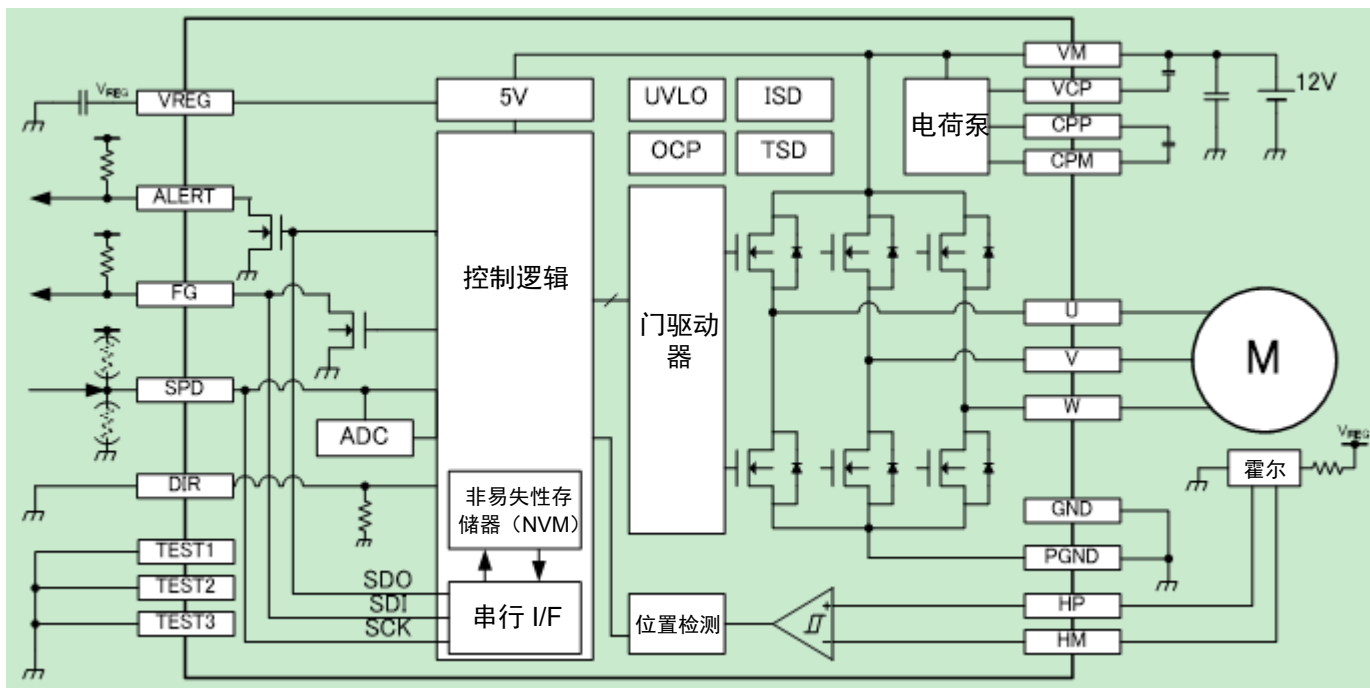
11.6.7. 热关断 (TSD)

采用热关断功能。

当 IC 接点温度 (T_j) 超过 170°C (典型值) 时，执行该功能。所有输出被关闭。该功能滞后 40°C (典型值)。

当 IC 接点温度达到 130°C (典型值) 或更低时，自动恢复运行。该功能工作时，ALERT 引脚输出低电平信号。

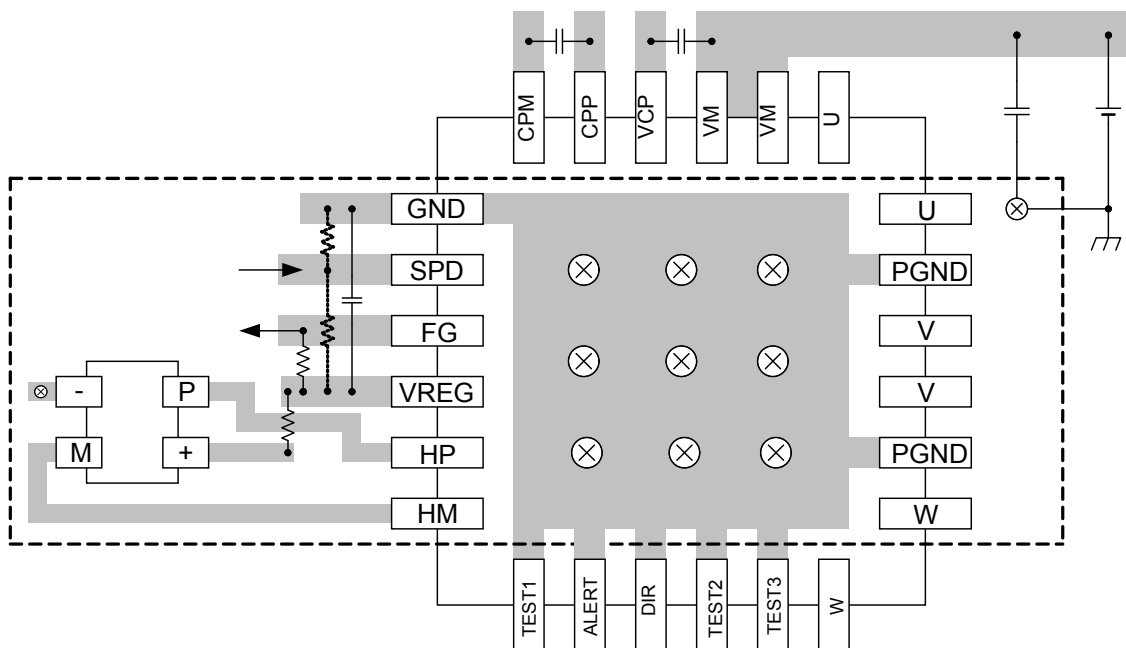
12. 应用电路举例



- 注：TEST 引脚应连接 GND 引脚。
- 注：SPD 引脚不得开路。
- 注：PGND 引脚和 GND 引脚应连接 GND 线。详情参见“参照布局图”。
- 注：0.1 μF 至 1 μF 陶瓷电容器应连接 VREG 引脚。建议 0.1 μF 。
- 注：CPP 引脚和 CPM 引脚之间推荐电容器：0.01 μF 陶瓷电容器。
- 注：VCP 引脚和 VM 引脚之间推荐电容器：0.1 μF 陶瓷电容器。

图 12.1 应用电路举例

13. 参照布局图



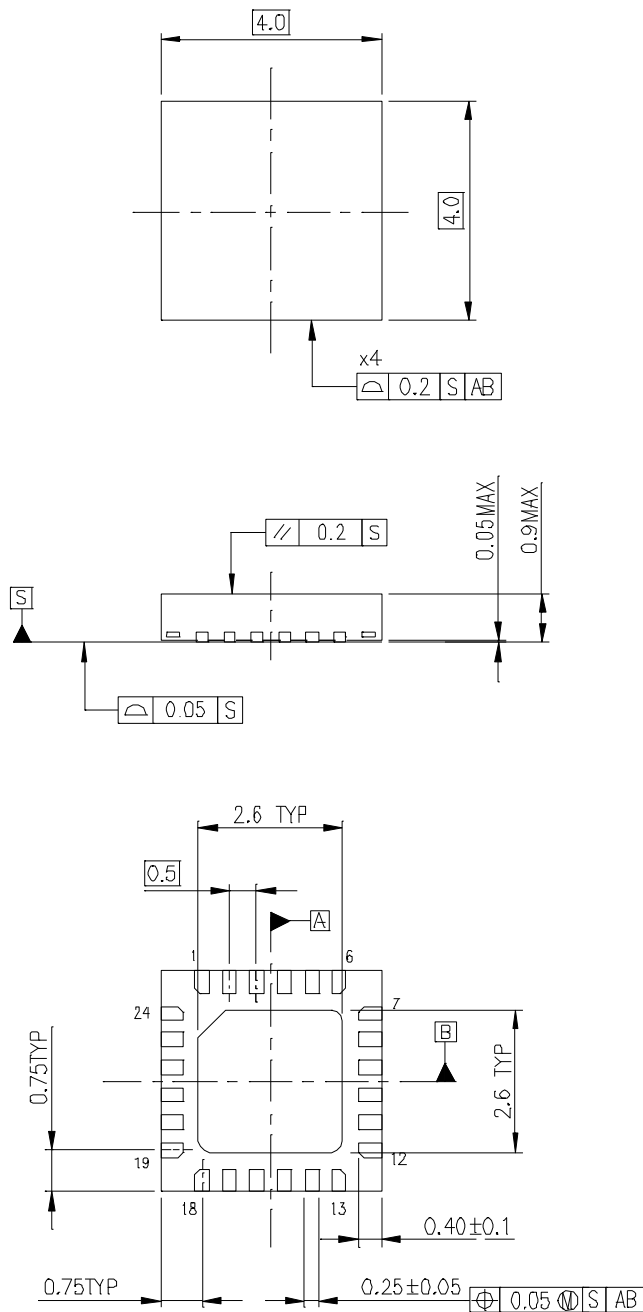
注：未使用 ALERT 引脚举例

图 13.1 参照布局图

14. 包装尺寸

P-VQFN24-0404-0.50-002

单位: mm



重量: 0.04 g (典型值)

图 14.1 包装尺寸

15. IC 使用注意事项

15.1. 关于处理 IC 的注意事项

- [1] 半导体器件的绝对最大额定值是一组不能超过的额定值，即使是瞬时超过也不允许。请勿超过任何此类额定值。超过额定值会导致设备故障、损坏或退化，且可能会因爆炸或燃烧而造成伤害。
- [2] 使用适当的电源保险丝，以确保在过流和/或 IC 故障时，不会持续流过大电流。当在超过绝对最大额定值的条件下使用时、接线路径不对或者在接线或负载处产生异常脉冲噪声而造成大电流持续流过时，IC 将被完全击穿并导致烟雾或起火。为尽量减小击穿时大电流流过的影响，必须进行适当设置，例如，保险丝容量、熔断时间和插入电路位置等。
- [3] 如果您的设计包括诸如电机线圈等电感负载，请在设计中加入保护电路，以防止因上电引起的浪涌电流或断电时反电动势产生的负电流造成设备故障或击穿。IC 击穿会造成伤害、烟雾或起火。
应使用具有内置保护功能的 IC 的稳定电源。如果电源不稳定，则保护功能可能不起作用，导致 IC 击穿。IC 击穿会造成伤害、烟雾或起火。
- [4] 严禁设备插入错误或插错方向。
确保电源的正负极端子接线正确。
否则，电流或功耗可能超过绝对最大额定值，进而造成设备击穿、损坏或退化，并因此爆炸或燃烧，使人受伤。
此外，严禁使用任何插错方向或插入错误的设备，即使对其施加电流只有一次。

15.2. IC 处理谨记要点

(1) 过电流保护电路

无论何情况下，过电流保护电路（简称限流器电路）都不一定能够保护 IC。如果过流保护电路正在过流状态下运行，请立即消除过电流状态。根据使用方法和使用条件，例如，超过绝对最大额定值可能导致在运行前过流保护电路无法正常工作或 IC 击穿。此外，根据使用方法和使用条件，如果过流在运行后持续流动较长时间，则 IC 可能产生导致击穿的热量。

(2) 热关断电路

无论何情况下，热关断电路都不一定能够保护 IC。如果热关断电路在超温状态下运行，请立即消除发热状态。
根据使用方法和使用条件，例如，超过绝对最大额定值可能导致在运行前热关断电路无法正常工作或 IC 击穿。

(3) 其他

在设计电源线、GND 线及输出线时需格外谨慎，因为某些情况下输出到电源或输出到地面之间或相邻引脚之间发生短路会造成 IC 损毁、烟雾及起火。

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

Toshiba Corporation and its subsidiaries and affiliates are collectively referred to as "TOSHIBA".

Hardware, software and systems described in this document are collectively referred to as "Product".

- TOSHIBA reserves the right to make changes to the information in this document and related Product without notice.
- This document and any information herein may not be reproduced without prior written permission from TOSHIBA. Even with TOSHIBA's written permission, reproduction is permissible only if reproduction is without alteration/omission.
- Though TOSHIBA works continually to improve Product's quality and reliability, Product can malfunction or fail. Customers are responsible for complying with safety standards and for providing adequate designs and safeguards for their hardware, software and systems which minimize risk and avoid situations in which a malfunction or failure of Product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property, including data loss or corruption. Before customers use the Product, create designs including the Product, or incorporate the Product into their own applications, customers must also refer to and comply with (a) the latest versions of all relevant TOSHIBA information, including without limitation, this document, the specifications, the data sheets and application notes for Product and the precautions and conditions set forth in the "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" and (b) the instructions for the application with which the Product will be used with or for. Customers are solely responsible for all aspects of their own product design or applications, including but not limited to (a) determining the appropriateness of the use of this Product in such design or applications; (b) evaluating and determining the applicability of any information contained in this document, or in charts, diagrams, programs, algorithms, sample application circuits, or any other referenced documents; and (c) validating all operating parameters for such designs and applications. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR CUSTOMERS' PRODUCT DESIGN OR APPLICATIONS.**
- **PRODUCT IS NEITHER INTENDED NOR WARRANTED FOR USE IN EQUIPMENTS OR SYSTEMS THAT REQUIRE EXTRAORDINARILY HIGH LEVELS OF QUALITY AND/OR RELIABILITY, AND/OR A MALFUNCTION OR FAILURE OF WHICH MAY CAUSE LOSS OF HUMAN LIFE, BODILY INJURY, SERIOUS PROPERTY DAMAGE AND/OR SERIOUS PUBLIC IMPACT ("UNINTENDED USE").** Except for specific applications as expressly stated in this document, Unintended Use includes, without limitation, equipment used in nuclear facilities, equipment used in the aerospace industry, medical equipment, equipment used for automobiles, trains, ships and other transportation, traffic signaling equipment, equipment used to control combustions or explosions, safety devices, elevators and escalators, devices related to electric power, and equipment used in finance-related fields. **IF YOU USE PRODUCT FOR UNINTENDED USE, TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR PRODUCT.** For details, please contact your TOSHIBA sales representative.
- Do not disassemble, analyze, reverse-engineer, alter, modify, translate or copy Product, whether in whole or in part.
- Product shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable laws or regulations.
- The information contained herein is presented only as guidance for Product use. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringement of patents or any other intellectual property rights of third parties that may result from the use of Product. No license to any intellectual property right is granted by this document, whether express or implied, by estoppel or otherwise.
- **ABSENT A WRITTEN SIGNED AGREEMENT, EXCEPT AS PROVIDED IN THE RELEVANT TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR PRODUCT, AND TO THE MAXIMUM EXTENT ALLOWABLE BY LAW, TOSHIBA (1) ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES OR LOSS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOSS OF PROFITS, LOSS OF OPPORTUNITIES, BUSINESS INTERRUPTION AND LOSS OF DATA, AND (2) DISCLAIMS ANY AND ALL EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AND CONDITIONS RELATED TO SALE, USE OF PRODUCT, OR INFORMATION, INCLUDING WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ACCURACY OF INFORMATION, OR NONINFRINGEMENT.**
- Do not use or otherwise make available Product or related software or technology for any military purposes, including without limitation, for the design, development, use, stockpiling or manufacturing of nuclear, chemical, or biological weapons or missile technology products (mass destruction weapons). Product and related software and technology may be controlled under the applicable export laws and regulations including, without limitation, the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Law and the U.S. Export Administration Regulations. Export and re-export of Product or related software or technology are strictly prohibited except in compliance with all applicable export laws and regulations.
- Please contact your TOSHIBA sales representative for details as to environmental matters such as the RoHS compatibility of Product. Please use Product in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGES OR LOSSES OCCURRING AS A RESULT OF NONCOMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.**