MCF8329HS-Q1 汽车无传感器磁场定向控制 (FOC)三相 BLDC 栅极驱动器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 1：–40°C ≤ T_A ≤ 125°C
- 采用集成无传感器电机控制算法的三相 BLDC 栅极驱动器
  - 无代码场定向控制 (FOC)
  - 支持高达 2.5kHz（电气频率）
  - 速度、电流、功率和电压控制模式
  - 正向和反向转动支持
  - 可配置的功率和速度限制
  - 模拟，PWM，频率或基于 I²C 的控制输入
  - 泵的可配置空运行检测
  - 外部 MCU 看门狗监控，具有跛行模式和重置信号
  - 支持可选的 1 霍尔输入
  - 5 点可配置参考配置文件支持
  - 抗电压浪涌和主动制动，可防止直流总线过压
  - 用于高速运行的弱磁
  - 每安培最大扭矩 (MTPA)，以提高效率
- 65V 三相半桥栅极驱动器
  - 可驱动工作电压为 4.5V 至 60V 的 3 个高侧和 3 个低侧 N 沟道 MOSFET
  - 支持 100% PWM 占空比
  - 基于自举的栅极驱动器架构
  - 1A/2A 峰值拉/灌电流
- 集成电流检测放大器
  - 可调增益（5、10、20、40V/V）
- 低功耗睡眠模式
  - V_{PVDD} = 24V、T_A = 25°C 时为 5µA（最大值）
- 速度环路精度：使用内部时钟时小于 3%
- 具有 R/W 安全性的可配置 EEPROM
- 支持高达 80kHz 的 PWM 开关频率
- 可配置 LDO：（3.3V 或 5V）±3%，50mA
- 独立驱动器关断路径 (DRVOFF)
- 展频和 PWM 抖动，用于降低 EMI
- 整套集成保护特性
  - 所有电源轨上的欠压保护
  - 断相（无电机）检测，包括断相信息
  - 所有 6 个 FET 的短路保护 (VDS)
  - 电机锁定检测
  - 热关断 (TSD)
  - nFAULT 或 FG 引脚上的故障指示
  - 可选择通过 I²C 接口进行故障诊断

2 应用

- 冷却液泵和水泵
- 燃油泵和机油泵
- HVAC 风机
- 引擎冷却风扇和电池冷却风扇
- 天窗模块、 雨刮器模块
- 区域模块

3 说明

MCF8329HS-Q1 提供一个单芯片、无代码、无传感器的 FOC 器件来驱动高达 2.5kHz（电气速度）的 12V 或 24V 汽车无刷直流电机 (BLDC) 或永磁同步电机 (PMSM)。MCF8329HS-Q1 具有三个半桥栅极驱动器，每个驱动器都能够驱动高侧和低侧 N 沟道功率 MOSFET。该器件具有涓流电荷泵，支持 100% 占空比。MCF8329HS-Q1 可通过单一电源运行。

算法配置可存储在非易失性 EEPROM 中，从而允许器件在配置完毕后独立运行。MCF8329HS-Q1 集成了多种保护特性，可在出现故障事件时保护该器件、电机和系统。

MCF8329HS-Q1 采用 32 引脚、0.5mm 引脚间距、6x4mm、可焊侧翼 WQFN 封装 (RRY)。

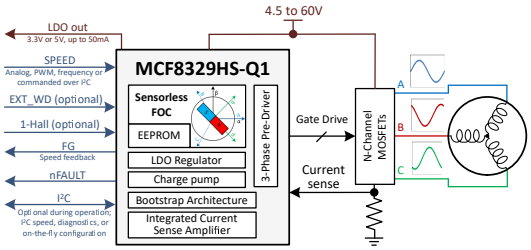
器件信息(1)

器件型号	封装	封装尺寸 (2)
MCF8329HSIQRRYRQ1	WQFN (32)	6.00 mm x 4.00 mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。

参考文档：

- 请参阅 MCF8329HS-Q1 EVM
- 请参阅 MCF8329HS-Q1 GUI (MOTORSTUDIO)



简化版原理图

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

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
5 规格 5
5.1 绝对最大额定值 5
5.2 ESD 等级 - 汽车 6
5.3 建议运行条件 6
5.4 热性能信息 6
5.5 电气特性 7
5.6 标准和快速模式下 SDA 和 SCL 总线的特征 13
5.7 典型特性 15
6 详细说明 16
6.1 概述 16
6.2 功能方框图 17
6.3 特性说明 18
6.4 器件功能模式 73
6.5 外部接口 74
6.6 EEPROM 访问和 I²C 接口 78
7 EEPROM（非易失性）寄存器映射 85
7.1 Algorithm_Configuration 寄存器 86
7.2 Fault_Configuration 寄存器 108
7.3 Hardware_Configuration 寄存器 115
7.4 Internal_Algorithm_Configuration 寄存器 125
8 RAM（易失性）寄存器映射 130
8.1 Fault_Status 寄存器 131
8.2 System_Status 寄存器 135
8.3 Algorithm_Control 寄存器 138
8.4 器件控制寄存器 144
8.5 算法变量寄存器 146
9 应用和实施 163
9.1 应用信息 163
9.2 典型应用 163
9.3 电源相关建议 169
9.4 布局 169
10 器件和文档支持 173
10.1 文档支持 173
10.2 支持资源 173
10.3 商标 173
10.4 静电放电警告 173
10.5 术语表 173
11 修订历史记录 173
12 机械、封装和可订购信息 174

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

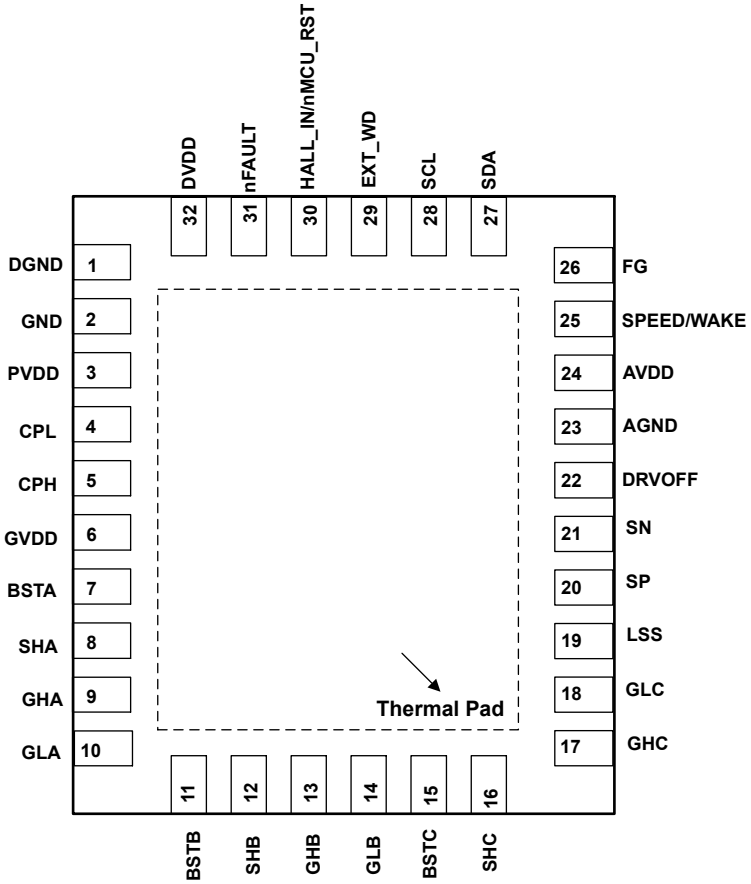


图 4-1. MCF8329HS-Q132 引脚 WQFN（带有外露散热焊盘）顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚	32 引脚封装	类型[1]	说明
名称	MCF8329HS-Q1		
AGND	23	GND	器件模拟接地
AVDD	24	PWR	3.3 或 5V 稳压器输出。在 AVDD 和 AGND 引脚之间连接一个 X7R，1 μF 或 2.2 μF，10V 的陶瓷电容器。该稳压器可为外部电路拉取高达 50mA 的电流。在工作电压 (AVDD) 和温度降额后，AVDD 电容器应具有 0.5 μF 到 2.8 μF 之间的有效电容。
BSTA	7	O	自举输出引脚。在 BSTA 和 SHA 之间连接一个 X7R，1μF，25V 陶瓷电容器。
BSTB	11	O	自举输出引脚。在 BSTB 和 SHB 之间连接一个 X7R，1μF，25V 陶瓷电容器。
BSTC	15	O	自举输出引脚。在 BSTC 和 SHC 之间连接一个 X7R，1μF，25V 陶瓷电容器。
CPH	5	PWR	电荷泵开关节点。在 CPH 引脚和 CPL 引脚之间连接一个 X7R、额定电压为 PVDD 的陶瓷电容器。TI 建议电容器的额定电压至少是引脚正常工作电压的两倍。
CPL	4	PWR	
DGND	1	GND	器件数字接地
DRVOFF	22	I	独立驱动器关断路径。通过将栅极驱动器置于下拉状态，将 DRVOFF 拉高可关断所有外部 MOSFET。该信号绕过并覆盖数字和控制内核。
DVDD	32	PWR	1.5V 内部稳压器输出。在 DVDD 和 DGND 引脚之间连接一个 X7R，1 μF 或 2.2μF，10V 的陶瓷电容器。在工作电压 (DVDD) 和温度降额后，DVDD 电容器应具有 0.5 μF 到 2.8 μF 之间的有效电容。
EXT_WD	29	I	用于外部 MCU 监控的看门狗输入

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 4-1. 引脚功能（续）

引脚 名称	32 引脚封装 MCF8329HS-Q1	类型(1)	说明
FG	26	O	电机速度指示器：开漏输出，需要一个连接到 1.8V 至 5V 电压的上拉电阻器。通过将 PULLUP_ENABLE 设置为 1b，可启用连接到 AVDD 的可选内部上拉电阻器；启用内部上拉电阻器时，不应使用外部上拉电阻器。
GHA	9	O	高侧栅极驱动器输出。连接到高侧功率 MOSFET 的栅极
GHB	13	O	高侧栅极驱动器输出。连接到高侧功率 MOSFET 的栅极
GHC	17	O	高侧栅极驱动器输出。连接到高侧功率 MOSFET 的栅极
GLA	10	O	低侧栅极驱动器输出。连接到低侧功率 MOSFET 的栅极
GLB	14	O	低侧栅极驱动器输出。连接到低侧功率 MOSFET 的栅极
GLC	18	O	低侧栅极驱动器输出。连接到低侧功率 MOSFET 的栅极
GND	2	GND	器件电源接地
GVDD	6	PWR	栅极驱动器电源输出。在 GVDD 和 GND 引脚之间连接一个 X7R，额定电压为 30V，局部电容 ≥ 10μF 的陶瓷电容器。TI 建议使用 >10x C_{BSTx} 的电容值和至少两倍于引脚正常工作电压的额定电压。
HALL_IN/ nMCU_RST	30	I/O	通用引脚。单个（3.3V 或 5V）数字霍尔锁存器（可选）输入，用于在电机锁定检测中实现冗余，或在发生看门狗超时故障时向外部 MCU 提供低电平有效（通过内部上拉至 AVDD）复位信号。
LSS	19	PWR	低侧源极引脚，连接此处外部低侧 MOSFET 的所有源极。该引脚是低侧栅极驱动器的灌电流路径，并用作监测低侧 MOSFET VDS 电压和 VSEN_OCP 电压的输入。
nFAULT	31	O	故障指示器。故障条件下拉至逻辑低电平；开漏输出需要一个连接到 1.8V 至 5V 电压的上拉电阻器。通过将 PULLUP_ENABLE 设置为 1b，可启用连接到 AVDD 的可选内部上拉电阻器；启用内部上拉电阻器时，不应使用外部上拉电阻器
PVDD	3	PWR	栅极驱动器电源输入。连接到电桥电源。在 PVDD 和 GND 引脚之间连接一个 X7R，0.1μF，额定电压大于 2 倍 PVDD，局部电容大于 10μF 的陶瓷电容器。TI 建议电容器的额定电压至少是引脚正常工作电压的两倍。
SCL	28	I	I^2C 时钟输入
SDA	27	I/O	I^2C 数据线
SHA	8	I/O	高侧源极引脚。连接到高侧功率 MOSFET 源极。该引脚是 VDS 监视器的输入和高侧栅极驱动器灌电流的输出。
SHB	12	I/O	高侧源极引脚。连接到高侧功率 MOSFET 源极。该引脚是 VDS 监视器的输入和高侧栅极驱动器灌电流的输出。
SHC	16	I/O	高侧源极引脚。连接到高侧功率 MOSFET 源极。该引脚是 VDS 监视器的输入和高侧栅极驱动器灌电流的输出。
SN	21	I	电流检测放大器输入。连接到电流采样电阻的低侧。
SP	20	I	低侧分流放大器输入。连接到低侧功率 MOSFET 源极和电流分流电阻器的高侧。
SPEED/ WAKE	25	I	多功能输入。 器件睡眠/唤醒输入。 器件速度输入；支持基于模拟、PWM 或频率的基准（速度或电流或功率或电压）输入。
散热焊盘	-	PWR	必须接地

(1) I = 输入，O = 输出，GND = 接地引脚，PWR = 电源，NC = 无连接

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在工作温度范围内（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
电源引脚电压	PVDD	-0.3	65	V
电源引脚电压	PVDD，在 1,000 个周期内每次持续 40ms（总计 40 秒），贯穿整个生命周期		70	V
自举引脚电压	BSTx	-0.3	80	V
自举引脚电压	BSTx，以 SHx 为基准	-0.3	20	V
自举引脚电压	BSTx，以 GHx 为基准	-0.3	20	V
电荷泵引脚电压	CPL、CPH	-0.3	V_{GVDD}	V
接地引脚之间的电压差	GND、DGND、AGND	-0.3	0.3	V
栅极驱动器稳压器引脚电压	GVDD	-0.3	20	V
数字稳压器引脚电压	DVDD	-0.3	1.7	V
模拟稳压器引脚电压	AVDD	-0.3	6	V
逻辑引脚电压	DRVOFF、EXT_WD、HALL_IN、SCL、SDA、SPEED/WAKE	-0.3	6	V
开漏引脚输出电压	nFAULT、FG、nMCU_RST	-0.3	6	V
高侧栅极驱动引脚电压	GHx	-8	80	V
高侧栅极驱动引脚 500ns 瞬态电压	GHx	-10	80	V
高侧栅极驱动引脚电压	GHx，以 SHx 为基准	-0.3	20	V
高侧源极引脚电压	SHx	-8	70	V
高侧源极引脚 500ns 瞬态电压	SHx	-10	72	V
低侧栅极驱动引脚电压	GLx，以 LSS 为基准	-0.3	20	V
低侧栅极驱动引脚 500ns 瞬态电压(2)	GLx，以 LSS 为基准	-1	20	V
低侧栅极驱动引脚电压	GLx，以 GVDD 为基准		0.3	V
低侧栅极驱动引脚 500ns 瞬态电压	GLx，以 GVDD 为基准		1	V
低侧源极检测引脚电压	LSS	-1	1	V
低侧源极检测引脚 500ns 瞬态电压	LSS	-10	8	V
栅极驱动电流	GHx、GLx	内部受限制	内部受限制	A
并联放大器输入引脚电压	SN、SP	-1	1	V
分流放大器输入引脚 500ns 瞬态电压	SN、SP	-10	8	V
环境温度，T_A		-40	125	°C
结温，T_J		-40	150	°C
存储温度，T_{stg}		-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命

(2) 当 GLx-LSS 为负时，支持高达 5A、持续时间为 500nS 的电流

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.2 ESD 等级 - 汽车

				值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002(1) HBM ESD 分类等级 2		±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 CDM ESD 分类等级 C4B	转角引脚	±750	
			其他引脚	±750	

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

5.3 建议运行条件

在工作温度范围内（除非另有说明）

			最小值	标称值	最大值	单位
V_{PVDD}	电源电压	PVDD	4.5		60	V
V_{PVDD_RAMP}	上电时的电源电压斜升速率	PVDD			30	V/µs
V_{BST}	以 SHx 为基准的自举引脚电压	SPEED/WAKE = 高，输出正在切换	4		20	V
I_{AVDD}(1)	稳压器外部负载电流	AVDD			50	mA
$I_{TRICKLE}$	涓流电荷泵外部负载电流	BSTx			2	µA
V_{IN}	逻辑输入电压	DRVOFF、EXT_WD、HALL_IN、SCL、SDA、SPEED/WAKE	0		5.5	V
f_{PWM}	PWM 频率		0		80	kHz
V_{OD}	开漏上拉电压	FG、nFAULT、nMCU_RST			5.5	V
I_{OD}	开漏输出电流	nFAULT			-10	mA
I_{GS}(1)	总平均栅极驱动电流（低侧和高侧相结合）	I_{GHx}、I_{GLx}			30	mA
V_{SHSL}	SHx 引脚上的压摆率				4	V/ns
C_{BOOT}	BSTx 和 SHx 之间的电容器				4.7(2)	µF
C_{GVDD}	GVDD 和 GND 之间的电容器				130	µF
T_A	工作环境温度		-40		125	°C
T_J	工作结温		-40		150	°C

(1) 必须遵循功率耗散和热限值
(2) 当 C_{BSTx} 大于 4.7µF 时，需要限制流经自举二极管 (DBOOT) 的电流。

5.4 热性能信息

热指标(1)		MCF8329HS-Q1 RRY (WQFN) 32 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	31.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	19.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	10.7	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.6	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	10.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	3.7	°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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源（PVDD、GVDD、AVDD、DVDD）						
I_{PVDDQ}	PVDD 睡眠模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ = 0，T_A = 25°C		3	5	μA
		$V_{SPEED/WAKE}$ = 0，T_A = 125°C		3.5	6	μA
I_{PVDDS}	PVDD 待机模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF = 低电平，T_A = 25°C，CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF= 低电平，CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
I_{PVDDS}	PVDD 待机模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF = 低电平，T_A = 25°C，CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF= 低电平，CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
I_{PVDDS}	PVDD 待机模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF = 低电平，T_A = 25°C，CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}，DRVOFF= 低电平，CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
I_{PVDD}	PVDD 活动模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，T_J = 25°C，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
I_{PVDD}	PVDD 活动模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，T_J = 25°C，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
I_{PVDD}	PVDD 活动模式电流	V_{PVDD} = 12V，$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，T_J = 25°C，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
		$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)，未连接 FET 和电机，CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
IL_{BSx}	自举引脚泄漏电流	V_{BSTx} = V_{SHx} = 60V，V_{GVDD} = 0V，$V_{SPEED/WAKE}$ = 低电平	5	10	16	μA
IL_{BS_TRAN}	自举引脚运行模式瞬态漏电流	GLx = GHx = 开关频率为 20kHz，未连接 FET	60	115	300	μA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{GVDD_RT}	GVDD 栅极驱动器稳压器电压（室温）	V_{PVDD} ≥ 40V，I_{GS} = 10mA，T_J = 25°C	11.8	13	15	V
		22V ≤ V_{PVDD} ≤ 40V，I_{GS} = 30mA，T_J = 25°C	11.8	13	15	V
		8V ≤ V_{PVDD} ≤ 22V，I_{GS} = 30mA，T_J = 25°C	11.8	13	15	V
		6.75V ≤ V_{PVDD} ≤ 8V，I_{GS} = 10mA，T_J = 25°C	11.8	13	14.5	V
		4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 6.75V，I_{GS} = 10mA，T_J = 25°C	2*V_{PVDD} - 1		13.5	V
V_{GVDD}	GVDD 栅极驱动器稳压器电压	V_{PVDD} ≥ 40V，I_{GS} = 10mA	11.5		15.5	V
		22V ≤ V_{PVDD} ≤ 40V，I_{GS} = 30mA	11.5		15.5	V
		8V ≤ V_{PVDD} ≤ 22V，I_{GS} = 30mA	11.5		15.5	V
		6.75V ≤ V_{PVDD} ≤ 8V，I_{GS} = 10mA	11.5		14.5	V
		4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 6.75V，I_{GS} = 10mA	2*V_{PVDD} - 1.4		13.5	V
V_{AVDD_RT}	AVDD 模拟稳压器电压（室温），AVDD_VOL_SEL = 0b	V_{PVDD} ≥ 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA，T_J = 25°C	3.2	3.3	3.34	V
		4.5 ≤ V_{PVDD} < 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA，T_J= 25°C	3.13	3.3	3.46	V
V_{AVDD_RT}	AVDD 模拟稳压器电压（室温），AVDD_VOL_SEL = 1b	V_{PVDD} ≥ 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA，T_J = 25°C	4.85	5	5.15	V
V_{AVDD}	AVDD 模拟稳压器电压，AVDD_VOL_SEL = 0b	V_{PVDD} ≥ 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA	3.2	3.3	3.4	V
		4.5 ≤ V_{PVDD} < 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA	3.125	3.3	3.5	V
V_{AVDD}	AVDD 模拟稳压器电压，AVDD_VOL_SEL = 1b	V_{PVDD} ≥ 6V，0mA ≤ I_{AVDD} ≤ 50mA	4.85	5	5.15	V
V_{DVDD}	数字稳压器电压		1.52	1.62	1.7	V
栅极驱动器（GHx、GLx、SHx、SLx）						
V_{GSHx_LO}	高侧栅极驱动低电平电压	I_{GHx} = -100mA，V_{GVDD} = 12V，未连接 FET	0.05	0.11	0.24	V
V_{GSHx_HI}	高侧栅极驱动高电平电压（V_{BSTx} - V_{GHx}）	I_{GHx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V，未连接 FET	0.28	0.44	0.82	V
V_{GSLx_LO}	低侧栅极驱动低电平电压	I_{GLx} = -100mA，V_{GVDD} = 12V，未连接 FET	0.05	0.11	0.27	V
V_{GSLx_HI}	低侧栅极驱动高电平电压（V_{GVDD} - V_{GLx}）	I_{GLx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V，未连接 FET	0.28	0.44	0.82	V
$R_{DS(ON)_PU_HS}$	高侧上拉开关电阻	I_{GHx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V	2.7	4.5	8.4	Ω
$R_{DS(ON)_PD_HS}$	高侧下拉开关电阻	I_{GHx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V	0.5	1.1	2.4	Ω
$R_{DS(ON)_PU_LS}$	低侧上拉开关电阻	I_{GLx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V	2.7	4.5	8.3	Ω
$R_{DS(ON)_PD_LS}$	低侧下拉开关电阻	I_{GLx} = 100mA，V_{GVDD} = 12V	0.5	1.1	2.8	Ω
I_{DRIVEP_HS}	高侧峰值栅极拉电流	V_{GSHx} = 12V	550	1000	1575	mA
I_{DRIVEN_HS}	高侧峰值栅极灌电流	V_{GSHx} = 0V	1150	2000	2675	mA
I_{DRIVEP_LS}	低侧峰值栅极拉电流	V_{GSLx} = 12V	550	1000	1575	mA
I_{DRIVEN_LS}	低侧峰值栅极灌电流	V_{GSLx} = 0V	1150	2000	2675	mA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
R_{PD_LS}	低侧无源下拉电阻	GLx 至 LSS	80	100	120	kΩ
R_{PDSA_HS}	高侧半有源下拉电阻	GHx 至 SHx，V_{GSHx} = 2V	8	10	12.5	kΩ
自举二极管						
V_{BOOTD}	自举二极管正向电压	I_{BOOT} = 100μA			0.8	V
		I_{BOOT} = 100mA			1.6	V
R_{BOOTD}	自举动态电阻（$\Delta V_{BOOTD}/\Delta I_{BOOT}$）	I_{BOOT} = 100mA 和 50mA	4.5	5.5	9	Ω
逻辑电平输入（SCL、SDA、SPEED/WAKE、EXT_WD、HALL_IN）						
V_{IL}	输入逻辑低电平电压	AVDD = 3.3V、5V			0.25*AVDD	V
V_{IH}	输入逻辑高电平电压	AVDD = 3.3V、5V	0.65*AVDD			V
V_{HYS}	输入迟滞		50	500	800	mV
I_{IL}	输入逻辑低电平电流	AVDD = 3.3V、5V	-0.15		0.15	μA
I_{IH}	输入逻辑高电流	AVDD = 3.3V、5V	-0.3		0.1	μA
R_{PD_SPEED}	输入下拉电阻	SPEED/WAKE 引脚至 GND	0.6	1	1.4	MΩ
逻辑电平输入 (DRVOFF)						
V_{IL}	输入逻辑低电平电压				0.8	V
V_{IH}	输入逻辑高电平电压		2.2			V
V_{HYS}	输入迟滞		200	400	650	mV
I_{IL}	输入逻辑低电平电流	引脚电压 = 0V	-1	0	1	μA
I_{IH}	输入逻辑高电流	引脚电压 = 5V	7	20	35	μA
R_{PD_DRVOFF}	输入下拉电阻	DRVOFF 至 GND	100	200	300	kΩ
漏极开路输出（nFAULT、FG、nMCU_RST）						
V_{OL}	输出逻辑低电平电压	I_{OD} = -5mA			0.4	V
I_{OZ}	输出逻辑高电平电流	V_{OD} = 3.3V	0		0.5	μA
速度输入 - 模拟模式						
V_{ANA_FS}	模拟全速电压		2.95	3	3.05	V
V_{ANA_RES}	模拟电压分辨率			732		μV
速度输入 - PWM 模式						
f_{PWM}	PWM 输入频率		0.01		100	kHz
Res_{PWM}	PWM 输入分辨率	f_{PWM} = 0.01 至 0.35kHz	11	12	13	位
		f_{PWM} = 0.35 至 2kHz	12	13	14	位
		f_{PWM} = 2 至 3.5kHz	11	11.5	12	位
		f_{PWM} = 3.5 至 7kHz	13	13.5	14	位
		f_{PWM} = 7 至 14kHz	12	12.5	13	位
		f_{PWM} = 14 至 29.2kHz	11	11.5	12	位
		f_{PWM} = 29.3 至 60kHz	10	10.5	11	位
		f_{PWM} = 60 至 95kHz	8	9	10	位
速度输入 - 频率模式						
f_{PWM_FREQ}	PWM 输入频率范围	占空比 = 50%	3		32767	Hz
睡眠模式						
V_{EN_SL}	进入睡眠模式的模拟电压	SPEED_MODE = 00b（模拟模式）			40	mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{EX_SL}	退出睡眠模式的模拟电压		2.6			V
t_{DET_ANA}	检测 SPEED/WAKE 引脚上的唤醒信号所需的时间	SPEED_MODE = 00b（模拟模式），$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}	0.5	1	1.5	µs
t_{WAKE}	从睡眠模式唤醒的时间	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL} 以使 DVDD 电压可用，SPEED_MODE = 00b（模拟模式）		3	5	ms
$t_{EX_SL_DR_ANA}$	退出睡眠模式后驱动电机所需的时间	SPEED_MODE = 00b（模拟模式）$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}，禁用 ISD 检测			30	ms
t_{DET_PWM}	检测 SPEED 引脚上的唤醒信号所需的时间	SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）11b（频率模式），$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH}	0.5	1	1.5	µs
t_{WAKE_PWM}	从睡眠模式唤醒的时间	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH} 以使 DVDD 电压可用并释放 nFault，SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式）		3	5	ms
$t_{EX_SL_DR_PWM}$	从睡眠状态唤醒后驱动电机所需的时间	SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH}，禁用 ISD 检测			30	ms
$t_{DET_SL_ANA}$	检测睡眠命令所需的时间	SPEED_MODE = 00b（模拟模式）$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SL}，SLEEP_ENTRY_TIME = 00b 或 01b	0.5	1	2	ms
$t_{DET_SL_PWM}$	检测睡眠命令所需的时间	SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL}（PWM 模式和频率模式），SLEEP_ENTRY_TIME = 00b	0.035	0.05	0.065	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL}（PWM 模式和频率模式），SLEEP_ENTRY_TIME = 01b	0.14	0.2	0.26	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）、11b（频率模式）或 00b（模拟模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL}（PWM 模式和频率模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SL}（模拟模式），SLEEP_ENTRY_TIME = 10b	14	20	26	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）、11b（频率模式）或 00b（模拟模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL}（PWM 模式和频率模式），$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SL}（模拟模式），SLEEP_ENTRY_TIME = 11b	140	200	260	ms
t_{EN_SL}	检测到睡眠命令后停止驱动电机所需的时间	$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SL}（模拟模式）或 $V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL}（PWM 和频率模式）		1	2	ms
待机模式						
$t_{EX_SB_DR_ANA}$	退出待机模式后驱动电机所需的时间	SPEED_MODE = 00b（模拟模式）V_{SPEED} > V_{EN_SB}，禁用 ISD 检测			6	ms
$t_{EX_SB_DR_PWM}$	退出待机模式后驱动电机所需的时间	SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）V_{SPEED} > V_{IH}，禁用 ISD 检测			6	ms
$t_{DET_SB_ANA}$	检测待机模式所需的时间	SPEED_MODE = 00b（模拟模式）V_{SPEED} < V_{EN_SB}	0.5	1	2	ms

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{EN_SB_PWM}$	检测待机命令所需的时间	SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），V_{SPEED} < V_{IL}，SLEEP_ENTRY_TIME = 00b	0.035	0.05	0.065	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），V_{SPEED} < V_{IL}，SLEEP_ENTRY_TIME = 01b	0.14	0.2	0.26	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），V_{SPEED} < V_{IL}，SLEEP_ENTRY_TIME = 10b	14	20	26	ms
		SPEED_MODE = 01b（PWM 模式）或 11b（频率模式），V_{SPEED} < V_{IL}，SLEEP_ENTRY_TIME = 11b	140	200	260	ms
$t_{EN_SB_DIG}$	检测待机模式所需的时间	SPEED_MODE = 10b（I2C 模式），SPEED_CMD = 0		1	2	ms
t_{EN_SB}	检测到待机命令后停止驱动电机所需的时间	V_{SPEED} < V_{EN_SL}（模拟模式）或 V_{SPEED} < V_{IL}（PWM 模式）或速度命令 = 0（I2C 模式）		1	2	ms
保护电路						
V_{AVDD_UVLO}	稳压器欠压锁定 (AVDD-UVLO)	电源上升	2.6	2.7	2.8	V
		电源下降	2.6	2.7	2.8	V
$V_{AVDD_UVLO_HYS}$	稳压器 UVLO 迟滞	上升至下降阈值	150	190	240	mV
$t_{AVDD_UVLO_DEG}$	稳压器 UVLO 抗尖峰脉冲时间			5		µs
V_{DVDD_UVLO}	数字稳压器欠压锁定 (DVDD-UVLO)	电源电压上升	1.2	1.28	1.32	V
V_{DVDD_UVLO}	数字稳压器欠压锁定 (DVDD-UVLO)	电源电压下降	1.18	1.23	1.3	V
V_{PVDD_UV}	PVDD 欠压锁定阈值	V_{PVDD} 上升	4.3	4.4	4.5	V
		V_{PVDD} 下降	4	4.1	4.25	
$V_{PVDD_UV_HYS}$	PVDD 欠压锁定迟滞	上升至下降阈值	225	265	325	mV
$t_{PVDD_UV_DG}$	PVDD 欠压抗尖峰脉冲时间		10	20	30	µs
V_{AVDD_POR}	AVDD 电源 POR 阈值	AVDD 上升	2.7	2.85	3.0	V
		AVDD 下降	2.5	2.65	2.8	
$V_{AVDD_POR_HYS}$	AVDD POR 迟滞	上升至下降阈值	170	200	250	mV
$t_{AVDD_POR_DG}$	AVDD POR 抗尖峰脉冲时间		7	12	22	µs
V_{GVDD_UV}	GVDD 欠压阈值	V_{GVDD} 上升	7.3	7.5	7.8	V
		V_{GVDD} 下降	6.4	6.7	6.9	V
$V_{GVDD_UV_HYS}$	GVDD 欠压迟滞	上升至下降阈值	800	900	1000	mV
$t_{GVDD_UV_DG}$	GVDD 欠压抗尖峰脉冲时间		5	10	15	µs
V_{BST_UV}	自举欠压阈值	V_{BSTx} - V_{SHx}，V_{BSTx} 上升	3.9	4.45	5	V
		V_{BSTx} - V_{SHx}，V_{BSTx} 下降	3.7	4.2	4.8	V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BST_UV_HYS}$	自举欠压迟滞	上升至下降阈值	150	220	285	mV
$t_{BST_UV_DG}$	自举欠压抗尖峰脉冲时间		2	4	6	µs
V_{DS_LVL}	V_{DS} 过流保护阈值基准	SEL_VDS_LVL = 0000	0.04	0.06	0.08	V
		SEL_VDS_LVL = 0001	0.09	0.12	0.15	V
		SEL_VDS_LVL = 0010	0.14	0.18	0.23	V
		SEL_VDS_LVL = 0011	0.19	0.24	0.29	V
		SEL_VDS_LVL = 0100	0.23	0.3	0.37	V
		SEL_VDS_LVL = 0101	0.3	0.36	0.43	V
		SEL_VDS_LVL = 0110	0.35	0.42	0.5	V
		SEL_VDS_LVL = 0111	0.4	0.48	0.56	V
		SEL_VDS_LVL = 1000	0.5	0.6	0.7	V
		SEL_VDS_LVL = 1001	0.65	0.8	0.9	V
		SEL_VDS_LVL = 1010	0.85	1	1.15	V
		SEL_VDS_LVL = 1011	1	1.2	1.34	V
		SEL_VDS_LVL = 1100	1.2	1.4	1.58	V
		SEL_VDS_LVL = 1101	1.4	1.6	1.78	V
		SEL_VDS_LVL = 1110	1.6	1.8	2	V
		SEL_VDS_LVL = 1111	1.7	2	2.2	V
V_{SENSE_LVL}	V_{SENSE} 过流保护阈值	LSS 至 GND 引脚 = 0.5V	0.48	0.5	0.52	V
t_{DS_BLK}	V_{DS} 过流保护消隐时间		0.5	1	2.7	µs
t_{DS_DG}	V_{DS} 和 V_{SENSE} 过流保护抗尖峰脉冲时间		1.5	3	5	µs
$t_{SD_SINK_DIG}$	DRVOFF 峰值灌电流持续时间		3	5	7	µs
t_{SD_DIG}	DRVOFF 数字关断延迟		0.5	1.5	2.2	µs
t_{SD}	DRVOFF 模拟关断延迟		7	14	21	µs
T_{OTSD}	热关断温度	T_J 上升	160	170	187	°C
T_{HYS}	热关断迟滞		16	20	23	°C
I²C 串行接口						
V_{I2C_L}	低电平输入电压		-0.5		0.3*AVDD	V
V_{I2C_H}	高电平输入电压		0.7*AVDD		5.5	V
V_{I2C_HYS}	迟滞		0.05*AVDD			V
V_{I2C_OL}	低电平输出电压	2mA 灌电流漏极开路	0		0.4	V
I_{I2C_OL}	低电平输出电流	V_{I2C_OL} = 0.6V			6	mA
I_{I2C_IL}	SDA 和 SCL 上的输入电流		-10(1)		10(1)	µA
C_i	SDA 和 SCL 的电容				10	pF
t_{of}	从 V_{I2C_H}（最小值）到 V_{I2C_L}（最大值）的输出下降时间	标准模式			250(2)	ns
		快速模式			250(2)	ns
t_{SP}	必须由输入滤波器进行抑制的尖峰脉冲宽度	快速模式	0		50(3)	ns
EEPROM						
EE_{Prog}	编程电压		1.35	1.5	1.65	V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

4.5V ≤ V_{PVDD} ≤ 60V，–40°C ≤ T_J ≤ 150°C（除非另有说明）。典型限值适用于 T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
EE_{RET}	保持	T_A = 25℃		100		年
		T_J = -40 至 150℃	10			年
EE_{END}	耐久性	T_J = -40 至 150℃	1000			周期
		T_J = -40 至 85℃	20000			周期

(1) 如果 AVDD 关闭，则 I/O 引脚不得妨碍 SDA 和 SCL 线。
(2) SDA 和 SCL 总线的最大 tf (300ns) 长于输出级的额定最大 tof (250ns)。这允许在 SDA/SCL 引脚以及 SDA/SCL 总线之间连接串联保护电阻器 (Rs)，而不超过最大 tf 额定值。
(3) SDA 和 SCL 输入端的输入滤波器可抑制小于 50ns 的噪声尖峰。

5.6 标准和快速模式下 SDA 和 SCL 总线的特征

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
标准模式						
f_{SCL}	SCL 时钟频率		0		100	kHz
t_{HD_STA}	（重复）START 条件后的保持时间	在这段时间后，第一个时钟脉冲被生成。	4			µs
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期		4.7			µs
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期		4			µs
t_{SU_STA}	重复 START 条件的建立时间		4.7			µs
t_{HD_DAT}	数据保持时间 (1)	I2C 总线器件	0 (2)		(3)	µs
t_{SU_DAT}	数据建立时间		250			ns
t_r	SDA 和 SCL 信号的上升时间				1000	ns
t_f	SDA 和 SCL 信号的下降时间 (2)(5)(6)(7)				300	ns
t_{SU_STO}	STOP 条件的建立时间		4			µs
t_{BUF}	停止条件和启动条件之间的总线空闲时间		4.7			µs
C_b	每个总线的容性负载 (8)				400	pF
t_{VD_DAT}	数据有效时间 (9)				3.45 (3)	µs
t_{VD_ACK}	数据有效确认时间 (10)				3.45 (3)	µs
V_{nL}	低电平的噪声容限	对于每个连接的器件（包括迟滞）	0.1*AVDD			V
V_{nh}	高电平的噪声容限	对于每个连接的器件（包括迟滞）	0.2*AVDD			V
快速模式						
f_{SCL}	SCL 时钟频率		0		400	KHz
t_{HD_STA}	（重复）START 条件后的保持时间	在这段时间后，第一个时钟脉冲被生成。	0.6			µs
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期		1.3			µs
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期		0.6			µs
t_{SU_STA}	重复 START 条件的建立时间		0.6			µs
t_{HD_DAT}	数据保持时间 (1)		0 (2)		(3)	µs
t_{SU_DAT}	数据建立时间		100 (4)			ns
t_r	SDA 和 SCL 信号的上升时间		20		300	ns
t_f	SDA 和 SCL 信号的下降时间 (2)(5)(6)(7)		20 x (AVDD/ 5.5V)		300	ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
t_{SU_STO}	STOP 条件的建立时间		0.6			µs
t_{BUF}	停止条件和启动条件之间的总线空闲时间		1.3			µs
C_b	每个总线的容性负载 (8)				400	pF
t_{VD_DAT}	数据有效时间 (9)				0.9 (3)	µs
t_{VD_ACK}	数据有效确认时间 (10)				0.9 (3)	µs
V_{nL}	低电平的噪声容限	对于每个连接的器件（包括迟滞）	0.1*AVDD			V
V_{nh}	高电平的噪声容限	对于每个连接的器件（包括迟滞）	0.2*AVDD			V

(1) t_{HD_DAT} 是从 SCL 下降沿开始测量的数据保持时间，适用于传输和确认中的数据。
(2) 器件必须在内部为 SDA 信号提供至少 300ns 的保持时间（相对于 SCL 信号的 $V_{IH(min)}$）以桥接未定义的 SCL 下降沿区域。
(3) 对于标准模式和快速模式，最大 t_{HD_DAT} 可以为 3.45µs 和 0.9µs，但必须比 t_{VD_DAT} 或 t_{VD_ACK} 的最大值小一个转换时间。仅当器件不延长 SCL 信号的低电平周期 (t_{LOW}) 时才必须满足该最大值。如果时钟延长了 SCL，则数据必须在其释放时钟之前的设置时间内有效。
(4) 快速模式 I2C 总线器件可用于标准模式 I2C 总线系统，但必须满足 t_{SU_DAT} 250ns 的要求。如果该器件不延长 SCL 信号的低电平周期，将自动成为该情况。如果此类器件确实延长了 SCL 信号的低电平周期，则此类器件必须在释放 SCL 线之前的 $t_{r(max)} + t_{SU_DAT}$ = 1000 + 250 = 1250ns 内（根据标准模式 I2C 总线规范）将下一个数据位输出到 SDA 线。确认时序也必须满足该建立时间。
(5) 如果与 HS 模式器件混合使用，则根据表 10 允许更短的下降时间。
(6) SDA 和 SCL 总线的最大 t_f 额定值为 300ns。SDA 输出级的最大下降时间 t_f 额定值为 250ns。这允许在 SDA 和 SCL 引脚以及 SDA/SCL 总线之间连接串联保护电阻器，而不超过最大 t_f 额定值。
(7) 在快速+ 模式下，输出级和总线时序的下降时间具有相同的额定值。如果使用串联电阻器，则设计人员在考虑总线时序时应确保实现这一点。
(8) 允许的最大总线电容可能会有所不同，具体取决于应用的实际工作电压和频率。
(9) t_{VD_DAT} = 数据信号从 SCL 低电平到 SDA 输出（高电平或低电平，取决于哪个更差）的时间。
(10) t_{VD_ACK} = 确认信号从 SCL 低电平到 SDA 输出（高电平或低电平，取决于哪个更差）的时间。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 典型特性

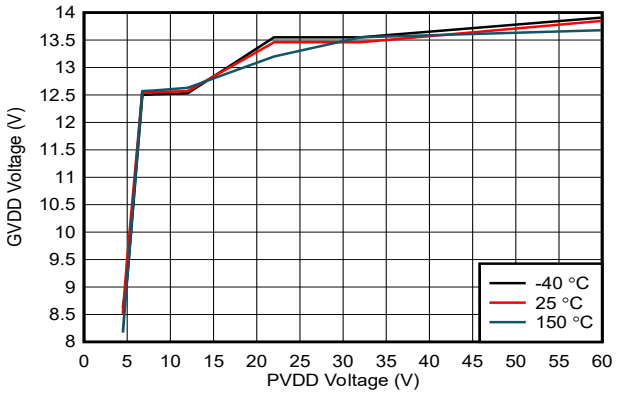


图 5-1. GVDD 电压与 PVDD 电压之间的关系

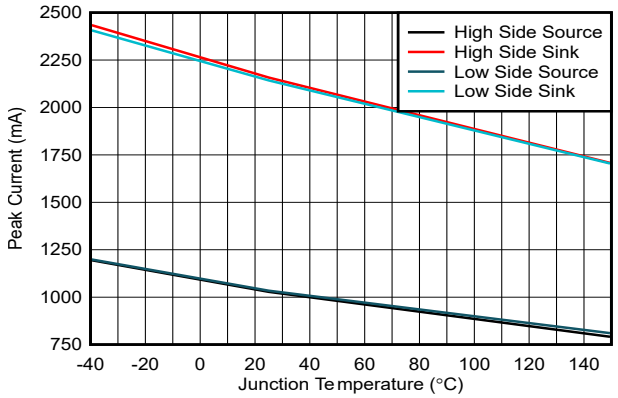


图 5-2. 驱动器峰值电流与结温之间的关系

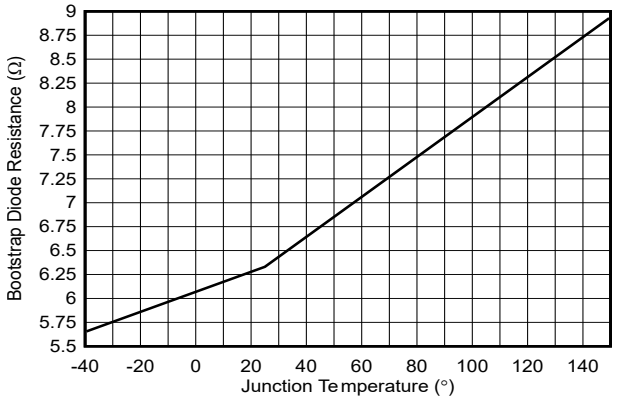


图 5-3. 自举二极管电阻与结温之间的关系

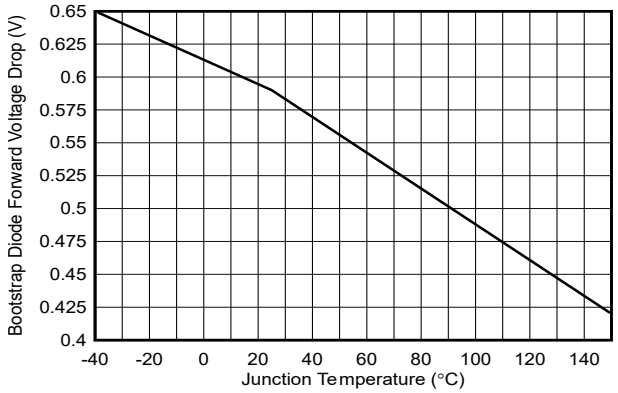


图 5-4. 自举二极管正向压降与结温之间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

6.1 概述

MCF8329HS-Q1 提供了一个无代码无传感器 FOC 解决方案，该解决方案集成了三相栅极驱动器以驱动高速无刷直流电机。可以使用集成式电流检测放大器和单分流器配置中的一个外部检测电阻来检测电机电流。该器件可通过单一电源运行，它集成了一个 LDO，可为器件生成必要的电压轨，并可用于为外部电路供电。

MCF8329HS-Q1 实现了单分流器无传感器 FOC；因此不需要外部微控制器来旋转无刷直流电机。算法在固定功能状态机中实现，因此无需编码。从电机启动行为到闭环运行，算法通过寄存器设置实现了高度可配置性。寄存器设置可存储在非易失性 EEPROM 中，从而允许器件在配置后独立运行。该器件通过 PWM 输入、模拟电压、频率输入或 I^2C 命令接收基准命令。该器件可配置为控制电机速度（速度控制）直流输入功率（功率控制）、正交 (q) 轴电流（电流控制）或直接施加到电机的电压（vq 和 vd）（调制指数控制或开环电压控制）。

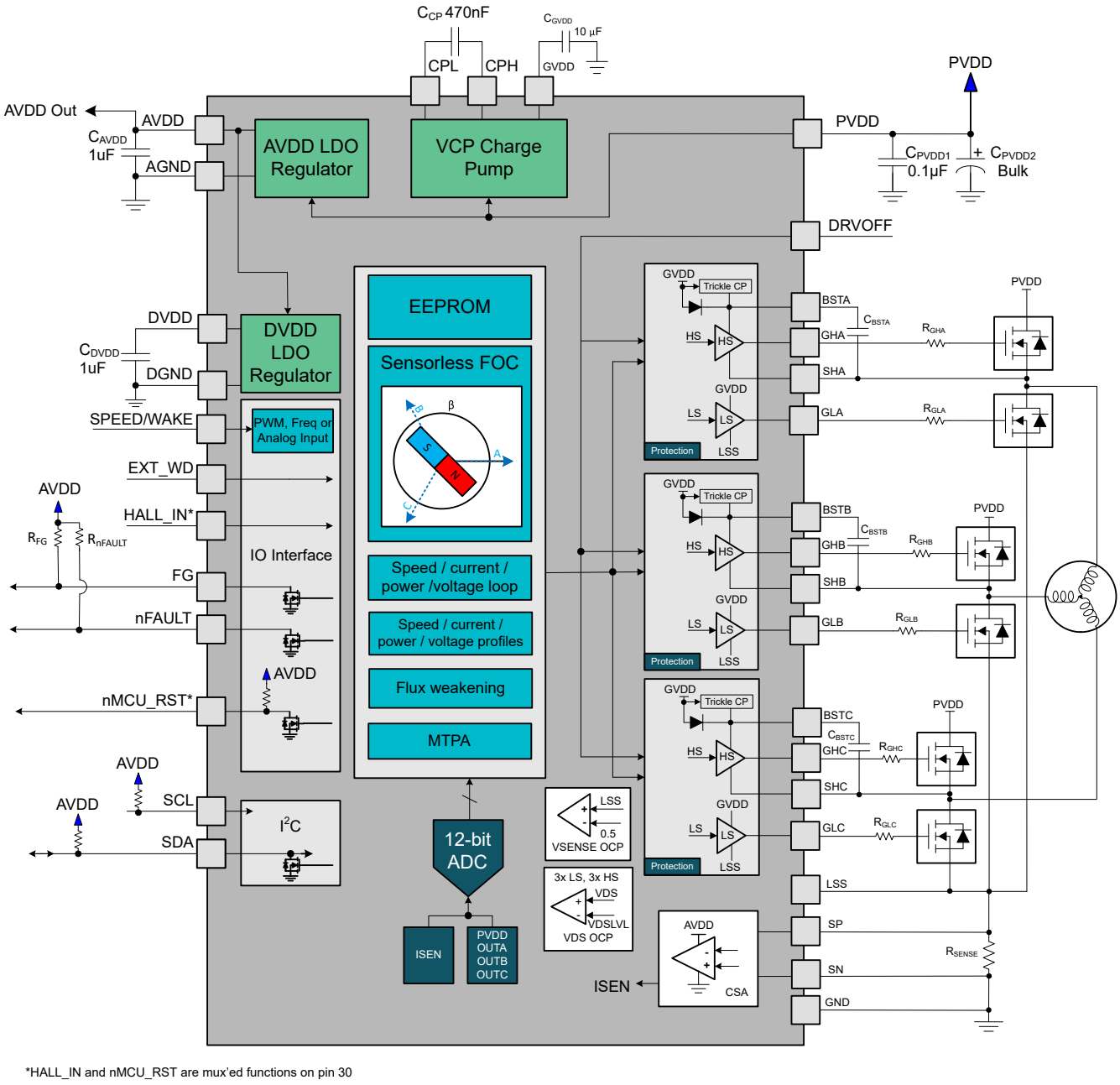
内置保护功能包括电源欠压锁定 (PVDD_UVLO)、稳压器欠压锁定 (GVDD_UV)、自举欠压锁定 (BST_UV)、VDS 过流保护 (OCP)、检测电阻过流保护 (SEN_OCP)、电机锁定检测和过热关机 (OTSD)。故障事件由 nFAULT 引脚指示，可从状态寄存器获取详细故障信息。

标准的 I^2C 为通过外部控制器配置各种器件设置和读取故障诊断信息提供了一种简单的方法。

MCF8329HS-Q1 器件采用 0.5mm 引脚间距、可焊侧翼、WQFN 表面贴装封装。WQFN 封装尺寸为 6mm × 4mm，高度为 0.8mm。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.2 功能方框图



*HALL_IN and nMCU_RST are mux'ed functions on pin 30

图 6-1. MCF8329HS-Q1 功能方框图

6.3 特性说明

表 6-1 列出了驱动器的外部元件的建议值。

表 6-1. MCF8329HS-Q1 外部元件

元件	引脚 1	引脚 2	推荐
C_{PVDD1}	PVDD	GND	X7R，0.1μF，>2x PVDD 额定值
C_{PVDD2}	PVDD	GND	≥ 10μF，>2x PVDD 额定值
C_{CP}	CPH	CPL	X7R，470nF，PVDD 额定值
C_{AVDD}	AVDD	AGND	X7R，1μF 或 2.2μF，10V
C_{GVDD}	GVDD	GND	X7R，≥10uF，30V
C_{DVDD}	DVDD	DGND	X7R，1μF，10V
C_{BSTx}	BSTx	SHx	X7R，1μF，25V
R_{nFAULT}	1.8 至 5V 电源电压	nFAULT	5.1kΩ 上拉电阻器
R_{FG}	1.8 至 5V 电源电压	FG	5.1kΩ 上拉电阻器
R_{SDA}	1.8 至 5V 电源电压	SDA	5.1kΩ 上拉电阻器
R_{SCL}	1.8 至 5V 电源电压	SCL	5.1kΩ 上拉电阻器

备注

1. 在工作电压（AVDD 或 DVDD）和温度降额后，AVDD 和 DVDD 电容器须具有 0.5μF 到 2.8μF 之间的有效电容。
2. 要启用 FG 和 nFAULT 引脚的内部上拉电阻（至 AVDD），可以将 PULLUP_ENABLE 配置为 1b。对此位的任何更改都需要写入 EEPROM，然后进行下电上电才能生效。当 PULLUP_ENABLE 设置为 1b 时，无需提供外部上拉电阻器。
3. SPEED/WAKE 引脚具有 1MΩ 的内部下拉电阻。在模拟速度输入模式下，可以在外部添加一个设计合适的 R-C 滤波器以降低噪声。在 PWM 速度输入模式下，可以适当配置 SPEED_PIN_GLITCH_FILTER 以实现干扰抑制。

6.3.1 三相 BLDC 栅极驱动器

MCF8329HS-Q1 器件集成了三个半桥栅极驱动器，每个驱动器都能够驱动高侧和低侧 N 沟道功率 MOSFET。电荷泵用于生成 GVDD，以便在宽工作电压范围内提供正确的栅极偏置电压。低侧栅极输出由 GVDD 直接驱动，而高侧栅极输出使用带有集成二极管的自举电路驱动，内部涓流电荷泵支持 100% 占空比运行。

6.3.2 栅极驱动架构

栅极驱动器器件采用适用于高侧和低侧驱动器的互补推挽拓扑。该拓扑允许对外部 MOSFET 栅极进行强上拉和强下拉。低侧栅极驱动器由 GVDD 稳压器电源直接供电。对于高侧栅极驱动器，自举二极管和电容器用于生成浮动高侧栅极电压电源。集成了自举二极管，并在 BSTx 引脚上使用了一个外部自举电容器。为支持 100% 占空比控制，器件中集成了一个涓流电荷泵。涓流电荷泵连接到 BSTx 节点，以防止由于驱动器和外部 MOSFET 的漏电流而导致压降。

高侧栅极驱动器具有半有源下拉功能，而低侧栅极驱动器具有无源下拉功能，有助于防止外部 MOSFET 在睡眠状态或电源断开时导通。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

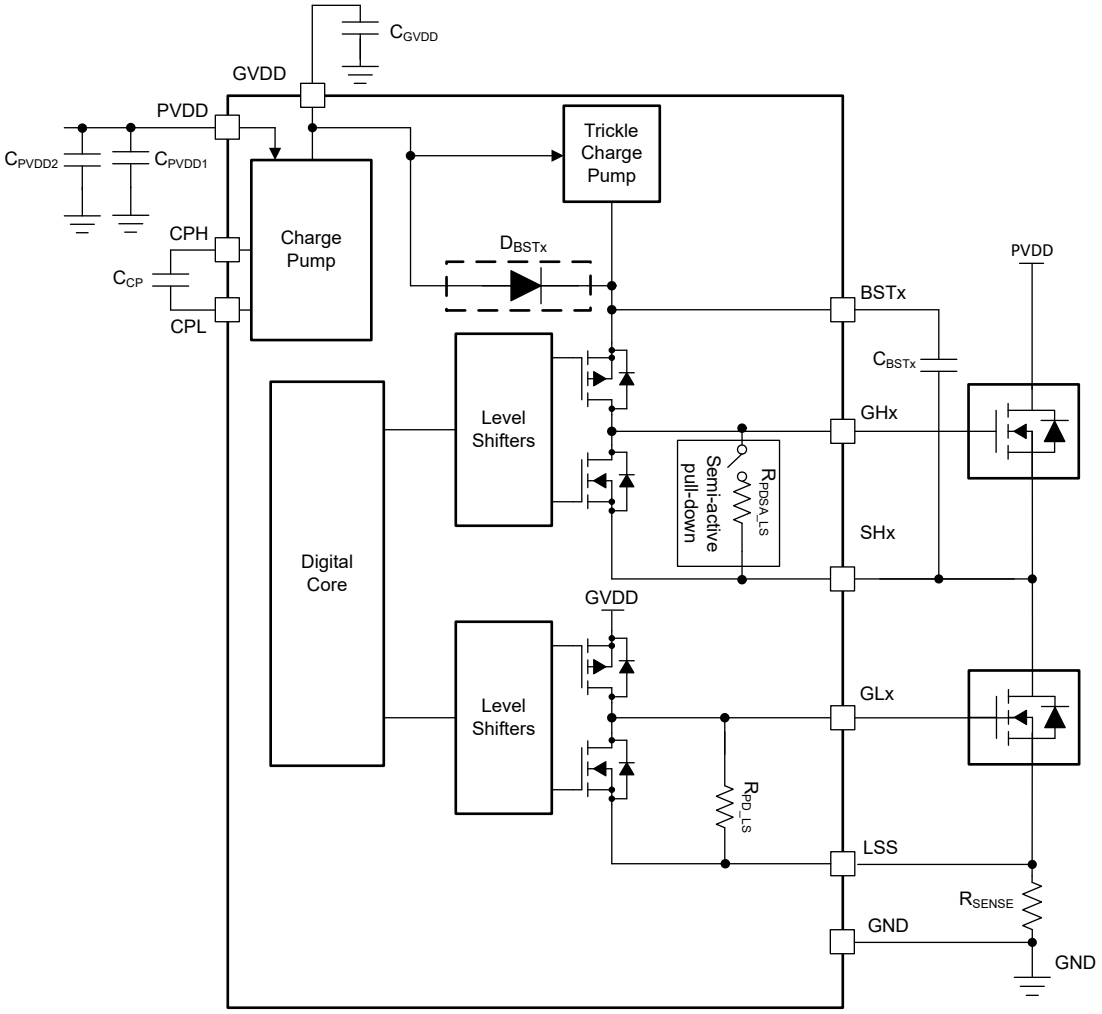


图 6-2. 栅极驱动器方框图

6.3.2.1 死区时间和跨导预防

MCF8329HS-Q1 在高侧和低侧 PWM 信号之间提供了数字死区时间插入，以防止每个半桥的两个外部 MOSFET 同时导通。可以通过配置 EEPROM 寄存器 DIG_DEAD_TIME 在 调整数字死区时间。

所应用的死区时间取决于通过 CLOCK_FREQUENCY 配置的内部时钟频率。有关更多详细信息，请参阅表 6-11。

6.3.3 AVDD 线性稳压器

MCF8329HS-Q1 中集成了一个 3.3V 或 5V (通过 AVDD_VOL_SEL 配置) 、50mA 线性稳压器，可供外部电路使用。该稳压器可为低功耗 MCU 或其他具有低电源电流要求需求的电路提供电源电压。AVDD 稳压器的输出在 AVDD 引脚附近旁路，通过一个 X7R、1μF 或 2.2μF、10V 陶瓷电容器连接回至 AGND 引脚。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

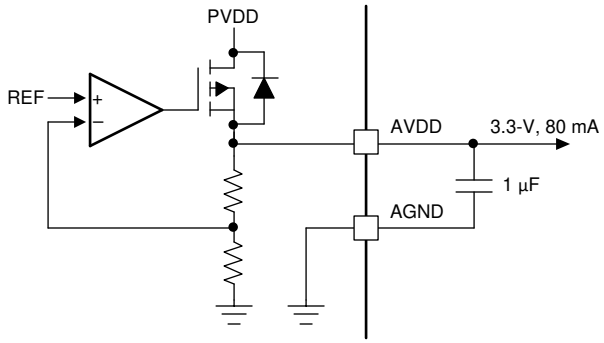


图 6-3. AVDD 线性稳压器方框图

可以计算器件中 AVDD 线性稳压器耗散的功率，如方程式 1 中所示。

$$P = (V_{PVDD} - V_{AVDD}) \times I_{AVDD} \quad (1)$$

例如，当 V_{PVDD} 为 24V 时，从 AVDD（3.3V 下的输出）汲取 20mA 的电流会导致方程式 2 所示的功率耗散。

$$P = (24\ V - 3.3\ V) \times 20\ mA = 414\ mW \quad (2)$$

6.3.4 低侧电流检测放大器

MCF8329HS-Q1 集成了一个高性能低侧电流检测放大器，用于使用低侧采样电阻进行电流测量。低侧电流测量用于 MCF8329HS-Q1 中的多种控制功能和保护。电流检测放大器具有可通过 EEPROM 设置配置的增益（5V/V、10V/V、20V/V 和 40V/V）。电流检测放大器可支持通过低侧采样电阻检测双向电流。

在双向电流检测模式下，MCF8329HS-Q1 在内部生成 $V_{REF}/2$ 的共模电压，从而为测量双向电流实现最大分辨率。V_{REF} 是在内部生成的基准电压，其典型值为 3V。

可以使用方程式 3 设计连接在 SP 和 SN 之间的采样电阻 (R_{SENSE}) 的阻值，流经低侧单个采样电阻的电流 (I) 范围和所选电流检测放电器的增益由 EEPROM 位 CSA_GAIN 配置。

$$R_{SENSE} = \frac{V_{SO} - \frac{V_{REF}}{2}}{CSA_GAIN \times I} \quad (3)$$

备注

1. TI 建议使设计的采样电阻 R_{SENSE} 值限制电流检测放大器输出电压 (V_{SO})，使其在选定的 CSA_GAIN 增益和在整个低侧单采样电阻电流 (I) 的工作范围内介于 0.25V 和 3V 之间。根据 I^2R_{SENSE} 损耗适当设置采样电阻的功率等级，并留有足够的裕度。
2. SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME 可用于设置电流采样的消隐窗口（在 PWM 边沿之后），直到检测到的电流稳定至无噪声稳定值。较高的 SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME 可降低检测电流中的噪声，但也会降低可应用的最大调制指数 — 须适当地设置 SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME，以在最大调制指数（电机转速）和检测电流中的最小噪声之间进行优化。
3. DYNAMIC_SAMPLING_EN 可以设置为 1b 以启用动态电流采样,从而减少由消隐时间引起的电流谐波；启用动态电流采样时,电机相电流可能会出现直流失调电压。

6.3.5 器件接口模式

MCF8329HS-Q1 支持 I^2C 接口，以提供既灵活又简单的终端应用设计。除 I^2C 接口之外，该器件还支持 FG、nFAULT、EXT_WD、HALL_IN、nMCU_RST、SPEED/WAKE、DRVOFF 等 I/O 引脚。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.5.1 接口 - 控制和监控

- **DRVOFF**：当 DRVOFF 引脚被驱动为“高电平”时，MCF8329HS-Q1 会将栅极驱动器置于下拉状态，从而关断所有外部 MOSFET。当 DRVOFF 被驱动为“低电平”时，MCF8329HS-Q1 会返回至正常运行状态，就像重新启动电机一样。DRVOFF 不会使器件进入睡眠或待机模式；数字内核仍在运行。
- **SPEED/WAKE**：SPEED/WAKE 引脚用于控制电机速度（或者功率、电流或调制指数）和从睡眠模式唤醒 MCF8329HS-Q1。SPEED/WAKE 引脚可配置为接受 PWM、频率或模拟控制输入信号。该引脚用于进入和退出睡眠和待机模式。
- **EXT_WD**：EXT_WD 引脚可用于提供来自外部 MCU 的看门狗信号输入，以监控 MCU 的运行。
- **nMCU_RST**：当发生看门狗故障时，nMCU_RST 引脚会提供一个低电平有效信号来复位外部 MCU。
- **HALL_IN**：HALL_IN 引脚（与 nMCU_RST 复用）可用于提供数字霍尔输入信号，以实现电机锁定检测的冗余。
- **FG**：FG 引脚提供与电机速度成正比的脉冲（请参阅节 6.3.22）。
- **nFAULT**：nFAULT 引脚提供器件或电机运行中的故障状态。

6.3.5.2 I^2C 接口

MCF8329HS-Q1 支持 I^2C 串行通信接口，允许外部控制器发送和接收数据。该 I^2C 接口支持外部控制器配置 EEPROM 并读取详细的故障和电机状态信息。I^2C 总线是一个使用 SCL 和 SDA 引脚的两线制接口，下面对此进行了说明：

- SCL 引脚是时钟信号输入。
- SDA 引脚是数据输入和输出。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.6 电机控制输入选项

MCF8329HS-Q1 提供四种电机控制方法：

1. 速度控制：在速度控制模式下，使用闭环 PI 控制根据输入基准来控制电机的速度。
2. 功率控制：在功率控制模式下，使用闭环 PI 控制根据输入基准来控制逆变器功率级的直流输入功率。
3. 电流控制：在电流控制模式下，使用闭环 PI 控制根据输入基准来控制扭矩控制电流 (iq)。在该模式下，速度/功率控制回路被禁用。
4. 调制指数控制（电压控制）：在电压控制模式下，根据输入基准来控制施加到电机的电压。

该器件可接受通过 SPEED_MODE 配置的四种类型的输入基准信号。

- SPEED/WAKE 引脚上的 PWM 输入，改变输入信号的占空比
- SPEED/WAKE 引脚上的频率输入，通过改变输入信号的频率
- SPEED/WAKE 引脚上的模拟输入，通过改变输入信号的振幅
- 使用 I²C，通过配置 DIGITAL_SPEED_CTRL

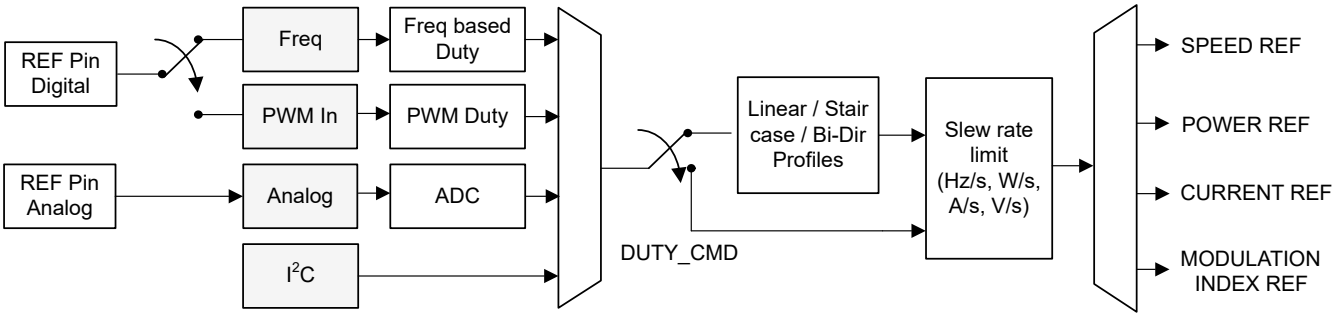


图 6-4. 多路复用基准输入命令

从 REF（SPEED/WAKE）引脚输入（或基于 I²C 的速度输入）到输出基准（SPEED REF、POWER REF、CURRENT REF 或 MODULATION INDEX REF）的信号路径，如图 6-4 所示。

6.3.6.1 模拟模式电机控制

可以通过将 SPEED_MODE 设置为 00b 来配置基于模拟输入的电机控制。在该模式下，占空比命令 (DUTY CMD) 因 SPEED/WAKE 引脚上的模拟电压输入 (V_{SPEED})当 0 < V_{SPEED} < V_{EN_SB} 时，DUTY CMD 被设置为零，电机停止。当 V_{EN_SB} < V_{SPEED} < V_{ANA_FS} 时，DUTY CMD 随 V_{SPEED} 以线性方式变化，如图 6-5 所示。当 V_{SPEED} > V_{ANA_FS} 时，DUTY CMD 被钳位至 100%。

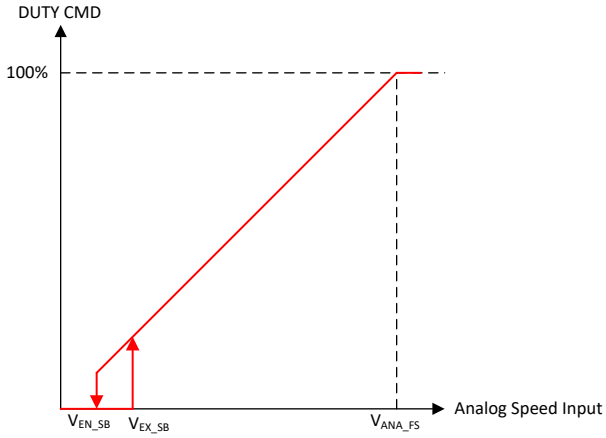


图 6-5. 模拟模式速度控制

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.6.2 PWM 模式电机控制

可以通过将 SPEED_MODE 设置为 01b 来配置基于 PWM 的电机控制。在该模式下，应用于 SPEED/WAKE 引脚的 PWM 占空比可在 0% 至 100% 之间变化，占空比命令 (DUTY_CMD) 随应用的 PWM 占空比呈线性变化。当 0 ≤ $Duty_{SPEED}$ ≤ $Duty_{EN_SB}$ 时，DUTY_CMD 将设置为零。当 $Duty_{EX_SB}$ ≤ $Duty_{SPEED}$ ≤ 100% 时，DUTY_CMD 随 $Duty_{SPEED}$ 呈线性变化，如图 6-6 所示。$Duty_{EX_SB}$ 和 $Duty_{EN_SB}$ 是待机进入和退出阈值，有关 $Duty_{EX_SB}$ 和 $Duty_{EN_SB}$ 的详细信息，请参阅节 6.4.1.2。施加到 SPEED/WAKE 引脚的 PWM 输入信号的频率定义为 f_{PWM}，该频率的范围可通过 SPEED_RANGE_SEL 进行配置。

备注

1. f_{PWM} 是器件可以在 SPEED/WAKE 引脚上接受以控制电机速度的 PWM 信号频率。它与应用于电机相位的 PWM 输出频率不对应。可以通过 PWM_FREQ_OUT 来配置 PWM 输出频率（请参阅节 6.3.18）。
2. SLEEP_ENTRY_TIME 应设置为在最低占空比输入下，长于 PWM 信号中的关断时间 (V_{SPEED} < V_{IL})。例如，如果 f_{PWM} 为 10kHz，最低占空比输入为 2%，则 SLEEP_ENTRY_TIME 应长于 98µs 以确保不会出现意外的睡眠/待机进入。

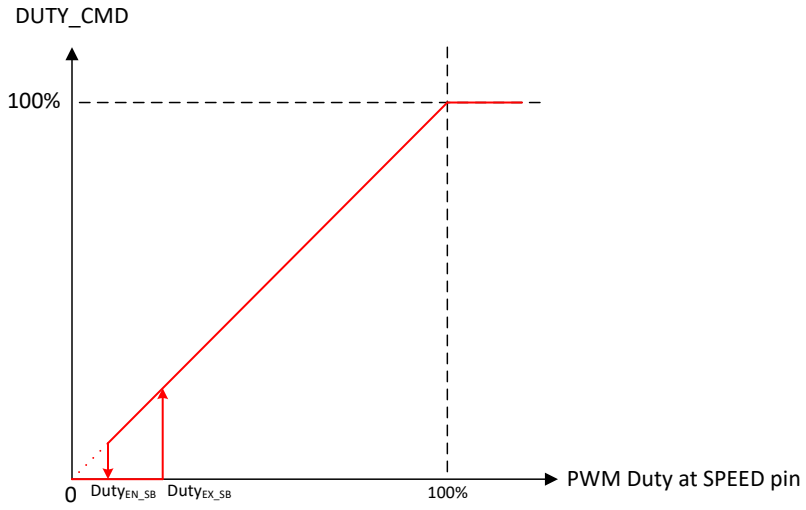


图 6-6. PWM 模式电机控制

6.3.6.3 频率模式电机控制

可以通过将 SPEED_MODE 设置为 11b 来配置基于频率的电机控制。在该模式下，占空比命令作为 SPEED (SPEED/WAKE) 引脚上的方波输入的函数呈线性变化。当 0 ≤ $Freq_{SPEED}$ ≤ $Freq_{EN_SB}$ 时，DUTY_CMD 设置为零。当 $Freq_{EX_SB}$ ≤ $Freq_{SPEED}$ ≤ INPUT_MAXIMUM_FREQ 时，DUTY_CMD 随 $Freq_{SPEED}$ 呈线性变化，如图 6-7 所示。$Freq_{EX_SB}$ 和 $Freq_{EN_SB}$ 是待机进入和退出阈值，有关 $Freq_{EX_SB}$ 和 $Freq_{EN_SB}$ 的详细信息，请参阅节 6.4.1.2。高于 INPUT_MAXIMUM_FREQ 的输入频率会将 DUTY_CMD 钳制为 100%。

备注

TI 建议在 SPEED/WAKE 引脚上使用逻辑低电平信号，以在频率模式控制中提供零基准。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

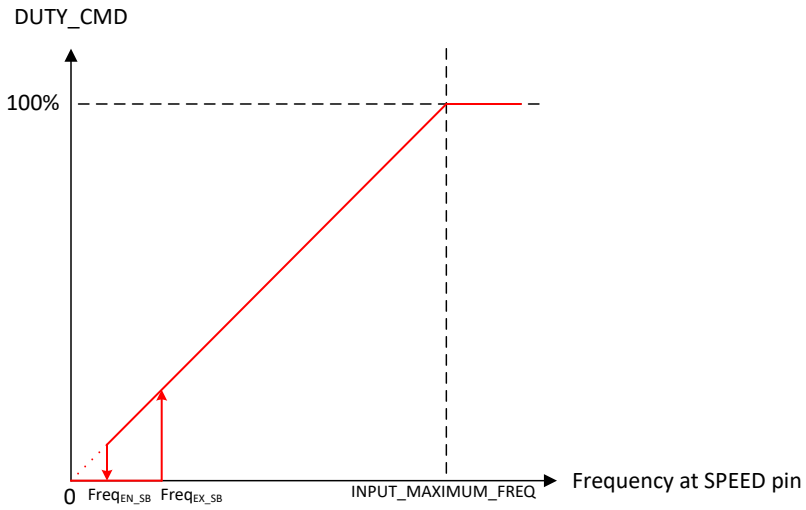


图 6-7. 频率模式电机控制

6.3.6.4 基于 I²C 的电机控制

通过将 SPEED_MODE 设置为 10b，可以使用基于 I²C 的串行接口来实现电机控制。在该模式下，可以将占空比命令直接写入 DIGITAL_SPEED_CTRL 寄存器。可以通过 SLEEP/WAKE 来控制睡眠进入和退出，如表 6-8 中所述。

6.3.6.5 输入控制信号曲线

MCF8329HS-Q1 支持三种不同类型的曲线（线性、步进、正向-反向）将 DUTY_CMD 转换为基准控制信号。输入控制基准信号可以是由 CTRL_MODE 配置的电机速度、直流输入功率、电机电流 (i_q) 或电机电压（调制指数控制）。可以通过 REF_PROFILE_CONFIG 来配置不同的曲线。当 REF_PROFILE_CONFIG 被设置为 00b 时，不应用分析器，输入基准与节 6.3.6.5.5 中所述的占空比命令相同。

在速度控制模式下，分析器输出 REF_X 对应于占最大速度（由 MAX_SPEED 配置）的百分比，如方程式 4 所示。在功率控制模式下，分析器输出 REF_X 对应于占最大功率（由 MAX_POWER 配置）的百分比，如方程式 5 所示。在电流控制模式 (i_q control) 下，分析器输出 REF_X 对应于占 ILIMIT 的百分比，如方程式 6 所示。在电压控制模式（调制指数控制模式）下，REF_X 对应于施加到电机的电压的 V_d 和 V_q 调制指数的百分比，如方程式 7 中所示。

$$SPEED\ REF(Hz) = \frac{REF_X}{256} \times Maximum\ Speed\ (Hz) \tag{4}$$

$$POWER\ REF(W) = \frac{REF_X}{256} \times Maximum\ Power\ \left(W\right) \tag{5}$$

$$CURRENT\ \left(i_q\right)\ REF(A) = \frac{REF_X}{256} \times ILIMIT\ \left(A\right) \tag{6}$$

$$MODULATION\ INDEX\ REF(V_S) = \frac{REF_X}{256} \times 100\% \tag{7}$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.6.5.1 线性控制曲线

备注

对于所有三个曲线（线性、步进、正向/反向）

- 当 MCF8329HS-Q1 配置为睡眠器件时，零输入基准（模拟模式下为 0V，PWM 模式下占空比为 0%，I^2C 模式下 DIGITAL_SPEED_CTRL = 0b 或频率模式下为 0Hz）将停止电机。
- 当 MCF8329HS-Q1 配置为待机器件时，零输入命令将使电机按照 REF_OFF1 设置的基准电平（速度、功率、电流或电压）运行。

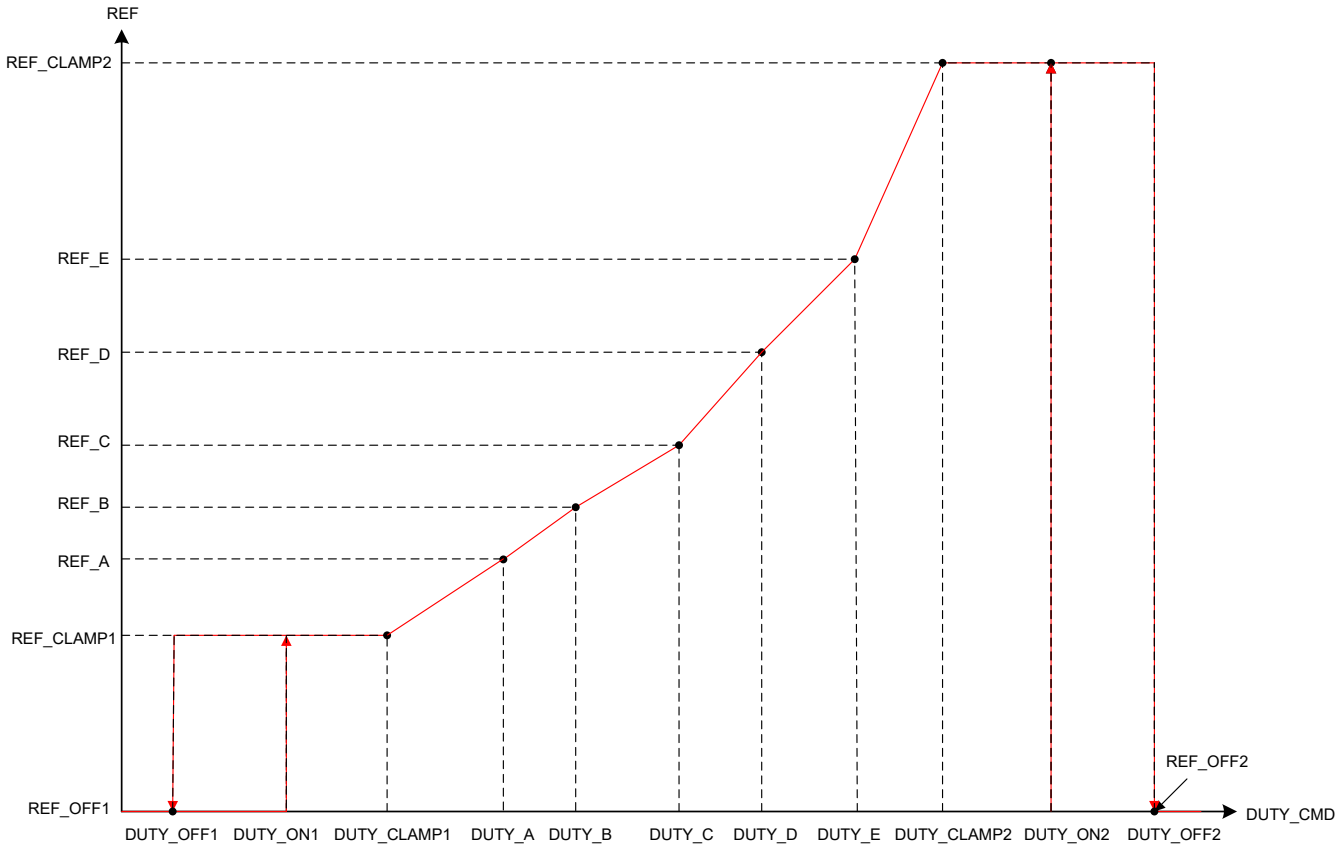


图 6-8. 线性控制曲线

可以通过将 REF_PROFILE_CONFIG 设置为 01b 来配置线性控制曲线。线性曲线具有输入控制基准，这些基准在 REF_CLAMP1 和 REF_CLAMP2 之间线性变化，具有不同的斜率，可以通过配置 DUTY_x 和 REF_x 组合来设置这些斜率。

- DUTY_OFF1 配置基准为 REF_OFF1 的占空比命令下限阈值。
- DUTY_OFF1 和 DUTY_ON1 配置基准控制输入 REF_CLAMP1 和 REF_OFF1 周围的迟滞，如图 6-8 所示。
- DUTY_CLAMP1 配置占空比命令，直到基准为恒定的 REF_CLAMP1。DUTY_CLAMP1 可以放在 DUTY_OFF1 和 DUTY_A 之间的任何位置。
- DUTY_A 配置基准 REF_A 的占空比命令。基准在 DUTY_CLAMP1 和 DUTY_A 之间从 REF_CLAMP1 到 REF_A 线性变化。DUTY_A 到 DUTY_E 的顺序必须与图 6-8 中所示的顺序相同。
- DUTY_B 配置基准 REF_B 的占空比命令。基准在 DUTY_A 和 DUTY_B 之间呈线性变化。
- DUTY_C 配置基准 REF_C 的占空比命令。基准在 DUTY_B 和 DUTY_C 之间呈线性变化。
- DUTY_D 配置基准 REF_D 的占空比命令。基准在 DUTY_C 和 DUTY_D 之间呈线性变化。
- DUTY_E 配置基准 REF_E 的占空比命令。基准在 DUTY_D 和 DUTY_E 之间呈线性变化。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- DUTY_CLAMP2 配置基准将保持恒定的 REF_CLAMP2 的占空比命令上限阈值。REF_CLAMP2 在 DUTY_CLAMP2 和 DUTY_OFF2 之间配置该恒定基准。基准在 DUTY_E 和 DUTY_CLAMP2 之间呈线性变化。DUTY_CLAMP2 可以放在 DUTY_E 和 DUTY_OFF2 之间的任何位置。
- DUTY_OFF2 和 DUTY_ON2 配置基准控制输入 REF_CLAMP2 和 REF_OFF2 周围的迟滞，如图 6-8 所示。
- DUTY_OFF2 配置基准从 REF_CLAMP2 更改为 REF_OFF2 的占空比命令上限阈值。

6.3.6.5.2 阶梯控制曲线

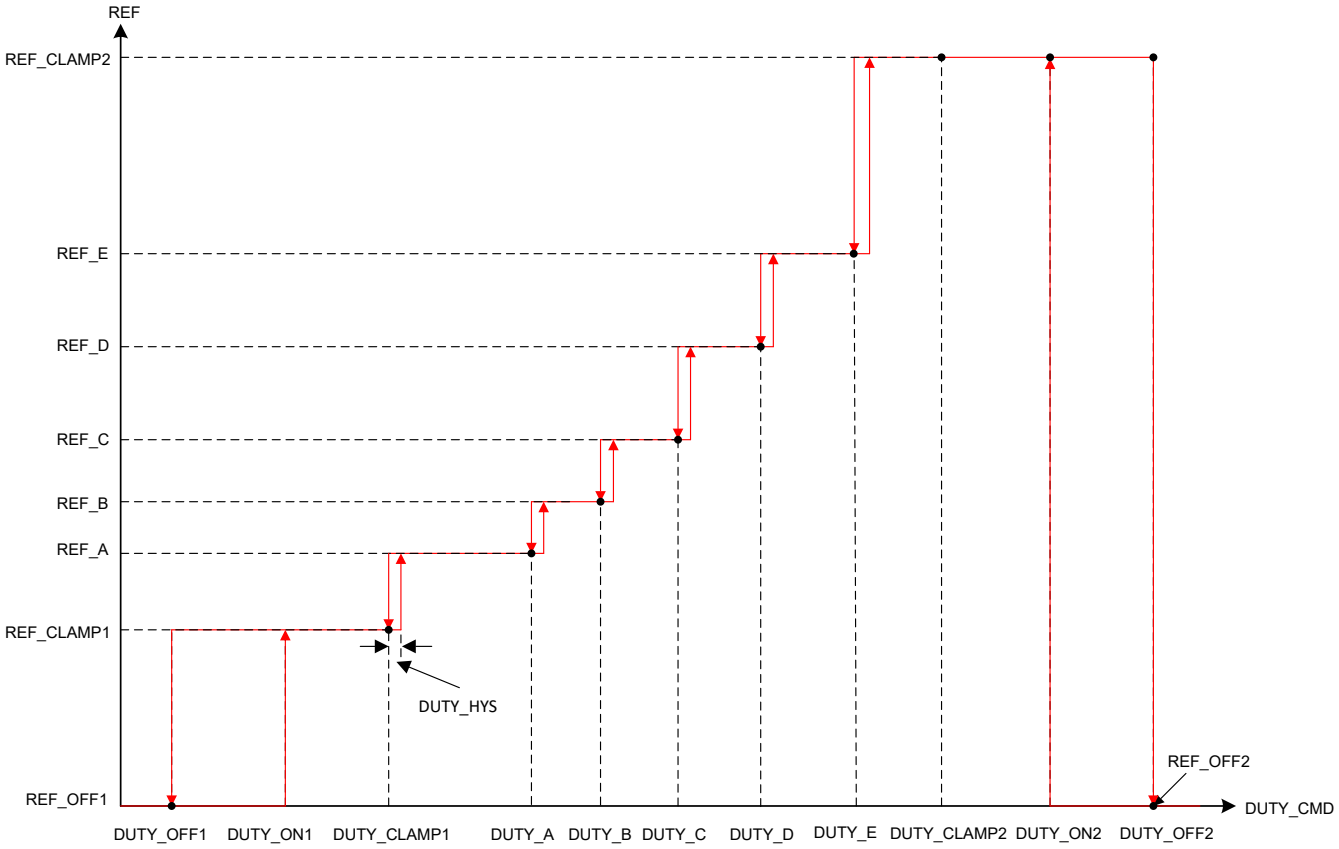


图 6-9. 阶梯控制曲线

可以通过将 REF_PROFILE_CONFIG 设置为 10b 来配置阶梯控制曲线。通过配置 DUTY_x 和 REF_x，楼梯曲线能够以介于 REF_CLAMP1 和 REF_CLAMP2 之间的阶跃改变输入控制基准。

- DUTY_OFF1 配置基准为 REF_OFF1 的占空比命令下限阈值。
- Duty_OFF1 和 Duty_ON1 配置基准控制输入 REF_CLAMP1 和 REF_OFF1 周围的迟滞，如图 6-9 所示。
- DUTY_CLAMP1 配置基准保持恒定的占空比命令阈值。REF_CLAMP1 在 DUTY_OFF1 和 DUTY_CLAMP1 之间配置该恒定基准。DUTY_CLAMP1 可以放在 DUTY_OFF1 和 DUTY_A 之间的任何位置。
- DUTY_A 配置基准 REF_A 的占空比命令。基准在 DUTY_CLAMP1 处具有范围为 REF_CLAMP1 至 REF_A 的阶跃变化。DUTY_A 到 DUTY_E 的顺序必须与图 6-9 中所示的顺序相同。
- DUTY_B 配置基准 REF_B 的占空比命令。基准在 DUTY_A 处具有范围为 REF_A 至 REF_B 的阶跃变化。
- DUTY_C 配置基准 REF_C 的占空比命令。基准在 DUTY_B 处具有范围为 REF_B 至 REF_C 的阶跃变化。
- DUTY_D 配置基准 REF_D 的占空比命令。基准在 DUTY_C 处具有范围为 REF_C 至 REF_D 的阶跃变化。
- DUTY_E 配置基准 REF_E 的占空比命令。基准在 DUTY_D 处具有范围为 REF_D 至 REF_E 的阶跃变化。
- DUTY_CLAMP2 配置基准将保持恒定的 REF_CLAMP2 的占空比命令上限阈值。REF_CLAMP2 在 DUTY_CLAMP2 和 DUTY_OFF2 之间配置该恒定基准。基准在 DUTY_E 处具有范围为 REF_E 至 REF_CLAMP2 的阶跃变化。DUTY_CLAMP2 可以放在 DUTY_E 和 DUTY_OFF2 之间的任何位置。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- DUTY_OFF2 和 DUTY_ON2 配置基准控制输入 REF_CLAMP2 和 REF_OFF2 周围的迟滞，如图 6-9 所示。
- DUTY_OFF2 配置基准从 REF_CLAMP2 更改为 REF_OFF2 的占空比命令上限阈值。
- DUTY_HYS 配置在 DUTY_CLAMP1、DUTY_A 到 DUTY_E 的每一个阶跃变化期间的迟滞。

6.3.6.5.3 正向/反向曲线

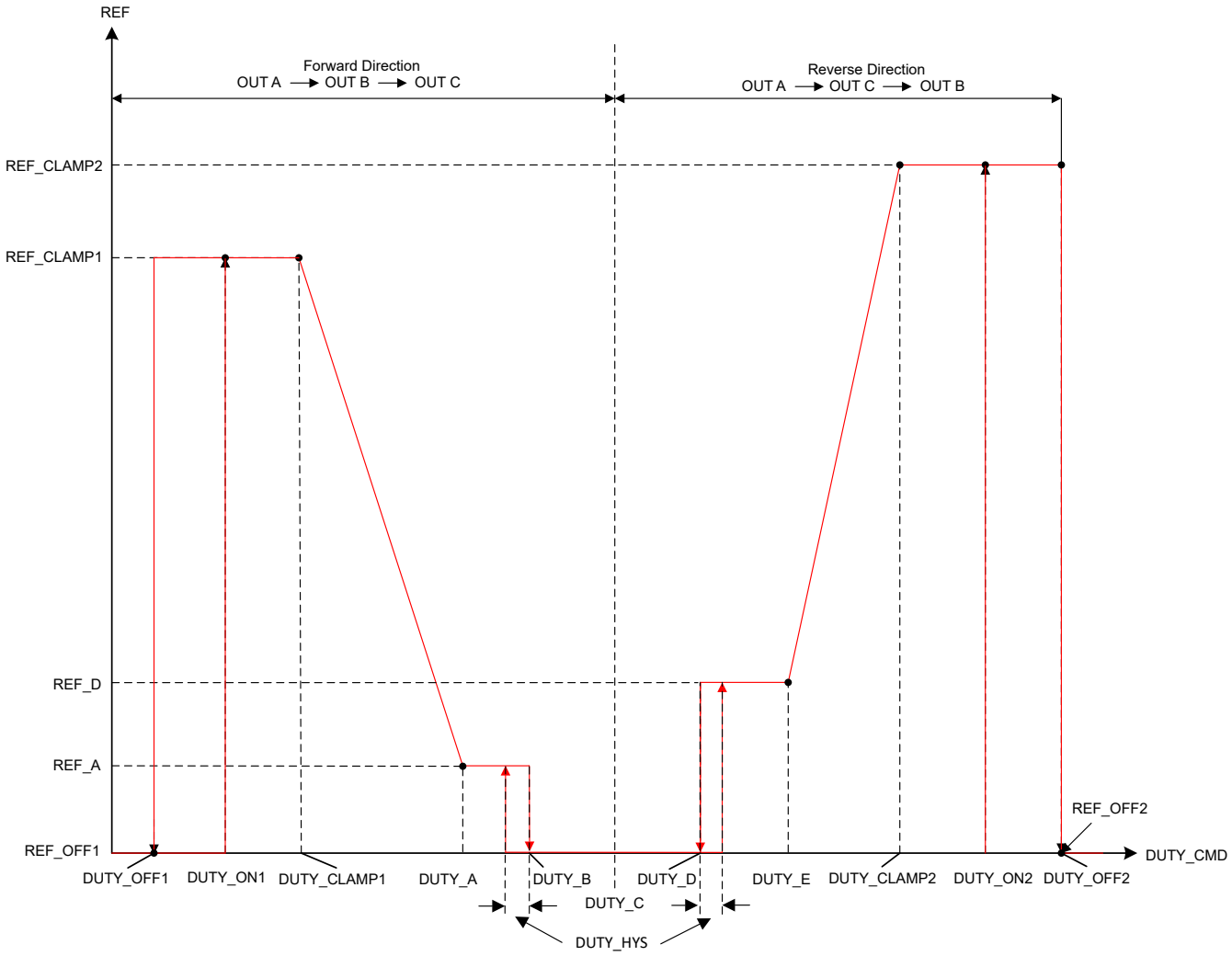


图 6-10. 正向反向控制曲线

可以通过将 REF_PROFILE_CONFIG 设置为 11b 来配置正向/反向控制曲线。正向/反向曲线通过调整占空比命令来改变方向。DUTY_C 配置方向发生变化时的占空比命令。正向/反向速度曲线可用于消除用于控制电机方向的单独信号。

备注

在正向反向曲线模式下，通过 DIR_INPUT 位改变方向的功能被禁用。

- DUTY_OFF1 配置基准为 REF_OFF1 的占空比命令下限阈值。
- Duty_OFF1 和 Duty_ON1 配置基准控制输入 REF_CLAMP1 和 REF_OFF1 周围的迟滞，如图 6-10 所示。
- DUTY_CLAMP1 配置基准保持恒定的占空比命令阈值。REF_CLAMP1 在 DUTY_OFF1 和 DUTY_CLAMP1 之间配置该恒定基准。DUTY_CLAMP1 可以放在 DUTY_OFF1 和 DUTY_A 之间的任何位置。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- DUTY_A 配置基准 REF_A 的占空比命令。基准在 DUTY_CLAMP1 和 DUTY_A 之间呈线性变化。DUTY_A 到 DUTY_E 的顺序必须与图 6-10 中所示的顺序相同。
- DUTY_B 配置 MCF8329HS-Q1 将处于关断状态的占空比命令上限阈值。基准在 DUTY_A 和 DUTY_B 之间保持恒定的 REF_A。
- DUTY_C 配置可改变方向的占空比命令
- DUTY_D 配置 MCF8329HS-Q1 将处于反向运行状态的占空比命令上限阈值。REF_D 配置 DUTY_D 和 DUTY_E 之间的恒定基准。
- DUTY_E 配置基准在 DUTY_E 和 DUTY_CLAMP2 之间呈线性变化的占空比命令上限阈值。
- DUTY_CLAMP2 配置基准将保持恒定的 REF_CLAMP2 的占空比命令上限阈值。REF_CLAMP2 在 DUTY_CLAMP2 和 DUTY_OFF2 之间配置该恒定基准。DUTY_CLAMP2 可以放在 DUTY_E 和 DUTY_OFF2 之间的任何位置。
- DUTY_OFF2 和 DUTY_ON2 配置基准控制输入 REF_CLAMP2 和 REF_OFF2 周围的迟滞，如图 6-10 所示。
- DUTY_OFF2 配置基准从 REF_CLAMP2 到 REF_OFF2 反向变化的占空比命令上限阈值。
- DUTY_HYS 配置 DUTY_B 和 DUTY_D 阶跃变化期间的迟滞。

6.3.6.5.4 多基准模式运行

备注

多基准（混合）模式操作仅适用于 REF_PROFILE_CONFIG 设置为 01b（线性曲线）或 10b（阶梯曲线）时。

当 MIXED_MODE_CONFIG 设置为 01b 或 10b 时，MCF8329HS-Q1 提供多基准模式运行选项。当 MIXED_MODE_CONFIG 设置为 01b 时，MCF8329HS-Q1 以速度、电流或功率基准模式运行，直到 DUTY_CMD 达到 DUTY_C，然后从 DUTY_C 切换到电压基准模式，直到收到 100% 占空比命令，如图 6-11 所示。

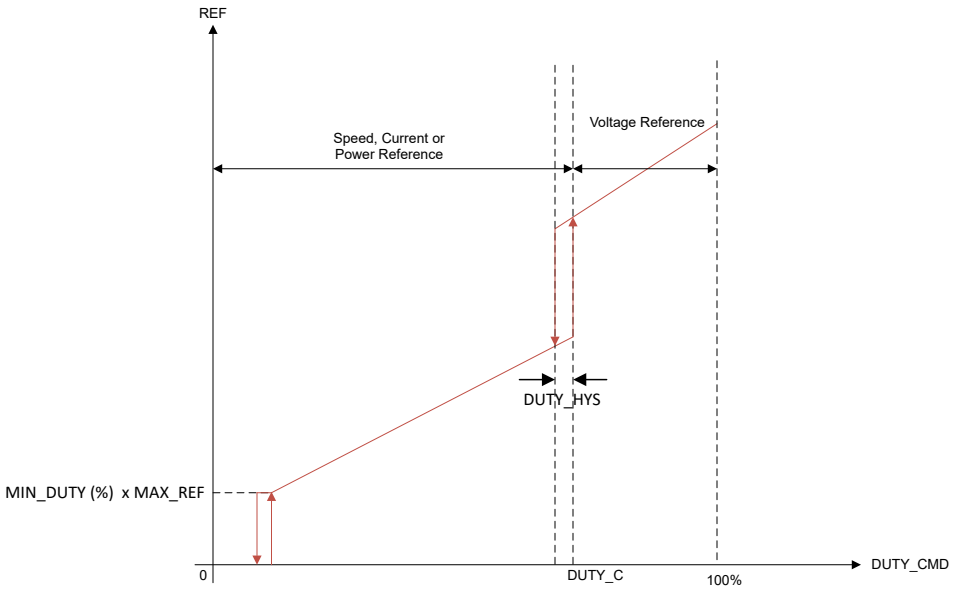


图 6-11. 多基准模式运行（当 MIXED_MODE_CONFIG = 01b 时）

相反，当 MIXED_MODE_CONFIG 设置为 10b 时，MCF8329HS-Q1 在电压基准模式下运行，直至 DUTY_C，然后从 DUTY_C 切换到速度、电流或功率基准，直到收到 100% 占空比命令，如图 6-12 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

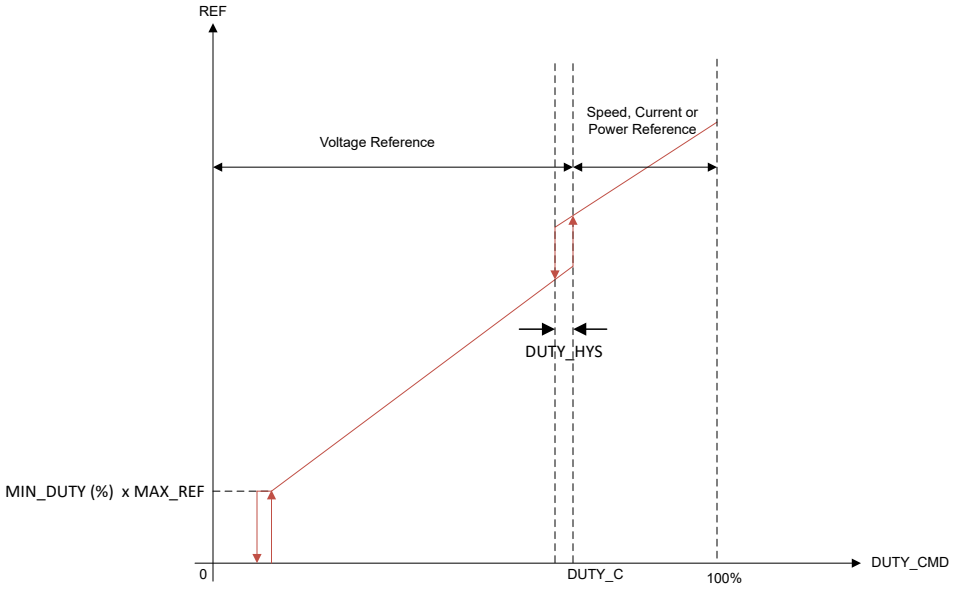


图 6-12. 多基准模式运行（当 MIXED_MODE_CONFIG = 10b 时）

6.3.6.5.5 不使用分析器情况下的输入基准传递函数

输入基准可以是由 CTRL_MODE 配置的速度、功率、电流或电压命令。

备注

- 在此模式下，如果 MIN_DUTY < REF_CLAMP1，则最小基准由 REF_CLAMP1 而不是 MIN_DUTY 设置。例如，如果 MIN_DUTY 设置为 1% 且 REF_CLAMP1 设置为 5%，则最小基准为 REF_CLAMP1x MAX_REFERENCE。MAX_REFERENCE 可以是 MAX_SPEED、MAX_POWER、ILIMIT 或 100%，具体取决于输入基准模式。
- 设置 MIN_DUTY > REF_CLAMP1，以便使用 MIN_DUTY 设置最小基准。

速度基准传递函数

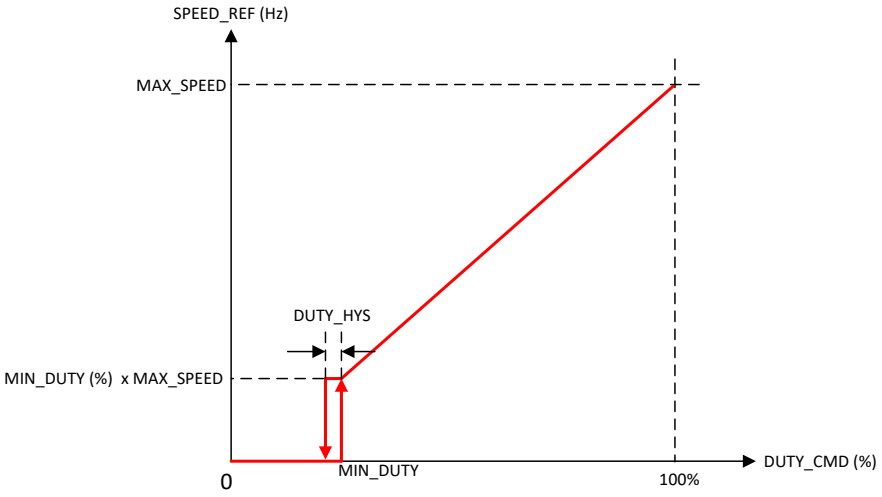


图 6-13. 速度基准传递函数

图 6-13 展示了 DUTY_CMD 和 SPEED_REF 之间的关系。MAX_SPEED 设置与 100% 的 DUTY_CMD 对应的 SPEED_REF。MIN_DUTY 设置最小 SPEED_REF (MIN_DUTY x MAX_SPEED)。如果 MAX_SPEED 设置为 0Hz，则 SPEED_REF 被钳制为零（与 DUTY_CMD 无关），电机处于停止状态。

功率基准传递函数

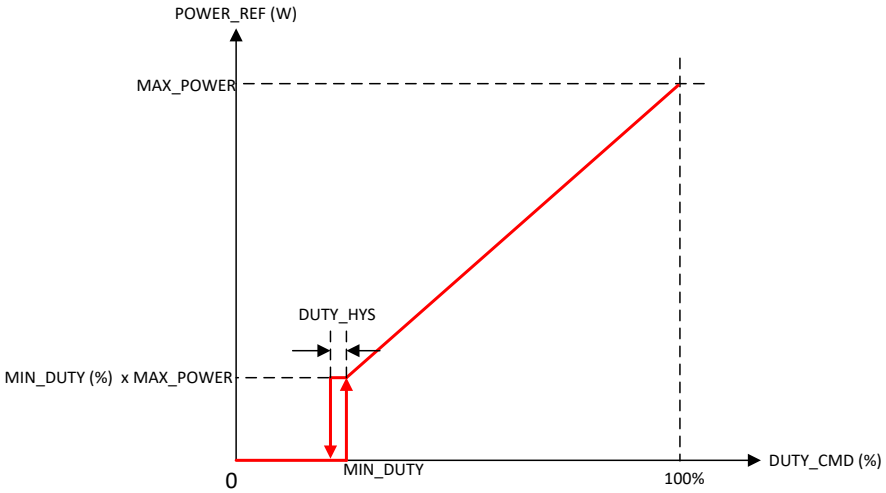


图 6-14. 功率基准传递函数

图 6-14 展示了 DUTY_CMD 和 POWER_REF 之间的关系。MAX_POWER 设置与 100% 的 DUTY_CMD 对应的 POWER_REF。MIN_DUTY 设置最小 POWER_REF (MIN_DUTY x MAX_POWER)。如果 MAX_POWER 设置为 0W，则 POWER_REF 被钳制为零（与 DUTY_CMD 无关），电机处于停止状态。

电压基准传递函数

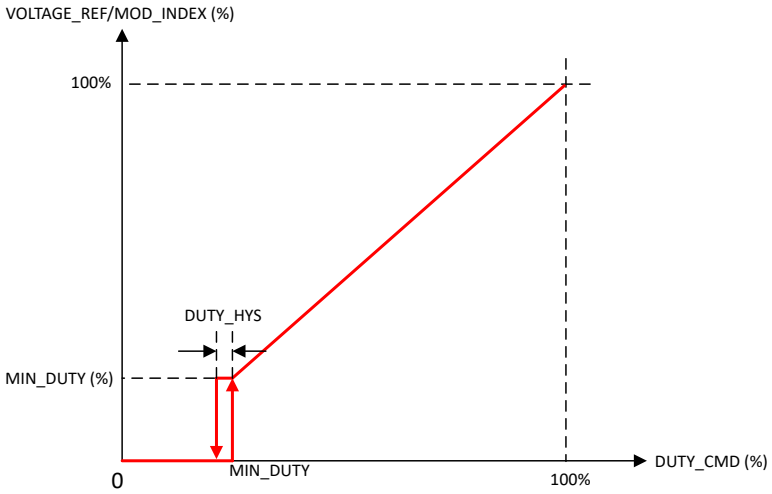


图 6-15. 电压基准传递函数

在电压基准模式下，施加到电机的相电压与 DUTY_CMD 成正比（从 MIN_DUTY 到 100%），如图 6-15 所示。对于低于 MIN_DUTY 的 DUTY_CMD，施加到电机的电压将被钳制为零。

电流输入传递函数

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

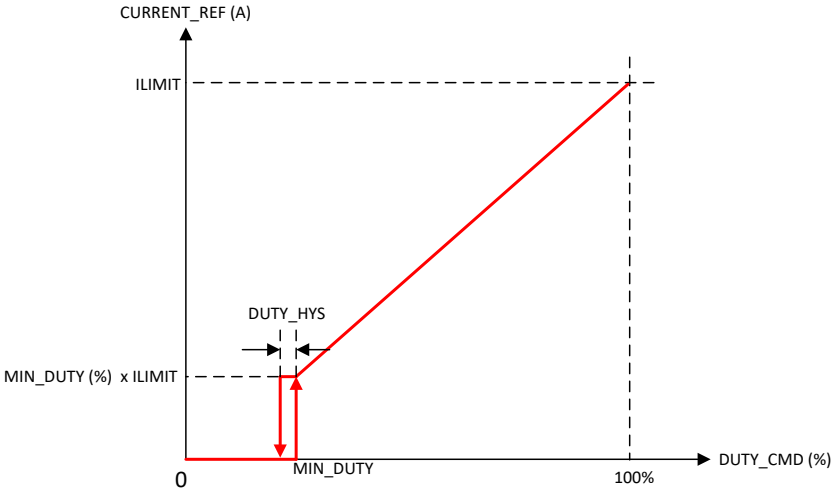


图 6-16. 电流基准传递函数

图 6-16 展示了 DUTY_CMD 和 CURRENT_REF 之间的关系。ILIMIT 设置与 100% 的 DUTY_CMD 对应的 CURRENT_REF。MIN_DUTY 设置最小 CURRENT_REF (MIN_DUTY x ILIMIT)。

6.3.7 自举电容器初始充电

MCF8329HS-Q1 可在启动期间对自举电容器进行预充电。该算法通过充电序列为每个相位的自举电容器充电，方法是使用 GLx 引脚上的 PWM 开启脉冲来开启外部低侧 MOSFET，如图 6-17 所示。在充电序列中，低侧 MOSFET 以 PWM FREQUENCY 设置的频率进行开关，导通时间为 $t_{LS_ON_BC}$（5% 导通时间占空比）。每个相位的充电周期等于 BST_CHRG_TIME 的三分之一。

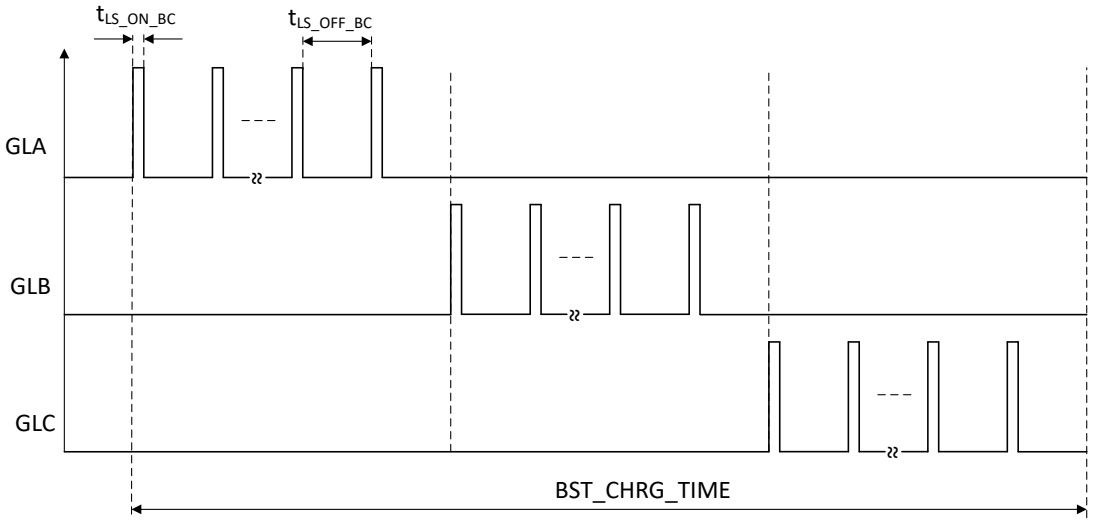


图 6-17. 启动时对自举电容器进行预充电

6.3.8 在不同初始条件下启动电机

当 MCF8329HS-Q1 开始启动过程时，电机可能处于三种状态之一。电机可能静止、正向旋转或反向旋转。MCF8329HS-Q1 包含大量的功能，用于确保在所有这些条件下实现可靠的电机启动。图 6-18 展示了这三种初始电机状态中每种状态的电机启动流程。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

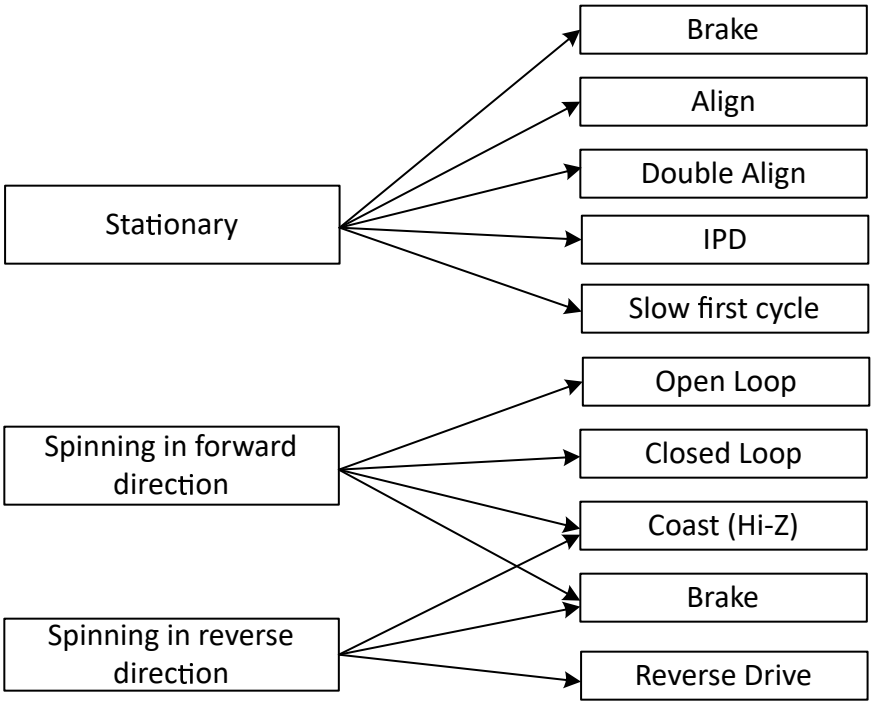


图 6-18. 在不同初始条件下启动电机

备注

“正向”表示“以与命令方向相同的方向旋转”，“反向”表示“以与命令方向相反的方向旋转”。

6.3.8.1 案例 1 – 电机静止

如果电机静止，则换向必须初始化为与电机的位置同相。MCF8329HS-Q1 提供各种选项来将换向逻辑初始化为电机位置并可靠地启动电机。

- 对齐和双对齐技术通过在特定电机相位上施加电压来迫使电机与该相位对齐旋转，从而强制电机对齐。
- 初始位置检测 (IPD) 根据确定性电感变化来确定电机的位置，这通常出现在 BLDC 电机中。
- 慢速首循环方法通过应用低频周期来启动电机，以在一次电气旋转结束时将转子位置与应用的换向对齐。

MCF8329HS-Q1 还提供可配置的制动选项，以确保电机在启动上述启动方法之一之前处于静止状态。器件执行配置的启动方法后进入开环加速。

6.3.8.2 案例 2 – 电机正向旋转

如果电机以足够大的速度 (BEMF) 正向旋转（与命令的方向相同），则 MCF8329HS-Q1 与正在旋转的电机重新同步并通过直接进入闭环运行继续换向。如果电机转速对于闭环运行而言太低，则 MCF8329HS-Q1 会进入开环运行以加速电机，直到电机达到足以进入闭环运行的转速。通过与正在旋转的电机重新同步，用户可以在该初始条件下实现尽可能短的启动时间。可以通过 RESYNC_EN 启用或禁用该重新同步功能。如果重新同步被禁用，则 MCF8329HS-Q1 可以配置为等待电机滑行停止和/或施加制动。电机停止旋转后，考虑到电机处于静止状态，电机启动顺序与情况 1 相同。

6.3.8.3 案例 3 – 电机反向旋转

如果电机正在反向旋转（与命令的方向相反），则 MCF8329HS-Q1 提供了几种方法来改变方向并将电机驱动至命令方向上的目标基准。

反向驱动方法允许对电机进行相应的驱动，从而使电机减速至零速，然后反向加速。电机在反向旋转时可实现最短的启动时间。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

如果未启用反向驱动，则 MCF8329HS-Q1 可配置为等待电机滑行停止和/或施加制动。电机停止旋转后，考虑到电机处于静止状态，电机启动顺序与情况 1 相同。

备注

使用反向驱动或制动功能时要小心，以使电流限值保持在可接受的水平，并且电源电压不会因能量返回至电源而产生浪涌。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.9 电机启动顺序 (MSS)

图 6-19 展示了 MCF8329HS-Q1 器件中实现的电机启动序列。

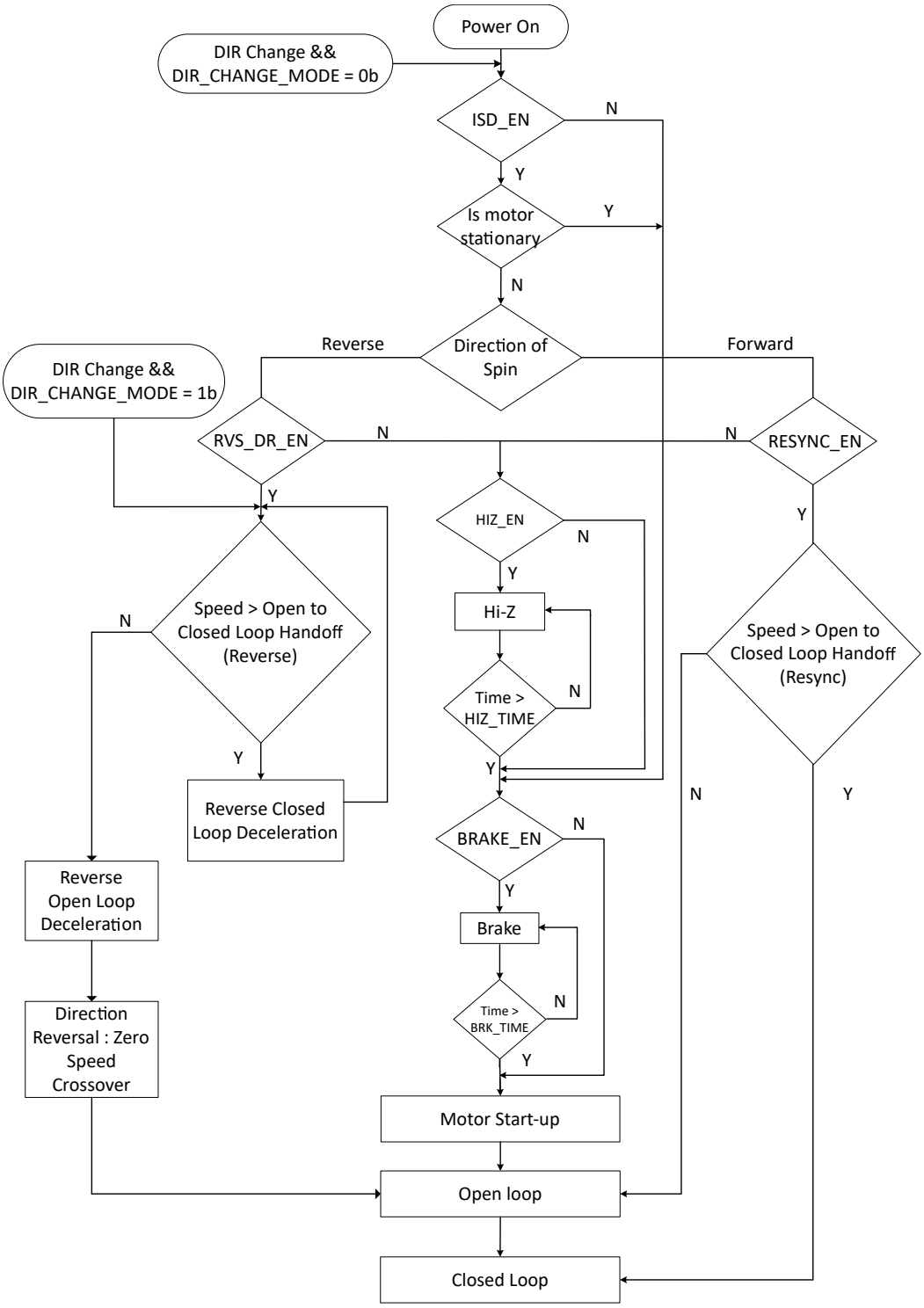


图 6-19. 电机启动流程

上电状态

这是电机启动序列 (MSS) 的初始状态。MSS 在初始上电时或 MCF8329HS-Q1 退出待机或睡眠模式时以该状态启动。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

DIR 更改 && DIR_CHANGE_MODE = 0b 判断	在 MCF8329HS-Q1 中，如果在任何状态（包括闭环）期间检测到方向更改命令并且 DIR_CHANGE_MODE 被设置为 0b，那么器件将重新启动 MSS。
ISD_EN 判断	上电后，MCF8329HS-Q1 MSS 进入 ISD_EN 判断，已确定是否启用了初始速度检测 (ISD) 功能 (ISD_EN = 1b)。如果禁用了 ISD，则 MSS 直接进行 BRAKE_EN 判断。如果启用了 ISD，则 MSS 会前进到 ISD（电机静止）状态。
ISD 状态	MSS 确定电机的初始状态（速度、旋转方向）（请参阅初始速度检测 (ISD)）。如果电机被认为是静止的（电机 BEMF < STAT_DETECT_THR），则 MSS 继续进行 BRAKE_EN 判断。如果电机不是静止的，则 MSS 会继续验证旋转方向。
旋转方向判断	MSS 确定电机是正向旋转还是反向旋转。如果电机正向旋转，则 MCF8329HS-Q1 继续进行 RESYNC_EN 判断。如果电机反向旋转，则 MSS 继续进行 RVS_DR_EN 判断。
RESYNC_EN 判断	如果 RESYNC_EN 被设置为 1b，则 MCF8329HS-Q1 继续进行速度 > 开闭环切换（重新同步）判断。如果 RESYNC_EN 被设置为 0b，则 MSS 继续进行 HIZ_EN 判断。
速度 > 开闭环切换（重新同步）判断	如果电机速度大于 FW_DRV_RESYN_THR，则 MCF8329HS-Q1 使用来自 ISD 状态的速度和位置信息直接转换至闭环状态（请参阅电机重新同步）。如果电机速度小于 FW_DRV_RESYN_THR，则 MCF8329HS-Q1 转换至开环状态。
RVS_DR_EN 判断	MSS 检查是否启用了反向驱动功能 (RVS_DR_EN = 1)。如果启用了该功能，则 MSS 将转换为反向检查电机速度。如果未启用反向驱动功能，则 MSS 会前进到 HIZ_EN 判断。
速度 > 开闭环切换（反向）判断	MSS 检查反向速度是否足够高，以便 MCF8329HS-Q1 能够在闭环中减速。当速度（反向）足够高时，MSS 保持反向闭环减速。如果速度过低，则 MSS 转换至反向开环减速。
反向闭环、开环减速和零速越过	MCF8329HS-Q1 反向重新同步，在闭环中使电机减速，直到电机速度低于切换阈值。（请参阅*反向驱动*）当电机反向速度过低时，MCF8329HS-Q1 切换至开环，使电机在开环中减速，越过零速，在开环中正向加速，然后在电机速度足够高之后进入闭环运行。
HIZ_EN 判断	MSS 进行检查以确定是否启用了滑行（高阻态）功能 (HIZ_EN =1)。如果启用了滑行功能，则 MSS 会前进到滑行例程。如果禁用了滑行功能，则 MSS 前进到 BRAKE_EN 判断。
滑行（高阻态）例程	器件通过将全部六个 MOSFET 关断一段由 HIZ_TIME 配置的特定时间来使电机滑行。
BRAKE_EN 判断	MSS 进行检查以确定是否启用了制动功能 (BRAKE_EN =1)。如果启用了制动功能，则 MSS 前进到制动例程。如果禁用了制动功能，则 MSS 前进到电机启动状态（请参阅节 6.3.9.4）。
制动例程	MCF8329HS-Q1 通过为 BRK_TIME 导通全部三个低侧 MOSFET 来实现制动。
闭环状态	在该状态下，MCF8329HS-Q1 使用 FOC 驱动电机。

备注

用户应确保有足够的启动时间将自举电容器充满电。为启动电容器充电的一种选择是在启动时通过低侧制动提供足够的时间。另一种选择是使用自举预充电例程。该器件仅在自举电压超过 UVLO 阈值后才会启动 ISD。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.9.1 初始速度检测 (ISD)

ISD 功能用于标识电机的初始状态，可以通过将 ISD_EN 设置为 1b 来启用。初始速度、位置和方向通过由内部 ADC 对相电压进行采样来决定。可以通过将 ISD_EN 设置为 0b 来禁用 ISD。如果禁用该功能被（ISD_EN 被设置为 0b），则 MCF8329HS-Q1 不执行初始速度检测功能并继续检查制动例程 (BRAKE_EN) 是否启用。

6.3.9.2 电机重新同步

当同时启用 ISD 和重新同步功能并且器件判断电机初始状态为正向旋转（与命令方向相同）时，电机重新同步功能起作用。ISD 期间测量的速度和位置信息用于初始化 MCF8329HS-Q1 的驱动状态，该驱动状态可以直接转换至闭环（如果电机速度不足以进行闭环运行，则为开环）状态，无需停止电机。在 MCF8329HS-Q1 中，可以通过 RESYNC_EN 位启用/禁用电机重新同步。如果电机重新同步被禁用，那么器件将继续检查是否启用了电机滑行（高阻态）例程。

6.3.9.3 反向驱动

当 ISD_EN 和 RVS_DR_EN 都设置为 1b 并且 ISD 确定电机旋转方向与命令的方向相反时，MCF8329HS-Q1 使用反向驱动功能来改变电机的旋转方向。反向驱动包括在相反的方向与电机速度同步，对电机进行反向减速至越过零速，改变方向，以及在正向（或命令的方向）在开环中加速，直到器件在正向转变为闭环（请参阅图 6-20）。

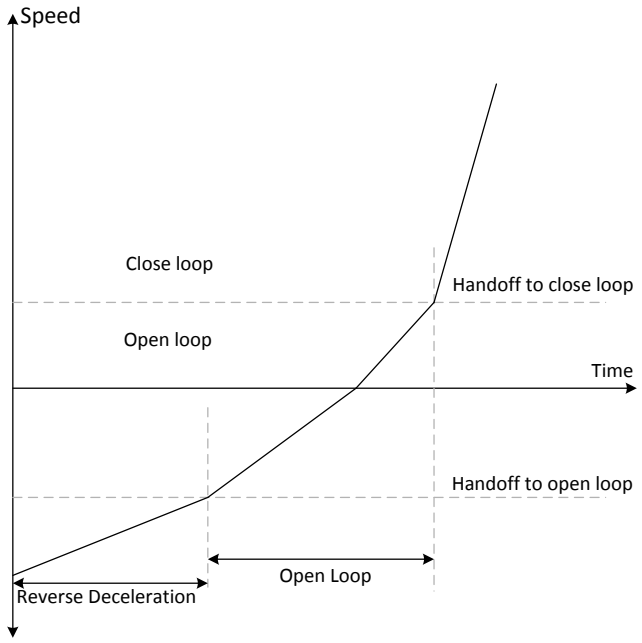


图 6-20. 反向驱动功能

6.3.9.3.1 反向驱动调谐

可以使用 REV_DRV_HANDOFF_THR 配置电机反向进入开环的速度。为了实现平稳转换而不会出现抖动或不同步情况，用户可以使用 REV_DRV_OPEN_LOOP_CURRENT 在电机在速度反转期间以开环方式旋转时配置适当的电流限制。可以使用 REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A1 和 来定义速度反转期间正向的开环加。当电机以相反方向减速至零速时，可以使用 REV_DRV_OPEN_LOOP_DEC 将反向驱动开环减速率配置为占反向驱动开环加速的百分比。

6.3.9.4 电机启动

有不同的选项可用于从静止位置启动电机，可以通过 MTR_STARTUP 来配置这些选项。在对齐和双对齐模式下，电机通过注入直流电流对齐到已知位置。在 IPD 模式下，通过施加 6 个不同的高频脉冲来估算转子位置。在慢速首循环模式下，通过施加一个低频周期来启动电机。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.9.4.1 对齐

可以通过将 MTR_STARTUP 配置为 00b 来启用对齐。MCF8329HS-Q1 在 ALIGN_TIME 配置的特定时间内通过特定相位模式注入直流电流来对齐电机。在 MCF8329HS-Q1 中，对齐期间的电流限制通过 ALIGN_OR_SLOW_CURRENT_ILIMIT 配置。

相电流的快速变化可能导致驱动扭矩突然变化，从而可能产生可闻噪声。为避免这种情况，MCF8329HS-Q1 以 ALIGN_SLOW_RAMP_RATE 设置的可配置斜坡速率将电流从 0 升高至电流限制。在对齐例程结束时，电机在已知位置对齐。

6.3.9.4.2 双对齐

可以通过将 MTR_STARTUP 配置为 01b 来启用双对齐。当转子的初始位置相对于应用的相位模式具有 180º 的相位差时，单对齐不可靠。在这种情况下，使用单对齐可能会产生启动故障。为了提高基于对齐的启动的可靠性，MCF8329HS-Q1 提供了双对齐启动选项。在双对齐启动中，MCF8329HS-Q1 针对第二个对齐使用的相位模式比第一个对齐相位模式提前 90º。在双对齐中，对齐时间、电流限值、升降速率等相关参数与单对齐的情况相同 - 连续应用两个具有相同参数的不同相位模式，以确保无论初始转子位置如何，电机都会对齐到已知位置。

6.3.9.4.3 初始位置检测 (IPD)

可以通过将 MTR_STARTUP 配置为 10b 来启用初始位置检测 (IPD)。在 IPD 中，使用电感检测方法来利用电机电感的空间变化来确定电机的初始位置。

对齐或双对齐可能会使电机在开始开环加速之前反向旋转。IPD 可用于不允许电机反转的应用。IPD 不会等待电机与换向对齐，因此可以实现更快的电机启动序列。当电机的电感作为位置的函数变化时，IPD 效果很好。IPD 通过将脉冲电流输入电机进行工作，因此会产生噪声，在确定特定应用的最佳启动方法时必须考虑这一点。

6.3.9.4.3.1 IPD 操作

IPD 通过根据以下序列依次应用六种不同的相位模式来运行：BC -> CB -> AB -> BA -> CA -> AC（请参阅图 6-21）。当电流达到 IPD_CURR_THR 配置的阈值时，MCF8329HS-Q1 停止驱动特定相位模式，并测量从应用特定相位模式至达到当前阈值所花费的时间。因此，针对全部六种相位模式测量达到 IPD_CURR_THR 所花费的时间 - 该时间随电机绕组中电感的变化而变化。时间最短的状态代表电感最小的状态。最小电感产生的原因是电机的北极与这种特定的驱动状态对齐。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

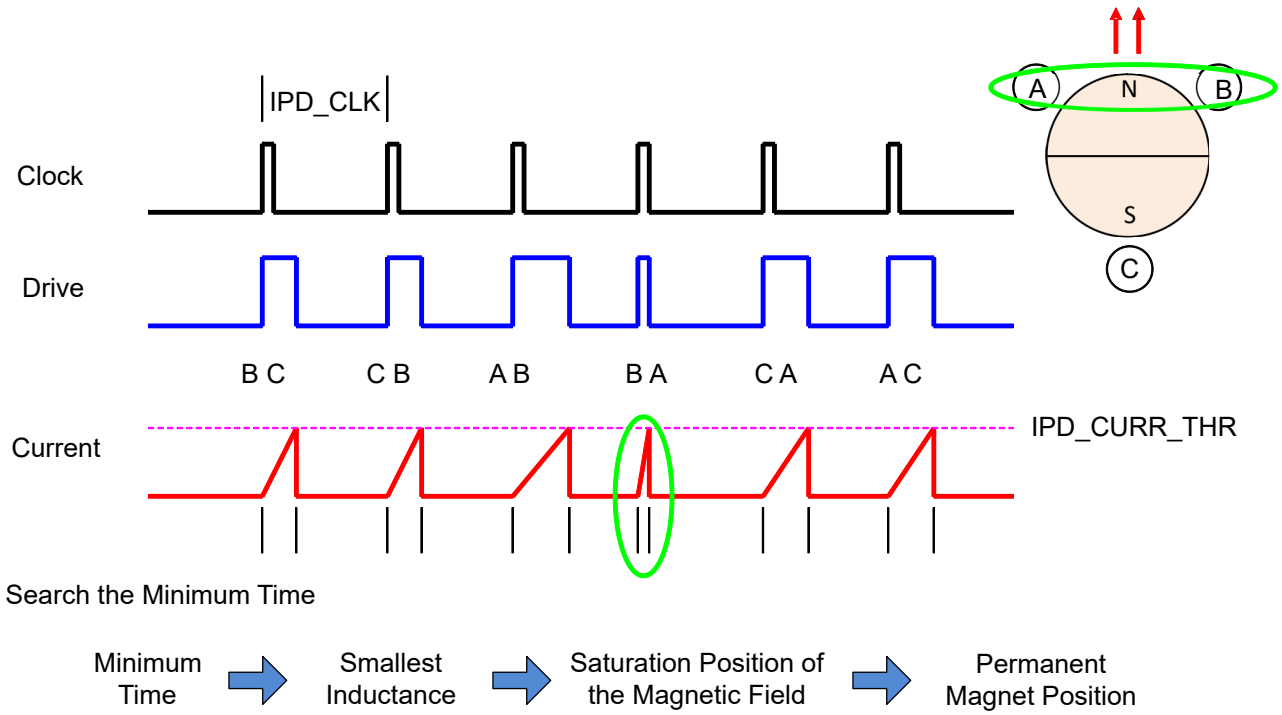


图 6-21. IPD 功能

6.3.9.4.3.2 IPD 版本

IPD 释放使用高阻态模式，高侧 (HSA) 和低侧 (LSC) MOSFET 均关断，电流通过体二极管再循环回到电源中（请参阅图 6-22）。

IPD 释放期间的高阻态模式会使电机直流电源电压 VM (V_{PVDD}) 上的电压升高。用于必须通过选择适当的钳位电路或通过在 V_{PVDD} 和 GND 之间提供足够的电容以吸收能量来解决该问题。

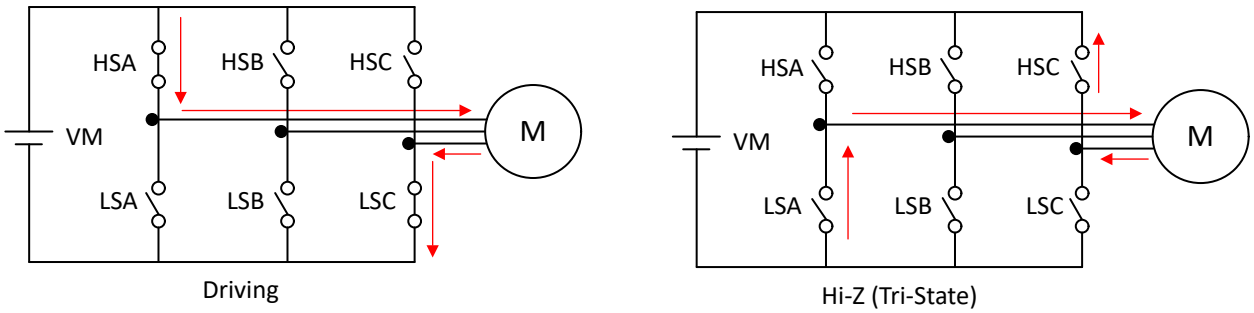


图 6-22. IPD 释放高阻态模式

6.3.9.4.3.3 IPD 超前角度

检测到初始位置后，MCF8329HS-Q1 开始以 IPD_ADV_ANGLE 指定的角度以开环方式驱动电机。

将驱动角度提前介于 0° 和 180° 之间的任何值可产生负扭矩。将驱动角提前 90° 可产生最大初始扭矩。施加最大初始扭矩可能会导致转子加速不稳定。选择 IPD_ADV_ANGLE 以在应用中实现平滑加速（请参阅图 6-23）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

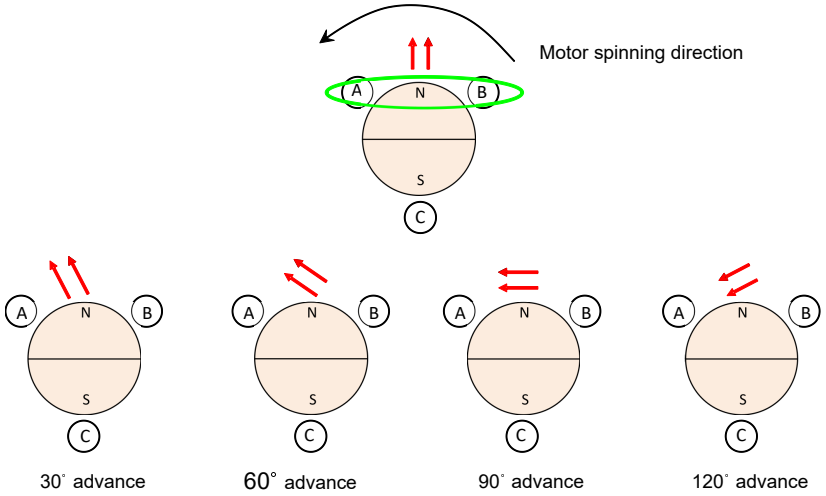


图 6-23. IPD 超前角度

6.3.9.4.4 显示首个周期启动

可以通过将 MTR_STARTUP 配置为 11b 来启用慢速首循环启动。在慢速首循环启动中，MCF8329HS-Q1 以 SLOW_FIRST_CYC_FREQ 定义的频率启动电机换向。配置的频率仅用于第一个周期，然后电机换向遵循由开环加速系数 A1 和 A2 配置的加速曲线。必须将慢速首循环配置得足够慢，以便允许电机与换向序列同步。当需要快速启动时，该模式很有用，因为它可以显著减少对齐时间。

6.3.9.4.5 开环

使用对齐、双对齐、IPD 或慢速首循环完成电机位置初始化后，MCF8329HS-Q1 开始在开环中加速电机。在开环期间，速度会随着固定电流限制的增加而增加。在开环中，I_q 和 I_d 的控制 PI 环路主动控制电流。开环期间的角度由斜坡发生器提供，如图 6-24 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

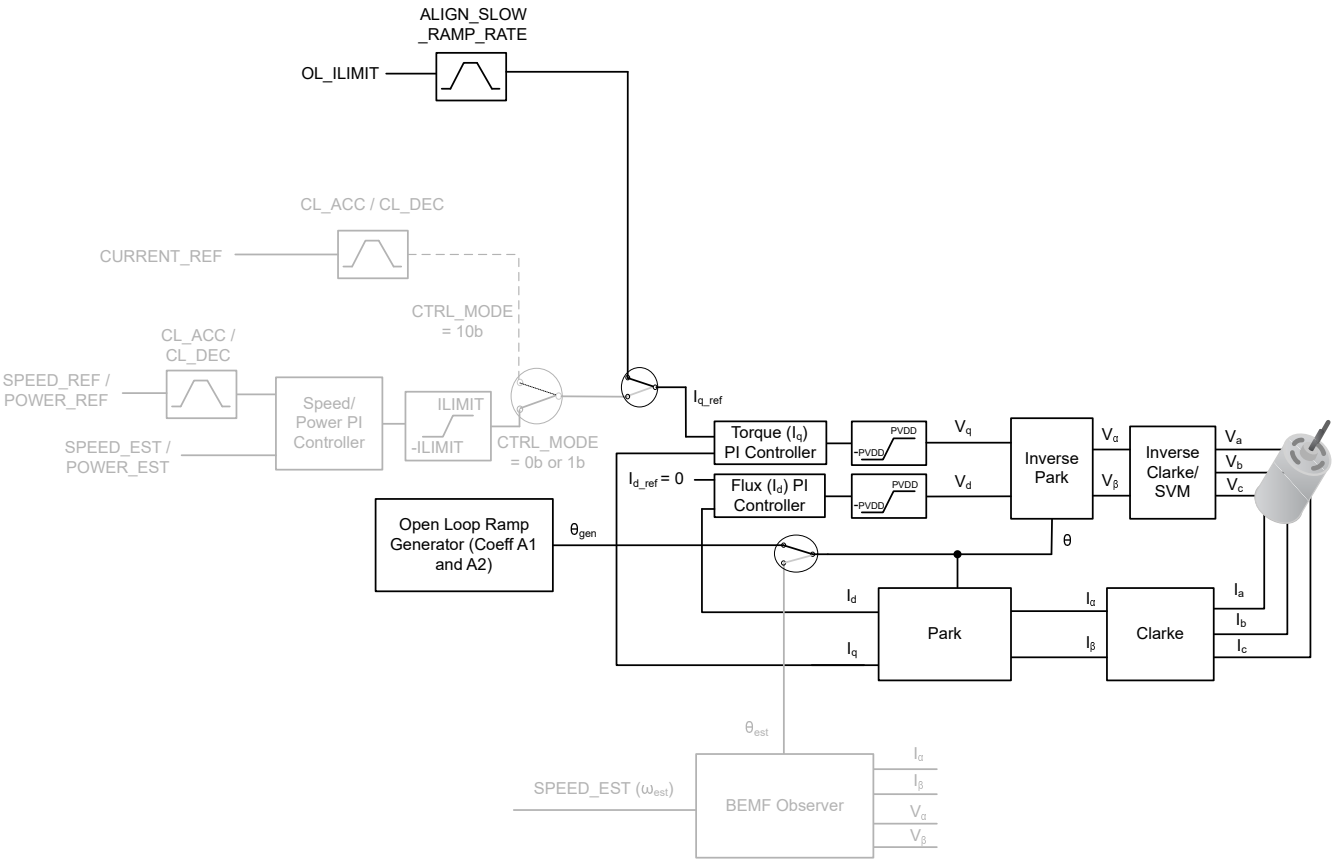


图 6-24. 开环

在 MCF8329HS-Q1 中，电流限制阈值通过 。开环运行的功能是将电机驱动至电机产生足够 BEMF 的速度，以便反电动势观测器能够准确检测转子的位置。电机在开环中加速，任何给定时间的速度由方程式 8 决定。在 MCF8329HS-Q1 中，开环加速系数 A1 和 A2 分别通过 OL_ACC_A1 和 OL_ACC_A2 进行配置。

$$\text{Speed}(t) = A1 * t + 0.5 * A2 * t^2 \quad (8)$$

6.3.9.4.6 从开环转换到闭环

在电机达到足以使反电动势观测器估算电机角度和速度的速度，MCF8329HS-Q1 就会转换到闭环状态。该切换速度是根据测得的反电动势和电机速度自动确定的。用户还可以选择通过配置 OPN_CL_HANDOFF_THR 并将 AUTO_HANDOFF_EN 设置为 0b 来手动设置切换速度。为了实现平稳转换并避免速度瞬态，在转换之后 theta_error (Θ_{gen} - Θ_{est}) 呈线性减小。可以使用 THETA_ERROR_RAMP_RATE 来配置 theta_error 减小的斜率。如果在开环期间设置的电流限制较高，并且在转换到闭环之前未降低该电流限制，则电机速度可能会在转换到闭环后瞬间升至高于 SPEED_REF 的值。为了避免这种速度变化，将 IQ_RAMP_DOWN_EN 配置为 1b，以便 i_{q_ref} 在转换值闭环之前减小。然而，如果最终速度基准 (SPEED_REF) 是开闭环切换速度 (OPN_CL_HANDOFF_THR) 的两倍以上，则 i_{q_ref} 不会独立于 IQ_RAMP_DOWN_EN 设置而降低，可实现更快的电机加速。

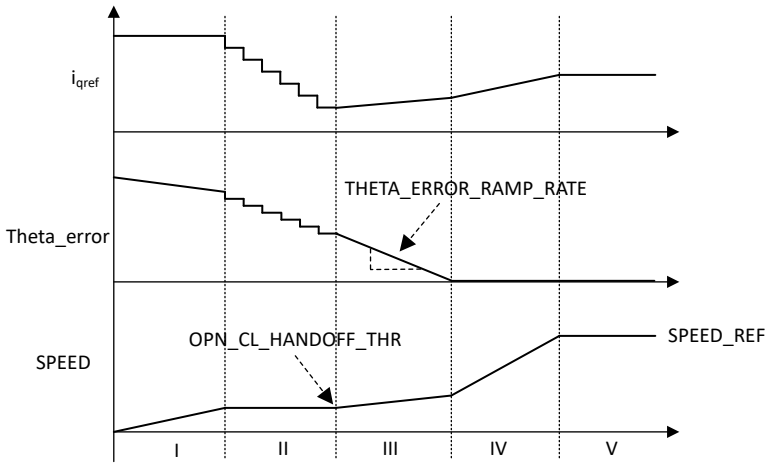
在以足够的速度切换至闭环后，可能仍然存在一些 θ 误差，因为估计器可能没有完全对齐。在开环转换到闭环之后可以使用缓慢加速，来确保 θ 误差减小为零。可以使用 CL_SLOW_ACC 来配置缓慢加速。

图 6-25 展示了开闭环转换中的控制序列。如果 IQ_RAMP_DOWN_EN 设置为 1b，则电流 i_{q_ref} 会在电流衰减区域降低到一个较低的值。如果 IQ_RAMP_DOWN_EN 设置为 0b，则转换序列中不会出现电流衰减区域。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

IQ 斜降仅在速度控制模式 (CTRL_MODE = 00b) 下可用（和 IQ_RAMP_DOWN_EN 设置无关）



I. Open Loop Acceleration, II. Current Decay, III. Closed loop slow acceleration
IV. Closed loop acceleration, V. Closed loop steady state

图 6-25. 开闭环转换中的控制序列

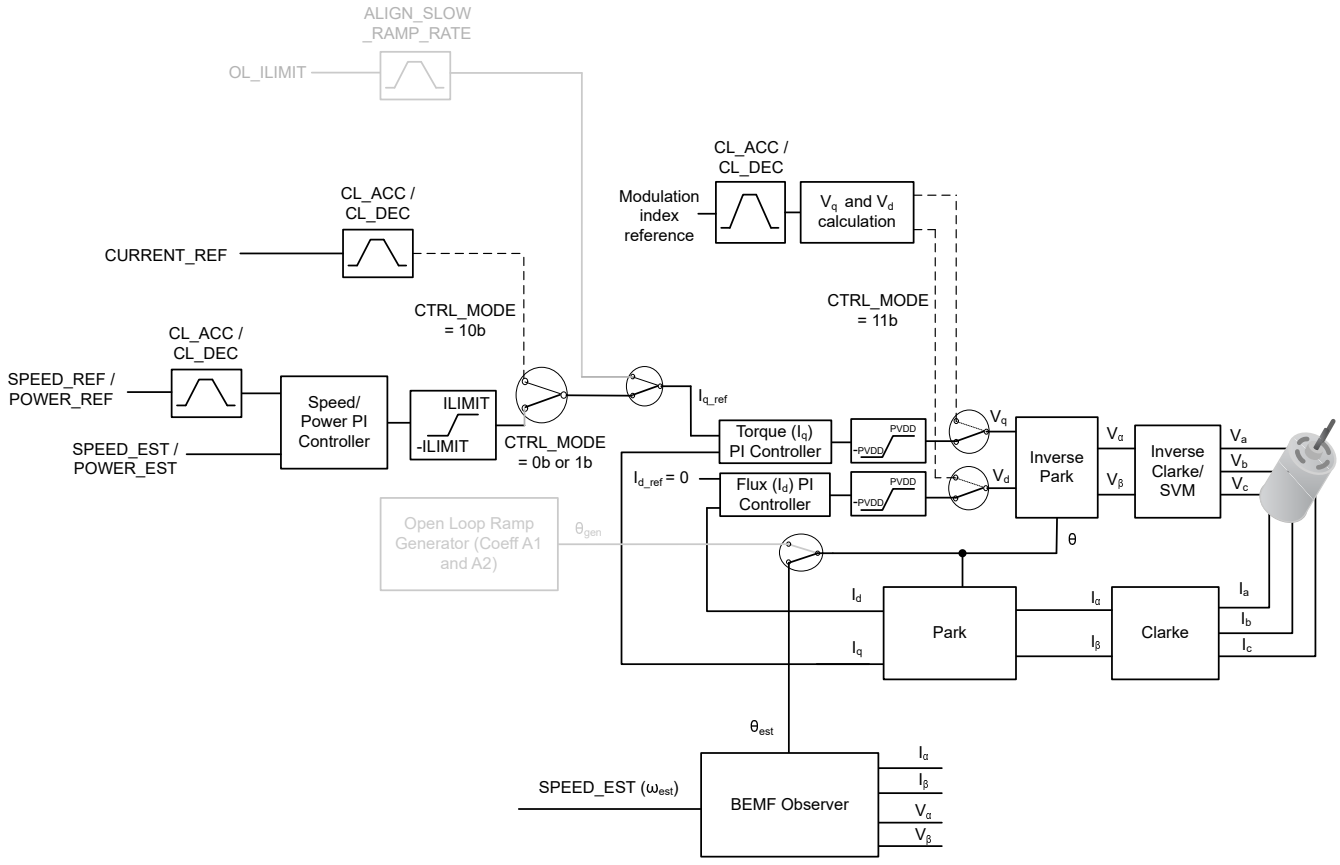


图 6-26. 开环到闭环转换

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.10 闭环运行

MCF8329HS-Q1 使用磁场定向控制 (FOC) 驱动电机，如图 6-27 所示。在闭环运行中，电机角度 (Θ_{est}) 和速度 (ω_{est}) 是使用反电动势观测器估算的。速度和电流调节是使用 PI 控制环路实现的。为了实现最大效率，直轴电流被设置为零 ($I_{d_ref} = 0$)，这将确保定子和转子磁场相互正交（相位差为 90º）。如果启用了弱磁或 MTPA，则在闭环运行期间，I_{d_ref} 会为零或负值。

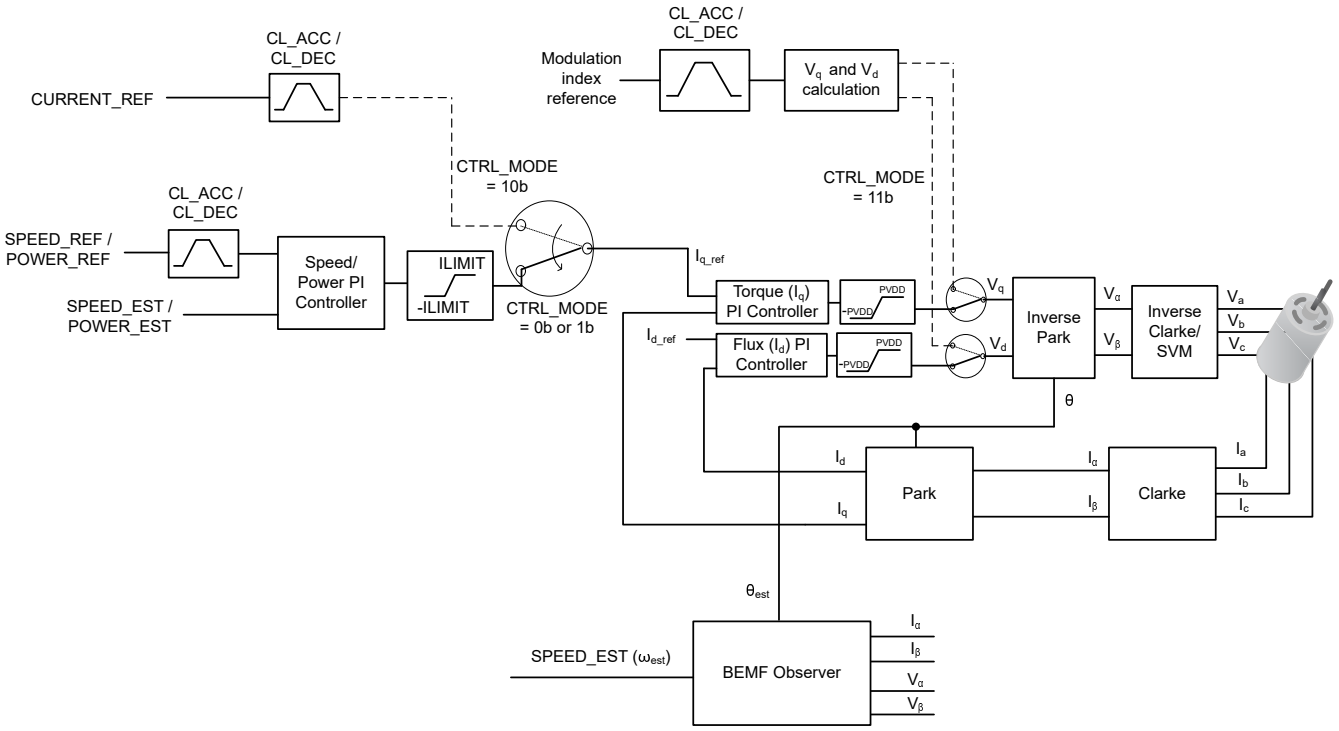


图 6-27. 闭环 FOC 控制

6.3.10.1 闭环加速

在闭环加速/减速期间，MCF8329HS-Q1 提供配置基准输入压摆率的选项。这可实现基准输入（速度、功率、电流或调制指数）的线性变化，即使基准输入发生阶跃变化（模拟、PWM、频率或 I²C）也是如此，如图 6-28 所示。可以配置此压摆率，以防止施加到电机的扭矩突然发生变化而导致噪声。闭环加速/减速压摆率参数 CL_ACC/CL_DEC 分别设置加速和减速期间（AVS 未激活时）的基准压摆率。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

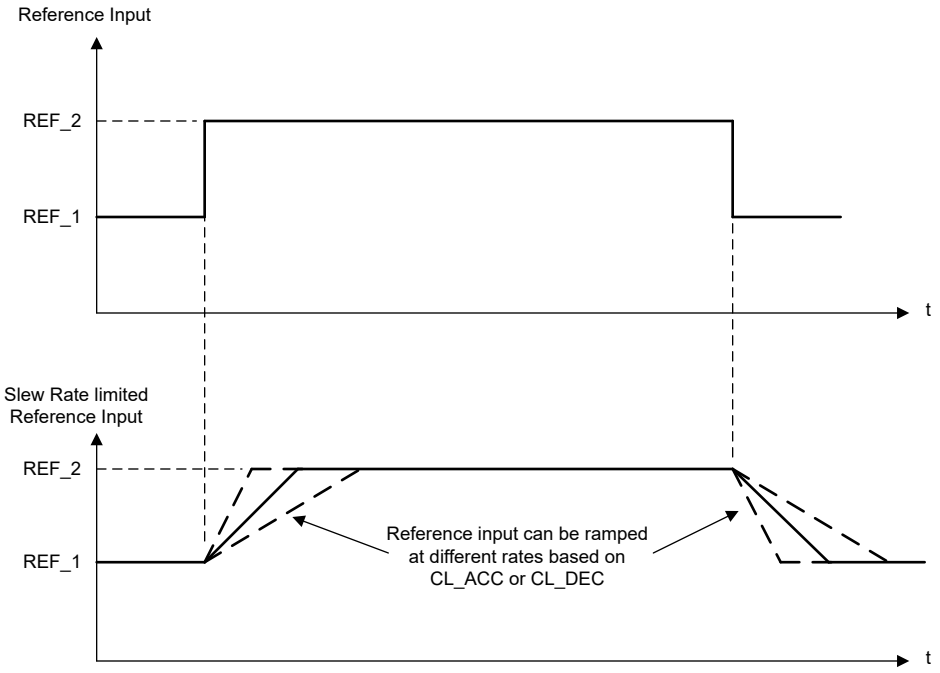


图 6-28. 闭环加速/减速压摆率

6.3.10.2 速度 PI 控制

集成式速度控制环路有助于在不同的运行条件下保持恒定的速度。K_p 和 K_i 系数通过 SPD_LOOP_KP 和 SPD_LOOP_KI 进行配置。速度环路的输出用于生成扭矩控制的电流基准 (I_{q_ref})。速度环路的输出受到限制以实现电流限制。可以通过配置 ILIMIT 来设置电流限制。当速度环路的输出饱和时，积分器被禁用以防止积分饱和。

SPEED_REF_SLEW 源自用户配置的占空比命令输入、基准（速度）曲线和闭环加速/减速率，而 SPEED_EST 是来自反电动势观测器的估算速度。

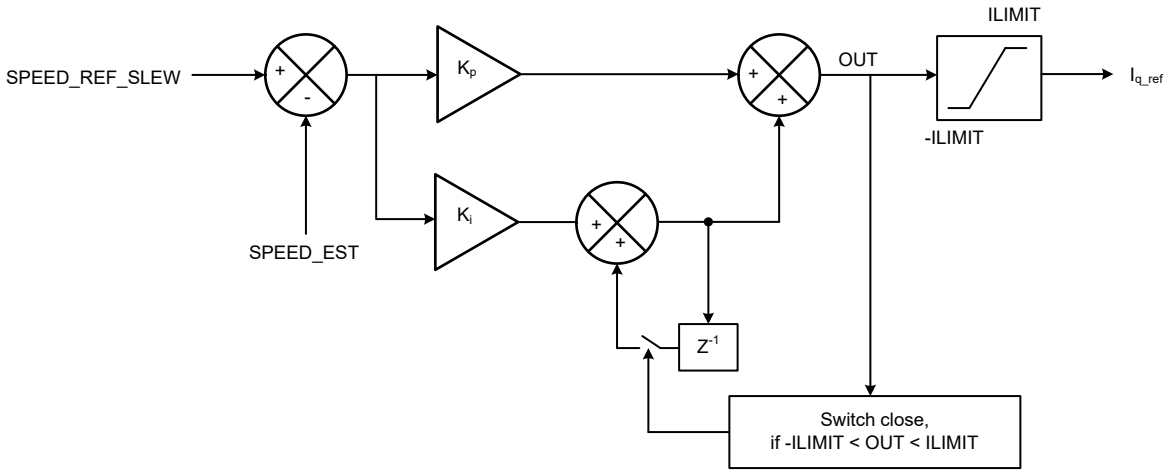


图 6-29. 速度 PI 控制

6.3.10.3 电流 PI 控制

MCF8329HS-Q1 有两个 PI 控制器，分别用于 I_d 和 I_q 以单独控制磁通和扭矩。K_p 和 K_i 系数对于两个 PI 而言是相同的，可通过 CURR_LOOP_KP 和 CURR_LOOP_KI 进行配置。电流控制环路的输出用于生成电压信号 V_d 和 V_q 以施加到电机。电流环路的输出被钳制为电源电压 PVDD。首先执行 I_d 电流 PI 环路，然后检查 I_d 电流 PI 环路 V_d 的输出是否饱和。当电流环路的输出饱和时，积分被禁用以防止积分饱和。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

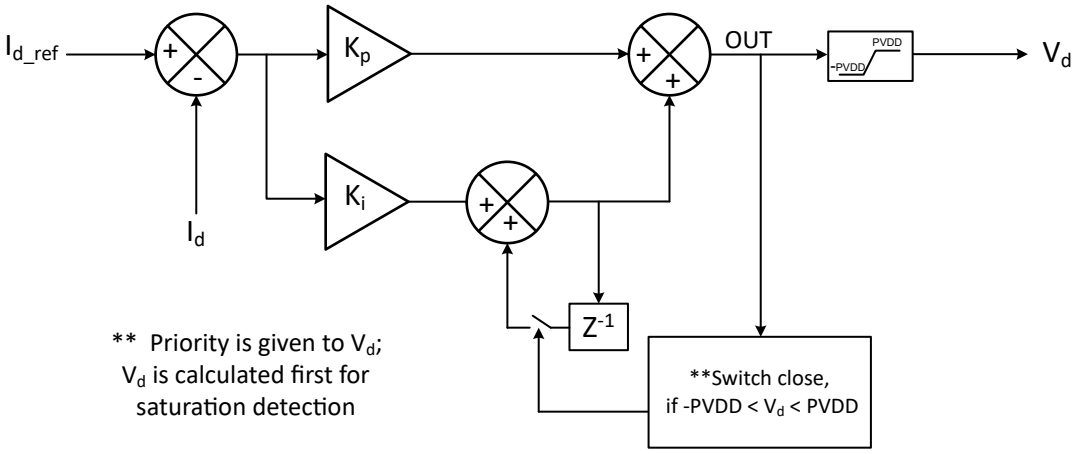


图 6-30. I_d 电流 PI 控制

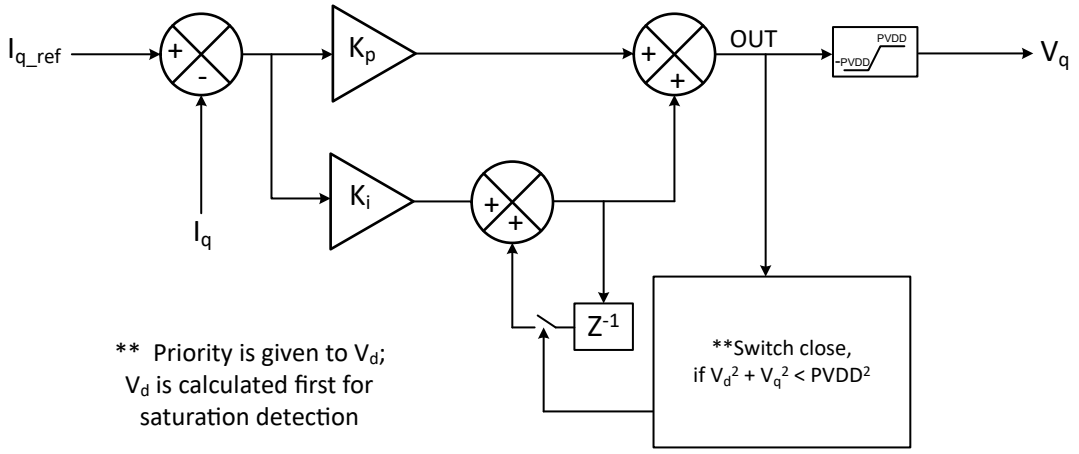


图 6-31. I_q 电流 PI 控制

6.3.10.4 过调制

MCF8329HS-Q1 提供过调制，通过适当修改应用的 PWM 模式来增加应用的基波相电压，从而在相同的 PVDD 电压下以更高的速度运行电机。可以通过将 OVERMODULATION_ENABLE 设置为 1b 来启用该功能。

6.3.10.5 电源环路

MCF8329HS-Q1 提供调节（输入直流）电源而非电机速度的选项，以实现闭环电源控制。可以通过将 CTRL_MODE 设置为 01b 来选择输入功率调节（而非电机速度）模式。MCF8329HS-Q1 可从直流输入电源获取的最大功率由 MAX_POWER 进行设置。电源环路的 K_p 和 K_i 系数通过 SPD_LOOP_KP 和 SPD_LOOP_KI 进行配置。

$$POWER\ REF(W) = DUTY\ CMD \times Maximum\ Power\ (W) \quad (9)$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

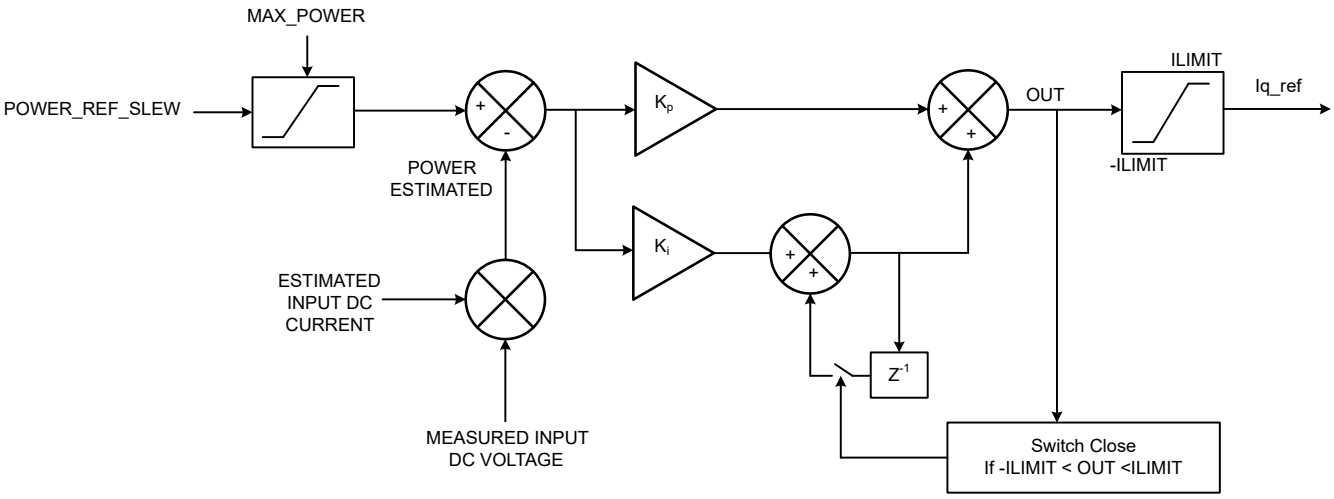


图 6-32. 闭环功率控制

6.3.10.6 调制指数控制

MCF8329HS-Q1 提供电压控制模式，可通过将 CTRL_MODE 设置为 11b 来选择此模式。闭环速度控制、功率控制和电流控制（i_q 和 i_d）在此模式下将禁用。使用用户定义的调制指数基准电压 (VOLTAGE REF) 和超前角设置，可直接控制施加的 V_q 和 V_d。VOLTAGE REF 从 MIN_DUTY 到 100% 之间变化。

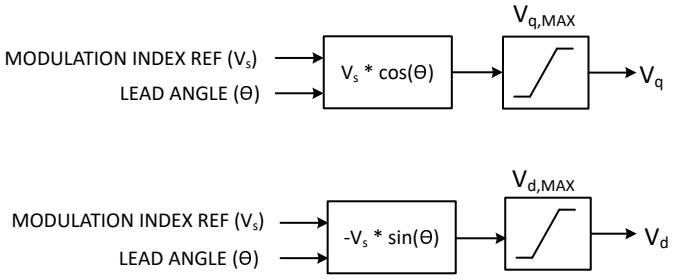


图 6-33. 开环电压控制

备注

1. 调制控制模式支持的最大调制指数 (Vs) 取决于 DIG_DEAD_TIME、SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME 和 PWM_FREQ_OUT 设置。

6.3.10.7 电机速度限制

MCF8329HS-Q1 提供了将电机转速限制为用户配置的限值的选项。当 SPEED_LIMIT_ENABLE 设置为 1b 时，无论输入基准模式（电流、功率或电压）和运行条件（VM、负载）如何，MCF8329HS-Q1 都会通过限制输入直流功率、电机相电流或电压（取决于输入基准模式）来将电机转速限制为 MAX_SPEED。当速度限制处于活动状态（电机转速限制为 MAX_SPEED）时，加速/减速率由 CL_SLOW_ACC 而非 CL_ACC/CL_DEC 设置，以尽可能减少 MAX_SPEED 值周围的抖动。当速度限制条件变为非活动状态（电机转速 < MAX_SPEED）时，加速/减速率恢复为 CL_ACC/CL_DEC。

6.3.10.8 输入直流功率限制

MCF8329HS-Q1 提供了限制电机驱动器可以从输入直流电源 (VM) 获取的功率的选项。当 BUS_POWER_LIMIT_ENABLE 设置为 1b 时，无论输入基准模式（速度、电流或电压）和运行条件（VM、负载）如何，MCF8329HS-Q1 会通过限制电机转速、电流或电压（取决于输入基准模式）将输入直流功率限制为

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

MAX_POWER。当功率限制为活动状态时（输入直流功率限制为 MAX_POWER），加速/减速率由 CL_SLOW_ACC 而非 CL_ACC/CL_DEC 设置，以尽可能减少 MAX_POWER 值周围的抖动。当功率限制条件变为非活动状态（输入直流功率 < MAX_POWER）时，加速/减速率恢复为 CL_ACC/CL_DEC。

6.3.11 每安培最大扭矩 (MTPA) 控制

具有磁性凸极的 PMSM 或 BLDC 电机通过直流 d 轴电感和正交 q 轴电感之间的差值产生磁阻扭矩。通过正确选择总电流中电磁扭矩电流与磁阻扭矩电流之间的电流矢量比，可以实现 IPM 电机的最大效率。MCF8329HS-Q1 提供每安培最大扭矩控制，因此对于给定的总线电流，可以通过按照以下等式将 d 轴电流基准设置为 q 轴电流基准的函数来获得出色扭矩性能。

$$i_{d_MTPA} = \frac{\psi_m}{2\left(L_q - L_d\right)}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4\left(L_q - L_d\right)^2 i_q^2}{\psi_m^2}}\right) \quad (10)$$

Ld 和 Lq 是 d 轴和 q 轴的电感。iq 是 Q 轴电流，ψm 是 BEMF 常数。对于转子没有凸极的电机，d 轴和 q 轴的电感相同，因此最大扭矩点始终是 d 轴电流基准为 0 的点。对于具有凸极的电机，d 轴基准可以设置为 q 轴基准的函数（如以上公式所示），以便为从直流总线汲取的任何电流产生最大扭矩。

6.3.12 弱磁控制

PMSM 电机不仅可以在低于基速（通常为额定速度）的恒定扭矩区域中运行，还可以在高于基速的恒定功率区域中运行，但基速会根据电流和电压限制而变化。MCF8329HS-Q1 提供弱磁控制，以将速度提高至高于电机额定速度。可以将 1b 设置为 FLUX_WEAKENING_EN 来启用弱磁。弱磁控制使用 PI 控制环路（如图 6-34 所示）来创建 I_{dref}。弱磁环路的 Kp 和 Ki 系数通过 FLUX_WEAKENING_KP 和 FLUX_WEAKENING_KI 进行配置。

通过配置 FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO，可以将弱磁电流基准 (I_{d_FW}) 的绝对最大值限制为占 ILIMIT 的百分比。如果 FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO = 0b，则仅存在循环限制，在此情况下，$i_q^2 + i_d^2$ 限制为 ILIMIT。如果 I_{d_FW} 绝对值增加，则 i_q 将减小以满足循环限制。

用户可配置调制指数基准 V_{s_ref}（如方程式 11 所示），低于此基准时，弱磁将处于非活动状态，并且 I_{d_FW} 变为零。此配置在 FLUX_WEAKENING_REFERENCE 位中提供。

$$V_{s_ref} = \sqrt{V_{q_ref}^2 + V_{d_ref}^2} \quad (11)$$

I_{dref} 会是零或者弱磁或 MTPA 的 i_d 基准的最小值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

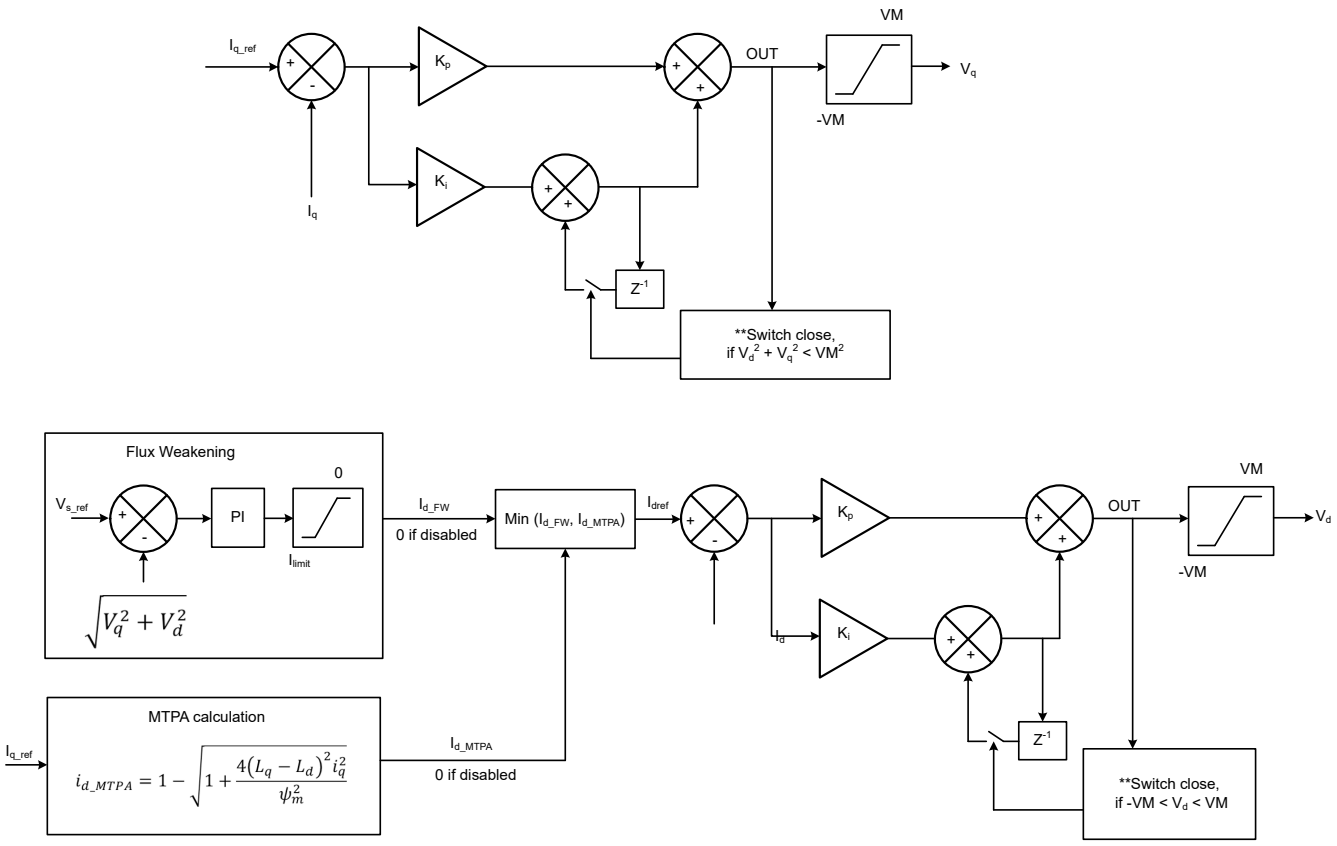


图 6-34. 弱磁控制

6.3.13 电机参数

在闭环中运行时，MCF8329HS-Q1 使用电机电阻、电机电感和电机反电动势常量来估算电机位置。MCF8329HS-Q1 能够在离线状态下测量反电动势常数（请参阅电机参数提取工具 (MPET)）。反电动势常数的离线测量（如果启用）将在电机正常运行之前进行。用户还可以禁用离线测量并通过 EEPROM 配置电机参数。

6.3.13.1 电机电阻

对于 Y 形连接电机，电机相电阻是指相位输出至中心抽头的电阻 R_{PH}（在表 6-2 中表示为 R_{PH}）。对于三角形连接电机，电机相位电阻是指表 6-2 中 Y 形配置的等效相位至中心抽头电阻。

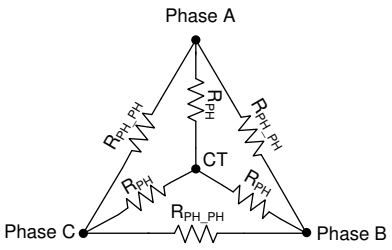


图 6-35. 电机电阻

对于三角形连接电机和 Y 形连接电机，获得等效 R_{PH} 的简单方法是测量两个相位端子之间的电阻 (R_{PH_PH})，然后将该值除以二，即 R_{PH} = ½ R_{PH_PH}。在 Y 形连接电机中，如果用户可以接触中心抽头 (CT)，那么还可以在中心抽头 (CT) 和相位端子之间测量 R_{PH}。

将电机电阻 (R_{PH}) 配置为表 6-2 中最接近的值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-2. 电机电阻查找表

MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）
0x00	保留	0x40	0.017	0x80	0.17	0xC0	1.7
0x01	0.001	0x41	0.0175	0x81	0.175	0xC1	1.75
0x02	0.0011	0x42	0.018	0x82	0.18	0xC2	1.8
0x03	0.0012	0x43	0.0185	0x83	0.185	0xC3	1.85
0x04	0.0013	0x44	0.019	0x84	0.19	0xC4	1.9
0x05	0.0014	0x45	0.0195	0x85	0.195	0xC5	1.95
0x06	0.0015	0x46	0.02	0x86	0.2	0xC6	2
0x07	0.0016	0x47	0.021	0x87	0.21	0xC7	2.1
0x08	0.0017	0x48	0.022	0x88	0.22	0xC8	2.2
0x09	0.0018	0x49	0.023	0x89	0.23	0xC9	2.3
0x0A	0.0019	0x4A	0.024	0x8A	0.24	0xCA	2.4
0x0B	0.002	0x4B	0.025	0x8B	0.25	0xCB	2.5
0x0C	0.0021	0x4C	0.026	0x8C	0.26	0xCC	2.6
0x0D	0.0022	0x4D	0.027	0x8D	0.27	0xCD	2.7
0x0E	0.0023	0x4E	0.028	0x8E	0.28	0xCE	2.8
0x0F	0.0024	0x4F	0.029	0x8F	0.29	0xCF	2.9
0x10	0.0025	0x50	0.03	0x90	0.3	0xD0	3
0x11	0.0026	0x51	0.031	0x91	0.31	0xD1	3.1
0x12	0.0027	0x52	0.032	0x92	0.32	0xD2	3.2
0x13	0.0028	0x53	0.033	0x93	0.33	0xD3	3.3
0x14	0.0029	0x54	0.034	0x94	0.34	0xD4	3.4
0x15	0.003	0x55	0.035	0x95	0.35	0xD5	3.5
0x16	0.0032	0x56	0.036	0x96	0.36	0xD6	3.6
0x17	0.0034	0x57	0.037	0x97	0.37	0xD7	3.7
0x18	0.0036	0x58	0.038	0x98	0.38	0xD8	3.8
0x19	0.0038	0x59	0.039	0x99	0.39	0xD9	3.9
0x1A	0.004	0x5A	0.04	0x9A	0.4	0xDA	4
0x1B	0.0042	0x5B	0.042	0x9B	0.42	0xDB	4.25
0x1C	0.0044	0x5C	0.044	0x9C	0.44	0xDC	4.5
0x1D	0.0046	0x5D	0.046	0x9D	0.46	0xDD	4.75
0x1E	0.0048	0x5E	0.048	0x9E	0.48	0xDE	5
0x1F	0.005	0x5F	0.05	0x9F	0.5	0xDF	5.25
0x20	0.0052	0x60	0.052	0xA0	0.52	0xE0	5.5
0x21	0.0054	0x61	0.054	0xA1	0.54	0xE1	5.75
0x22	0.0056	0x62	0.056	0xA2	0.56	0xE2	6
0x23	0.0058	0x63	0.058	0xA3	0.58	0xE3	6.25
0x24	0.006	0x64	0.06	0xA4	0.6	0xE4	6.5
0x25	0.0062	0x65	0.062	0xA5	0.62	0xE5	7
0x26	0.0064	0x66	0.064	0xA6	0.64	0xE6	7.5
0x27	0.0066	0x67	0.066	0xA7	0.66	0xE7	8
0x28	0.0068	0x68	0.068	0xA8	0.68	0xE8	8.5
0x29	0.007	0x69	0.07	0xA9	0.7	0xE9	9
0x2A	0.0072	0x6A	0.072	0xAA	0.72	0xEA	9.5
0x2B	0.0074	0x6B	0.074	0xAB	0.74	0xEB	10

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-2. 电机电阻查找表（续）

MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）	MOTOR_RES（十六进制）	R_{PH}（Ω）
0x2C	0.0076	0x6C	0.076	0xAC	0.76	0xEC	10.5
0x2D	0.0078	0x6D	0.078	0xAD	0.78	0xED	11
0x2E	0.008	0x6E	0.08	0xAE	0.8	0xEE	11.5
0x2F	0.0085	0x6F	0.085	0xAF	0.82	0xEF	12
0x30	0.009	0x70	0.09	0xB0	0.9	0xF0	12.5
0x31	0.0095	0x71	0.095	0xB1	0.95	0xF1	13
0x32	0.01	0x72	0.1	0xB2	1	0xF2	13.5
0x33	0.0105	0x73	0.105	0xB3	1.05	0xF3	14
0x34	0.011	0x74	0.11	0xB4	1.1	0xF4	14.5
0x35	0.0115	0x75	0.115	0xB5	1.15	0xF5	15
0x36	0.012	0x76	0.12	0xB6	1.2	0xF6	15.5
0x37	0.0125	0x77	0.125	0xB7	1.25	0xF7	16
0x38	0.013	0x78	0.13	0xB8	1.3	0xF8	16.5
0x39	0.0135	0x79	0.135	0xB9	1.35	0xF9	17
0x3A	0.014	0x7A	0.14	0xBA	1.4	0xFA	17.5
0x3B	0.0145	0x7B	0.145	0xBB	1.45	0xFB	18
0x3C	0.015	0x7C	0.15	0xBC	1.5	0xFC	18.5
0x3D	0.0155	0x7D	0.155	0xBD	1.55	0xFD	19
0x3E	0.016	0x7E	0.16	0xBE	1.6	0xFE	19.5
0x3F	0.0165	0x7F	0.165	0xBF	1.65	0xFF	20

6.3.13.2 电机电感

对于 Y 形连接电机，电机相电感是指相位输出至中心抽头的电感 L_{PH}（在表 6-3 中表示为 L_{PH}）。对于三角形连接电机，电机相位电感是指表 6-3 中 Y 形配置的等效相位至中心抽头电感。

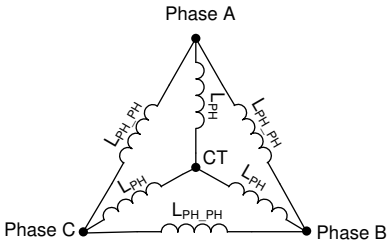


图 6-36. 电机电感

对于三角形连接电机和 Y 形连接电机，获得等效 L_{PH} 的简单方法是测量两个相位端子之间的电感 (L_{PH_PH})，然后将该值除以二，即 L_{PH} = ½ L_{PH_PH}。在 Y 形连接电机中，如果用户可以接触中心抽头 (CT)，那么还可以在中心抽头 (CT) 和相位端子之间测量 L_{PH}。

将电机电感 (L_{PH}) 配置为表 6-3 中最接近的值。

表 6-3. 电机电感查找表

MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)
0x00	保留	0x40	0.017	0x80	0.17	0xC0	1.7
0x01	0.001	0x41	0.0175	0x81	0.175	0xC1	1.75
0x02	0.0011	0x42	0.018	0x82	0.18	0xC2	1.8

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-3. 电机电感查找表（续）

MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)
0x03	0.0012	0x43	0.0185	0x83	0.185	0xC3	1.85
0x04	0.0013	0x44	0.019	0x84	0.19	0xC4	1.9
0x05	0.0014	0x45	0.0195	0x85	0.195	0xC5	1.95
0x06	0.0015	0x46	0.02	0x86	0.2	0xC6	2
0x07	0.0016	0x47	0.021	0x87	0.21	0xC7	2.1
0x08	0.0017	0x48	0.022	0x88	0.22	0xC8	2.2
0x09	0.0018	0x49	0.023	0x89	0.23	0xC9	2.3
0x0A	0.0019	0x4A	0.024	0x8A	0.24	0xCA	2.4
0x0B	0.002	0x4B	0.025	0x8B	0.25	0xCB	2.5
0x0C	0.0021	0x4C	0.026	0x8C	0.26	0xCC	2.6
0x0D	0.0022	0x4D	0.027	0x8D	0.27	0xCD	2.7
0x0E	0.0023	0x4E	0.028	0x8E	0.28	0xCE	2.8
0x0F	0.0024	0x4F	0.029	0x8F	0.29	0xCF	2.9
0x10	0.0025	0x50	0.03	0x90	0.3	0xD0	3
0x11	0.0026	0x51	0.031	0x91	0.31	0xD1	3.1
0x12	0.0027	0x52	0.032	0x92	0.32	0xD2	3.2
0x13	0.0028	0x53	0.033	0x93	0.33	0xD3	3.3
0x14	0.0029	0x54	0.034	0x94	0.34	0xD4	3.4
0x15	0.003	0x55	0.035	0x95	0.35	0xD5	3.5
0x16	0.0032	0x56	0.036	0x96	0.36	0xD6	3.6
0x17	0.0034	0x57	0.037	0x97	0.37	0xD7	3.7
0x18	0.0036	0x58	0.038	0x98	0.38	0xD8	3.8
0x19	0.0038	0x59	0.039	0x99	0.39	0xD9	3.9
0x1A	0.004	0x5A	0.04	0x9A	0.4	0xDA	4
0x1B	0.0042	0x5B	0.042	0x9B	0.42	0xDB	4.25
0x1C	0.0044	0x5C	0.044	0x9C	0.44	0xDC	4.5
0x1D	0.0046	0x5D	0.046	0x9D	0.46	0xDD	4.75
0x1E	0.0048	0x5E	0.048	0x9E	0.48	0xDE	5
0x1F	0.005	0x5F	0.05	0x9F	0.5	0xDF	5.25
0x20	0.0052	0x60	0.052	0xA0	0.52	0xE0	5.5
0x21	0.0054	0x61	0.054	0xA1	0.54	0xE1	5.75
0x22	0.0056	0x62	0.056	0xA2	0.56	0xE2	6
0x23	0.0058	0x63	0.058	0xA3	0.58	0xE3	6.25
0x24	0.006	0x64	0.06	0xA4	0.6	0xE4	6.5
0x25	0.0062	0x65	0.062	0xA5	0.62	0xE5	7
0x26	0.0064	0x66	0.064	0xA6	0.64	0xE6	7.5
0x27	0.0066	0x67	0.066	0xA7	0.66	0xE7	8
0x28	0.0068	0x68	0.068	0xA8	0.68	0xE8	8.5
0x29	0.007	0x69	0.07	0xA9	0.7	0xE9	9
0x2A	0.0072	0x6A	0.072	0xAA	0.72	0xEA	9.5
0x2B	0.0074	0x6B	0.074	0xAB	0.74	0xEB	10
0x2C	0.0076	0x6C	0.076	0xAC	0.76	0xEC	10.5
0x2D	0.0078	0x6D	0.078	0xAD	0.78	0xED	11
0x2E	0.008	0x6E	0.08	0xAE	0.8	0xEE	11.5

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-3. 电机电感查找表（续）

MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)	MOTOR_IND（十六进制）	L_{PH} (mH)
0x2F	0.0085	0x6F	0.085	0xAF	0.82	0xEF	12
0x30	0.009	0x70	0.09	0xB0	0.9	0xF0	12.5
0x31	0.0095	0x71	0.095	0xB1	0.95	0xF1	13
0x32	0.01	0x72	0.1	0xB2	1	0xF2	13.5
0x33	0.0105	0x73	0.105	0xB3	1.05	0xF3	14
0x34	0.011	0x74	0.11	0xB4	1.1	0xF4	14.5
0x35	0.0115	0x75	0.115	0xB5	1.15	0xF5	15
0x36	0.012	0x76	0.12	0xB6	1.2	0xF6	15.5
0x37	0.0125	0x77	0.125	0xB7	1.25	0xF7	16
0x38	0.013	0x78	0.13	0xB8	1.3	0xF8	16.5
0x39	0.0135	0x79	0.135	0xB9	1.35	0xF9	17
0x3A	0.014	0x7A	0.14	0xBA	1.4	0xFA	17.5
0x3B	0.0145	0x7B	0.145	0xBB	1.45	0xFB	18
0x3C	0.015	0x7C	0.15	0xBC	1.5	0xFC	18.5
0x3D	0.0155	0x7D	0.155	0xBD	1.55	0xFD	19
0x3E	0.016	0x7E	0.16	0xBE	1.6	0xFE	19.5
0x3F	0.0165	0x7F	0.165	0xBF	1.65	0xFF	20

6.3.13.3 电机反电动势常数

反电动势常数将电机相对中性点反电动势电压描述为电机速度的函数。对于 Y 形连接电机，电机 BEMF 常数是指从相位输出到中心抽头的时间的函数 Kt_{PH_N}（在表 6-4 中表示为 Kt_{PH_N}）。对于三角形连接电机，电机 BEMF 常数是指表 6-4 中 Y 形配置的等效相位至中心抽头反电动势。

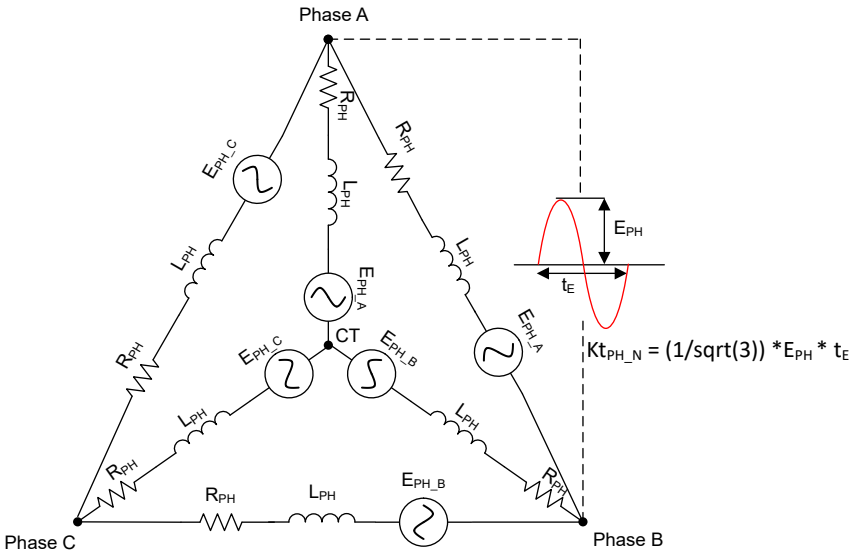


图 6-37. 电机反电动势常数

对于三角形连接电机和 Y 形连接电机，获得等效 Kt_{PH_N} 的简单方法是在示波器上测量一个电气周期中两个相位端子之间的 BEMF 峰值 (E_{PH})，然后乘以一个气电周期的时长，为了从相间电压转换为相对中性点电压，再除以 sqrt(3)，如方程式 12 所示。

$$Kt_{PH_N} = {}^{1}/_{\sqrt{3}} \times E_{PH} \times t_E \quad (12)$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

将电动机 BEMF 常数 (Kt_{PH_N}) 配置为表 6-4 中最接近的值。

表 6-4. 电机 BEMF 常数查找表

MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)
0x00	自测量（请参阅节 6.3.14）	0x40	1.7	0x80	17	0xC0	170
0x01	0.1	0x41	1.75	0x81	17.5	0xC1	175
0x02	0.11	0x42	1.8	0x82	18	0xC2	180
0x03	0.12	0x43	1.85	0x83	18.5	0xC3	185
0x04	0.13	0x44	1.9	0x84	19	0xC4	190
0x05	0.14	0x45	1.95	0x85	19.5	0xC5	195
0x06	0.15	0x46	2	0x86	20	0xC6	200
0x07	0.16	0x47	2.1	0x87	21	0xC7	210
0x08	0.17	0x48	2.2	0x88	22	0xC8	220
0x09	0.18	0x49	2.3	0x89	23	0xC9	230
0x0A	0.19	0x4A	2.4	0x8A	24	0xCA	240
0x0B	0.2	0x4B	2.5	0x8B	25	0xCB	250
0x0C	0.21	0x4C	2.6	0x8C	26	0xCC	260
0x0D	0.22	0x4D	2.7	0x8D	27	0xCD	270
0x0E	0.23	0x4E	2.8	0x8E	28	0xCE	280
0x0F	0.24	0x4F	2.9	0x8F	29	0xCF	290
0x10	0.25	0x50	3	0x90	30	0xD0	300
0x11	0.26	0x51	3.1	0x91	31	0xD1	310
0x12	0.27	0x52	3.2	0x92	32	0xD2	320
0x13	0.28	0x53	3.3	0x93	33	0xD3	330
0x14	0.29	0x54	3.4	0x94	34	0xD4	340
0x15	0.3	0x55	3.5	0x95	35	0xD5	350
0x16	0.32	0x56	3.6	0x96	36	0xD6	360
0x17	0.34	0x57	3.7	0x97	37	0xD7	370
0x18	0.36	0x58	3.8	0x98	38	0xD8	380
0x19	0.38	0x59	3.9	0x99	39	0xD9	390
0x1A	0.4	0x5A	4	0x9A	40	0xDA	400
0x1B	0.42	0x5B	4.2	0x9B	42	0xDB	425
0x1C	0.44	0x5C	4.4	0x9C	44	0xDC	450
0x1D	0.46	0x5D	4.6	0x9D	46	0xDD	475
0x1E	0.48	0x5E	4.8	0x9E	48	0xDE	500
0x1F	0.5	0x5F	5	0x9F	50	0xDF	525
0x20	0.52	0x60	5.2	0xA0	52	0xE0	550
0x21	0.54	0x61	5.4	0xA1	54	0xE1	575
0x22	0.56	0x62	5.6	0xA2	56	0xE2	600
0x23	0.58	0x63	5.8	0xA3	58	0xE3	625
0x24	0.6	0x64	6	0xA4	60	0xE4	650
0x25	0.62	0x65	6.2	0xA5	62	0xE5	700
0x26	0.64	0x66	6.4	0xA6	64	0xE6	750
0x27	0.66	0x67	6.6	0xA7	66	0xE7	800
0x28	0.68	0x68	6.8	0xA8	68	0xE8	850

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-4. 电机 BEMF 常数查找表（续）

MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST（十六进制）	Kt_{PH_N} (mV/Hz)
0x29	0.7	0x69	7	0xA9	70	0xE9	900
0x2A	0.72	0x6A	7.2	0xAA	72	0xEA	950
0x2B	0.74	0x6B	7.4	0xAB	74	0xEB	1000
0x2C	0.76	0x6C	7.6	0xAC	76	0xEC	1050
0x2D	0.78	0x6D	7.8	0xAD	78	0xED	1100
0x2E	0.8	0x6E	8	0xAE	80	0xEE	1150
0x2F	0.85	0x6F	8.5	0xAF	85	0xEF	1200
0x30	0.9	0x70	9	0xB0	90	0xF0	1250
0x31	0.95	0x71	9.5	0xB1	95	0xF1	1300
0x32	1	0x72	10	0xB2	100	0xF2	1350
0x33	1.05	0x73	10.5	0xB3	105	0xF3	1400
0x34	1.1	0x74	11	0xB4	110	0xF4	1450
0x35	1.15	0x75	11.5	0xB5	115	0xF5	1500
0x36	1.2	0x76	12	0xB6	120	0xF6	1550
0x37	1.25	0x77	12.5	0xB7	125	0xF7	1600
0x38	1.3	0x78	13	0xB8	130	0xF8	1650
0x39	1.35	0x79	13.5	0xB9	135	0xF9	1700
0x3A	1.4	0x7A	14	0xBA	140	0xFA	1750
0x3B	1.45	0x7B	14.5	0xBB	145	0xFB	1800
0x3C	1.5	0x7C	15	0xBC	150	0xFC	1850
0x3D	1.55	0x7D	15.5	0xBD	155	0xFD	1900
0x3E	1.6	0x7E	16	0xBE	160	0xFE	1950
0x3F	1.65	0x7F	16.5	0xBF	165	0xFF	2000

6.3.14 电机参数提取工具 (MPET)

MCF8329HS-Q1 使用电机绕组电阻、电机绕组电感和反电动势常量在闭环运行中估算电机位置。MPET 例程测量电机反电动势常数以及机械负载惯性和摩擦系数。参数的离线测量发生在电机正常运行之前。TI 建议在电机启动前估算电机参数，尽可能减轻可能的参数变化导致的影响。

图 6-38 展示了 MPET 例程中的操作序列。当 MPET_CMD 位被设置为 1b 或设置了非零目标速度时，会进入 MPET 例程。MPET 例程包括三个步骤，即开环加速、电流下降和滑行。如果图 6-38 中显示的条件评估为“真”，则执行每个步骤；如果条件评估为“假”，那么算法将绕过该特定的步骤并继续执行序列中的下一步。完成（或绕过）全部步骤之后，算法就会退出 MPET 例程。如果目标速度被设置为非零值，那么在退出 MPET 例程之后，算法将开始启动和加速序列（达到目标速度基准）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

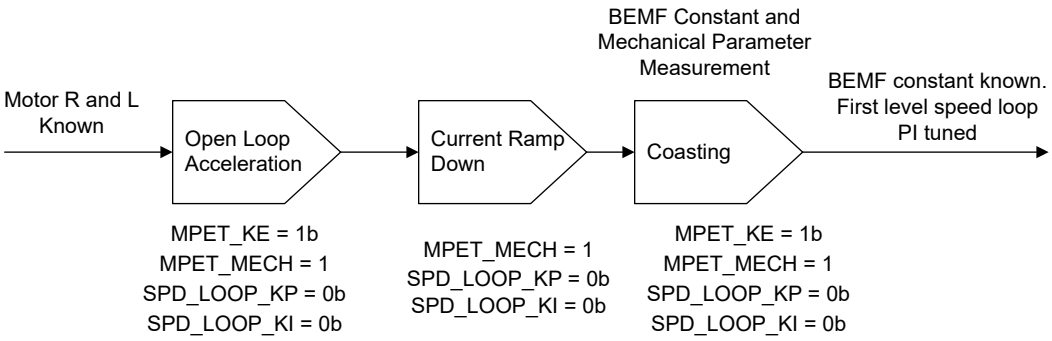


图 6-38. MPET 序列

TI 专有的 MPET 例程包含以下操作序列。

- **开环加速**：如果通过设置 MPET_KE = 1b 和 MPET_MECH = 1b 启用反电动势常数或机械参数测量，则 MPET 例程会运行对齐，然后运行开环加速。如果速度环路 PI 常数被定义为零，那么即使 MPET_MECH = 0b，MPET 例程也会包含机械参数测量序列。此例程使用正常的电机运行开环配置参数。速度压摆率由 OL_ACC_A1 和 OL_ACC_A2 设置，电流基准由 OL_ILIMIT 设置，而速度基准由 OPN_CL_HANDOFF_THR 设置。
- **电流下降**：开环加速后，如果启用了机械参数测量，则 MPET 例程会将电机电流优化为足以支持负载的较低值。如果禁用机械参数测量（MPET_MECH = 0b 或非零速度环路 PI 参数），则 MPET 不包含电流下降序列。
- **滑行**：MPET 例程通过启用高阻态允许电机滑行来完成该序列。在电机滑行期间会测量电机反电动势和机械参数指示值。如果电机反电动势低于 STAT_DETECT_THR 中定义的阈值，则会生成 MPET_BEMF_FAULT。

从 EEPROM 或 MPET 中选择参数

MTR_PARAMS 寄存器提供 MPET 估算值。在将 MPET_WRITE_SHADOW 位设置为 1 的情况下，将 MPET 估算值写入影子寄存器，MOTOR_BEMF_CONST、SPD_LOOP_KP 和 SPD_LOOP_KI 影子寄存器中用户配置（来自 EEPROM）的值将被来自 MPET 的估算值覆盖。如果任何影子寄存器被初始化为零（通过 EEPROM 寄存器），则 MPET 估算值用于这些独立于 MPET_WRITE_SHADOW 设置的寄存器。MPET 通过用户输入的电阻和电感来计算电流环路 KP 和 KI。MPET 估算机械参数，包括惯性和轴上的摩擦系数（包括电机和轴耦合负载）。这些值用于设置初始值速度环路 Kp 和 Ki。估算的速度环路 KP 和 KI 设置只能用作初始设置，TI 建议用户根据性能要求在应用中调整这些参数。

备注

1. 在 MPET 期间，FG 信号不准确。
2. 如果 CURRENT_LOOP_KP 和 CURRENT_LOOP_KI 设置为零，则 MCF8329HS-Q1 会使用电机电阻和电感值自动计算这些系数。

6.3.15 单霍尔传感器运行

MCF8329HS-Q1 提供使用单个数字霍尔输入进行冗余电机锁定检测的选项 — 可通过将 HALL_EN 设置为 1b 来启用该选项。MCF8329HS-Q1 使用 HALL_IN 引脚上的数字霍尔输入来检测电机锁定情况（在开环和闭环状态下）并测量电机速度；当 HALL_SNS_STARTUP_EN 设置为 1b 时，霍尔输入也用于调整开环加速率。如果当 HALL_EN 设置为 1b 且输入基准设置为非零值时，在 HALL_IN 引脚上未观察到霍尔边沿转换 500ms，则 MCF8329HS-Q1 会置位电机锁定故障并根据 MTR_LCK_MODE 执行保护性操作。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

- 这是一项可选功能 — 当 HALL_EN 设置为 0b 时，MCF8329HS-Q1 仅使用集成观测器在无传感器模式下运行，以进行电机控制和锁定检测。
- 设置 HALL_ANGLE_REF = 0h 以自动校准霍尔传感器偏移。
- 当 HALL_EN 设置为 1b 时，在看门狗故障期间，外部 MCU 复位信号 (nMCU_RST) 不可用，因为霍尔输入功能在与 nMCU_RST 相同的 GPIO 引脚上进行多路复用。

6.3.16 防电压浪涌 (AVS)

驱动电机时，能量从电源传输到电机。其中一些能量以电感能量和机械能的形式进行存储。如果速度命令突然下降，使得电机产生的 BEMF 电压大于施加到电机上的电压，则电机的机械能返回到电源，从而产生 V_{PVDD} 电压浪涌。AVS 功能用于防止在 V_{PVDD} 上产生该电压浪涌，可以通过将 AVS_EN 设置为 1b 来启用该功能。可以通过将 AVS_EN 设置为 0b 来禁用 AVS。

6.3.17 主动制动

若要使电机快速减速，需要迅速且可控地从转子中提取电机的机械能。然而，如果电机的机械能在减速过程中返回电源，则直流电源电压就会升高。通过使用一项称为主动制动的新技术，MCF8329HS-Q1 能够在不将能量泵回电源电压的情况下，使电机快速减速。ACTIVE_BRAKE_EN 设置为 1b 以启用主动制动，防止在电机快速减速期间产生直流总线电压尖峰。也可以在反向驱动（请参阅节 6.3.9.3）或电机停止（请参阅节 6.3.21.3）期间使用主动制动，以便在不产生直流电压尖峰的情况下快速降低电机转速。

可以使用 ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT 配置主动制动期间直流总线电流的最大限值 (i_{dc_ref})。主动制动期间的功率流控制是通过使用 Q 轴 (i_q) 和 D 轴 (i_d) 电流分量实现的。直流总线电流限值 (i_{dc_ref}) 与使用 PI 控制器估算的直流总线电流 (i_{dc}) 之间存在误差，由此生成 D 轴电流基准 (i_{d_ref})。i_{dc} 值是根据测得的相电流、相电压和直流总线电压、使用功率平衡公式（瞬时直流总线功率等于全部三个瞬时相功率之和，假设具有 100% 的效率）估算的。在主动制动期间，直流总线电流限值 (i_{dc_ref}) 从零开始线性增加到 ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT，电流转换速率由 ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE 定义。可以使用 ACTIVE_BRAKE_KP 和 ACTIVE_BRAKE_KI 配置 PI 控制器的增益常数。图 6-39 展示了主动制动 id 电流控制环路。

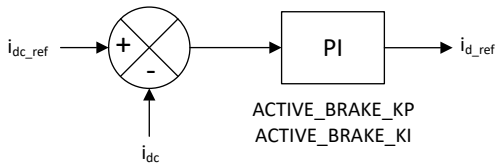


图 6-39. i_{d_ref} 的主动制动电流控制环路

ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY 用于设置初始速度和目标速度之间的最小差值，超过该值时进入主动制动状态。例如，考虑将 ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY 设置为 10%；如果初始速度为 100%，目标速度设置为 95%，则 MCF8329HS-Q1 使用 AVS 而不是主动制动来达到 95% 速度，因为指令速度变化差异 (5%) 小于 ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY (10%)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

1. ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRYACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_EXIT 和 ACTIVE_BRAKE_MOD_INDEX_LIMIT 仅在正向减速期间适用，在方向改变期间不使用。
2. 在主动（或闭环）制动期间，I_{q_ref} 被钳位至 -ILIMIT。这（I_{q_ref} 被钳位至 -ILIMIT）可能会导致速度 PI 环路趋于饱和，并且在减速期间使 SPEED_LOOP_SATURATION 位设置为 1b。一旦减速完成，此位就会自动设置为 0b，速度 PI 环路也不再饱和。因此，在减速期间将忽略速度环路饱和故障。
3. 主动制动仅在速度控制模式下可用。
4. 在当前速度与目标速度之间的差异小于 10% 时，将完成主动制动。

6.3.18 输出 PWM 开关频率

MCF8329HS-Q1 提供了通过 PWM_FREQ_OUT 配置 MOSFET 的输出 PWM 开关频率的选项。PWM_FREQ_OUT 的范围为 10-80 kHz。为了选择最佳输出 PWM 开关频率，用户必须在电流纹波和开关损耗之间进行权衡。通常，具有较低 L/R 比的电机需要较高的 PWM 开关频率以减小电流纹波。

6.3.19 PWM 抖动

MCF8329HS-Q1 提供 PWM 抖动选项，以减少 MOSFET 开关产生的 EMI。启用该选项后，PWM 开关频率会在 PWM_FREQ_OUT 设置附近连续变化（在用户配置的频率范围内），从而将 EMI 能量分散到整个频谱范围内并降低 EMI 峰值。用户配置的 PWM 抖动频率范围由 PWM_DITHER_DEPTH 设置；将 PWM_DITHER_DEPTH 设置为 0x0 可禁用 PWM 抖动。PWM_DITHER_DEPTH 提供 ±5%、±7.5% 和 ±10% 展频选项。当 PWM_FREQ_OUT 设置为 25kHz 且 PWM_DITHER_DEPTH 设置为 ±10% 时，施加到 MOSFET 的 PWM 开关频率会在 22.5kHz (25kHz-10%) 和 27.5kHz (25kHz+10%) 之间持续变化，从而以 25kHz 的倍数降低 EMI 峰值。PWM 抖动可在两种模式下使用：随机模式或三角模式（由 PWM_DITHER_MODE 配置）。在随机抖动模式下，PWM 开关频率会在 PWM_FREQ_OUT 和 PWM_DITHER_DEPTH 设置的范围内持续随机变化。在三角抖动模式下，PWM 开关频率以用户配置的压摆率（由 PWM_DITHER_STEP 配置）变化，如图 6-40 所示

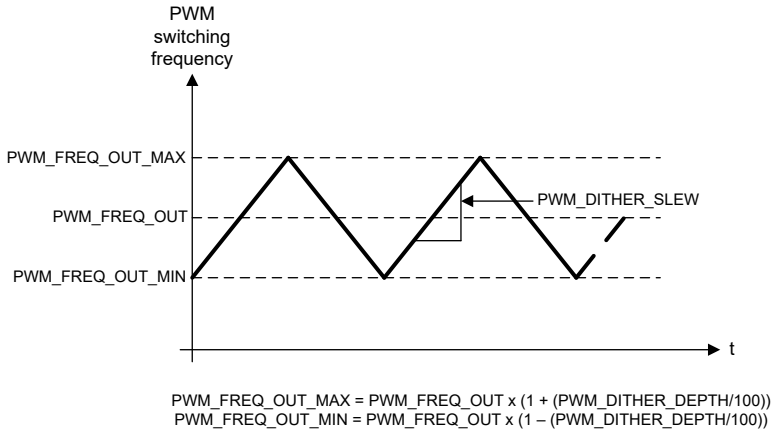


图 6-40. 三角 PWM 抖动

PWM 开关频率压摆率（图 6-40 中的 PWM_DITHER_SLEW）的设置如方程式 13 所示。

$$\text{PWM_DITHER_SLEW (kHz/s)} = \text{PWM_DITHER_STEP} * \text{SLEW_SCALING FACTOR} \quad (13)$$

SLEW_SCALING FACTOR 随 PWM 开关频率而变化，如表 6-5 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-5. SLEW_SCALING FACTOR 与 CLOCK_FREQUENCY 与 PWM 开关频率间的关系

PWM 开关频率 (kHz)	SLEW_SCALING FACTOR		
	CLOCK_FREQUENCY = 高	CLOCK_FREQUENCY = 中	CLOCK_FREQUENCY = 低
10	1	1	1
15	2.3	2.3	1.1
20	4	2	2
25	3.1	3.1	2.1
30	4.5	4.5	3
35	6.1	4.1	3.1
40	8	5.3	3.2
45	6.8	6.8	4.1
50	8.4	6.3	4.2
55	10.1	7.6	不适用
60	12.0	7.2	不适用
65	10.6	8.5	不适用
70	12.3	9.8	不适用
75	14.1	9.4	不适用
80	12.8	10.6	不适用

6.3.20 电压检测调节

MCF8329HS-Q1 集成了动态电压调节功能以提高相电压和直流总线电压检测的分辨率。直流总线电压在 PVDD 引脚上检测。可以使用具有 5V/V、10V/V 或 20V/V 可配置调节功能的集成分压器检测电机相电压和直流总线电压，以在工作电压范围内将检测电压限制为小于 3V。通过设置位 DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN = 0b 可禁用动态电压调节，并且 MCF8329HS-Q1 使用 BUS_VOLT 设置来配置电压调节。通过设置位 DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN = 1b 可以启用动态电压调节，MCF8329HS-Q1 在电机启动期间检测直流总线电压并选择相应的 5V/V、10V/V 或 20V/V 电压调节。

6.3.21 电机停止运转选项

MCF8329HS-Q1 提供用于停止电机的不同选项，可通过 MTR_STOP 配置这些选项。

6.3.21.1 滑行（高阻态）模式

可以通过将 MTR_STOP 设置为 00b 来配置滑行（高阻态）模式。接收到电机停止命令后，MCF8329HS-Q1 关断所有外部 MOSFET，从而在相位电机端子处生成高阻态。当 MCF8329HS-Q1 从驱动电机转换到高阻态时，电机绕组中的电感电流继续流动，能量通过 MOSFET 输出级中的体二极管返回到电源中（请参阅示例图 6-41）

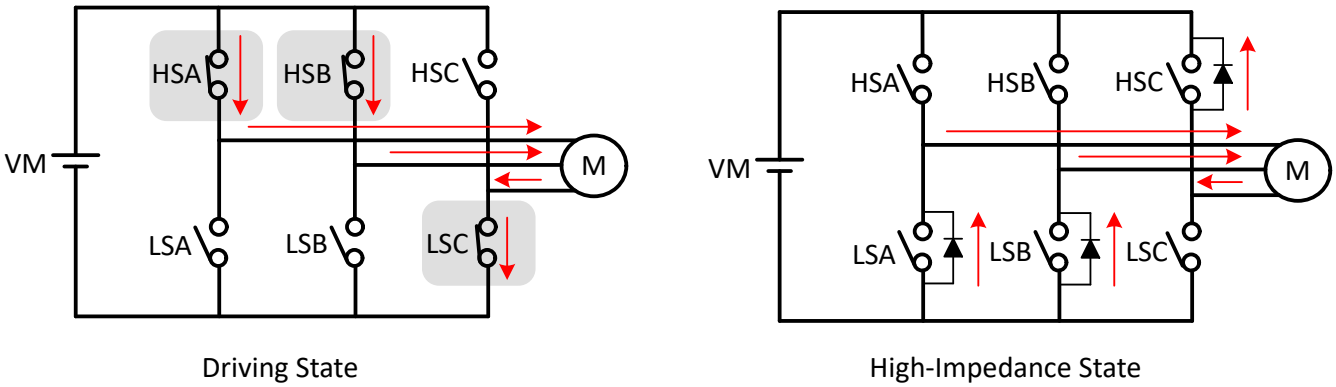


图 6-41. 滑行（高阻态）模式

在该示例中，电流通过高侧 A 相 MOSFET (HSA)、高侧 B 相 MOSFET (HSB) 施加到电机，并通过低侧 C 相 MOSFET (LSC) 返回。接收到电机停止命令后，全部 6 个 MOSFET 都会转换为高阻态，电感能量通过 MOSFET LSA、LSB 和 HSC 的体二极管返回到电源中。

6.3.21.2 低侧制动

可以通过将 MTR_STOP 设置为 01b 来配置低侧制动模式。接收到电机停止命令后，输出速度会降低到由 BRAKE_SPEED_THRESHOLD 定义的值，然后使所有低侧 MOSFET 导通（请参阅示例图 6-42）达 MTR_STOP_BRK_TIME 配置的时长。如果在接收到停止命令之前电机速度低于 BRAKE_SPEED_THRESHOLD，则 MCF8329HS-Q1 直接转换至制动状态。在施加制动达 MTR_STOP_BRK_TIME 后，MCF8329HS-Q1 会通过关断所有 MOSFET 转换至高阻态。

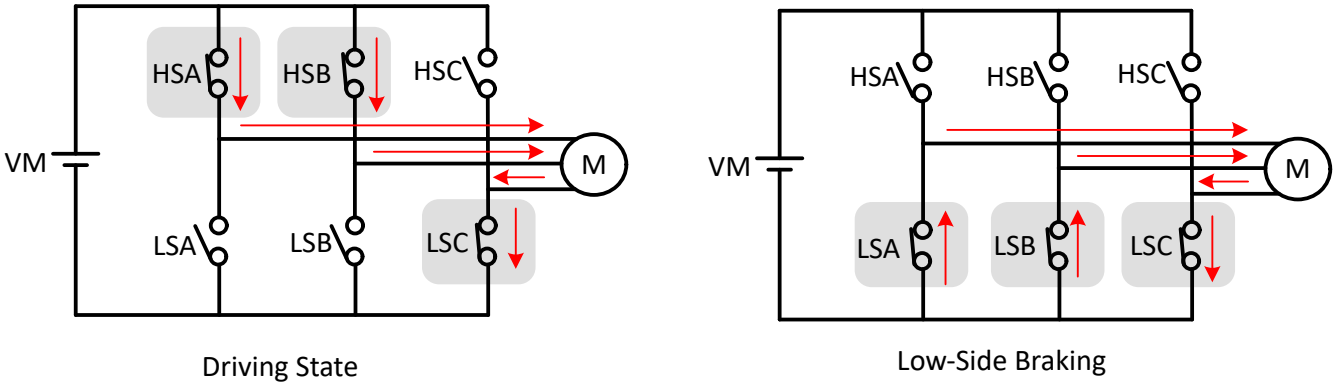


图 6-42. 低侧制动

MCF8329HS-Q1 也可以通过 BRAKE 引脚输入进入低侧制动。当 BRAKE 引脚被拉至高电平状态时，输出速度将降低至由 BRAKE_SPEED_THRESHOLD 定义的值，然后使所有低侧 MOSFET 导通。在这种情况下，MCF8329HS-Q1 保持在低侧制动状态，直到 BRAKE 引脚变为低电平状态。当 BRAKE 引脚在没有运行命令的情况下拉至高电平状态（REF 设置为 0）时，MCF8329HS-Q1 立即导通所有低侧 MOSFET。

6.3.21.3 主动降速

可以通过将 MTR_STOP 设置为 10b 来配置主动降速模式。当收到电机停止命令时，MCF8329HS-Q1 将 SPEED_REF 降低到 ACT_SPIN_THR，然后通过关断所有 MOSFET 转换到高阻态。该模式的优点是通过减小 SPEED_REF，电机减速到较低的速度，从而在进入高阻态之前减小相电流。现在，当电机转换到高阻态时，传输到电源的能量会减少。阈值 ACT_SPIN_THR 需要配置得足够高，以使 MCF8329HS-Q1 不会与电机失步。

6.3.22 FG 配置

MCF8329HS-Q1 通过频率生成 (FG) 引脚提供有关电机速度的信息。在 MCF8329HS-Q1 中，FG 引脚输出通过 FG_CONFIG 进行配置。当 FG_CONFIG 配置为 0b 时，只要 MCF8329HS-Q1 在驱动电机，FG 输出就有效。当 FG_CONFIG 配置为 1b 时，只要 MCF8329HS-Q1 正在驱动电机并且在滑行期间，MCF8329HS-Q1 就会提供 FG 输出，直到电机反电动势降至 FG_BEMF_THR 配置的阈值以下。

6.3.22.1 FG 输出频率

可以通过 FG_DIV 来配置 FG 输出频率。许多应用要求 FG 输出为电机的每周机械旋转提供一个脉冲。不同的 FG_DIV 配置可以为 2 极至 30 极电机实现这一点。

图 6-43 示出了当 MCF8329HS-Q1 配置为每个电气周期提供三次 FG 脉冲、每个电气周期（2 极）提供一次 FG 脉冲、每两个电气周期（4 极）提供一次 FG 脉冲、每三个电气周期（6 极）提供一次 FG 脉冲、每四个电气周期（8 极）提供一次 FG 脉冲等时的 FG 输出。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

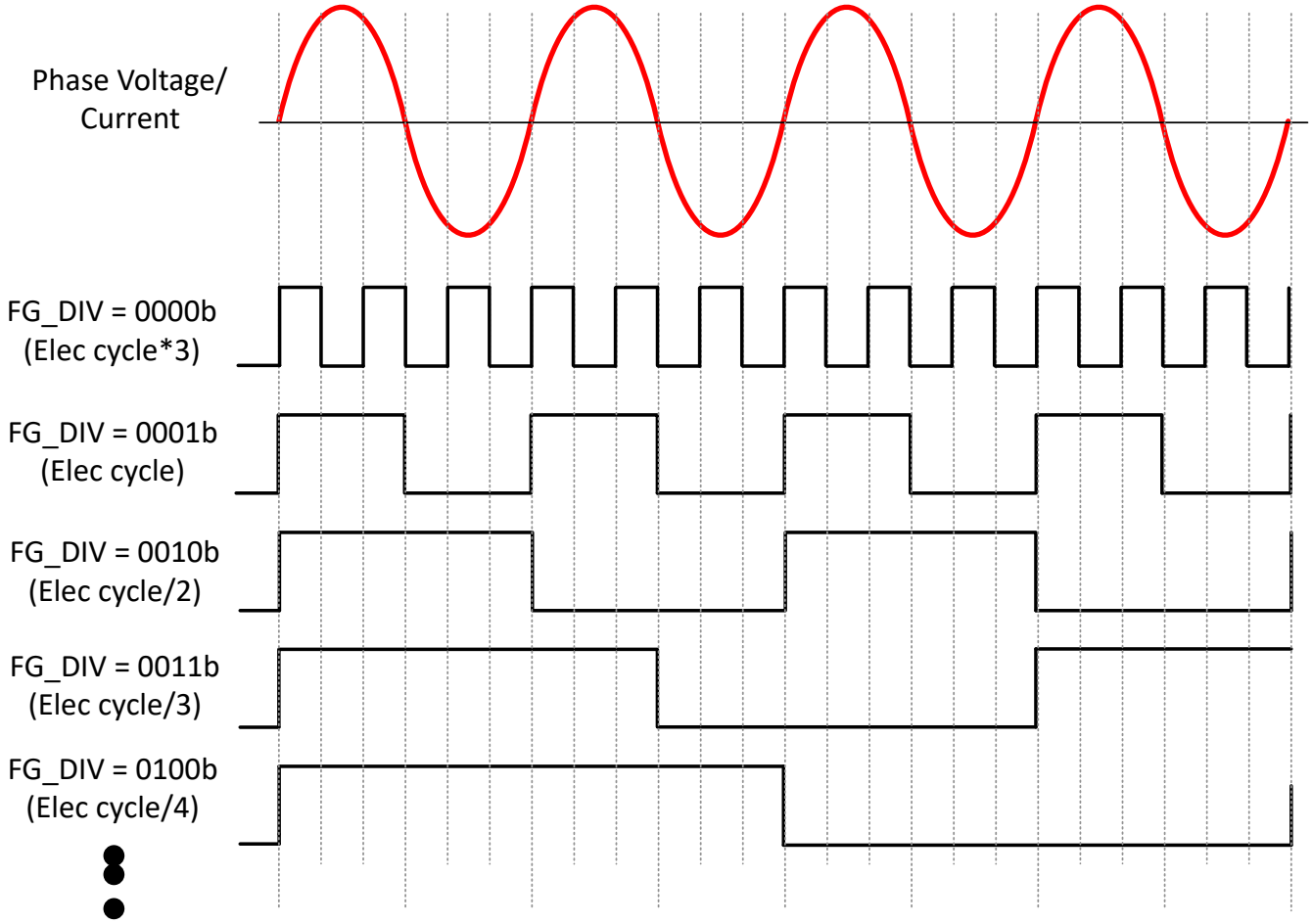


图 6-43. FG 分频器

6.3.22.2 开环中的 FG

在闭环（换向）操作期间，驱动速度（FG 输出频率）与实际电机速度同步。然而，在开环操作期间，FG 可能不会反映实际电机速度。此处的开环和闭环是指电机换向方法，不是指闭环速度或功率控制。

MCF8329HS-Q1 提供了三个用于在开环期间控制 FG 输出的选项，如图 6-44 所示。可以通过 FG_SEL 来配置如何选择这些选项。

如果 FG_SEL 被设置为以下值，则会产生下列行为：

- 00b：ISD 中的输出 FG，开环和闭环。
- 01b：仅在闭环中输出 FG。FG 引脚在开环期间将处于高阻态（使用外部上拉电阻器时处于高电平）。
- 10b：FG 输出将反映上电、睡眠/待机后第一个电机启动周期开环运行期间的驱动频率；在后续启动周期的开环运行期间，FG 将处于高阻态（用外部上拉电阻器时处于高电平）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

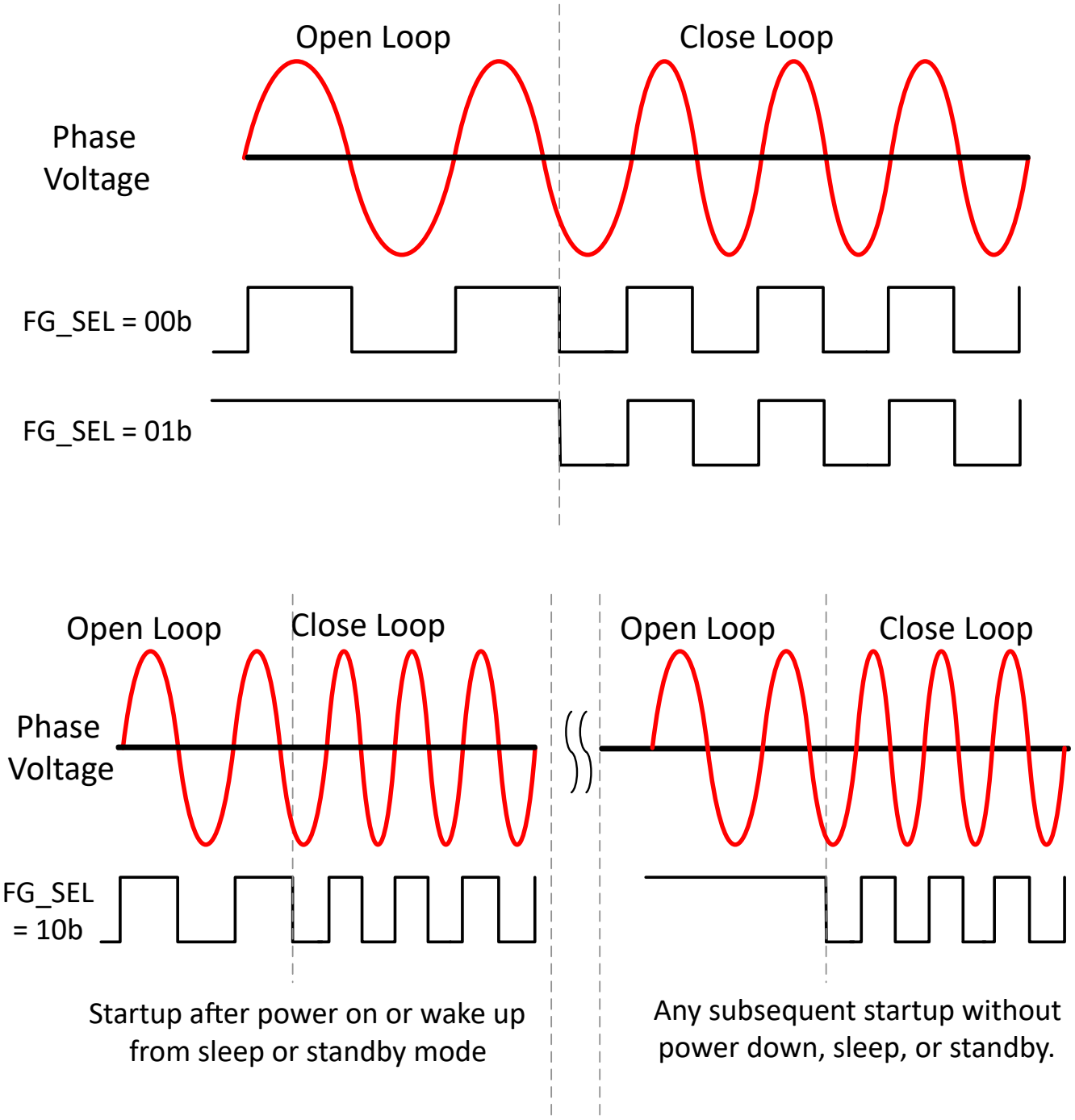


图 6-44. 开环期间的 FG 行为

6.3.22.3 电机停止期间的 FG

可以使用 FG_IDLE_CONFIG 定义电机停止旋转时的 FG 引脚状态。电机停止由 FG_BEMF_THR 决定。

6.3.22.4 故障期间的 FG 行为

可以使用 FG_FAULT_CONFIG 来配置故障期间的 FG 行为（在 nFAULT 引脚上报告的行为）。

除了在 FG 上报告故障状态外，MCF8329HS-Q1 还提供了在 FG 引脚上报告故障类型的选项，方法是将故障类型信息编码为 1Hz 频率下的唯一占空比，如图 6-45 中所示。FG 引脚上可以报告八种类型的故障 — 断相（无电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

机）、电机锁定、过流（VDS、VSNS、锁定电流限制）、PVDD 过压、PVDD 欠压、过温、外部 MCU（看门狗和 I^2C CRC）和空运行。

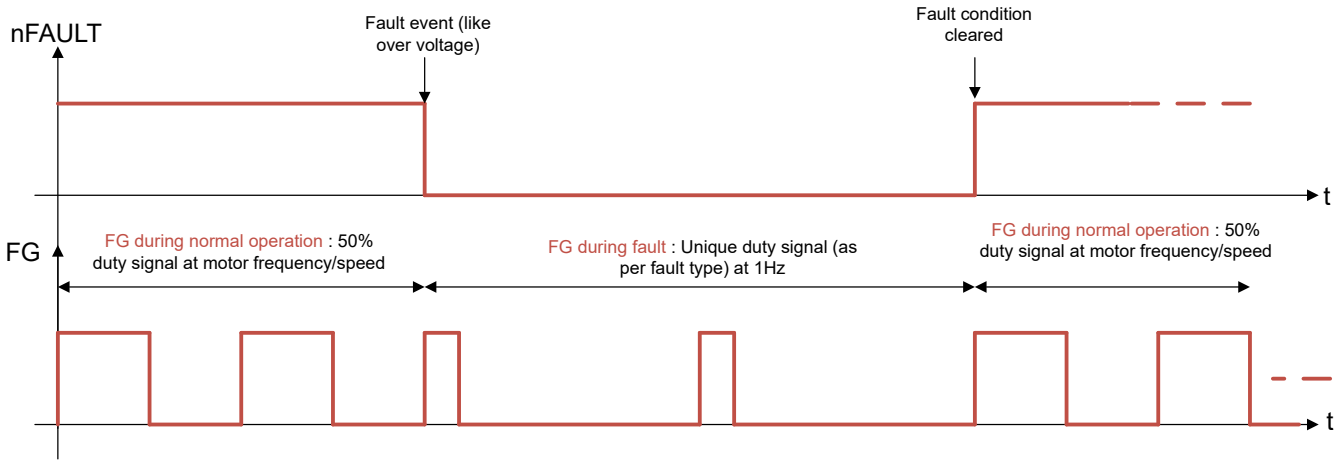


图 6-45. 通过 FG 进行故障指示

表 6-6 中显示了与 FG 引脚上指示的每种故障类型相关的占空比和优先级（1 为最高级）。

表 6-6. FG 引脚上用于故障指示的占空比和优先级

故障类型	占空比	优先级
断相	10	1
过流	20	2
电机锁定	30	3
空运行	90	4
外部 MCU	80	5
在温度范围内	70	6
PVDD 欠压	40	7
PVDD 过压	60	8

如果 FG_FAULT_CONFIG 被设置为以下值，则会产生下列行为：

- 00b：发生故障时 FG 引脚被拉低。
- 01b：报告故障时 FG 引脚处于高阻态（使用外部上拉电阻器时处于高电平）。
- 10b：FG 将故障类型报告为 1Hz 下的唯一占空比
- 11b：如果 FG_CONFIG 设置为 1b，在 BEMF 降至 FG_BEMF_THR 定义的 BEMF 阈值以下之前 FG 一直处于运行状态

备注

如果重试故障且重试时间小于 1s（用于故障类型报告的 FG 信号时间段）或特定类型故障配置为“仅报告”模式，则 FG 引脚上的故障类型报告不可用。

6.3.23 保护功能

MCF8329HS-Q1 针对许多故障事件提供了保护功能，包括电机锁定、PVDD 欠压、AVDD 欠压、GVDD 欠压、自举欠压、过热和过流事件。表 6-7 总结了不同故障的响应、恢复模式、栅极驱动器状态、报告机制。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

1. 可操作和仅报告故障（锁存或重试）始终在 nFAULT 引脚（用作逻辑低电平）上报告。
2. 多种故障场景的优先级顺序为锁存 > 较慢重试时间故障 > 较快重试时间故障 > 仅报告故障。例如，如果锁存和重试故障同时发生，则器件将保持锁存在故障模式，直到用户通过向 CLR_FLT 写入 1b 或通过下电上电发出清除故障命令。如果同时发生两个重试时间不同的重试故障，则器件仅在重试时间较长（较慢）的时间过后才进行重试。
3. “恢复”仅指故障条件消除后栅极驱动器的状态。“自动”表示当故障条件消除后，在经过重试时间后，器件会自动恢复（栅极驱动器输出以及外部 FET 处于活动状态）。“锁存”表示器件等待故障条件清除（通过向 CLR_FLT 位写入 1b 或通过下电上电）。
4. GVDD 欠压、BST 欠压、VDS OCP、SENSE OCP 故障在故障响应（栅极驱动器输出下拉至低电平以将外部 FET 置于高阻态）后，可能需要长达 200ms 时间才能在 nFAULT 引脚（用作逻辑低电平）上报告。
5. 发出 CLR_FLT 命令（通过 I^2C）后，锁定的故障可能需要多达 200ms 才能清除。
6. CLR_FLT 命令（通过 I^2C）将清除所有故障（和相应的故障状态位），包括锁存、自动恢复（重试）并仅报告故障。
7. 当器件在（自动恢复故障）重试时间过后恢复正常运行时，所有自动恢复（重试）的故障状态位和设置为 1b 的仅报告故障将自动清除（复位为 0b）。

表 6-7. 故障操作和响应

故障	条件	配置	报告	栅极驱动器	逻辑	恢复
PVDD 欠压 (PVDD_UV)	$V_{PVDD} < V_{PVDD_UV}$	—	nFAULT	禁用	禁用	自动：$V_{PVDD} > V_{PVDD_UV}$
AVDD POR (AVDD_POR)	$V_{AVDD} < V_{AVDD_POR}$	—	nFAULT	禁用	禁用	自动：$V_{AVDD} > V_{AVDD_POR}$
GVDD 欠压 (GVDD_UV)	$V_{GVDD} < V_{GVDD_UV}$	GVDD_UV_MODE = 0b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	锁存：CLR_FLT
		GVDD_UV_MODE = 1b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
BSTx 欠压 (BST_UV)	$V_{BSTx} - V_{SHx} < V_{BST_UV}$	DIS_BST_FLT = 0b BST_UV_MODE = 0b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	锁存：CLR_FLT
		DIS_BST_FLT = 0b BST_UV_MODE = 1b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
V_{DS} 过流 (VDS_OCP)	$V_{DS} > V_{SEL_VDS_LVL}$	DIS_VDS_FLT = 0b VDS_FLT_MODE = 0b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	锁存：CLR_FLT
		DIS_VDS_FLT = 0b VDS_FLT_MODE = 1b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
V_{SENSE} 过流 (SEN_OCP)V_{SENSE} 过流 (SEN_OCP)	$V_{SP} > V_{SENSE_LVL}$	DIS_SNS_FLT = 0b SNS_FLT_MODE = 0b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	锁存：CLR_FLT
		DIS_SNS_FLT = 0b SNS_FLT_MODE = 1b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)	有效	重试：t_{LCK_RETRY}

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-7. 故障操作和响应（续）

故障	条件	配置	报告	栅极驱动器	逻辑	恢复
3 电机锁定 (MTR_LCK)	电机锁定：速度异常；无电机锁定；BEMF 异常	MTR_LCK_MODE = 000b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		MTR_LCK_MODE = 001b 或 010b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	锁存：CLR_FLT
		MTR_LCK_MODE = 011b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		MTR_LCK_MODE = 100b 或 101b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		MTR_LCK_MODE = 110b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
		MTR_LCK_MODE = 111b	无	有效	有效	无操作
硬件锁定检测电流限制 (HW_LOCK_ILIMIT)	相电流 > HW_LOCK_ILIMIT	HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 000b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 001b 或 010b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	锁存：CLR_FLT
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 011b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 100b 或 101b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 110b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 111b	无	有效	有效	无操作

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-7. 故障操作和响应（续）

故障	条件	配置	报告	栅极驱动器	逻辑	恢复
基于 ADC 的锁定检测电流限制 (LOCK_ILIMIT)	相电流 > LOCK_ILIMIT	LOCK_ILIMIT_MODE = 000b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		LOCK_ILIMIT_MODE = 001b 或 010b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	锁存：CLR_FLT
		LOCK_ILIMIT_MODE = 011b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		LOCK_ILIMIT_MODE = 100b 或 101b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	低侧制动	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		LOCK_ILIMIT_MODE = 110b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
		LOCK_ILIMIT_MODE = 111b	无	有效	有效	无操作
MPET 反电动势故障 (MPET_BEMF_FAULT)	电机反电动势 < STAT_DETECT_THR	MPET_CMD = 1 或 MPET_KE = 1	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	高阻态	有效	锁存：CLR_FLT
最大 V_{PVDD}（过压）故障	V_{PVDD} > MAX_VM_MOTOR（如果 MAX_VM_MOTOR ≠ 000b）	MAX_VM_MODE = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		MAX_VM_MODE = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	自动：(V_{PVDD} < MAX_VM_MOTOR - VOLTAGE_HYSTERESIS) V
最小 V_{PVDD}（欠压）故障	V_{PVDD} < MIN_VM_MOTOR（如果 MIN_VM_MOTOR ≠ 000b）	MIN_VM_MODE = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		MIN_VM_MODE = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平 (1)（MOSFET 处于高阻态）	有效	自动：(V_{PVDD} > MIN_VM_MOTOR + VOLTAGE_HYSTERESIS) V
电流环路饱和	表示由于 V_{VM} 较低而导致电流环路饱和	SATURATION_FLAGS_EN = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	活动状态；电机速度/功率/电流可能无法达到基准	有效	自动：电机在退出饱和状态时达到基准工作点
速度/功率环路饱和	表示由于 V_{VM} 较低、ILIMIT 设置较低等而导致速度/功率环路饱和。	SATURATION_FLAGS_EN = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	活动状态；电机速度/功率可能无法达到基准	有效	自动：电机在退出饱和状态时达到基准工作点

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-7. 故障操作和响应（续）

故障	条件	配置	报告	栅极驱动器	逻辑	恢复
外部看门狗故障	看门狗触发之间的时间 > EXT_WD_CONFIG	EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_MODE = 0b 且 LIMP_HOME_EN = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_MODE = 0b 且 LIMP_HOME_EN = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效（基准以当前值锁存，直至 CLR_FLT）	有效	锁存：CLR_FLT
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_MODE = 1b 且 LIMP_HOME_EN = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_MODE = 1b 且 LIMP_HOME_EN = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效（基准以 REF_OFF1 锁存）	有效	锁存：CLR_FLT
EEPROM 故障	指示 EEPROM 内容错误/不匹配；只要发出 EEPROM 读取命令，就会进行内容评估	EEP_FAULT_MODE = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		EEP_FAULT_MODE = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
I^2C CRC 故障	将 I^2C 事务中的错误指示为 CRC 不匹配	I2C_CRC_ERR_MODE = 0b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT
		I2C_CRC_ERR_MODE = 1b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
空运行检测	请参阅节 6.3.23.17	DRY_RUN_MODE = 00b	无	有效	有效	无操作
		DRY_RUN_MODE = 01b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	有效	有效	无操作
		DRY_RUN_MODE = 10b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）	有效	重试：t_{LCK_RETRY}
		DRY_RUN_MODE = 11b	nFAULT 和 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）	有效	锁存：CLR_FLT

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-7. 故障操作和响应（续）

故障	条件	配置	报告	栅极驱动器	逻辑	恢复
热关断 (TSD)	$T_J > T_{TSD}$	OTS_AUTO_RECOVERY = 0b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）(1)	有效	锁存：CLR_FLT
		OTS_AUTO_RECOVERY = 1b	nFAULT 和 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器	拉至低电平（MOSFET 处于高阻态）(1)	有效	自动：$T_J < T_{OTSD} - T_{HYS}$

(1) 拉至低电平：栅极驱动器主动将 GHx 和 GLx 拉至低电平

备注

nFAULT 引脚、CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器或 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器上报告的任何故障可能有长达 200ms 的延迟。

6.3.23.1 PVDD 电源欠压锁定 (PVDD_UV)

在任何时候，如果 PVDD 引脚上的电源电压低于 V_{PVDD_UV} 阈值的时间超过 $t_{PVDD_UV_DG}$，则器件会检测到 PVDD 欠压事件。检测到欠压情况后，栅极驱动器被禁用，电荷泵被禁用，内部数字逻辑被禁用，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。当 PVDD 引脚上升至高于 V_{PVDD_UV} 时，再次开始正常运行（栅极驱动器变得可操作并且 nFAULT 引脚被释放）。

6.3.23.2 AVDD 上电复位 (AVDD_POR)

在任何时候，如果 AVDD 引脚上的电源电压低于 V_{AVDD_POR} 阈值的时间超过 $t_{AVDD_POR_DG}$，则器件会进入非运行状态，从而禁用栅极驱动器、电荷泵和内部数字逻辑，nFAULT 会被驱动为低电平。正常运行（数字逻辑运行）需要 AVDD 超过 V_{AVDD_POR} 电平。

6.3.23.3 GVDD 欠压锁定 (GVDD_UV)

在任何时候，如果 GVDD 引脚上的电压低于 V_{GVDD_UV} 阈值电压的时间长于 $t_{GVDD_UV_DG}$，则器件会检测到 GVDD 欠压事件。在检测到 GVDD_UV 欠压事件后，所有栅极驱动器输出都被驱动为低电平以禁用外部 MOSFET，电荷泵仍在运行，nFAULT 引脚被驱动为低电平。

在 GVDD_UV 条件下，可以使用 GVDD_UV_MODE 位在锁存故障状态或重试模式下配置器件。当 GVDD_UV_MODE = 0b 时，在清除 GVDD_UV 条件并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，将恢复正常运行。当 GVDD_UV_MODE = 1b 时，在清除 GVDD_UV 条件并且经过了 t_{LCK_RETRY} 时长后，将恢复正常运行。

6.3.23.4 BST 欠压锁定 (BST_UV)

如果在任何时候 BSTx 和 SHx 引脚之间的电压低于 V_{BST_UV} 阈值电压的持续时间大于 $t_{BST_UV_DG}$，该器件检测到 BST 欠压事件。检测到 BST_UV 事件后，所有栅极驱动器输出都被驱动为低电平以禁用外部 MOSFET，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。可以通过将 DIS_BST_FLT 配置为 1b 来禁用 BST_UV。

在 BST_UV 条件下，可以使用 BST_UV_MODE 位在锁存故障状态或重试模式下配置器件。当 BST_UV_MODE = 0b 时，在清除 BST_UV 条件并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，将恢复正常运行。当 BST_UV_MODE = 1b 时，在清除 BST_UV 条件并且经过了 t_{LCK_RETRY} 时长后，将恢复正常运行。

6.3.23.5 MOSFET VDS 过流保护 (VDS_OCP)

该器件具有可调节的 VDS 电压监视器，可检测外部功率 MOSFET 上的过流或短路情况。通过监视外部 MOSFET $R_{DS(on)}$ 上的 VDS 压降来检测 MOSFET 过流事件。高侧 VDS 监视器在 PVDD 和 SHx 引脚之间进行测量，低侧 VDS 监视器在 SHx 和 LSS 引脚之间进行测量。如果外部 MOSFET 两端的电压超过 SEL_VDS_LVL 设置的阈值的时间大于 t_{DS_DG} 抗尖峰脉冲时间，则会识别到 V_{DS_OCP} 事件。检测到 VDS 过流事件后，所有栅极驱动器输出

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

都被驱动为低电平以禁用外部 MOSFET，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。可以通过将 DIS_VDS_FLT 配置为 1b 来禁用 V_{DS_OCP}。

发生 V_{DS_OCP} 事件时，可以使用 VDS_FLT_MODE 位将器件配置为锁存故障状态或重试模式。当 VDS_FLT_MODE = 0b 时，在清除 V_{DS_OCP} 条件并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，将恢复正常运行。当 VDS_FLT_MODE = 1b 时，在清除 V_{DS_OCP} 条件并且经过了 t_{LCK_RETRY} 时长后，将恢复正常运行。GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器中提供了 FET 范围 VDS 故障信息。

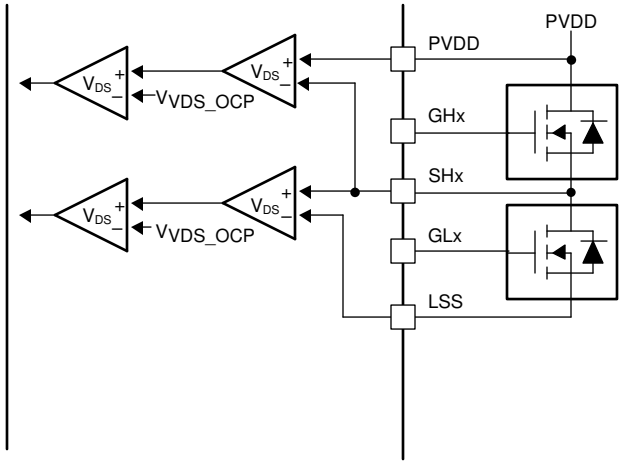


图 6-46. VDS 监控器

6.3.23.6 VSENSE 过流保护 (SEN_OCP)

仍然通过检测 LSS 和 GND 引脚之间外部电流检测电阻上的压降来监测过流。在任何时候，如果 LSS 输入上的电压超过 VSEN_OCP 阈值的时间超过 t_{DS_DG} 抗尖峰脉冲时间，则会识别到 SEN_OCP 事件。检测到 SEN_OCP 过流事件后，所有栅极驱动器输出都被驱动为低电平以禁用外部 MOSFET，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。V_{SENSE} 阈值固定为 0.5V。可以通过将 DIS_SNS_FLT 配置为 1b 来禁用 V_{SEN_OCP}。

发生 V_{DS_OCP} 事件时，可以使用 SNS_FLT_MODE 位将器件配置为锁存故障状态或重试模式。当 SNS_FLT_MODE = 0b 时，在清除 V_{SEN_OCP} 条件并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，将恢复正常运行。当 SNS_FLT_MODE = 1b 时，在清除 V_{SEN_OCP} 条件并且经过了 t_{LCK_RETRY} 时长后，将恢复正常运行。

6.3.23.7 热关断 (OTSD)

如果内核温度超过热关断限制 (T_{OTSD}) 的跳闸点，则会识别到 OTSD 事件。检测到 OTSD 过热事件后，所有栅极驱动器输出都被驱动为低电平以禁用外部 MOSFET，并且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。通过配置 OTS_AUTO_RECOVERY，可以将过温保护配置为锁存模式或自动恢复模式。在锁存模式下，在 T_{OTSD} 条件被清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后会恢复正常运行。在自动恢复模式下，T_{OTSD} 条件被清除后会恢复正常运行。

6.3.23.8 硬件锁定检测电流限制 (HW_LOCK_ILIMIT)

硬件锁定检测限流功能提供了一个可配置的阈值来限制电流，防止损坏系统。电流检测放大器的输出连接到硬件比较器。在任何时候，如果 CSA 输出端的电压超过 HW_LOCK_ILIMIT 阈值的时间长于 $t_{HW_LOCK_ILIMIT}$，则会识别到 HW_LOCK_ILIMIT 事件并根据 HW_LOCK_ILIMIT_MODE 执行相应的操作。阈值通过 HW_LOCK_ILIMIT 进行设置，$t_{HW_LCK_ILIMIT}$ 通过 HW_LOCK_ILIMIT_DEG 进行设置。HW_LOCK_ILIMIT_MODE 位可以在四种不同的模式下运行：HW_LOCK_ILIMIT 锁存关断、HW_LOCK_ILIMIT 自动重试、仅报告 HW_LOCK_ILIMIT、禁用 HW_LOCK_ILIMIT。

6.3.23.8.1 HW_LOCK_ILIMIT 锁存关断 (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 00xb 或 010b)

在该模式下发生 HW_LOCK_ILIMIT 事件时，MOSFET 的状态将由 HW_LOCK_ILIMIT_MODE 配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。HW_LOCK_ILIMIT 期间 MOSFET 的状态：

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- MTR_LCK_MODE = 000b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 001b 或 010b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 HW_LOCK_ILIMIT 位被设置为 1b。当 HW_LOCK_ILIMIT 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。

6.3.23.8.2 HW_LOCK_ILIMIT 自动恢复（HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 011b 或 10xb）

在该模式下发生 HW_LOCK_ILIMIT 事件时，MOSFET 的状态将由 HW_LOCK_ILIMIT_MODE 配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。HW_LOCK_ILIMIT 期间 MOSFET 的状态：

- MTR_LCK_MODE = 011b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 100b 或 101b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 HW_LOCK_ILIMIT 位被设置为 1b。在经过 t_{LCK_RETRY}（由 LCK_RETRY 进行配置）时间后，会自动恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。在 t_{LCK_RETRY} 周期到期后，CONTROLLER_FAULT 和 HW_LOCK_ILIMIT 位被重置为 0b。

6.3.23.8.3 HW_LOCK_ILIMIT 仅报告 (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 110b)

在该模式下发生 HW_ LOCK_ILIMIT 事件时不会执行任何保护性操作。可以通过将故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 HW_LOCK_ILIMIT 位设置为 1b 来报告硬件锁定检测电流限制事件，并且 nFAULT 将下拉至低电平。栅极驱动器继续运行。外部控制器通过适当的操作来管理该情况。当 HW_LOCK_ILIMIT 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，报告清除。

6.3.23.8.4 HW_LOCK_ILIMIT 已禁用 (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 111b)

在该模式下发生 HW_LOCK_ILIMIT 事件时不会执行任何操作。

6.3.23.9 锁定检测电流限制 (LOCK_ILIMIT)

锁定检测限流功能提供了一个可配置的阈值来限制电流，防止损坏系统。MCF8329HS-Q1 通过 ADC 持续监测电流检测放大器 (CSA) 的输出。在任何时候，如果任何相电流超过 LOCK_ILIMIT 的时间长于 t_{LCK_ILIMIT}，则会识别到 LOCK_ILIMIT 事件，并根据 LOCK_ILIMIT_MODE 执行相应的操作。可以通过 LOCK_ILIMIT 来设置阈值，通过 LOCK_ILIMIT_DEG 来设置 t_{LCK_ILIMIT}。LOCK_ILIMIT_MODE 可以设置为四种不同的模式：LOCK_ILIMIT 锁存关断、LOCK_ILIMIT 自动重试，仅报告 LOCK_ILIMIT 和禁用 LOCK_ILIMIT。

6.3.23.9.1 LOCK_ILIMIT 锁存关断（LOCK_ILIMIT_MODE = 00xb 或 010b）

在该模式下发生 LOCK_ILIMIT 事件时，外部 MOSFET 的状态将由 LOCK_ILIMIT_MODE 配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。在 LOCK_ILIMIT 期间通过 MCF8329HS-Q1 驱动的外部 MOSFET 的状态：

- MTR_LCK_MODE = 000b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 001b 或 010b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 LOCK_ILIMIT 位被设置为 1b。当 LOCK_ILIMIT 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。

6.3.23.9.2 LOCK_ILIMIT 自动恢复（LOCK_ILIMIT_MODE = 011b 或 10xb）

在该模式下发生 LOCK_ILIMIT 事件时，外部 MOSFET 的状态将由 LOCK_ILIMIT_MODE 配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。在 LOCK_ILIMIT 期间通过 MCF8329HS-Q1 驱动的外部 MOSFET 的状态：

- MTR_LCK_MODE = 011b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 100b 或 101b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 LOCK_ILIMIT 位被设置为 1b。在经过 t_{LCK_RETRY}（由 LCK_RETRY 进行配置）时间后，会自动恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。在 t_{LCK_RETRY} 周期到期后，CONTROLLER_FAULT 和 LOCK_ILIMIT 位被重置为 0b。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.23.9.3 LOCK_ILIMIT 仅报告 (LOCK_ILIMIT_MODE = 110b)

在该模式下发生 LOCK_ILIMIT 事件时不会执行任何保护性操作。可以通过将故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT 和 LOCK_ILIMIT 位设置为 1b 来报告锁定检测电流限制事件，并且 nFAULT 将下拉至低电平。栅极驱动器继续运行。外部控制器通过适当的操作来管理该情况。当 LOCK_ILIMIT 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，报告清除。

6.3.23.9.4 LOCK_ILIMIT 已禁用 (LOCK_ILIMIT_MODE = 111b)

在该模式下发生 LOCK_ILIMIT 事件时不会执行任何操作。

6.3.23.10 电机锁定 (MTR_LCK)

MCF8329HS-Q1 会在电机运行期间持续检查是否存在不同的电机锁定情况（请参阅电机锁定检测）。当启用的锁定情况之一发生时，会识别到 MTR_LCK 事件并根据 MTR_LCK_MODE 执行操作。

可以单独启用或禁用 MCF8329HS-Q1 锁，并且可以通过 LCK_RETRY 配置重试次数。MTR_LCK_MODE 位可以在四种不同的模式下运行：MTR_LCK 锁存关断、MTR_LCK 自动重试、仅报告 MTR_LCK 和禁用 MTR_LCK。

6.3.23.10.1 MTR_LCK 锁存关断（MTR_LCK_MODE = 或 010b）

当在该模式下发生 MTR_LCK 事件时，外部 MOSFET 的状态将由 MTR_LCK_MODE 进行配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。MTR_LCK 期间外部 MOSFET 的状态：

- MTR_LCK_MODE = 000b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 001b 或 010b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK 和相应的电机锁定条件位被设置为 1b。当 MTR_LCK 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。

6.3.23.10.2 MTR_LCK 自动恢复（MTR_LCK_MODE = 011b 或 10xb）

当在该模式下发生 MTR_LCK 事件时，MOSFET 的状态将由 MTR_LCK_MODE 进行配置并且 nFAULT 被驱动为低电平。MTR_LCK 期间 MOSFET 的状态：

- MTR_LCK_MODE = 011b：所有外部 MOSFET 均关断，栅极驱动器输出被拉至低电平。
- MTR_LCK_MODE = 100b 或 101b：所有低侧 MOSFET（栅极驱动器输出）均导通。

故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK 和相应的电机锁定条件位被设置为 1b。在经过 t_{LCK_RETRY}（由 LCK_RETRY 进行配置）时间后，会自动恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。在 t_{LCK_RETRY} 周期到期后，CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK 和相应的电机锁定条件位被重置为 0b。

6.3.23.10.3 MTR_LCK 仅报告 (MTR_LCK_MODE = 110b)

在该模式下发生 MTR_LCK 事件时不会执行任何保护性操作。通过将故障状态寄存器中的 CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK 和相应的电机锁定条件位设置为 1b 来报告电机锁定事件，并且 nFAULT 引脚将下拉至低电平。栅极驱动器继续运行。外部控制器通过适当的操作来管理该情况。当 MTR_LCK 条件清除并通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令后，报告清除。

6.3.23.10.4 MTR_LCK 已禁用 (MTR_LCK_MODE = 111b)

在该模式下发生 MTR_LCK 事件时不会执行任何操作。

6.3.23.11 电机锁定检测

MCF8329HS-Q1 提供不同的锁定检测机制来确定电机是否处于锁定状态。多种检测机制协同工作，确保快速可靠地检测到锁定情况。除了检测是否存在电机锁定情况外，如果没有电机连接到系统，MCF8329HS-Q1 还可以识别出该情况并执行相应的操作。可以通过相应的寄存器位来禁用每个锁定检测机制和无电机检测。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.23.11.1 锁定 1：异常速度 (ABN_SPEED)

MCF8329HS-Q1 持续监测速度，在任何时候如果速度超过 LOCK_ABN_SPEED，就会识别到 ABN_SPEED 锁定事件并根据 MTR_LCK_MODE 执行操作。

可以通过 LOCK_ABN_SPEED 寄存器来设置阈值。可以通过 LOCK1_EN 来启用/禁用 ABN_SPEED 锁定。

6.3.23.11.2 锁定 2：异常 BEMF (ABN_BEMF)

MCF8329HS-Q1 估算反电动势，以便在闭环中以更佳方式运行电机。将该估算的反电动势与使用估算的速度和 BEMF 常数计算的预期反电动势进行比较。每当电机失速时，由于低速时反电动势较低，因此估算的反电动势不准确。当估算的反电动势与预期反电动势之间的差值超过 ABNORMAL_BEMF_THR 时，会触发异常 BEMF 故障，并根据 MTR_LCK_MODE 执行操作。

可以通过 LOCK2_EN 来启用/禁用 ABN_BEMF 锁定。

6.3.23.11.3 Lock3：无电机故障 (NO_MTR)

MCF8329HS-Q1 持续监测全部三个相位上的相电流；如果任何相电流低于 NO_MTR_THR 达 500ms，则会识别到 NO_MTR 事件。可以通过 MTR_LCK_MODE 来配置对 NO_MTR 事件的响应。可以通过 LOCK3_EN 来启用/禁用 NO_MTR 锁定。

6.3.23.12 EEPROM 故障

MCF8329HS-Q1 提供 EEPROM 故障检测功能，以防止器件在 EEPROM 写入中断（EEPROM 写入期间出现 UVLO）、EEPROM 老化等原因导致 EEPROM 数据不匹配的情况下运行。每当发出 EEPROM 读取命令时，MCF8329HS-Q1 都会执行 CRC 和奇偶校验检查 - 如果存在 CRC 或奇偶校验不匹配，则会识别 EEPROM 故障并根据 EEP_FAULT_MODE 执行操作。如果 EEP_FAULT_MODE 设置为 0b，nFAULT 会被拉至低电平、FET 处于高阻态状态，而 CONTROLLER_FAULT 和 EEPROM_ERR_STATUS 位会被设置为 1b，直到通过向 CLR_FLT 写入 1b 来清除故障条件。如果 EEP_FAULT_MODE 设置为 1b，则会在 nFAULT 引脚和 CONTROLLER_FAULT 上报告此故障，并且 EEPROM_ERR_STATUS 位设置为 1b，但器件运行 (FET) 会正常继续。通过向 CLR_FLT 写入 1b，可以清除故障报告（释放 nFAULT 引脚，CONTROLLER_FAULT、EEPROM_ERR_STATUS 设置为 0b）。

备注

- 器件每次上电/唤醒时会在内部发出 EEPROM 读取命令，以将配置从 EEPROM 加载到影子/RAM 寄存器中。
- 成功的 EEPROM 写入操作可以修复 EEPROM 数据不匹配问题。EEPROM 写入成功完成后，MCF8329HS-Q1 会自动针对新的 EEPROM 值更新内部 CRC - 更新后的 CRC 将在后续 EEPROM 读取命令期间用于检查 EEPROM 数据不匹配情况。
- 即使器件处于故障状态，也可以进行 EEPROM 写入。

6.3.23.13 I^2C CRC 故障

MCF8329HS-Q1 提供 I^2C CRC 故障检测功能来检测 I^2C 事务中的错误。启用 I^2C CRC 后，MCF8329HS-Q1 会对整个 I^2C 数据包执行 CRC 校验。如果存在 CRC 不匹配，则会识别到 I^2C CRC 故障并根据 CRC_ERR_MODE 执行操作。如果 CRC_ERR_MODE 设置为 0b，nFAULT 会被拉至低电平、FET 处于高阻态状态，而 CONTROLLER_FAULT 和 I2C_CRC_FAULT_STATUS 位会被设置为 1b，直到通过向 CLR_FLT 写入 1b 来清除故障条件。如果 EEP_FAULT_MODE 设置为 1b，则会在 nFAULT 引脚和 CONTROLLER_FAULT 上报告此故障，并且 I2C_CRC_FAULT_STATUS 位设置为 1b，但器件运行 (FET) 会正常继续。通过向 CLR_FLT 写入 1b，可以清除故障报告（释放 nFAULT 引脚，CONTROLLER_FAULT、I2C_CRC_FAULT_STATUS 设置为 0b）。

6.3.23.14 最大 PVDD（过压）保护

MCF8329HS-Q1 提供了可配置 PVDD 过压保护功能。MCF8329HS-Q1 触发过压故障的 PVDD 电平由 MAX_VM_MOTOR 设置，而对 PVDD 过压的故障响应由 MAX_VM_MODE 设置。如果 MAX_VM_MODE 设置为

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

0b，PVDD 过压故障（在 MAX_VM_MOTOR 上）将被锁存，并且 FET 处于高阻态，直到通过向 CLR_FLT 位写入 1b 来清除故障条件。如果 MAX_VM_MODE 设置为 1b，则 PVDD 过压故障（在 MAX_VM_MOTOR 上）会自动清除，一旦 PVDD < (MAX_VM_MOTOR - VOLTAGE_HYSTERESIS)，器件就会开始电机运行。

6.3.23.15 最小 PVDD（欠压）保护

MCF8329HS-Q1 提供了可配置的 PVDD 欠压保护功能。MCF8329HS-Q1 触发欠压故障的 PVDD 电平由 MIN_VM_MOTOR 设置，而对 PVDD 欠压的故障响应由 MIN_VM_MODE 设置。如果 MIN_VM_MODE 设置为 0b，PVDD 欠压故障（在 MIN_VM_MOTOR 上）将被锁存，并且 FET 处于高阻抗状态，直到通过向 CLR_FLT 位写入 1b 来清除故障条件。如果 MIN_VM_MODE 设置为 1b，则 PVDD 欠压故障（在 MIN_VM_MOTOR 上）会自动清除，一旦 PVDD > (MIN_VM_MOTOR + VOLTAGE_HYSTERESIS)，器件就会开始电机运行。

6.3.23.16 MPET 故障

使用 MPET_BEMF_FAULT 报告 BEMF 常数测量期间的错误。当测得的反电动势小于 STAT_DETECT_THR 中设置的阈值时，会触发该故障。此类故障情况的一个示例是由于使用了不正确的开环配置而在开环运行时电机失速。

6.3.23.17 空运行检测

当泵在液体不足的情况下运行时，MCF8329HS-Q1 可提供空运行检测选项。空运行是一种危险的运行状况，可能会损坏泵 — 需要及时检测和采取预防措施来保护泵。空运行的特点在于电机以比使用足够流体运行时更低的电流/功率持续运行。当 DRY_RUN_MODE ≠ 00b 时，将启用空运行检测。空运行检测的阈值速度由 DRY_RUN_SPEED_THR 配置，即使启用该阈值，仅当电机速度高于 DRY_RUN_SPEED_THR 时，空运行检测才处于活动状态。用于检测空运行的 q 轴电流阈值 (I_{DRY_RUN}) 可以在电机转速 (DRY_RUN_ILIM_MODE = 0b) 或变量 (DRY_RUN_ILIM_MODE = 1b) 内保持固定。当 DRY_RUN_ILIM_MODE = 0b 时，I_{DRY_RUN} 固定为 DRY_RUN_ILIM。当 DRY_RUN_ILIM_MODE = 1b 时，I_{DRY_RUN} 随电机转速的变化而变化，如图 6-48 所示。在触发空运行故障之前，I_q 电流必须低于 I_{DRY_RUN} 并且该状态持续由 DRY_RUN_TDEG 设置的抗尖峰脉冲时间间隔，如图 6-47 所示。

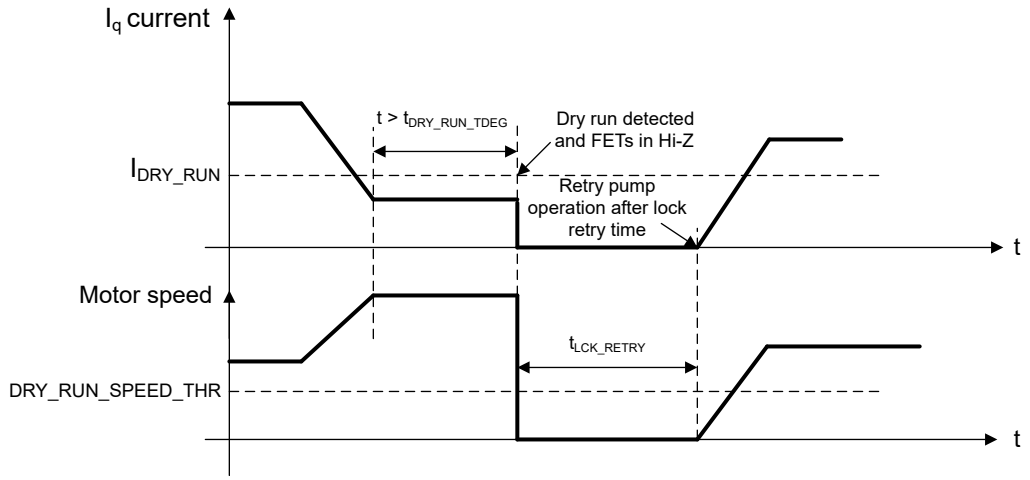


图 6-47. 空运行检测

检测到干燥运行条件时，会根据 DRY_RUN_MODE 执行操作。如果 DRY_RUN_MODE 设置为 11b，则所有外部 FET 都关闭（PWM 被拉至低电平），nFAULT 被拉至低电平，CONTROLLER_FAULT 和 DRY_RUN 位被设置为 1b，直到外部 MCU 通过 CLR_FLT 位发出清除故障命令。如果 DRY_RUN_MODE 设置为 10b，则所有外部 FET 都关断（PWM 被拉至低电平），nFAULT 被拉至低电平 — 在经过 t_{LCK_RETRY}（由 LCK_RETRY 进行配置）时间后，会自动恢复正常运行（栅极驱动器运行并且 nFAULT 引脚被释放）。在 t_{LCK_RETRY} 周期到期后，CONTROLLER_FAULT 和 DRY_RUN 位被重置为 0b。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

MCF8329HS-Q1 提供了以电机转速的函数改变 I_{DRY_RUN} 的选项，以检测在正常运行期间可以多种速度（或流速）运行的泵中的运行情况。用户必须将 DRY_RUN_ILIM 设置为 100% 速度下的预期 I_q 电流，并将 DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED 设置为 50% 速度下的预期 I_q 电流。当电机处于 100% 速度时，MCF8329HS-Q1 将把 DRY_RUN_ILIM 用作 I_{DRY_RUN}，当电机处于 50% 速度时，则将 DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED 用作 I_{DRY_RUN}。当电机以其他速度运行时，MCF8329HS-Q1 外推 I_{DRY_RUN}，如图 6-48 所示。

备注

TI 建议在设置 DRY_RUN_ILIM 和 DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED 时从预期的 I_q 电流中减去 5-10%，以避免出现错误的空运行故障（由于 I_{DRY_RUN} 设置得过高）。

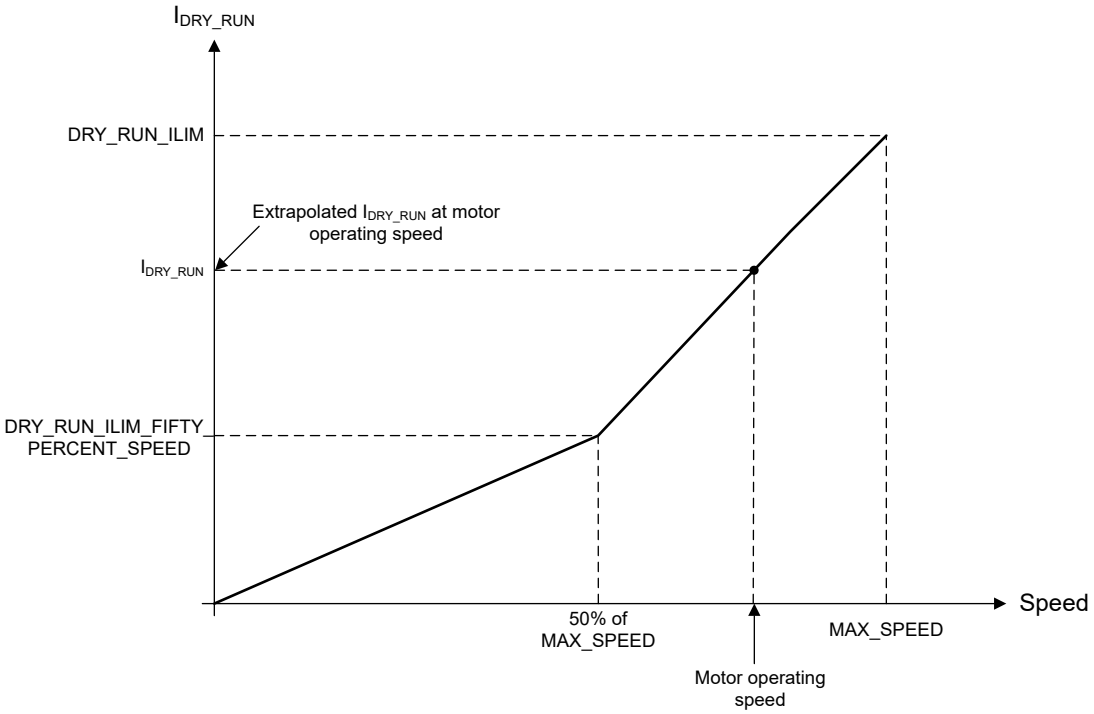


图 6-48. 用于空运行检测的可变电流阈值 (I_{DRY_RUN})

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.4 器件功能模式

6.4.1 功能模式

6.4.1.1 睡眠模式

在睡眠模式下，所有栅极驱动器都被禁用，GVDD 稳压器被禁用，AVDD 稳压器被禁用，检测放大器和 I²C 总线被禁用。通过将 DEV_MODE 配置为 1b，可以将器件配置为进入睡眠（而不是待机）模式。表 6-8 介绍了进入和退出睡眠状态的条件。

表 6-8. 进入或退出睡眠模式的条件

输入基准命令模式	进入睡眠，DEV_MODE = 1b	退出睡眠	进入待机，DEV_MODE = 0b	退出待机
SPEED/WAKE 引脚上的模拟输入	$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SL} 持续 $t_{DET_SL_ANA}$（如果 SLEEP_ENTRY_TIME = 00b 或 01b）；持续 $t_{DET_SL_PWM}$（如果 SLEEP_ENTRY_TIME = 10b 或 11b）	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SL}	$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{EN_SB}	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{EX_SB}
PWM	$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL} 持续 $t_{DET_SL_PWM}$	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH} 持续 t_{DET_PWM}	$Duty_{SPEED/WAKE}$ < $Duty_{EN_SB}$ 持续 $t_{DET_SL_PWM}$	$Duty_{SPEED/WAKE}$ > $Duty_{EX_SB}$ 持续 t_{DET_PWM}
频率	$V_{SPEED/WAKE}$ < V_{IL} 持续 $t_{DET_SL_PWM}$	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH} 持续 t_{DET_PWM}	$Freq_{SPEED/WAKE}$ < $Freq_{EN_SB}$ 持续 $t_{DET_SL_PWM}$	$Freq_{SPEED/WAKE}$ > $Freq_{EX_SB}$ 持续 t_{DET_PWM}
I²C	$V_{SPEED/WAKE}$< V_{IL} 和 DIGITAL_SPEED_CTRL = 0h 持续 $t_{DET_SL_PWM}$	$V_{SPEED/WAKE}$ > V_{IH}	DIGITAL_SPEED_CTRL < $DIGITAL_SPEED_CTRL_{EN_SB}$	DIGITAL_SPEED_CTRL > $DIGITAL_SPEED_CTRL_{EX_SB}$

备注

在器件上电和下电期间，nFAULT 引脚保持低电平，因为内部稳压器被禁用。启用稳压器后，nFAULT 引脚会自动释放。

6.4.1.2 待机模式

在待机模式下，栅极驱动器、AVDD LDO 和 I²C 总线处于工作状态。可以通过将 DEV_MODE 配置为 0b 来将器件配置为进入待机模式。当分析器之后的基准命令为零时，器件进入待机模式。

进入和退出待机模式在不同输入模式下的阈值如下：

表 6-9. 待机模式进入/退出阈值

控制输入源	待机进入/退出阈值	REF_PROFILE_CONFIG = 00b	REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b
模拟	V_{EN_SB} 或 V_{EX_SB}	V_{EX_SB} = MIN_DUTY x V_{ANA_FS}；V_{EN_SB} = (MIN_DUTY — DUTY_HYS) x V_{ANA_FS}	REF_X = MAX_SPEED 或 MAX_POWER 或 ILIMIT 或 MODULATION INDEX 的 1%
PWM	$Duty_{EN_SB}$ 或 $Duty_{EX_SB}$	$Duty_{EX_SB}$ = MIN_DUTY；$Duty_{EN_SB}$ = MIN_DUTY — DUTY_HYS	REF_X = MAX_SPEED 或 MAX_POWER 或 ILIMIT 或 MODULATION INDEX 的 1%
I²C	$DIGITAL_SPEED_CTRL_{EN_SB}$ 或 $DIGITAL_SPEED_CTRL_{EX_SB}$	$DIGITAL_SPEED_CTRL_{EX_SB}$ = MIN_DUTY x 32767；$DIGITAL_SPEED_CTRL_{EN_SB}$ = (MIN_DUTY-DUTY_HYS) x 32767	REF_X = MAX_SPEED 或 MAX_POWER 或 ILIMIT 或 MODULATION INDEX 的 1%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-9. 待机模式进入/退出阈值（续）

控制输入源	待机进入/退出阈值	REF_PROFILE_CONFIG = 00b	REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b
频率	$Freq_{EN_SB}$ 或 $Freq_{EX_SB}$	$Freq_{EX_SB}$ = MIN_DUTY x INPUT_MAXIMUM_FREQ（最低为 3Hz）；$Freq_{EN_SB}$ = (MIN_DUTY-DUTY_HYS) x INPUT_MAXIMUM_FREQ（最低为 3Hz）	REF_X = MAX_SPEED 或 MAX_POWER 或 ILIMIT 或 MODULATION INDEX 的 1%

6.4.1.3 故障复位 (CLR_FLT)

在存在锁存故障的情况下，器件会进入部分关断状态，以帮助保护功率 MOSFET 和系统。当故障条件清除后，器件可以通过将 CLR_FLT 设置为 1b 再次进入工作状态。

6.5 外部接口

6.5.1 DRVOFF - 栅极驱动器关断功能

当 DRVOFF 被驱动为高电平时，栅极驱动器进入关断状态。DRVOFF 绕过器件内部的数字控制逻辑，直接连接到栅极驱动器输出（请参阅图 6-49）。该引脚为外部故障监测提供了一种机制，可通过直接绕过内部控制逻辑来禁用栅极驱动器。当 MCF8329HS-Q1 在 DRVOFF 引脚上检测到逻辑高电平时，器件会禁用栅极驱动器并将器件置于下拉模式（请参阅图 6-50）。栅极驱动器的关断序列如图 6-50 所示。当栅极驱动器启动关断序列后，会为 I_{SINK} 电流应用有源驱动器下拉并持续 $t_{SD_SINK_DIG}$ 时间，之后栅极驱动器进入无源下拉模式。

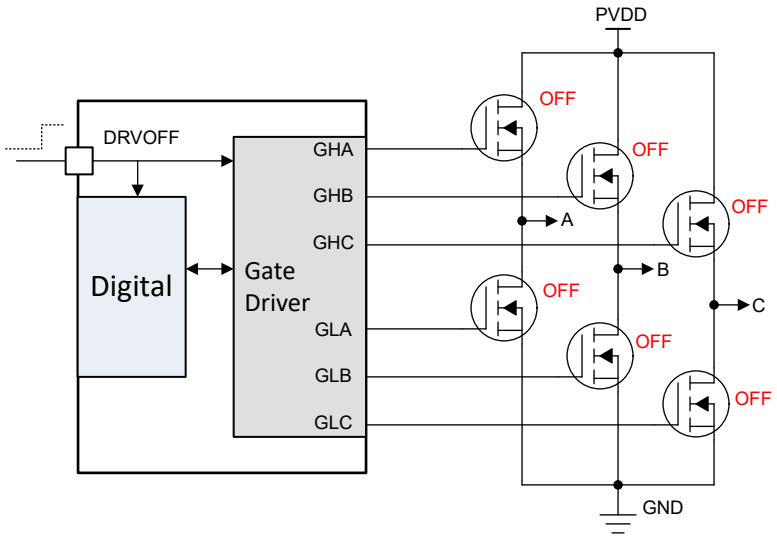


图 6-49. DRVOFF 栅极驱动器输出状态

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

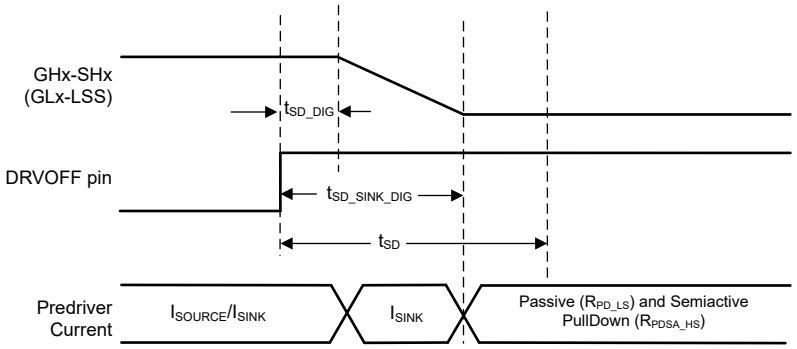


图 6-50. 栅极驱动器关断序列

备注

将 DRVOFF 引脚拉至高电平不会使器件进入睡眠或待机模式，数字内核仍处于运行状态。DRVOFF 状态在 DRV_OFF 位上报告，并且在引脚状态更改与 DRV_OFF 位状态更新之间有长达 200ms 的延迟。nFAULT 引脚上不会报告 DRVOFF，但如果在电机运行期间，当 DRVOFF 变为逻辑高电平时发生电机故障，nFAULT 引脚可能会变为低电平。当 DRVOFF 从高电平拉至低电平时，MCF8329HS-Q1 执行电机启动序列（在将 DRVOFF 引脚拉至低电平之后有长达 200ms 的延迟），如节 6.3.9 所述。

6.5.2 振荡源

MCF8329HS-Q1 有一个内置振荡器，用作所有数字外设和时序测量的时钟源。MCF8329HS-Q1 的默认配置是使用内部振荡器，该振荡器足以驱动电机而不需要任何外部晶体或时钟源。

为了改善 EMI 性能，MCF8329HS-Q1 提供了通过启用展频调制 (SSM)（通过 SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS）来调制时钟频率的选项。

备注

当 CLOCK_FREQUENCY 设置为 00b（高电平）时，展频调制不可用（与 SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS 无关）。

6.5.2.1 时钟（内部振荡器）频率

MCF8329HS-Q1 提供可配置的时钟（内部振荡器）频率，以在器件工作电流和最大电机转速/PWM 开关频率之间进行优化。表 6-10 展示了时钟频率、PWM 开关频率和最大电机转速之间的关系。

表 6-10. 最大电机转速与 PWM 开关频率与时钟频率间的关系

PWM_FREQ_OUT	PWM 开关频率 (kHz)	最大电机速度 (Hz)		
		CLOCK_FREQUENCY = 高	CLOCK_FREQUENCY = 中	CLOCK_FREQUENCY = 低
0000b	10	1200	1200	1000
0001b	15	1800	1800	900
0010b	20	2500	1200	1000
0011b	25	1500	1500	1000
0100b	30	1800	1800	1000
0101b	35	2150	1450	1000
0110b	40	2500	1600	1000
0111b	45	1800	1800	1000
1000b	50	2000	1500	1000
1001b	55	2300	1700	不适用
1010b	60	2500	1500	不适用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-10. 最大电机转速与 PWM 开关频率与时钟频率间的关系（续）

PWM_FREQ_OUT	PWM 开关频率 (kHz)	最大电机速度 (Hz)		
		CLOCK_FREQUENCY = 高	CLOCK_FREQUENCY = 中	CLOCK_FREQUENCY = 低
1011b	65	2000	1600	不适用
1100b	70	2100	1750	不适用
1101b	75	2300	1500	不适用
1110b	80	2000	1600	不适用

备注

对 CLOCK_FREQUENCY 设置的任何更改只有在写入 EEPROM，然后进行下电上电后才能生效。

时钟频率会影响由 DIG_DEAD_TIME 配置的所施加的死区时间。表 6-11 展示了作为时钟频率的函数施加的死区时间。

表 6-11. 死区时间与时钟频率间的关系

DIG_DEAD_TIME	死区时间 (ns)		
	CLOCK_FREQUENCY = 高	CLOCK_FREQUENCY = 中	CLOCK_FREQUENCY = 低
0000b	0	0	0
0001b	75	50	75
0010b	150	100	110
0011b	150	150	150
0100b	225	200	225
0101b	300	250	260
0110b	300	300	300
0111b	375	350	375
1000b	450	400	450
1001b	450	450	450
1010b	525	500	520
1011b	600	600	600
1100b	750	700	750
1101b	900	800	750
1110b	1050	1000	750

6.5.3 带 MCU 复位的外部看门狗

MCF8329HS-Q1 提供了外部看门狗特性，可监控外部 MCU 的运行状况 — EXT_WD_EN 位应设置为 1b 以启用外部看门狗。启用该特性后，器件在配置的时间间隔内等待来自外部看门狗输入的滴答声（EXT_WD 引脚从低电平到高电平的转换，或者 WATCHDOG_TICKLE 设置为 I²C 上 1b）；如果两个连续滴答声之间的时间间隔长于配置的看门狗等待时间，则触发看门狗故障。可以使用 EXT_WD_FAULT_MODE 和 LIMP_HOME_EN 配置看门狗故障响应，如表 6-7 所示。当 LIMP_HOME_EN 设置为 0b（禁用跛行回家模式）时，故障响应只报告（FET 处于活动状态并在输入基准下驱动电机）或锁存（高阻态状态下的 FET），具体取决于 EXT_WD_FAULT_MODE。可以通过向 CLR_FLT 写入 1b 或通过在 EXT_WD 引脚上或通过 I²C 发出滴答声来清除锁存故障。当 LIMP_HOME_EN 设置为 1b（启用跛行回家模式）时，故障响应是输入基准锁存到当前值或锁存到 REF_OFF1，具体取决于 EXT_WD_FAULT_MODE — MCF8329HS-Q1 以锁存输入基准运行电机，直到 1b 写入 CLR_FLT 或在 EXT_WD 引脚上或通过 I²C 发出滴答声。一旦看门狗故障被清除（通过向 CLR_FLT 写入 1b 或通过在 EXT_WD 引脚上或通过 I²C 发出滴答声），MCF8329HS-Q1 就会退出跛行回家模式并将电机驱动到由 SPEED_MODE 配置的基准源（模拟、PWM、I²C 或频率）的输入基准。当发生看门狗超时时，WATCHDOG_FAULT 位设置为 1b。如果在所配置的时间间隔过去之前出现下一个滴答声，则看门狗计时器将复

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

位并开始等待下一个滴答声。这可用于连续监测外部 MCU（即外部看门狗输入）的运行状况，并在外部 MCU 处于故障/挂起状态的情况下将 MCF8329HS-Q1 置于已知状态。

使用 EXT_WD_INPUT_MODE 选择外部看门狗输入，该输入可以是 EXT_WD 引脚或 I²C 接口。触发看门狗故障的两个滴答声之间的时间间隔由 EXT_WD_CONFIG 配置；对于基于 EXT_WD 引脚的看门狗，4 种时间设置为 100、200、500 和 1000ms 对于基于 I²C 的看门狗，4 种时间设置为 1s、2s、5s 和 10s。

当触发看门狗故障（与 EXT_WD_FAULT_MODE 和 LIMP_HOME_EN 无关）时，nMCU_RST 引脚上有一个低电平有效信号可用于复位外部 MCU，如图 6-51 所示。该低电平有效信号的持续时间可以通过 nMCU_RST_TIME — 1ms 或 10ms 来配置。MCF8329HS-Q1 在发出另一个复位信号之前，从低电平有效信号持续时间结束开始等待 EXT_WD_CONFIG。在正常运行期间（未检测到看门狗故障），nMCU_RST 通过内部上拉电阻器上拉至 AVDD。

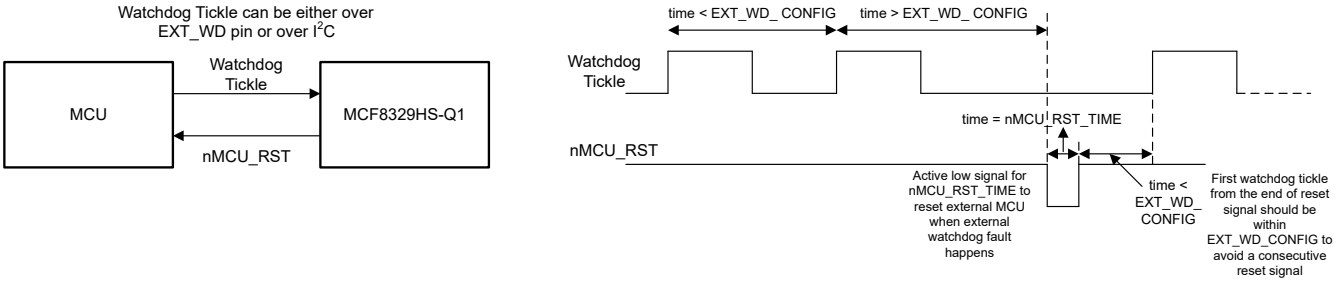


图 6-51. 外部看门狗故障时的 MCU 复位信号

备注

1. 当启用跛行回家模式并且激活看门狗故障时，即使配置了睡眠模式并且满足所有睡眠进入条件，器件也不会进入睡眠模式（与 EXT_WD_FAULT_MODE 无关）。
2. 在更改 EXT_WD_CONFIG 配置之前，应通过将 EXT_WD_EN 设置为 0b 来禁用看门狗。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.6 EEPROM 访问和 I²C 接口

6.6.1 EEPROM 访问

MCF8329HS-Q1 有 1024 位（16 行，每行 64 位）的 EEPROM，用于存储电机配置参数。擦除操作是按行进行的（全部 64 位都在一次擦除操作中被擦除），但支持 32 位写入和读取操作。可以使用 I²C 串行接口对 EEPROM 进行写入和读取，但无法使用 I²C 串行接口执行擦除操作。对应于 EEPROM 的影子/RAM 寄存器位于地址 0x000080-0x0000AE。

备注

仅在电机未旋转时，MCF8329HS-Q1 才允许进行 EEPROM 写入和读取操作。

6.6.1.1 EEPROM 写入

备注

- 只有当器件处于空闲或故障状态（电机不由器件驱动）时，才必须发出 EEPROM 写入。在整个 EEPROM 写入过程中，PVDD 必须 ≥ 6V，以确保所有电源轨（AVDD 和 DVDD）保持在数据表规格范围内，并且 EEPROM 写入不会因任何 UVLO 条件而中断。
- 由于 EEPROM 写入次数存在老化/写入周期限制（T_J = 85ºC 时为 20000 个写入周期），TI 不建议在每次上电/唤醒期间对 EEPROM 进行写入。重复的寄存器设置更改可在影子/RAM 寄存器 (0x000080-0x0000AE) 上完成；只有默认配置需要写入 EEPROM（首次上电时）

在 MCF8329HS-Q1 中，EEPROM 写入过程如下所示。

1. 将 ISD 和反向驱动配置（例如启用重新同步、启用反向驱动、静止检测阈值、反向驱动切换阈值等）写入寄存器 0x000080 (ISD_CONFIG)。
2. 将反向驱动和主动制动配置（例如反向驱动开环加速、主动制动电流限值、Kp、Ki 值等）写入寄存器 0x000082 (REV_DRIVE_CONFIG)。
3. 将电机启动配置（例如启动方法、IPD 参数、对齐参数等）写入寄存器 0x000084 (MOTOR_STARTUP1)。
4. 将电机启动配置（例如开环加速、开环电流限值、首循环频率等）写入寄存器 0x000086 (MOTOR_STARTUP2)。
5. 将电机控制配置（例如闭环加速、启用过调制、PWM 频率、FG 信号配置等）写入寄存器 0x000088 (CLOSED_LOOP1)。
6. 将电机控制配置（例如电机绕组电阻和电感、电机停止选项、制动速度阈值等）写入寄存器 0x00008A (CLOSED_LOOP2)。
7. 将电机控制配置（例如电机 BEMF 常数、电流环路 Kp、Ki 等）写入寄存器 0x00008C (CLOSED_LOOP3)。
8. 将电机控制配置（例如速度环路 Kp、Ki 和最大速度等）写入寄存器 0x00008E (CLOSED_LOOP4)。
9. 将故障控制配置软件和硬件电流限值和操作、重试次数等写入寄存器 0x000090 (FAULT_CONFIG1)。
10. 将故障控制配置（例如硬件电流限值操作、OV、UV 限值和操作、异常速度水平、无电机阈值等）写入寄存器 0x000092 (FAULT_CONFIG2)。
11. 将速度曲线配置（例如曲线类型、占空比、速度钳制水平、占空比钳制水平等）写入寄存器 0x000094 – 0x00009E (SPEED_PROFILES1-6)。
12. 将杂项配置（例如 ISD 运行时间、停止时间和超时等）写入寄存器 0x0000A0 (INT_ALGO_1)。
13. 将杂项配置（例如弱磁 Kp、Ki、主动制动电流转换率、闭环慢加速等等）写入寄存器 0x0000A2 (INT_ALGO_2)。
14. 将速度输入模式（模拟或 PWM 或 Freq 或 I²C）、制动输入、空闲期间的 FG 和故障状态配置等的引脚配置写入寄存器 0x0000A4 (PIN_CONFIG)。
15. 将器件配置（例如器件模式、动态电压增益启用、I²C 目标地址等）写入寄存器 0x0000A6 和 0x0000A8（DEVICE_CONFIG1 和 DEVICE_CONFIG2）。
16. 将外设配置（例如死区时间、启用 SSM 等）写入寄存器 0x0000AA (PERI_CONFIG1)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

17. 将栅极驱动器配置（如压摆率、CSA 增益、VDS 电平、模式等）写入寄存器 0x0000AC 和 0x0000AE（GD_CONFIG1 和 GD_CONFIG2）。
18. 将 0x8A500000 写入寄存器 0x0000EA，以将影子寄存器 (0x000080-0x0000AE) 值写入 EEPROM。
19. 等待 750ms 以便 EEPROM 写入操作完成。
20. 750ms 后，读取 0x0000EA 寄存器，以确保其已复位为 0x0。这样可确认 EEPROM 写入过程已成功完成。

可以根据需要修改的寄存器/参数选择性地执行步骤 1-17。在所有影子/RAM 寄存器都更新为所需的值后，必须执行步骤 18-20，将影子/RAM 寄存器的内容写入 EEPROM 中。

备注

不得更改 EEPROM 保留位字段的默认设置。为避免更改保留位的内容，TI 建议使用“读取-修改-写入”顺序来执行 EEPROM 写入操作。

6.6.1.2 EEPROM 读取

在 MCF8329HS-Q1 中，EEPROM 读取过程如下所示。

1. 将 0x40000000 写入寄存器 0x0000EA，以将 EEPROM 数据读入影子/RAM 寄存器 (0x000080-0x0000AE)。
2. 等待 100ms 以便 EEPROM 读取操作完成。
3. 使用 I²C 读取命令读取影子/RAM 寄存器值，一次读取 1 或 2 个寄存器，如节 6.6.2 中所述。影子寄存器地址处于 0x000080-0x0000AE 范围之内。对于 32 位读取操作，寄存器地址以 2 为阶跃增加（因为每个地址都是一个 16 位位置）。

6.6.1.3 EEPROM 安全性

MCF8329HS-Q1 为 EEPROM 寄存器提供可配置的读写保护。可以使用 EEPROM_LOCK_MODE 配置保护级别，如下表所示：

- 00b：无需密码即可允许 EEPROM 读取和写入
- 01b：EEPROM 读取和写入需要有效的密码
- 10b：EEPROM 读取需要有效的密码；EEPROM 写入被永久锁定
- 11b：EEPROM 读写被永久锁定

密码是 EEPROM 中的一个 15 位字段，由 DEVICE_CONFIG1 寄存器中的 EEPROM_LOCK_KEY 表示。EEPROM_LOCK_KEY 可进行写入访问（当 EEPROM_LOCK_MODE 设置为 00b 或 01b 时），但不能进行读取访问。

在启用基于密码的读取/写入保护（EEPROM_LOCK_MODE 设置为 01b 或 10b）后，用户必须在每次上电/唤醒后将 EEPROM_LOCK_KEY 中设置的密码写入 USER_EEPROM_KEY 位字段，然后再通过 I²C 发送第一个 EEPROM 读取/写入事务。只要没有电源复位、进入睡眠模式、数字复位或不正确的密码写入，上电/唤醒后写入的有效密码就足以处理所有后续 EEPROM 读取/写入事务。如果写入了无效的密码，则后续的 EEPROM 读取/写入事务将被拒绝 - MCF8329HS-Q1 不会响应读取/写入请求。读取/写入保护适用于 EEPROM 以及相应的影子/RAM 位置。EEPROM_LOCK_MODE 以及密码是 EEPROM 寄存器的一部分，因此，相同级别的读取/写入保护适用于由 EEPROM_LOCK_MODE 配置的这些位字段。

6.6.2 I²C 串行接口

MCF8329HS-Q1 通过 I²C 串行接口与外部 MCU 进行连接。MCF8329HS-Q1 是一个要与控制器连接的 I²C 目标。外部 MCU 可以使用该接口对 MCF8329HS-Q1 中的任何非保留寄存器进行读取/写入。

6.6.2.1 I²C 数据字

表 6-12 展示了 I²C 数据字格式。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-12. I²C 数据字格式

TARGET_ID	R/W	CONTROL WORD	DATA	CRC-8
A6 - A0	W0	CW23 - CW0	D15/D31/D63 - D0	C7 - C0

目标 ID 和 R/W 位：第一个字节包含 7 位 I²C 目标 ID，后跟读取/写入命令位。对于 MCF8329HS-Q1 中的每个数据包，通信协议都以写入 24 位控制字开始，因此 R/W 位始终为 0。

24 位控制字：目标 ID/地址后跟一个 24 位控制字。表 6-13 展示了控制字格式。

表 6-13. 24 位控制字格式

OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR
CW23	CW22	CW21 - CW20	CW19 - CW16	CW15 - CW12	CW11 - CW0

下面详细说明了控制字中的每个字段。

OP_R/W – 读取/写入：R/W 位提供有关这是读取 (1b) 事务还是写入 (0b) 事务的信息。对于写入事务，MCF8329HS-Q1 预计在 24 位控制字之后发送数据字节。对于读取事务，MCF8329HS-Q1 预计在 24 位控制字之后具有包含重复启动或正常启动的 I²C 读取请求。

CRC_EN – 启用循环冗余校验 (CRC)：MCF8329HS-Q1 支持通过 CRC 来验证数据完整性。该位控制是否启用 CRC 功能。

DLEN – 数据长度：DLEN 字段决定外部 MCU 将发送至 MCF8329HS-Q1 的数据的长度。MCF8329HS-Q1 I²C 协议支持三种数据长度：16 位、32 位和 64 位。

表 6-14. 数据长度配置

DLEN 值	数据长度
00b	16 位
01b	32 位
10b	64 位
11b	保留

MEM_SEC – 存储器段：MCF8329HS-Q1 中的每个存储器位置都使用控制字中的三个独立实体进行寻址 – 存储器段、存储器页、存储器地址。存储器段是一个 4 位字段，表示存储器位置所属的存储器段，例如 RAM、ROM 等。

MEM_PAGE – 存储器页：存储器页是一个 4 位的字段，表示该存储器位置所属的存储器页。

MEM_ADDR – 存储器地址：存储器地址是地址的最后 12 位。完整的 22 位地址由 MCF8329HS-Q1 使用全部三个字段（存储器段、存储器页、存储器地址）在内部构造。对于存储器位置 0x000000-0x000800，存储器部段为 0x0，存储器页为 0x0，存储器地址为最低 12 位（0x000 代表 0x000000，0x080 代表 0x000080，0x800 代表 0x000800）。所有相关存储器位置（EEPROM 和 RAM 变量）都有 MEM_SEC 和 MEM_PAGE 值，均对应于 0x0。所有其他 MEM_SEC、MEM_PAGE 值均保留，不供外部使用。

数据字节：对于 MCF8329HS-Q1 的写入事务，24 位控制字后跟数据字节。控制字中的 DLEN 字段应与该段中发送的字节数相对应。如果数据字节数与 DLEN 不匹配，则写入事务将被丢弃。

CRC 字节：如果在控制字中启用了 CRC 功能，则必须在写入事务结束时发送 CRC 字节。有关 CRC 字节计算的详细信息，请参阅节 6.6.2.6。

6.6.2.2 I²C 写入事务

通过 I²C 执行的 MCF8329HS-Q1 写入事务涉及以下序列（请参阅图 6-52）。

1. 启动事务的控制器 I²C 启动条件。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2. 启动后跟 I²C 目标 ID 字节，其中包括 7 位目标 ID 和设置为 0b 的 R/W 位。ACK（黄色框中）表示 MCF8329HS-Q1 已处理接收的目标 ID，该目标 ID 与其 I²C 目标 ID 相匹配，因此将继续执行此事务。如果接收的目标 ID 与 MCF8329HS-Q1 的 I²C ID 不匹配，则将忽略此事务，并且 MCF8329HS-Q1 不会发送 ACK。
3. 目标 ID 字节后跟 24 位控制字，每次发送一个字节。控制字中的位 23 为 0b，因为它是写入事务。ACK（蓝色框中）对应于 MCF8329HS-Q1 发送到控制器的响应，表明已接收（控制字的）前一个字节并且可以发送下一个字节。
4. 24 位控制字后跟数据字节。控制器发送的数据字节数取决于控制字中的 DLEN 字段。
   a. 在发送数据字节时，首先发送 LSB 字节。有关更多详细信息，请参阅节 6.6.2.4。
   b. 16 位/32 位写入 – 发送的数据被写入控制字中所述的地址。
   c. 64 位写入 – 64 位被视为两个连续 32 位写入。控制字中所述的地址用作 Addr_1。Addr_2 由 MCF8329HS-Q1 通过将 Addr_1 递增 0x2 来计算。一共发送 8 个数据字节。前 4 个字节（以 LSB 在前的方式发送）写入 Addr_1，接下来的 4 个字节写入 Addr_2。
   d. 蓝色框中的 ACK（每个数据字节之后）对应于 MCF8329HS-Q1 向控制器发送的响应，表明已接收前一个数据字节并且可以发送下一个数据字节。
5. 如果启用了 CRC，则数据包以 CRC 字节结束。CRC 是针对整个数据包进行计算的（目标 ID + W 位、控制字、数据字节）。MCF8329HS-Q1 将在接收到 CRC 字节时发送一个 ACK。
6. 终止事务的控制器 I²C 停止条件。

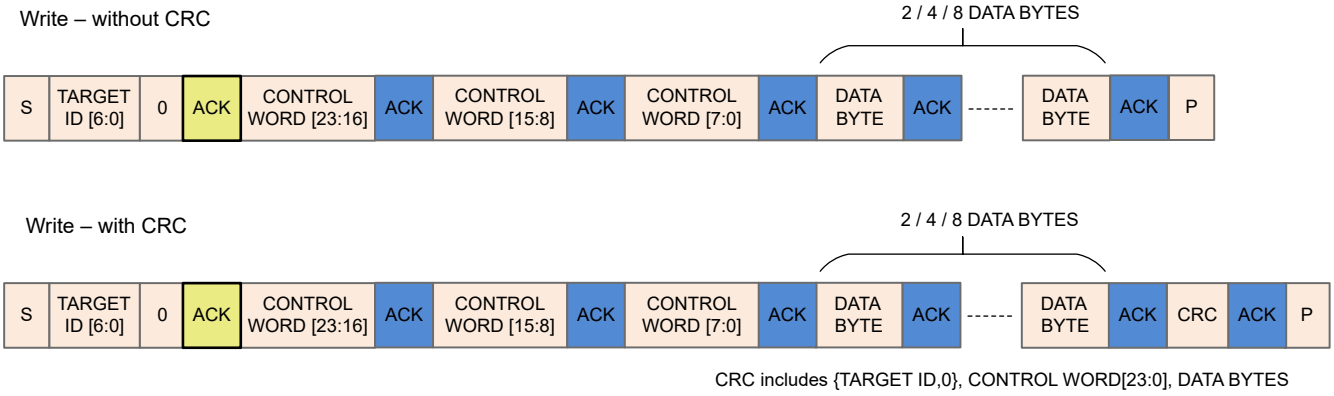


图 6-52. I²C 写入事务序列

6.6.2.3 I²C 读取事务

通过 I²C 执行的 MCF8329HS-Q1 读取事务涉及以下序列（请参阅 图 6-53）。

1. 启动事务的控制器 I²C 启动条件。
2. 启动后跟 I²C 目标 ID 字节，其中包括 7 位目标 ID 和设置为 0b 的 R/W 位。ACK（黄色框中）表示 MCF8329HS-Q1 已处理接收的目标 ID，该目标 ID 与其 I²C 目标 ID 相匹配，因此将继续执行此事务。如果接收的目标 ID 与 MCF8329HS-Q1 的 I²C ID 不匹配，则将忽略此事务，并且 MCF8329HS-Q1 不会发送 ACK
3. 目标 ID 字节后跟 24 位控制字，每次发送一个字节。控制字中的位 23 设置为 1b，因为它是读取事务。ACK（蓝色框中）对应于 MCF8329HS-Q1 发送到控制器的响应，表明已接收（控制字的）前一个字节并且可以发送下一个字节。
4. 控制字后跟重复启动（RS，启动前不停止）或正常启动（P 后跟 S），以启动从 MCF8329HS-Q1 到 I²C 控制器的数据（要读回）传输。RS 或 S 后跟 7 位目标 ID 和设置为 1b 以启动读取事务的 R/W 位。MCF8329HS-Q1 向控制器发送 ACK（RS 之后的灰色框中）以响应接收到读取事务请求。
5. 响应读取事务请求后，MCF8329HS-Q1 在 SDA 上发送数据字节，一次发送一个字节。MCF8329HS-Q1 发送的数据字节数取决于控制字中的 DLEN 字段。
   a. 在发送数据字节时，首先发送 LSB 字节。有关更多详细信息，请参阅节 6.6.2.4。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

b. 16 位/32 位读取 – 控制字所述地址中的数据发送回控制器。
c. 64 位读取 - 64 位被视为两个连续 32 位读取。控制字中所述的地址用作 Addr_1。Addr_2 由 MCF8329HS-Q1 通过将 Addr_1 递增 0x2 来计算。MCF8329HS-Q1 一共发送 8 个数据字节。前 4 个字节（以 LSB 在前的方式发送）从 Addr_1 读取，接下来的 4 个字节从 Addr_2 读取。
d. 橙色框中的 ACK 对应于控制器发送到 MCF8329HS-Q1 的响应，表明已接收前一个字节并且可以发送下一个字节。

6. 如果已启用 CRC，则 MCF8329HS-Q1 会在末尾发送一个额外的 CRC 字节。控制器必须读取此 CRC 字节，然后发送最后一个 ACK（橙色）。CRC 是针对整个数据包（目标 ID + W 位、控制字、目标 ID + R 位、数据字节）进行计算的。
7. 终止事务的控制器 I²C 停止条件。

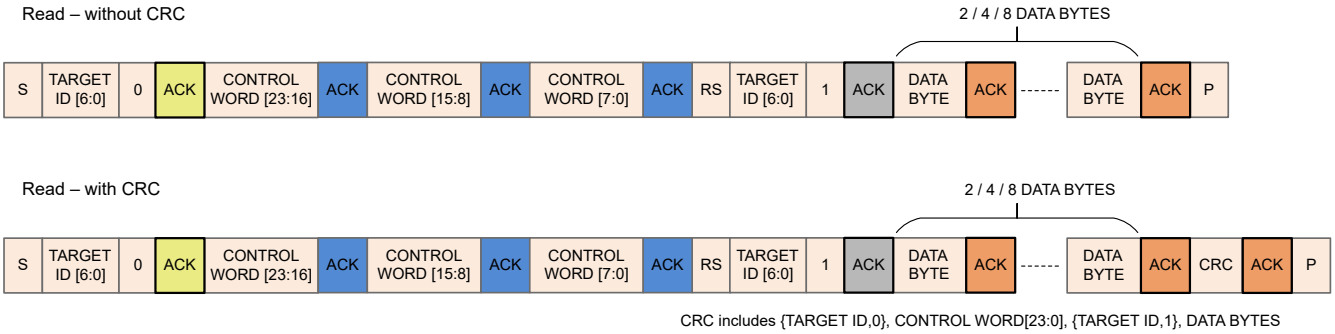


图 6-53. I²C 读取事务序列

6.6.2.4 I²C 通信协议数据包示例

该示例部分中使用的所有值均采用十六进制格式。示例中使用的 I²C 目标 ID 是 0x01。

32 位写入操作示例：地址 – 0x00000080，数据 – 0x1234ABCD，CRC 字节 – 0x45（示例值；与实际 CRC 计算不匹配）

表 6-15. 32 位写入操作数据包示例

起始字节		控制字 0				控制字 1		控制字 2	数据字节				CRC
目标 ID	I²C 写入	OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR	MEM_ADDR	DB0	DB1	DB2	DB3	CRC 字节
A6A0	W0	CW23	CW22	CW21-CW20	CW19-CW16	CW15-CW12	CW11-CW8	CW7-CW0	D7D0	D7D0	D7D0	D7D0	C7C0
0x01	0x0	0x0	0x1	0x1	0x0	0x0	0x0	0x80	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x45
0x02		0x50				0x00		0x80	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x45

64 位写入操作示例：地址 - 0x00000080，数据地址 0x00000080 - 数据 0x01234567，数据地址 0x00000082 - 数据 0x89ABCDEF，CRC 字节 - 0x45（示例值；与实际 CRC 计算不匹配）

表 6-16. 64 位写入操作数据包示例

起始字节		控制字 0				控制字 1		控制字 2	数据字节	CRC
目标 ID	I²C 写入	OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR	MEM_ADDR	DB0 - DB7	CRC 字节
A6A0	W0	CW23	CW22	CW21-CW20	CW19-CW16	CW15-CW12	CW11-CW8	CW7-CW0	[D7D0] x 8	C7C0
0x01	0x0	0x0	0x1	0x2	0x0	0x0	0x0	0x80	0x67452301EFCDAB89	0x45
0x02		0x60				0x00		0x80	0x67452301EFCDAB89	0x45

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

32 位读取操作示例：地址 – 0x00000080，数据 – 0x1234ABCD，CRC 字节 – 0x56（示例值；与实际 CRC 计算不匹配）

表 6-17. 32 位读取操作数据包示例

起始字节		控制字 0				控制字 1		控制字 2	起始字节		字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4
目标 ID	I²C 写入	R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR	MEM_ADDR	目标 ID	I²C 读取	DB0	DB1	DB2	DB3	CRC 字节
A6A0	W0	CW23	CW22	CW21-CW20	CW19-CW16	CW15-CW12	CW11-CW8	CW7-CW0	A6A0	W0	D7D0	D7D0	D7D0	D7D0	C7C0
0x01	0x0	0x1	0x1	0x1	0x0	0x0	0x0	0x80	0x01	0x1	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x56
0x02		0xD0				0x00		0x80	0x03		0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x56

6.6.2.5 I²C 时钟延展

当有挂起的 I²C 中断等待处理时，MCF8329HS-Q1 中的 I²C 外设在特定条件下实施时钟延展。在时钟延展期间，MCF8329HS-Q1 将 SCL 拉为低电平，I²C 总线不可供其他器件使用。下面列出了可能发生时钟延展的条件：

1. **启动中断挂起**：在两种情况下，启动中断可能导致时钟延展，
   a. 当目标 ID 匹配时，MCF8329HS-Q1 中的 I²C 外设发出启动中断请求。在处理该启动中断请求之前，时钟将延展。在处理此请求时，将释放时钟，并向控制器发送 ACK（在图 6-52 和图 6-53 中标记为黄色或灰色）以继续事务。
   b. 如果在尚要处理来自前一个事务的接收中断时接收到新事务的开始（后跟目标 ID 匹配），则时钟将延展，直到按时间顺序处理接收中断和启动中断。该过程可确保在启动下一个事务之前正确执行前一个事务。
2. **接收中断挂起**：如果接收中断等待处理并且接收寄存器已满，当 MCF8329HS-Q1 接收到两个连续的字节（数据或控制）（由一个 ACK 分隔，如图 6-52 和图 6-53 中的蓝色框所示），而没有处理由第一个字节生成的接收中断时，就会发生这种情况。接收到第二个字节后，时钟延展，直到处理由第一个字节生成的接收中断。
3. **发送缓冲器为空**：在发送中断挂起（将数据发送回控制器）的情况下，如果发送缓冲器正在等待填充要读回控制器的数据，则将执行时钟延展，直到发送缓冲器填充了所请求的数据。填充缓冲器后，释放时钟并将数据发送到控制器。

备注

为了允许同一总线上的其他设备访问 I²C 总线，MCF8329HS-Q1 会在大约 5ms 后使 I²C 时钟延展超时结束。

6.6.2.6 CRC 字节计算

8 位 CCIT 多项式 ($x^8 + x^2 + x + 1$) 和 CRC 初始值 0xFF 用于 CRC 计算。

写操作中的 CRC 计算：当外部 MCU 对 MCF8329HS-Q1 进行写入时，如果启用 CRC，则外部 MCU 必须计算一个 8 位 CRC 字节，并在数据末尾添加该 CRC 字节。MCF8329HS-Q1 在内部使用相同的多项式计算 CRC，如果存在不匹配情况，则将丢弃写入请求。下面列出了用于写操作的外部 MCU CRC 计算的输入数据：

1. 目标 ID + 写入位。
2. 控制字 – 3 字节
3. 数据字节 – 2/4/8 字节

读操作中的 CRC 计算：当外部 MCU 从 MCF8329HS-Q1 进行读取时，如果启用了 CRC，则 MCF8329HS-Q1 会在数据末尾发送 CRC 字节。读取操作中的 CRC 计算涉及起始字节、外部 MCU 发送的控制字以及 MCF8329HS-Q1 发送的数据字节。下面列出了外部 MCU 进行 CRC 计算以验证 MCF8329HS-Q1 发送的数据的输入数据：

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1. 目标 ID + 写入位
2. 控制字 – 3 字节
3. 目标 ID + 读取位
4. 数据字节 – 2/4/8 字节

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 EEPROM（非易失性）寄存器映射

7.1 Algorithm_Configuration 寄存器

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

表 7-1. ALGORITHM_CONFIGURATION 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
80h	ISD_CONFIG	ISD 配置	节 7.1.1
82h	REV_DRIVE_CONFIG	反向驱动配置	节 7.1.2
84h	MOTOR_STARTUP1	电机启动配置 1	节 7.1.3
86h	MOTOR_STARTUP2	电机启动配置 2	节 7.1.4
88h	CLOSED_LOOP1	闭环配置 1	节 7.1.5
8Ah	CLOSED_LOOP2	闭环配置 2	节 7.1.6
8Ch	CLOSED_LOOP3	闭环配置 3	节 7.1.7
8Eh	CLOSED_LOOP4	闭环配置 4	节 7.1.8
94h	REF_PROFILES1	基准配置文件配置 1	节 7.1.9
96h	REF_PROFILES2	基准配置文件配置 2	节 7.1.10
98h	REF_PROFILES3	基准配置文件配置 3	节 7.1.11
9Ah	REF_PROFILES4	基准配置文件配置 4	节 7.1.12
9Ch	REF_PROFILES5	基准配置文件配置 5	节 7.1.13
9Eh	REF_PROFILES6	基准配置文件配置 6	节 7.1.14

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

表 7-2. Algorithm_Configuration 访问类型代码

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

7.1.1 ISD_CONFIG 寄存器（偏移 = 80h）[复位 = 00000000h]

图 7-1 展示了 ISD_CONFIG，表 7-3 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置初始速度检测设置的寄存器

图 7-1. ISD_CONFIG 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	ISD_EN	BRAKE_EN	HIZ_EN	RVS_DR_EN	RESYNC_EN	FW_DRV_RESYN_THR	
R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
FW_DRV_RESYN_THR		ISD_BEMF_FILT_ENABLE	SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME				BRK_TIME
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h				R/W-0h

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-1. ISD_CONFIG 寄存器（续）

15	14	13	12	11	10	9	8
BRK_TIME			HIZ_TIME				STAT_DETECT_THR
R/W-0h			R/W-0h				R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
STAT_DETECT_THR		REV_DRV_HANDOFF_THR			REV_DRV_OPEN_LOOP_CURRENT		
R/W-0h		R/W-0h			R/W-0h		

表 7-3. ISD_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	ISD_EN	R/W	0h	MSS 期间的 ISD 启用 0h = 禁用 1h = 启用
29	BRAKE_EN	R/W	0h	MSS 期间的制动使能 0h = 禁用 1h = 启用
28	HIZ_EN	R/W	0h	MSS 期间的高阻态使能 0h = 禁用 1h = 启用
27	RVS_DR_EN	R/W	0h	MSS 期间反向驱动运行启用 0h = 禁用 1h = 启用
26	RESYNC_EN	R/W	0h	MSS 期间重新同步启用 0h = 禁用 1h = 启用
25-22	FW_DRV_RESYN_THR	R/W	0h	与闭环重新同步的最小速度阈值（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 35% 7h = 40% 8h = 45% 9h = 50% Ah = 不适用 Bh = 不适用 Ch = 不适用 Dh = 不适用 Eh = 不适用 Fh = 不适用
21	ISD_BEMF_FILT_ENABLE	R/W	0h	ISD 期间的 BEMF 滤波器启用 0h = 禁用 1h = 启用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. ISD_CONFIG 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
20-17	SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME	R/W	0h	从 PWM 边沿对电流采样之前的消隐时间 0h = 0.25µs 1h = 0.5µs 2h = 0.75µs 3h = 1µs 4h = 1.25µs 5h = 1.5µs 6h = 1.75µs 7h = 2µs 8h = 2.25µs 9h = 2.5µs Ah = 2.75µs Bh = 3µs Ch = 3.5µs Dh = 4µs Eh = 5µs Fh = 6µs
16-13	BRK_TIME	R/W	0h	MSS 期间的制动时间 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
12-9	HIZ_TIME	R/W	0h	MSS 期间的高阻态时间 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
8-6	STAT_DETECT_THR	R/W	0h	用于检测电机是否静止的 BEMF 阈值 0h = 100mV 1h = 150mV 2h = 200mV 3h = 500mV 4h = 1000mV 5h = 1500mV 6h = 2000mV 7h = 3000mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. ISD_CONFIG 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
5-3	REV_DRV_HANDOFF_THR	R/W	0h	用于在反向驱动期间转换到开环的速度阈值（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 50%
2-0	REV_DRV_OPEN_LOOP_CURRENT	R/W	0h	反向驱动期间的开环电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 50%

7.1.2 REV_DRIVE_CONFIG 寄存器（偏移 = 82h）[复位 = 00000000h]

图 7-2 展示了 REV_DRIVE_CONFIG，表 7-4 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置反向驱动设置的寄存器

图 7-2. REV_DRIVE_CONFIG 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A1				BUS_CURRENT_LIMIT_EN_MIN_VOLTAGE		
R-0h	R/W-0h				R/W-0h		
23	22	21	20	19	18	17	16
BUS_CURRENT_LIMIT_EN_MIN_VOLTAGE	ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT			ACTIVE_BRAKE_KP			
R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
ACTIVE_BRAKE_KP						ACTIVE_BRAKE_KI	
R/W-0h						R/W-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
ACTIVE_BRAKE_KI							
R/W-0h							

表 7-4. REV_DRIVE_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-4. REV_DRIVE_CONFIG 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
30-27	REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A1	R/W	0h	反向驱动期间的开环加速系数 A1 0h = 0.1Hz/s 1h = 0.5Hz/s 2h = 1Hz/s 3h = 2.5Hz/s 4h = 5Hz/s 5h = 10Hz/s 6h = 25Hz/s 7h = 50Hz/s 8h = 75Hz/s 9h = 100Hz/s Ah = 250Hz/s Bh = 500Hz/s Ch = 750Hz/s Dh = 1000Hz/s Eh = 5000Hz/s Fh = 10000Hz/s
26-23	BUS_CURRENT_LIMIT_EN_MIN_VOLTAGE	R/W	0h	最小 PVDD 电压，低于该电压时启用总线电流限制（仅在 CTRL_MODE = 1h 或 BUS_POWER_LIMIT_ENABLE = 1 时适用） 0h = 总线电流限制禁用 1h = 9V 2h = 10V 3h = 11V 4h = 12V 5h = 18V 6h = 20V 7h = 22V 8h = 24V 9h = 30V Ah = 32V Bh = 34V Ch = 36V Dh = 40V Eh = 44V Fh = 48V
22-20	ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT	R/W	0h	主动制动期间的总线电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 10% 1h = 20% 2h = 30% 3h = 40% 4h = 50% 5h = 60% 6h = 70% 7h = 80%
19-10	ACTIVE_BRAKE_KP	R/W	0h	主动制动 PI 环路 Kp 的 10 位值。 Kp = ACTIVE_BRAKE_KP / 2^7
9-0	ACTIVE_BRAKE_KI	R/W	0h	主动制动 PI 环路 Ki 的 10 位值。 Ki = ACTIVE_BRAKE_KI / 2^9

7.1.3 MOTOR_STARTUP1 寄存器（偏移 = 84h）[复位 = 00000000h]

图 7-3 展示了 MOTOR_STARTUP1，表 7-5 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置电机启动设置 1 的寄存器

图 7-3. MOTOR_STARTUP1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	MTR_STARTUP		ALIGN_SLOW_RAMP_RATE				ALIGN_TIME

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-3. MOTOR_STARTUP1 寄存器（续）

R-0h	R/W-0h			R/W-0h			R/W-0h
23	22	21	20	19	18	17	16
ALIGN_TIME			ALIGN_OR_SLOW_CURRENT_ILIMIT				RESERVED
R/W-0h			R/W-0h				R-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED		IPD_CURR_THR				RESERVED	
R-0h		R/W-0h				R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
IPD_ADV_ANGLE		IPD_REPEAT		RESERVED	IQ_RAMP_DOWN_EN	ACTIVE_BRAKE_EN	RESERVED
R/W-0h		R/W-0h		R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h

表 7-5. MOTOR_STARTUP1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-29	MTR_STARTUP	R/W	0h	电机启动模式 0h = 对齐 1h = 双对齐 2h = IPD 3h = 慢速首循环
28-25	ALIGN_SLOW_RAMP_RATE	R/W	0h	对齐、慢速首循环和开环电流升降速率 0h = 1A/s 1h = 5A/s 2h = 10A/s 3h = 25A/s 4h = 50A/s 5h = 100A/s 6h = 150A/s 7h = 250A/s 8h = 500A/s 9h = 1000A/s Ah = 2000A/s Bh = 5000A/s Ch = 10000A/s Dh = 20000A/s Eh = 50000A/s Fh = 无限值 A/s
24-21	ALIGN_TIME	R/W	0h	对齐时间 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 1.5s Ah = 2s Bh = 3s Ch = 4s Dh = 5s Eh = 7.5s Fh = 10s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-5. MOTOR_STARTUP1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
20-17	ALIGN_OR_SLOW_CURRENT_ILIMIT	R/W	0h	对齐或慢速首循环电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%
16-14	RESERVED	R	0h	保留
13-10	IPD_CURR_THR	R/W	0h	IPD 电流阈值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 不适用 1h = 不适用 2h = 不适用 3h = 20% 4h = 26.7% 5h = 33.3% 6h = 40% 7h = 46.7% 8h = 53.3% 9h = 60% Ah = 66.7% Bh = 73.3% Ch = 80% Dh = 86.7% Eh = 93.3% Fh = 100%
9-8	RESERVED	R	0h	保留
7-6	IPD_ADV_ANGLE	R/W	0h	IPD 超前角度 0h = 0° 1h = 30° 2h = 60° 3h = 90°
5-4	IPD_REPEAT	R/W	0h	IPD 执行次数 0h = 1 次 1h = 平均 2 次 2h = 平均 3 次 3h = 平均 4 次
3	RESERVED	R	0h	保留
2	IQ_RAMP_DOWN_EN	R/W	0h	在开环至闭环转换期间启用 Q 轴电流斜降 0h = 禁用 1h = 启用
1	ACTIVE_BRAKE_EN	R/W	0h	减速期间启用主动制动 0h = 禁用 1h = 启用
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.4 MOTOR_STARTUP2 寄存器（偏移 = 86h）[复位 = 00000000h]

图 7-4 展示了 MOTOR_STARTUP2，表 7-6 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置电机启动设置 2 的寄存器

图 7-4. MOTOR_STARTUP2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	OL_ILIMIT				OL_ACC_A1		
R-0h	R/W-0h				R/W-0h		
23	22	21	20	19	18	17	16
OL_ACC_A1	OL_ACC_A2				AUTO_HANDOFF_EN	OPN_CL_HANDOFF_THR	
R/W-0h	R/W-0h				R/W-0h	R/W-0h	
15	14	13	12	11	10	9	8
OPN_CL_HANDOFF_THR			STANDBY_POWER		AUTO_HANDOFF_MIN_BEMF		
R/W-0h			R/W-0h		R/W-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
SLOW_FIRST_CYC_FREQ				RESERVED	THETA_ERROR_RAMP_RATE		
R/W-0h				R-0h	R/W-0h		

表 7-6. MOTOR_STARTUP2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-27	OL_ILIMIT	R/W	0h	开环电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-6. MOTOR_STARTUP2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
26-23	OL_ACC_A1	R/W	0h	开环加速系数 A1 0h = 0.1Hz/s 1h = 0.5Hz/s 2h = 1Hz/s 3h = 2.5Hz/s 4h = 5Hz/s 5h = 10Hz/s 6h = 25Hz/s 7h = 50Hz/s 8h = 75Hz/s 9h = 100Hz/s Ah = 250Hz/s Bh = 500Hz/s Ch = 750Hz/s Dh = 1000Hz/s Eh = 5000Hz/s Fh = 10000Hz/s
22-19	OL_ACC_A2	R/W	0h	开环加速系数 A2 0h = 0 Hz/s² 1h = 0.5 Hz/s² 2h = 1 Hz/s² 3h = 2.5 Hz/s² 4h = 5 Hz/s² 5h = 10 Hz/s² 6h = 25 Hz/s² 7h = 50 Hz/s² 8h = 75 Hz/s² 9h = 100 Hz/s² Ah = 250 Hz/s² Bh = 500 Hz/s² Ch = 750 Hz/s² Dh = 1000 Hz/s² Eh = 5000 Hz/s² Fh = 10000 Hz/s²
18	AUTO_HANDOFF_EN	R/W	0h	针对开环到闭环转换的自动切换启用 0h = 禁用 1h = 启用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-6. MOTOR_STARTUP2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
17-13	OPN_CL_HANDOFF_THR	R/W	0h	开环到闭环切换阈值（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 1% 1h = 2% 2h = 3% 3h = 4% 4h = 5% 5h = 6% 6h = 7% 7h = 8% 8h = 9% 9h = 10% Ah = 11% Bh = 12% Ch = 13% Dh = 14% Eh = 15% Fh = 16% 10h = 17% 11h = 18% 12h = 19% 13h = 20% 14h = 22.5% 15h = 25% 16h = 27.5% 17h = 30% 18h = 32.5% 19h = 35% 1Ah = 37.5% 1Bh = 40% 1Ch = 42.5% 1Dh = 45% 1Eh = 47.5% 1Fh = 50%
12-11	STANDBY_POWER	R/W	0h	待机板功耗（未驱动电机时） 0h = 0.5W 1h = 1W 2h = 2W 3h = 4W
10-8	AUTO_HANDOFF_MIN_BEMF	R/W	0h	自动切换所需的最小 BEMF 阈值 0h = 0mV 1h = 100mV 2h = 200mV 3h = 500mV 4h = 1000mV 5h = 2000mV 6h = 2500mV 7h = 3000mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-6. MOTOR_STARTUP2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
7-4	SLOW_FIRST_CYC_FREQ	R/W	0h	慢速首循环启动中首循环的频率（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 0.1% 1h = 0.3% 2h = 0.5% 3h = 0.7% 4h = 1% 5h = 1.5% 6h = 2% 7h = 2.5% 8h = 3% 9h = 4% Ah = 5% Bh = 7.5% Ch = 10% Dh = 15% Eh = 20% Fh = 25%
3	RESERVED	R	0h	保留
2-0	THETA_ERROR_RAMP_RATE	R/W	0h	用于在开环至闭环转换期间减小估算角度与开环角度之间的差值的斜升速率 0h = 0.01°/ms 1h = 0.05°/ms 2h = 0.1°/ms 3h = 0.2°/ms 4h = 0.5°/ms 5h = 1°/ms 6h = 2°/ms 7h = 4°/ms

7.1.5 CLOSED_LOOP1 寄存器（偏移 = 88h）[复位 = 00000000h]

图 7-5 展示了 CLOSED_LOOP1，表 7-7 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置闭环设置 1 的寄存器

图 7-5. CLOSED_LOOP1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	OVERMODULATION_ENABLE	CL_ACC					RESERVED
R-0h	R/W-0h	R/W-0h					R-0h
23	22	21	20	19	18	17	16
CL_DEC					PWM_FREQ_OUT		
R/W-0h					R/W-0h		
15	14	13	12	11	10	9	8
PWM_FREQ_OUT	ESTIMATOR_FILT_EN	FG_SEL		FG_DIV			
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
FG_CONFIG	FG_BEMF_THR			AVS_EN	RESERVED	RESERVED	RESERVED
R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	R-0h	R-0h	R-0h

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-7. CLOSED_LOOP1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	OVERMODULATION_ENABLE	R/W	0h	过调制启用 0h = 禁用 1h = 启用
29-25	CL_ACC	R/W	0h	闭环加速度 速度控制 (Hz/s) 功率控制 (W/s) 电流控制 (0.1A/s) 调制指数控制 (0.01% 调制指数/s) 0h = 0.5 1h = 1 2h = 2.5 3h = 5 4h = 7.5 5h = 10 6h = 20 7h = 40 8h = 60 9h = 80 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 300 Dh = 400 Eh = 500 Fh = 600 10h = 700 11h = 800 12h = 1000 13h = 1250 14h = 1500 15h = 2000 16h = 2500 17h = 3000 18h = 4000 19h = 5000 1Ah = 6000 1Bh = 8000 1Ch = 10000 1Dh = 20000 1Eh = 40000 1Fh = 无限值
24	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-7. CLOSED_LOOP1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
23-19	CL_DEC	R/W	0h	闭环减速度 速度控制 (Hz/s) 功率控制 (W/s) 电流控制 (0.1A/s) 调制指数控制（0.01% 调制指数/s） 0h = 0.5 1h = 1 2h = 2.5 3h = 5 4h = 7.5 5h = 10 6h = 20 7h = 40 8h = 60 9h = 80 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 300 Dh = 400 Eh = 500 Fh = 600 10h = 700 11h = 800 12h = 1000 13h = 1250 14h = 1500 15h = 2000 16h = 2500 17h = 3000 18h = 4000 19h = 5000 1Ah = 6000 1Bh = 8000 1Ch = 10000 1Dh = 20000 1Eh = 40000 1Fh = 无限值
18-15	PWM_FREQ_OUT	R/W	0h	PWM 输出频率 0h = 10kHz 1h = 15kHz 2h = 20kHz 3h = 25kHz 4h = 30kHz 5h = 35kHz 6h = 40kHz 7h = 45kHz 8h = 50kHz 9h = 55kHz Ah = 60kHz Bh = 65kHz Ch = 70kHz Dh = 75kHz Eh = 80kHz Fh = 不适用
14	ESTIMATOR_FILT_EN	R/W	0h	估算器滤波器启用（注意：可能会引入控制响应延迟） 0h = 禁用 1h = 启用
13-12	FG_SEL	R/W	0h	当 FG 上提供速度反馈时，配置电机状态 0h = ISD 中的输出 FG，开环和闭环 1h = 仅在闭环中输出 FG 2h = 首次尝试时在开环中输出 FG 3h = 未定义

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-7. CLOSED_LOOP1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
11-8	FG_DIV	R/W	0h	FG 分频因子 0h = 换向周期，3x 电气 1h = 1 分频（2 极电机机械速度） 2h = 2 分频（4 极电机机械速度） 3h = 3 分频（6 极电机机械速度） 4h = 4 分频（8 极电机机械速度） 5h = 5 分频（10 极电机机械速度） 6h = 6 分频（12 极电机机械速度） 7h = 7 分频（14 极电机机械速度） 8h = 8 分频（16 极电机机械速度） 9h = 9 分频（18 极电机机械速度） Ah = 10 分频（20 极电机机械速度） Bh = 11 分频（22 极电机机械速度） Ch = 12 分频（24 极电机机械速度） Dh = 13 分频（26 极电机机械速度） Eh = 14 分频（28 极电机机械速度） Fh = 15 分频（30 极电机机械速度）
7	FG_CONFIG	R/W	0h	FG 输出配置 0h = 只要电机被驱动，FG 就处于运行状态 1h = 在 BEMF 降至 FG_BEMF_THR 定义的 BEMF 阈值以下之前 FG 一直处于运行状态
6-4	FG_BEMF_THR	R/W	0h	BEMF 阈值，超过此阈值时 FG 上提供速度反馈信息，其计算方法为 SHx 引脚上的电压除以电压增益（请参阅 BUS_VOLT）。 0h = ±1mV 1h = ±2mV 2h = ±5mV 3h = ±10mV 4h = ±20mV 5h = ±30mV 6h = 不适用 7h = 不适用
3	AVS_EN	R/W	0h	AVS 使能 0h = 禁用 1h = 启用
2	RESERVED	R	0h	保留
1	RESERVED	R	0h	保留
0	RESERVED	R	0h	保留

7.1.6 CLOSED_LOOP2 寄存器（偏移 = 8Ah）[复位 = 00000000h]

图 7-6 展示了 CLOSED_LOOP2，表 7-8 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置闭环设置 2 的寄存器

图 7-6. CLOSED_LOOP2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	RESERVED	MTR_STOP		MTR_STOP_BRK_TIME			
R-0h	R-0h	R/W-0h		R/W-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
ACT_SPIN_THR				BRAKE_SPEED_THRESHOLD			
R/W-0h				R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-6. CLOSED_LOOP2 寄存器（续）

MOTOR_RES							
R/W-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
MOTOR_IND							
R/W-0h							

表 7-8. CLOSED_LOOP2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	RESERVED	R	0h	保留
29-28	MTR_STOP	R/W	0h	电机停止模式 0h = 高阻态 1h = 低侧制动 2h = 主动降速 3h = 保留
27-24	MTR_STOP_BRK_TIME	R/W	0h	电机停止期间的制动时间 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
23-20	ACT_SPIN_THR	R/W	0h	主动降速速度阈值（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 100% 1h = 90% 2h = 80% 3h = 70% 4h = 60% 5h = 50% 6h = 45% 7h = 40% 8h = 35% 9h = 30% Ah = 25% Bh = 20% Ch = 15% Dh = 10% Eh = 不适用 Fh = 不适用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-8. CLOSED_LOOP2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
19-16	BRAKE_SPEED_THRESHOLD	R/W	0h	速度阈值，低于该阈值时将为 BRAKE 引脚和电机停止模式应用制动（低侧制动）（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 100% 1h = 90% 2h = 80% 3h = 70% 4h = 60% 5h = 50% 6h = 45% 7h = 40% 8h = 35% 9h = 30% Ah = 25% Bh = 20% Ch = 15% Dh = 10% Eh = 不适用 Fh = 不适用
15-8	MOTOR_RES	R/W	0h	电机相电阻
7-0	MOTOR_IND	R/W	0h	电机相电感

7.1.7 CLOSED_LOOP3 寄存器（偏移 = 8Ch）[复位 = 00000000h]

图 7-7 展示了 CLOSED_LOOP3，表 7-9 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置闭环设置的寄存器 3

图 7-7. CLOSED_LOOP3 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	MOTOR_BEMF_CONST						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
MOTOR_BEMF_CONST	CURR_LOOP_KP						
R/W-0h	R/W-0h						
15	14	13	12	11	10	9	8
CURR_LOOP_KP				CURR_LOOP_KI			
R/W-0h				R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
CURR_LOOP_KI						SPD_LOOP_KP	
R/W-0h						R/W-0h	

表 7-9. CLOSED_LOOP3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-23	MOTOR_BEMF_CONST	R/W	0h	电机 BEMF 常量
22-13	CURR_LOOP_KP	R/W	0h	Q 轴和 D 轴电流 PI 回路的 10 位 Kp 值。 CURR_LOOP_KP 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0)。 Kp = VALUE / 10^SCALE 设置为 0 可自动计算电流 Kp 和 Ki

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-9. CLOSED_LOOP3 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
12-3	CURR_LOOP_KI	R/W	0h	Q 轴和 D 轴电流 PI 回路的 10 位 Ki 值。 CURR_LOOP_KI 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0)。 Ki = 1000 × VALUE / 10^SCALE 设置为 0 可自动计算电流 Kp 和 Ki
2-0	SPD_LOOP_KP	R/W	0h	速度环路/功率环路 Kp 的 3 个 MSB 位。 SPD_LOOP_KP 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0)。 Kp = 0.01 × VALUE / 10^SCALE。

7.1.8 CLOSED_LOOP4 寄存器（偏移 = 8Eh）[复位 = 00000000h]

图 7-8 展示了 CLOSED_LOOP4，表 7-10 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置闭环设置的寄存器 4

图 7-8. CLOSED_LOOP4 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	SPD_LOOP_KP						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
SPD_LOOP_KI							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
SPD_LOOP_KI		MAX_SPEED					
R/W-0h		R/W-0h					
7	6	5	4	3	2	1	0
MAX_SPEED							
R/W-0h							

表 7-10. CLOSED_LOOP4 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-24	SPD_LOOP_KP	R/W	0h	速度环路/功率环路 Kp 的 7 个 LSB 位。 SPD_LOOP_KP 分为两部分 SCALE(10:9) 和 VALUE(8:0)。 Kp = 0.01 × VALUE / 10^SCALE。
23-14	SPD_LOOP_KI	R/W	0h	速度环路/功率环路 Ki 的 10 位值。 SPD_LOOP_KI 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0)。 Ki = 0.1 × VALUE / 10^SCALE。
13-0	MAX_SPEED	R/W	0h	电机最大转速（电气 Hz）= MAX_SPEED/4 例如，如果 MAX_SPEED 为 0x7D0(2000d)，则最大电机转速 (Hz) 为 2000/4 = 500Hz

7.1.9 REF_PROFILES1 寄存器（偏移 = 94h）[复位 = 00000000h]

图 7-9 展示了 REF_PROFILES1，表 7-11 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

用于配置基准配置文件 1 的寄存器

图 7-9. REF_PROFILES1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	REF_PROFILE_CONFIG		DUTY_ON1				
R-0h	R/W-0h		R/W-0h				
23	22	21	20	19	18	17	16
DUTY_ON1			DUTY_OFF1				
R/W-0h			R/W-0h				
15	14	13	12	11	10	9	8
DUTY_OFF1			DUTY_CLAMP1				
R/W-0h			R/W-0h				
7	6	5	4	3	2	1	0
DUTY_CLAMP1			DUTY_A				
R/W-0h			R/W-0h				

表 7-11. REF_PROFILES1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-29	REF_PROFILE_CONFIG	R/W	0h	基准配置文件模式配置 0h = 基准模式 1h = 线性模式 2h = 阶梯模式 3h = 正向反向模式
28-21	DUTY_ON1	R/W	0h	Duty_ON1 配置 开通占空比 (%) = {(DUTY_ON1/256) × 100}
20-13	DUTY_OFF1	R/W	0h	Duty_OFF1 配置 关断占空比 (%) = {(DUTY_OFF1/256) × 100}
12-5	DUTY_CLAMP1	R/W	0h	Duty_CLAMP1 配置 钳位的占空比 (%) = {(DUTY_CLAMP1/256) ×100}
4-0	DUTY_A	R/W	0h	占空比 A 的 5 个 MSB 位

7.1.10 REF_PROFILES2 寄存器（偏移 = 96h）[复位 = 00000000h]

图 7-10 展示了 REF_PROFILES2，表 7-12 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置基准配置文件 2 的寄存器

图 7-10. REF_PROFILES2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	DUTY_A			DUTY_B			
R-0h	R/W-0h			R/W-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
DUTY_B				DUTY_C			
R/W-0h				R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
DUTY_C				DUTY_D			

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-10. REF_PROFILES2 寄存器（续）

R/W-0h							R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
DUTY_D				DUTY_E			
R/W-0h				R/W-0h			

表 7-12. REF_PROFILES2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-28	DUTY_A	R/W	0h	占空比 A 的 3 个 LSB 位配置 占空比 A (%) = {(DUTY_A/256) × 100}
27-20	DUTY_B	R/W	0h	Duty_B 配置 占空比 B (%) = {(DUTY_B/256) × 100}
19-12	DUTY_C	R/W	0h	Duty_C 配置 占空比 C (%) = {(DUTY_C/256) × 100}
11-4	DUTY_D	R/W	0h	Duty_D 配置 占空比 D (%) = {(DUTY_D/256) × 100}
3-0	DUTY_E	R/W	0h	占空比 E 的 4 个 MSB 位

7.1.11 REF_PROFILES3 寄存器（偏移 = 98h）[复位 = 00000000h]

图 7-11 展示了 REF_PROFILES3，表 7-13 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置基准配置文件 3 的寄存器

图 7-11. REF_PROFILES3 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	DUTY_E				DUTY_ON2		
R-0h	R/W-0h				R/W-0h		
23	22	21	20	19	18	17	16
DUTY_ON2					DUTY_OFF2		
R/W-0h					R/W-0h		
15	14	13	12	11	10	9	8
DUTY_OFF2					DUTY_CLAMP2		
R/W-0h					R/W-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
DUTY_CLAMP2					DUTY_HYS		RESERVED
R/W-0h					R/W-0h		R-0h

表 7-13. REF_PROFILES3 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-27	DUTY_E	R/W	0h	占空比 E 的 4 个 LSB 位配置 占空比 E (%) = {(DUTY_E/256) × 100}
26-19	DUTY_ON2	R/W	0h	Duty_ON2 配置 开通占空比 (%) = {(DUTY_ON2/256) × 100}

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-13. REF_PROFILES3 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
18-11	DUTY_OFF2	R/W	0h	Duty_OFF2 配置 关断占空比 (%) = {(DUTY_OFF2/256) × 100}
10-3	DUTY_CLAMP2	R/W	0h	Duty_CLAMP2 配置 钳位的占空比 (%) = {(DUTY_CLAMP2/256) ×100}
2-1	DUTY_HYS	R/W	0h	输入占空比迟滞 0h = 0% 1h = 1% 2h = 2% 3h = 3%
0	RESERVED	R	0h	保留

7.1.12 REF_PROFILES4 寄存器（偏移 = 9Ah）[复位 = 00000000h]

图 7-12 展示了 REF_PROFILES4，表 7-14 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置基准配置文件 4 的寄存器

图 7-12. REF_PROFILES4 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	REF_OFF1						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
REF_OFF1	REF_CLAMP1						
R/W-0h	R/W-0h						
15	14	13	12	11	10	9	8
REF_CLAMP1	REF_A						
R/W-0h	R/W-0h						
7	6	5	4	3	2	1	0
REF_A	REF_B						
R/W-0h	R/W-0h						

表 7-14. REF_PROFILES4 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-23	REF_OFF1	R/W	0h	关断基准配置 关断基准（占最大基准的百分比）= {(REF_OFF1/256) × 100}
22-15	REF_CLAMP1	R/W	0h	基准钳位 1 配置 钳位基准（占最大基准的百分比）= { (REF_CLAMP1/256)× 100 }
14-7	REF_A	R/W	0h	基准 A 配置 基准 A（占最大基准的百分比）= {(REF_A/256) × 100}
6-0	REF_B	R/W	0h	REF_B 的 7 MSB 配置

7.1.13 REF_PROFILES5 寄存器（偏移 = 9Ch）[复位 = 00000000h]

图 7-13 展示了 REF_PROFILES5，表 7-15 对其进行了介绍。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

返回到汇总表。

用于配置基准配置文件 5 的寄存器

图 7-13. REF_PROFILES5 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	REF_B	REF_C					
R-0h	R/W-0h	R/W-0h					
23	22	21	20	19	18	17	16
REF_C		REF_D					
R/W-0h		R/W-0h					
15	14	13	12	11	10	9	8
REF_D		REF_E					
R/W-0h		R/W-0h					
7	6	5	4	3	2	1	0
REF_E		MIN_DUTY		MIXED_MODE_CONFIG		DUTY_COMMAND_FILTER	RESERVED
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h	R-0h

表 7-15. REF_PROFILES5 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	REF_B	R/W	0h	REF_B 的 1 LSB 配置 基准 B（占最大基准的百分比）= {(REF_B/256) × 100}
29-22	REF_C	R/W	0h	基准 C 配置 基准 C（占最大基准的百分比）= {(REF_C/256) × 100}
21-14	REF_D	R/W	0h	基准 D 配置 基准 D（占最大基准的百分比）= {(REF_D/256) × 100}
13-6	REF_E	R/W	0h	基准 E 配置 基准 E（占最大基准的百分比）= {(REF_E/256)*100}
5-4	MIN_DUTY	R/W	0h	电机启动时的最小输入占空比阈值上限（仅当 REF_PROFILE_CONFIG = 0h 时适用） 0h = 1% 1h = 3% 2h = 5% 3h = 10%
3-2	MIXED_MODE_CONFIG	R/W	0h	混合控制模式配置（仅当 REF_PROFILE_CONFIG = 1h 或 REF_PROFILE_CONFIG = 2h 时适用） 0h = 整个输入占空比范围内用户定义的基准模式 1h = 如果输入占空比 > DUTY_C + DUTY_HYST，则进行调制指数控制；如果输入占空比 < DUTY_C - DUTY_HYST，则配置 CTRL_MODE 2h = 如果输入占空比 > DUTY_C + DUTY_HYST，则配置 CTRL_MODE；如果输入占空比 < DUTY_C - DUTY_HYST，则进行调制指数控制 3h = 不适用
1	DUTY_COMMAND_FILTER	R/W	0h	输入占空比滤波器 0h = 禁用输入占空比上的滤波器 1h = 启用输入占空比上的滤波器 (0.4%)
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.14 REF_PROFILES6 寄存器（偏移 = 9Eh）[复位 = 00000000h]

图 7-14 展示了 REF_PROFILES6，表 7-16 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置基准配置文件 6 的寄存器

图 7-14. REF_PROFILES6 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	REF_OFF2						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
REF_OFF2	REF_CLAMP2						
R/W-0h	R/W-0h						
15	14	13	12	11	10	9	8
REF_CLAMP2	HALL_ANGLE_REF						RESERVED
R/W-0h	R/W-0h						R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED							
R-0h							

表 7-16. REF_PROFILES6 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-23	REF_OFF2	R/W	0h	关断基准配置 关断基准（占最大基准的百分比）= {(REF_OFF2/256) × 100}
22-15	REF_CLAMP2	R/W	0h	钳位基准配置 钳位基准（占最大基准的百分比）= {(REF_CLAMP2/256) ×100}
14-9	HALL_ANGLE_REF	R/W	0h	用于偏移校准的霍尔传感器角度基准（度 = HALL_ANGLE_REF × 360/63）
8-0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2 Fault_Configuration 寄存器

表 7-17 列出了 Fault_Configuration 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位置，并且不应修改寄存器内容。

表 7-17. FAULT_CONFIGURATION 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
90h	FAULT_CONFIG1	故障配置 1	节 7.2.1
92h	FAULT_CONFIG2	故障配置 2	节 7.2.2

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-18 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-18. Fault_Configuration 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

7.2.1 FAULT_CONFIG1 寄存器（偏移 = 90h）[复位 = 00000000h]

图 7-15 展示了 FAULT_CONFIG1，表 7-19 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置故障设置 1 的寄存器

图 7-15. FAULT_CONFIG1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	ILIMIT				HW_LOCK_ILIMIT		
R-0h	R/W-0h				R/W-0h		
23	22	21	20	19	18	17	16
HW_LOCK_ILIMIT	LOCK_ILIMIT				EEP_FAULT_MODE	LOCK_ILIMIT_MODE	
R/W-0h	R/W-0h				R/W-0h	R/W-0h	
15	14	13	12	11	10	9	8
LOCK_ILIMIT_MODE	LOCK_ILIMIT_DEG				LCK_RETRY		
R/W-0h	R/W-0h				R/W-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
LCK_RETRY	I2C_CRC_ERR_MODE	MTR_LCK_MODE			MIN_VM_MODE	MAX_VM_MODE	SATURATION_FLAGS_EN
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-19. FAULT_CONFIG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-19. FAULT_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
30-27	ILIMIT	R/W	0h	相电流峰值限制（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%
26-23	HW_LOCK_ILIMIT	R/W	0h	基于比较器的锁定检测电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 0% 1h = 6.7% 2h = 13.3% 3h = 20% 4h = 26.7% 5h = 33.3% 6h = 40% 7h = 46.7% 8h = 53.3% 9h = 60% Ah = 66.7% Bh = 73.3% Ch = 80% Dh = 86.7% Eh = 93.3% Fh = 100%
22-19	LOCK_ILIMIT	R/W	0h	基于 ADC 的锁定检测电流限值（占 BASE_CURRENT 的百分比） 0h = 10% 1h = 15% 2h = 20% 3h = 25% 4h = 30% 5h = 40% 6h = 50% 7h = 55% 8h = 60% 9h = 65% Ah = 70% Bh = 75% Ch = 80% Dh = 85% Eh = 90% Fh = 95%
18	EEP_FAULT_MODE	R/W	0h	EEPROM 错误故障模式 0h = EEPROM 故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = EEPROM 故障导致仅报告故障，而不执行任何操作；nFAULT 有效

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-19. FAULT_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
17-15	LOCK_ILIMIT_MODE	R/W	0h	锁定检测电流限值故障模式 0h = Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 2h = Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 3h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效 4h = 故障在 AUTO_RETRY_TIMES 之后的 LCK_RETRY 时间自动清除；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 5h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁存故障；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 6h = 仅报告 Ilimit 锁定检测电流限值，不执行任何操作；nFAULT 有效 7h = 禁用 ILIMIT 锁定
14-11	LOCK_ILIMIT_DEG	R/W	0h	锁定检测电流限值故障抗尖峰脉冲时间 0h = 无抗尖峰脉冲 1h = 0.1ms 2h = 0.2ms 3h = 0.5ms 4h = 1ms 5h = 2.5ms 6h = 5ms 7h = 7.5ms 8h = 10ms 9h = 25ms Ah = 50ms Bh = 75ms Ch = 100ms Dh = 200ms Eh = 500ms Fh = 1000ms
10-7	LCK_RETRY	R/W	0h	锁定检测故障重试时间 0h = 300ms 1h = 500ms 2h = 1s 3h = 2s 4h = 3s 5h = 4s 6h = 5s 7h = 6s 8h = 7s 9h = 8s Ah = 9s Bh = 10s Ch = 11s Dh = 12s Eh = 13s Fh = 14s
6	I2C_CRC_ERR_MODE	R/W	0h	I2C CRC 错误故障模式 0h = I2C 上的 CRC 错误导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = I2C 上的 CRC 错误导致仅报告故障，而不执行任何操作；nFAULT 有效

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-19. FAULT_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
5-3	MTR_LCK_MODE	R/W	0h	电机锁定故障模式 0h = 电机锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 电机锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 2h = 电机锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 3h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效 4h = 故障在 AUTO_RETRY_TIMES 之后的 LCK_RETRY 时间自动清除；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 5h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁存故障；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 6h = 仅报告电机锁定检测电流限值，不执行任何操作；nFAULT 有效 7h = 禁用 MTR 锁定
2	MIN_VM_MODE	R/W	0h	PVDD 欠压故障恢复模式 0h = PVDD 欠压故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 如果 PVDD 电压大于 (MIN_VM_MOTOR + VOLTAGE_HYSTERESIS)，则 PVDD 欠压故障会自动清除；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
1	MAX_VM_MODE	R/W	0h	PVDD 过压故障恢复模式 0h = PVDD 过压故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 如果 PVDD 电压小于 (MAX_VM_MOTOR - VOLTAGE_HYSTERESIS)，则 PVDD 过压故障会自动清除；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
0	SATURATION_FLAGS_EN	R/W	0h	电流和速度环路饱和指示启用 0h = 禁用 1h = 启用

7.2.2 FAULT_CONFIG2 寄存器（偏移 = 92h）[复位 = 00000000h]

图 7-16 展示了 FAULT_CONFIG2，表 7-20 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置故障设置 2 的寄存器

图 7-16. FAULT_CONFIG2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	LOCK1_EN	LOCK2_EN	LOCK3_EN	LOCK_ABN_SPEED			ABNORMAL_BEMF_THR
R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h
23	22	21	20	19	18	17	16
ABNORMAL_BEMF_THR		NO_MTR_THR			HW_LOCK_ILIMIT_MODE		
R/W-0h		R/W-0h			R/W-0h		
15	14	13	12	11	10	9	8
HW_LOCK_ILIMIT_DEG			VOLTAGE_HYSTERESIS		MIN_VM_MOTOR		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-16. FAULT_CONFIG2 寄存器（续）

R/W-0h			R/W-0h			R/W-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
MIN_VM_MOTOR	MAX_VM_MOTOR					AUTO_RETRY_TIMES	
R/W-0h	R/W-0h					R/W-0h	

表 7-20. FAULT_CONFIG2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	LOCK1_EN	R/W	0h	启用锁定 1（异常速度故障） 0h = 禁用 1h = 启用
29	LOCK2_EN	R/W	0h	启用锁定 2（异常 BEMF 故障） 0h = 禁用 1h = 启用
28	LOCK3_EN	R/W	0h	启用锁定 3（无电机故障） 0h = 禁用 1h = 启用
27-25	LOCK_ABN_SPEED	R/W	0h	异常速度锁定检测阈值（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 130% 1h = 140% 2h = 150% 3h = 160% 4h = 170% 5h = 180% 6h = 190% 7h = 200%
24-22	ABNORMAL_BEMF_THR	R/W	0h	异常 BEMF 锁定检测阈值（预期反电动势的百分比）预期反电动力 = MOTOR_BEMF_CONST × 估计速度 (Hz) 0h = 40% 1h = 45% 2h = 50% 3h = 55% 4h = 60% 5h = 65% 6h = 67.5% 7h = 70%
21-19	NO_MTR_THR	R/W	0h	如果电机相电流小于 NO_MTR_THR（占 BASE_CURRENT 的百分比），则电机不存在故障情况 0h = 1% 1h = 2% 2h = 3% 3h = 4% 4h = 5% 5h = 7.5% 6h = 10% 7h = 20%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-20. FAULT_CONFIG2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
18-16	HW_LOCK_ILIMIT_MODE	R/W	0h	硬件锁定检测故障模式 0h = 硬件 Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 硬件 Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 2h = 硬件 Ilimit 锁定检测导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通） 3h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效 4h = 故障在 AUTO_RETRY_TIMES 之后的 LCK_RETRY 时间自动清除；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 5h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁存故障；栅极驱动器处于低侧制动模式（所有低侧 FET 都导通）；nFAULT 有效 6h = 仅报告硬件 Ilimit 锁定检测电流限值，不执行任何操作；nFAULT 有效 7h = 禁用硬件 ILIMIT 锁定
15-13	HW_LOCK_ILIMIT_DEG	R/W	0h	硬件锁定检测电流限值抗尖峰脉冲时间 0h = 不适用 1h = 不适用 2h = 2µs 3h = 3µs 4h = 4µs 5h = 5µs 6h = 6µs 7h = 7µs
12-11	VOLTAGE_HYSTERESIS	R/W	0h	PVDD 过压和欠压故障迟滞。故障在阈值时触发，在阈值 ± 迟滞时清除（对于 UV，为 +；而对于 OV，则为 -） 0h = 1V 1h = 1.5V 2h = 2V 3h = 3V
10-7	MIN_VM_MOTOR	R/W	0h	PVDD 欠压故障阈值（电机运行的最小直流总线电压） 0h = 无限值 1h = 6V 2h = 7V 3h = 8V 4h = 9V 5h = 12V 6h = 14V 7h = 16V 8h = 18V 9h = 20V Ah = 24V Bh = 26V Ch = 28V Dh = 30V Eh = 32V Fh = 36V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-20. FAULT_CONFIG2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
6-3	MAX_VM_MOTOR	R/W	0h	PVDD 过压故障阈值（电机运行的最大直流总线电压） 0h = 无限值 1h = 16V 2h = 18V 3h = 20V 4h = 22V 5h = 26V 6h = 28V 7h = 32V 8h = 34V 9h = 36V Ah = 38V Bh = 40V Ch = 44V Dh = 48V Eh = 54V Fh = 58V
2-0	AUTO_RETRY_TIMES	R/W	0h	自动故障重试尝试次数。此模式仅在任何故障模式配置为“重试”时使用 0h = 无限值 1h = 2 2h = 3 3h = 5 4h = 7 5h = 10 6h = 15 7h = 20

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3 Hardware_Configuration 寄存器

表 7-21 列出了 Hardware_Configuration 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位置，并且不应修改寄存器内容。

表 7-21. HARDWARE_CONFIGURATION 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
A4h	PIN_CONFIG	硬件引脚配置	节 7.3.1
A6h	DEVICE_CONFIG1	器件 configuration1	节 7.3.2
A8h	DEVICE_CONFIG2	器件 configuration2	节 7.3.3
AAh	PERI_CONFIG1	外设配置 1	节 7.3.4
ACh	GD_CONFIG1	栅极驱动器配置 1	节 7.3.5
AEh	GD_CONFIG2	栅极驱动器配置 2	节 7.3.6

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-22 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-22. Hardware_Configuration 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

7.3.1 PIN_CONFIG 寄存器（偏移 =A4h）[复位 = 00000000h]

图 7-17 展示了 PIN_CONFIG，表 7-23 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置硬件引脚的寄存器

图 7-17. PIN_CONFIG 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO			LEAD_ANGLE			
R-0h	R/W-0h			R/W-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
LEAD_ANGLE		MAX_POWER					
R/W-0h		R/W-0h					
15	14	13	12	11	10	9	8
MAX_POWER					FG_IDLE_CONFIG		FG_FAULT_CONFIG
R/W-0h					R/W-0h		R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
FG_FAULT_CONFIG	HALL_SNS_STARTUP_EN	HALL_EN	nMCU_RST	BRAKE_INPUT		SPEED_MODE	
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-23. PIN_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-28	FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO	R/W	0h	最大弱磁电流基准（占 ILIMIT 的百分比） 0h = 循环电流限制 1h = 80% 2h = 70% 3h = 60% 4h = 50% 5h = 40% 6h = 30% 7h = 20%
27-22	LEAD_ANGLE	R/W	0h	超前角。在调制指数控制模式下，正值表示施加的电压超前于 BEMF，负值表示施加的电压滞后于 BEMF。在其他模式下，正值表示正 id 基准、负值表示负 id 基准超前角（度） 0 - 31 = 1.5 × LEAD_ANGLE 32 - 63 = 1.5 × (LEAD_ANGLE -64)
21-11	MAX_POWER	R/W	0h	最大功率（瓦） 0- 1023 = 1 × MAX_POWER 1024 — 2047 = 2 × (MAX_POWER -1024) + 1024
10-9	FG_IDLE_CONFIG	R/W	0h	电机空闲状态期间的 FG 配置 0h = FG 由上次驱动的状态设置 1h = FG 为高阻态（从外部上拉） 2h = FG 拉至低电平 3h = FG 为高阻态（从外部上拉）
8-7	FG_FAULT_CONFIG	R/W	0h	故障状态期间的 FG 配置。由 FG_BEMF_THR 定义的 BEMF 阈值（如果 FG_CONFIG 为 1） 0h = FG 拉至低电平 1h = FG 为高阻态（从外部上拉） 2h = FG 将故障类型报告为 1Hz 下的唯一占空比 3h = 如果 FG_CONFIG 为 1，在 BEMF 降至 FG_BEMF_THR 定义的 BEMF 阈值以下之前 FG 一直处于运行状态
6	HALL_SNS_STARTUP_EN	R/W	0h	基于霍尔传感器的电机启动启用 0h = 禁用 1h = 启用
5	HALL_EN	R/W	0h	霍尔传感器输入启用 0h = 禁用 1h = 启用
4	nMCU_RST	R/W	0h	看门狗故障期间的外部 MCU 复位信号持续时间 0h = 1ms 1h = 5ms
3-2	BRAKE_INPUT	R/W	0h	制动引脚模式 0h = 不适用 1h = 根据 BRAKE_PIN_MODE 覆盖引脚和制动 2h = 覆盖引脚，不制动/对齐 3h = 不适用
1-0	SPEED_MODE	R/W	0h	通过速度/唤醒引脚配置参考命令模式 0h = 模拟模式 1h = 由速度输入引脚的占空比控制 2h = 寄存器覆盖模式 3h = 由速度输入引脚的频率控制

7.3.2 DEVICE_CONFIG1 寄存器（偏移 = A6h）[复位 = 000XXXX0h]

图 7-18 展示了 DEVICE_CONFIG1，表 7-24 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

用于配置器件的寄存器

图 7-18. DEVICE_CONFIG1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	MTPA_EN	RESERVED		RESERVED	I2C_TARGET_ADDR		
R-0h	R/W-0h	R-0h		R-0h	R/W-0h		
23	22	21	20	19	18	17	16
I2C_TARGET_ADDR				EEPROM_LOCK_KEY			
R/W-0h				R/W-XXXh			
15	14	13	12	11	10	9	8
EEPROM_LOCK_KEY							
R/W-XXXh							
7	6	5	4	3	2	1	0
EEPROM_LOCK_KEY			SLEW_RATE_I2C_PINS		PULLUP_ENABLE	BUS_VOLT	
R/W-XXXh			R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	

表 7-24. DEVICE_CONFIG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	MTPA_EN	R/W	0h	每安培最大扭矩 (MTPA) 运行启用 0h = 禁用 1h = 启用
29-28	RESERVED	R	0h	保留
27	RESERVED	R	0h	保留
26-20	I2C_TARGET_ADDR	R/W	0h	I2C 目标地址
19-5	EEPROM_LOCK_KEY	R/W	0h	EEPROM 锁定访问密钥。读取时，该值将始终显示为 0
4-3	SLEW_RATE_I2C_PINS	R/W	0h	I2C 引脚压摆率配置 0h = 4.8mA 1h = 3.9mA 2h = 1.86mA 3h = 30.8mA
2	PULLUP_ENABLE	R/W	0h	为 nFAULT 和 FG 引脚启用内部上拉至 AVDD 0h = 禁用 1h = 启用
1-0	BUS_VOLT	R/W	0h	最大 PVDD 电压配置。 电压增益 = 20V/V，BUS_VOLT = 60 电压增益 = 10V/V，BUS_VOLT = 30 电压增益 = 5V/V，BUS_VOLT = 15 0h = 15V 1h = 30V 2h = 60V 3h = 未定义

7.3.3 DEVICE_CONFIG2 寄存器（偏移 = A8h）[复位 = 00000000h]

图 7-19 展示了 DEVICE_CONFIG2，表 7-25 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置器件的寄存器

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-19. DEVICE_CONFIG2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	INPUT_MAXIMUM_FREQ						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
INPUT_MAXIMUM_FREQ							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
SLEEP_ENTRY_TIME		LIMP_HOME_EN	DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN	DEV_MODE	PWM_DITHER_DEPTH		RESERVED
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED			EXT_WD_EN	EXT_WD_CONFIG		EXT_WD_INPUT_MODE	EXT_WD_FAULT_MODE
R-0h			R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h

表 7-25. DEVICE_CONFIG2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-16	INPUT_MAXIMUM_FREQ	R/W	0h	频率控制模式的速度引脚输入频率配置，对应于 100% 占空比 输入占空比 = 输入频率/INPUT_MAXIMUM_FREQ
15-14	SLEEP_ENTRY_TIME	R/W	0h	休眠命令检测时间。（参考表：进入或退出睡眠模式的条件） 0h = 50µs 1h = 200µs 2h = 20ms 3h = 200ms
13	LIMP_HOME_EN	R/W	0h	跛行回家模式启用 0h = 禁用 1h = 启用
12	DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN	R/W	0h	动态电压增益调节启用 0h = 禁用 1h = 启用
11	DEV_MODE	R/W	0h	器件模式选择 0h = 待机模式 1h = 睡眠模式
10-9	PWM_DITHER_DEPTH	R/W	0h	PWM 抖动深度 0h = 禁用 PWM 抖动 1h = 5% 2h = 7.5% 3h = 10%
8	RESERVED	R	0h	保留
7-5	RESERVED	R	0h	保留
4	EXT_WD_EN	R/W	0h	启用外部看门狗 0h = 禁用 1h = 启用
3-2	EXT_WD_CONFIG	R/W	0h	看门狗触发之间的时间 (GPIO/I2C) 0h = 100ms/1s 1h = 200ms/2s 2h = 500ms/5s 3h = 1000ms/10s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-25. DEVICE_CONFIG2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
1	EXT_WD_INPUT_MODE	R/W	0h	外部看门狗输入源 0h = 通过 I2C 进行看门狗触发 1h = 通过 GPIO 进行看门狗触发
0	EXT_WD_FAULT_MODE	R/W	0h	外部看门狗故障模式 0h = 外部看门狗故障导致仅报告故障，而不执行任何操作；nFAULT 有效 1h = 外部看门狗故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态

7.3.4 PERI_CONFIG1 寄存器（偏移 = AAh）[复位 = 40000000h]

图 7-20 展示了 PERI_CONFIG1，表 7-26 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

外设寄存器 1

图 7-20. PERI_CONFIG1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS	DIG_DEAD_TIME				CLOCK_FREQUENCY	
R-0h	R/W-1h	R/W-0h				R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
VDC_FILTER		BUS_POWER_LIMIT_ENABLE	DIR_INPUT		DIR_CHANGE_MODE	SPEED_LIMIT_ENABLE	RESERVED
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	R-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY			PWM_DITHER_MODE	PWM_DITHER_STEP		SPEED_RANGE_SEL	NO_MTR_FLT_CLOSEDLOOP_DIS
R/W-0h			R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
FLUX_WEAKENING_REFERENCE		CTRL_MODE		SALIENCY_PERCENTAGE			
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h			

表 7-26. PERI_CONFIG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30	SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS	R/W	1h	展频调制 (SSM) 禁用 0h = 启用 SSM 1h = 禁用 SSM

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-26. PERI_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
29-26	DIG_DEAD_TIME	R/W	0h	PWM 死区时间配置 0h = 不适用 1h = 不适用 2h = 100ns 3h = 150ns 4h = 200ns 5h = 250ns 6h = 300ns 7h = 350ns 8h = 400ns 9h = 450ns Ah = 500ns Bh = 600ns Ch = 700ns Dh = 800ns Eh = 900ns Fh = 1000ns
25-24	CLOCK_FREQUENCY	R/W	0h	系统时钟频率配置 0h = 高电平 1h = 中速 2h = 低电平 3h = 保留
23-22	VDC_FILTER	R/W	0h	PVDD 电压滤波器系数 0h = 禁用 1h = 启用并使用默认滤波器截止频率 2h = 启用并使用 100Hz 滤波器截止频率 3h = 启用并使用 1000Hz 滤波器截止频率
21	BUS_POWER_LIMIT_ENABLE	R/W	0h	总线功率限制启用（如果 CTRL_MODE = 1h，则将输入直流总线功率限制为 MAX_POWER） 0h = 禁用 1h = 启用
20-19	DIR_INPUT	R/W	0h	指令 (DIR) 引脚覆盖 0h = 不适用 1h = 通过顺时针旋转 OUTA-OUTB-OUTC 覆盖 DIR 引脚 2h = 通过逆时针旋转 OUTA-OUTC-OUTB 覆盖 DIR 引脚 3h = 不适用
18	DIR_CHANGE_MODE	R/W	0h	对方向改变命令的响应（请参阅图：电机启动流程） 0h = 在检测到 DIR 变化时遵循电机停止选项和 ISD 例程 1h = 在持续驱动电机的同时通过反向驱动改变方向
17	SPEED_LIMIT_ENABLE	R/W	0h	电机速度限制启用（除非 CTRL_MODE = 0h，否则将电机速度限制为 MAX_SPEED） 0h = 禁用 1h = 启用
16	RESERVED	R	0h	保留
15-13	ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY	R/W	0h	最终速度与当前速度之间的差异阈值，低于该阈值将施加主动制动（MAX_SPEED 的百分比） 0h = 20% 1h = 30% 2h = 40% 3h = 50% 4h = 60% 5h = 70% 6h = 80% 7h = 90%
12	PWM_DITHER_MODE	R/W	0h	PWM 抖动模式 0h = 三角模式 1h = 随机模式

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-26. PERI_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
11-10	PWM_DITHER_STEP	R/W	0h	PWM 抖动阶跃 0h = 1 1h = 2 2h = 5 3h = 10
9	SPEED_RANGE_SEL	R/W	0h	PWM 占空比模式基准输入的频率范围选择 (SPEED_MODE = 1h) 0h = 325Hz 至 100kHz 速度 PWM 输入 1h = 10Hz 至 325Hz 速度 PWM 输入
8	NO_MTR_FLT_CLOSEDLOOP_DIS	R/W	0h	在闭环中启用无电机故障检测 0h = 如果 LOCK2_EN 设置为 0x1，则启用闭环中的无电机故障 1h = 禁用闭环中的无电机故障
7-6	FLUX_WEAKENING_REFERENCE	R/W	0h	在弱磁模式下跟踪的调制指数基准 0h = 70% 1h = 80% 2h = 90% 3h = 95%
5-4	CTRL_MODE	R/W	0h	控制模式 0h = 速度控制 1h = 功率控制 2h = 电流控制 3h = 调制指数控制
3-0	SALIENCY_PERCENTAGE	R/W	0h	运动显著性百分比计算为 ((Lq-Ld) × 100)/(4 × (Lq+Ld)) 示例：Lq = 2mH 且 Ld = 1mH，然后 SALIENCY_PERCENTAGE = 100/12 = 8.33（配置 8）

7.3.5 GD_CONFIG1 寄存器（偏移 = ACh）[复位 = 00000000h]

图 7-21 展示了 GD_CONFIG1，表 7-27 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置栅极驱动器设置的寄存器 1

图 7-21. GD_CONFIG1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	RESERVED					BST_CHRG_TIME	
R-0h	R-0h					R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
SNS_FLT_MODE	VDS_FLT_MODE	BST_UV_MODE	GVDD_UV_MODE	AVDD_VOL_SEL	RESERVED	RESERVED	DIS_BST_FLT
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	R/W-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
OTS_AUTO_RECOVERY	RESERVED					DIS_SNS_FLT	DIS_VDS_FLT
R/W-0h	R-0h					R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	SEL_VDS_LVL				RESERVED	CSA_GAIN	
R-0h	R/W-0h				R-0h	R/W-0h	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-27. GD_CONFIG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-26	RESERVED	R	0h	保留
25-24	BST_CHRG_TIME	R/W	0h	自举电容器充电时间 0h = 0ms 1h = 3ms 2h = 6ms 3h = 12ms
23	SNS_FLT_MODE	R/W	0h	电流检测过流故障模式 0h = 电流检测过流故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
22	VDS_FLT_MODE	R/W	0h	VDS 过流故障响应模式 0h = VDS 过流故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
21	BST_UV_MODE	R/W	0h	自举欠压故障模式 0h = 自举欠压故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
20	GVDD_UV_MODE	R/W	0h	GVDD 欠压故障模式 0h = GVDD 欠压故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
19	AVDD_VOL_SEL	R/W	0h	AVDD 电压电平选择 0h = 3.3V 1h = 5V
18	RESERVED	R	0h	保留
17	RESERVED	R	0h	保留
16	DIS_BST_FLT	R/W	0h	自举故障检测禁用 0h = 启用 BST 故障 1h = 禁用 BST 故障
15	OTS_AUTO_RECOVERY	R/W	0h	过热关断 (OTS) 自动恢复启用 0h = OTS 故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态 1h = 如果 (TJ < TOTSD – THYS)，则 OTS 故障自动清除；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效
14-10	RESERVED	R	0h	保留
9	DIS_SNS_FLT	R/W	0h	电流检测故障检测禁用 0h = 启用 SNS OCP 故障 1h = 禁用 SNS OCP 故障
8	DIS_VDS_FLT	R/W	0h	VDS 故障检测禁用 0h = 启用 VDS 故障 1h = 禁用 VDS 故障

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-27. GD_CONFIG1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R	0h	保留
6-3	SEL_VDS_LVL	R/W	0h	VDS 过流保护阈值 0h = 0.06V 1h = 0.12V 2h = 0.18V 3h = 0.24V 4h = 0.3V 5h = 0.36V 6h = 0.42V 7h = 0.48V 8h = 0.6V 9h = 0.8V Ah = 1V Bh = 1.2V Ch = 1.4V Dh = 1.6V Eh = 1.8V Fh = 2V
2	RESERVED	R	0h	保留
1-0	CSA_GAIN	R/W	0h	电流检测放大器 (CSA) 增益 0h = 5V/V 1h = 10V/V 2h = 20V/V 3h = 40V/V

7.3.6 GD_CONFIG2 寄存器（偏移 = AEh）[复位 = 00000000h]

图 7-22 展示了 GD_CONFIG2，表 7-28 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置栅极驱动器设置的寄存器 2

图 7-22. GD_CONFIG2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	RESERVED						
R-0h	R-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
RESERVED							
R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED	BASE_CURRENT						
R-0h	R/W-0h						
7	6	5	4	3	2	1	0
BASE_CURRENT							
R/W-0h							

表 7-28. GD_CONFIG2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-15	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-28. GD_CONFIG2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
14-0	BASE_CURRENT	R/W	0h	根据增益设置计算的基流 基流（安培）= 1.5/(RSENSE × CSA_GAIN) BASE_CURRENT = 基流（安培）× 32768/1200 示例：对于 30A，输入 30 × 32768/1200 = 820

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.4 Internal_Algorithm_Configuration 寄存器

表 7-29 列出了 Internal_Algorithm_Configuration 寄存器的存储器映射寄存器。表 7-29 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留位置，并且不应修改寄存器内容。

表 7-29. INTERNAL_ALGORITHM_CONFIGURATION 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
A0h	INT_ALGO_1	内部算法配置 1	节 7.4.1
A2h	INT_ALGO_2	内部算法配置 2	节 7.4.2

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-30 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-30. Internal_Algorithm_Configuration 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

7.4.1 INT_ALGO_1 寄存器 (偏移 = A0h) [复位 = 00000000h]

图 7-23 展示了 INT_ALGO_1，表 7-31 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置内部算法参数的寄存器 1

图 7-23. INT_ALGO_1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	ABNORMAL_BEMF_PERSISTENT_TIME		SPEED_PIN_GLITCH_FILTER		FAST_ISD_EN	ISD_STOP_TIME	
R-0h	R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
ISD_RUN_TIME		ISD_TIMEOUT		DRY_RUN_TDEG			DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h			R/W-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED				DRY_RUN_ILIM			
R/W-0h				R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
DRY_RUN_SPEED_THR		DRY_RUN_ILIM_MODE	DRY_RUN_MODE		REV_DRV_OPEN_LOOP_DEC		
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h		

表 7-31. INT_ALGO_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-31. INT_ALGO_1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
30-29	ABNORMAL_BEMF_PERSISTENT_TIME	R/W	0h	异常 BEMF 故障检测的抗尖峰脉冲时间 0h = 2 个电气周期 1h = 500ms 2h = 1000ms 3h = 2000ms
28-27	SPEED_PIN_GLITCH_FILTER	R/W	0h	应用于 SPEED/WAKE 引脚的干扰滤波器（在 SPEED_MODE = 1h 或者 SPEED_MODE = 3h 时适用） 0h = 无干扰滤波器 1h = 0.2µs 2h = 0.5µs 3h = 1.0µs
26	FAST_ISD_EN	R/W	0h	在 ISD 期间启用快速的速度检测 0h = 禁用 1h = 启用
25-24	ISD_STOP_TIME	R/W	0h	在 ISD 期间声明电机已停止的持续时间 0h = 1ms 1h = 5ms 2h = 50ms 3h = 100ms
23-22	ISD_RUN_TIME	R/W	0h	在 ISD 期间声明电机正在运行的持续时间 0h = 1ms 1h = 5ms 2h = 50ms 3h = 100ms
21-20	ISD_TIMEOUT	R/W	0h	ISD 无法可靠检测速度或方向时超时 0h = 500ms 1h = 750ms 2h = 1000ms 3h = 2000ms
19-17	DRY_RUN_TDEG	R/W	0h	空运行故障检测抗尖峰脉冲时间 0h = 10s 1h = 30s 2h = 1min 3h = 2min 4h = 3min 5h = 5min 6h = 10min 7h = 15min
16-13	DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED	R/W	0h	最大速度的 50%（ILIMIT 的百分比）时空运行检测的电流限值阈值 0h = 5% 1h = 7.5% 2h = 10% 3h = 12.5% 4h = 15% 5h = 17.5% 6h = 20% 7h = 22.5% 8h = 25% 9h = 27.5% Ah = 30% Bh = 32.5% Ch = 35% Dh = 40% Eh = 45% Fh = 50%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-31. INT_ALGO_1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
12-8	DRY_RUN_ILIM	R/W	0h	空运行检测的电流限值阈值（占 ILIMIT 的百分比） 0h = 2.5% 1h = 5% 2h = 7.5% 3h = 10% 4h = 12.5% 5h = 15% 6h = 17.5% 7h = 20% 8h = 22.5% 9h = 25% Ah = 27.5% Bh = 30% Ch = 32.5% Dh = 35% Eh = 37.5% Fh = 40% 10h = 42.5% 11h = 45% 12h = 47.5% 13h = 50% 14h = 52.5% 15h = 55% 16h = 57.5% 17h = 60% 18h = 62.5% 19h = 65% 1Ah = 67.5% 1Bh = 70% 1Ch = 72.5% 1Dh = 75% 1Eh = 77.5% 1Fh = 80%
7-6	DRY_RUN_SPEED_THR	R/W	0h	最小速度阈值，高于该阈值时启用位有效以进行空运行检测（占 MAX_SPEED 的百分比） 0h = 25% 1h = 40% 2h = 50% 3h = 60%
5	DRY_RUN_ILIM_MODE	R/W	0h	空运行检测电流限制模式 0h = 电流限制阈值是恒定的 1h = 电流限制阈值随速度变化
4-3	DRY_RUN_MODE	R/W	0h	空运行检测故障响应模式 0h = 禁用空运行检测 1h = 仅报告空运行检测故障，不执行任何操作；nFAULT 有效 2h = 故障在 LCK_RETRY 时间后自动清除。重试次数被限制为 AUTO_RETRY_TIMES。如果重试次数超过 AUTO_RETRY_TIMES，则锁定故障；栅极驱动器被设置为三态；nFAULT 有效 3h = 空运行检测故障导致锁存故障；nFAULT 有效；栅极驱动器被设置为三态
2-0	REV_DRV_OPEN_LOOP_DEC	R/W	0h	反向驱动中的开环减速率（开环加速度的百分比） 0h = 50% 1h = 60% 2h = 70% 3h = 80% 4h = 90% 5h = 100% 6h = 125% 7h = 150%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.4.2 INT_ALGO_2 寄存器（偏移 = A2h）[复位 = 00000000h]

图 7-24 展示了 INT_ALGO_2，表 7-32 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于配置内部算法参数的寄存器 2

图 7-24. INT_ALGO_2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
奇偶校验	FLUX_WEAKENING_KP						
R-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
FLUX_WEAKENING_KP				FLUX_WEAKENING_KI			
R/W-0h				R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
FLUX_WEAKENING_KI					FLUX_WEAKENING_EN	CL_SLOW_ACC	
R/W-0h					R/W-0h	R/W-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
CL_SLOW_ACC		ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE			EEPROM_LOCK_MODE		DYNAMIC_SAMPLING_EN
R/W-0h		R/W-0h			R/W-0h		R/W-0h

表 7-32. INT_ALGO_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	奇偶校验	R	0h	奇偶校验位
30-21	FLUX_WEAKENING_KP	R/W	0h	弱磁 Kp 的 10 位值 FLUX_WEAKENING_KP 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0) Kp = 0.1 × VALUE/10^SCALE。
20-11	FLUX_WEAKENING_KI	R/W	0h	弱磁 Ki 的 10 位值 FLUX_WEAKENING_KI 分为两部分 SCALE(9:8) 和 VALUE(7:0) Ki = 10.0 × VALUE/10^SCALE。
10	FLUX_WEAKENING_EN	R/W	0h	弱磁使能 0h = 禁用 1h = 启用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-32. INT_ALGO_2 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
9-6	CL_SLOW_ACC	R/W	0h	估算器尚未完全对齐时的闭环加速（仅在 CTRL_MODE = 0h 时适用）以及以下期间的加速/减速：BUS_POWER_LIMIT_ENABLE = 1h 或 SPEED_LIMIT_ENABLE = 1h 速度控制 (Hz/s) 功率控制 (W/s) 电流控制 (0.1A/s) 调制指数控制（0.01% 调制指数/s） 0h = 0.1 1h = 1 2h = 2 3h = 3 4h = 5 5h = 10 6h = 20 7h = 30 8h = 40 9h = 50 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 500 Dh = 750 Eh = 1000 Fh = 2000
5-3	ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE	R/W	0h	主动制动总线电流压摆率 0h = 10A/s 1h = 50A/s 2h = 100A/s 3h = 250A/s 4h = 500A/s 5h = 1000A/s 6h = 5000A/s 7h = 无限值
2-1	EEPROM_LOCK_MODE	R/W	0h	EEPROM 访问锁定模式 0h = 允许在无有效 EEPROM_LOCK_KEY 的情况下读取和写入 EEPROM 1h = 允许使用有效的 EEPROM_LOCK_KEY 进行 EEPROM 读写操作 2h = 允许使用有效的 EEPROM_LOCK_KEY 进行 EEPROM 读取，写入被永久锁定 3h = EEPROM 读写被永久锁定
0	DYNAMIC_SAMPLING_EN	R/W	0h	启用动态采样 0h = 禁用动态采样 1h = 启用动态采样

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 RAM（易失性）寄存器映射

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.1 Fault_Status 寄存器

表 8-1 列出了 Fault_Status 寄存器的存储器映射寄存器。表 8-1 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-1. FAULT_STATUS 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
0h	GATE_DRIVER_FAULT_STATUS	故障状态寄存器	节 8.1.1
2h	CONTROLLER_FAULT_STATUS	故障状态寄存器	节 8.1.2
24Ch	EEPROM_FAULT_STATUS	EEPROM 故障状态寄存器	节 8.1.3

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-2 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-2. Fault_Status 访问类型代码

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

8.1.1 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器（偏移 = 0h）[复位 = 00000000h]

图 8-1 展示了 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS，表 8-3 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

各种栅极驱动器故障的状态

图 8-1. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DRIVER_FAULT	RESERVED	OTS_FAULT	OCP_VDS_FAULT	OCP_SNS_FAULT	BST_UV_FAULT	GVDD_UV_FLT	DRV_OFF
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h
23	22	21	20	19	18	17	16
RESERVED							
R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	VDS_LC_FAULT	VDS_LB_FAULT	VDS_LA_FAULT	RESERVED	VDS_HC_FAULT	VDS_HB_FAULT	VDS_HA_FAULT
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

表 8-3. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	DRIVER_FAULT	R	0h	指示驱动器故障寄存器的逻辑 OR 0h = 未检测到栅极驱动器故障情况 1h = 检测到栅极驱动器故障情况
30	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-3. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
29	OTS_FAULT	R	0h	过热故障 0h = 未检测到过热警告/关断 1h = 检测到过热警告/关断
28	OCP_VDS_FAULT	R	0h	过流 VDS 故障状态 0h = 未检测到 VDS 故障情况 1h = 检测到 VDS 故障情况
27	OCP_SNS_FAULT	R	0h	过流检测故障状态 0h = 未检测到过电流感应故障 1h = 检测到过电流检测故障
26	BST_UV_FAULT	R	0h	自举欠压保护状态 0h = 未检测到 BST 欠压故障情况 1h = 检测到 BST 欠压故障情况
25	GVDD_UV_FLT	R	0h	GVDD 欠压故障状态 0h = 未检测到 GVDD 欠压故障情况 1h = 检测到 GVDD 欠压故障情况
24	DRV_OFF	R	0h	DRV 关闭状态 0h = DRV 为 ON 1h = 检测到 DRVOff 状态
23-7	RESERVED	R	0h	保留
6	VDS_LC_FAULT	R	0h	OUTC 的低侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTC 的低侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTC 的低侧开关上检测到 VDS 故障
5	VDS_LB_FAULT	R	0h	OUTB 的低侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTB 的低侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTB 的低侧开关上检测到 VDS 故障
4	VDS_LA_FAULT	R	0h	OUTA 的低侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTA 的低侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTA 的低侧开关上检测到 VDS 故障
3	RESERVED	R	0h	保留
2	VDS_HC_FAULT	R	0h	OUTC 的高侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTC 的高侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTC 的高侧开关上检测到 VDS 故障
1	VDS_HB_FAULT	R	0h	OUTB 的高侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTB 的高侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTB 的高侧开关上检测到 VDS 故障
0	VDS_HA_FAULT	R	0h	OUTA 的高侧开关上的 VDS 故障状态 0h = 未在 OUTA 的高侧开关上检测到 VDS 故障 1h = 未在 OUTA 的高侧开关上检测到 VDS 故障

8.1.2 CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器（偏移 = 2h）[复位 = 00000000h]

图 8-2 展示了 CONTROLLER_FAULT_STATUS，表 8-4 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

各种控制器故障的状态

图 8-2. CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
CONTROLLER_FAULT	RESERVED	RESERVED	RESERVED	NO_MTR_PHASE_C	NO_MTR_PHASE_B	NO_MTR_PHASE_A	MPET_BEMF_FAULT
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-2. CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器（续）

23	22	21	20	19	18	17	16
ABN_SPEED	ABN_BEMF	NO_MTR	MTR_LCK	LOCK_LIMIT	HW_LOCK_LIMIT	DCBUS_UNDER_VOLTAGE	DCBUS_OVER_VOLTAGE
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
SPEED_LOOP_SATURATION	CURRENT_LOOP_SATURATION	MAX_SPEED_SATURATION	BUS_POWER_LIMIT_SATURATION	EEPROM_WRITE_LOCK_SET	EEPROM_READ_LOCK_SET	DRY_RUN_DETECTION_STATUS	RESERVED
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	I2C_CRC_FAULT_STATUS	EEPROM_ERR_STATUS	RESERVED	WATCHDOG_FAULT	RESERVED	RESERVED	RESERVED
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

表 8-4. CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	CONTROLLER_FAULT	R	0h	表示控制器故障状态寄存器的逻辑 OR
30	RESERVED	R	0h	保留
29	RESERVED	R	0h	保留
28	RESERVED	R	0h	保留
27	NO_MTR_PHASE_C	R	0h	指示 C 断相导致无电机故障
26	NO_MTR_PHASE_B	R	0h	指示 B 断相导致无电机故障
25	NO_MTR_PHASE_A	R	0h	指示 A 断相导致无电机故障
24	MPET_BEMF_FAULT	R	0h	指示 BEMF 常数测量期间的错误
23	ABN_SPEED	R	0h	指示异常速度电机锁定情况
22	ABN_BEMF	R	0h	指示异常 BEMF 电机锁定情况
21	NO_MTR	R	0h	指示无电机（失相）故障
20	MTR_LCK	R	0h	指示何时触发一个电机锁定（BEMF/速度异常、无电机）
19	LOCK_LIMIT	R	0h	指示锁定 Ilimit 故障
18	HW_LOCK_LIMIT	R	0h	指示硬件锁定 Ilimit 故障
17	DCBUS_UNDER_VOLTAGE	R	0h	指示 PVDD 上的可配置欠压故障
16	DCBUS_OVER_VOLTAGE	R	0h	指示 PVDD 上的可配置过压故障
15	SPEED_LOOP_SATURATION	R	0h	指示速度环路饱和
14	CURRENT_LOOP_SATURATION	R	0h	指示电流环路饱和
13	MAX_SPEED_SATURATION	R	0h	指示最大速度限制饱和
12	BUS_POWER_LIMIT_SATURATION	R	0h	指示最大（输入直流总线）功率限制饱和
11	EEPROM_WRITE_LOCK_SET	R	0h	指示设置了 EEPROM 写入锁定
10	EEPROM_READ_LOCK_SET	R	0h	指示设置了 EEPROM 读取锁定
9	DRY_RUN_DETECTION_STATUS	R	0h	指示空运行检测
8-7	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-4. CONTROLLER_FAULT_STATUS 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
6	I2C_CRC_FAULT_STATUS	R	0h	指示 I2C 数据包中的 CRC 故障
5	EEPROM_ERR_STATUS	R	0h	指示 EEPROM 中的错误
4	RESERVED	R	0h	保留
3	WATCHDOG_FAULT	R	0h	指示看门狗故障
2	RESERVED	R	0h	保留
1	RESERVED	R	0h	保留
0	RESERVED	R	0h	保留

8.1.3 EEPROM_FAULT_STATUS 寄存器（偏移 = 24Ch）[复位 = 0000h]

图 8-3 展示了 EEPROM_FAULT_STATUS，表 8-5 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

EEPROM 故障状态寄存器

图 8-3. EEPROM_FAULT_STATUS 寄存器

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

表 8-5. EEPROM_FAULT_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-5	RESERVED	R	0h	保留
4	EEPROM_CRC_FLT_STS	R	0h	EEPROM CRC 错误故障状态 0h = 未检测到 EEPROM CRC 错误故障条件 1h = 检测到 EEPROM CRC 错误故障条件
3	RESERVED	R	0h	保留
2	EEPROM_PARITY_FLT_STS	R	0h	EEPROM 奇偶校验错误故障状态 0h = 未检测到 EEPROM 奇偶校验错误故障条件 1h = 检测到 EEPROM 奇偶校验错误条件
1	RESERVED	R	0h	保留
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2 System_Status 寄存器

表 8-6 列出了 System_Status 寄存器的存储器映射寄存器。表 8-6 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-6. SYSTEM_STATUS 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
E4h	ALGO_STATUS	系统状态寄存器	节 8.2.1
E6h	MTR_PARAMS	系统状态寄存器	节 8.2.2
E8h	ALGO_STATUS_MPET	系统状态寄存器	节 8.2.3

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-7 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-7. System_Status 访问类型代码

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

8.2.1 ALGO_STATUS 寄存器（偏移 = E4h）[复位 = 00000000h]

图 8-4 展示了 ALGO_STATUS，表 8-8 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

各种系统和算法参数的状态

图 8-4. ALGO_STATUS 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
VOLT_MAG							
R-0h							
23	22	21	20	19	18	17	16
VOLT_MAG							
R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
DUTY_CMD							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
DUTY_CMD				RESERVED	SYS_ENABLE_FLAG	RESERVED	
R-0h				R-0h	R-0h	R-0h	

表 8-8. ALGO_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-16	VOLT_MAG	R	0h	指示所应用的调制指数的 16 位值。 施加的调制指数 (%) = (VOLT_MAG * 100 / 32768)%
15-4	DUTY_CMD	R	0h	12 位值，指示 PWM/模拟/频率模式下的输入占空比命令， DUTY_CMD (%) = (DUTY_CMD/4095 * 100)%。
3	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-8. ALGO_STATUS 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
2	SYS_ENABLE_FLAG	R	0h	1 表示 GUI 可以控制寄存器 0 表示 GUI 仍在从影子存储器复制默认参数
1-0	RESERVED	R	0h	保留

8.2.2 MTR_PARAMS 寄存器（偏移 = E6h）[复位 = 00000000h]

图 8-5 展示了 MTR_PARAMS，表 8-9 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

各种电机参数的状态

图 8-5. MTR_PARAMS 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
RESERVED								MOTOR_BEMF_CONST							
R-0h								R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED								RESERVED							
R-0h								R-0h							

表 8-9. MTR_PARAMS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-24	RESERVED	R	0h	保留
23-16	MOTOR_BEMF_CONST	R	0h	指示测得的 BEMF 常数的 8 位值
15-8	RESERVED	R	0h	保留
7-0	RESERVED	R	0h	保留

8.2.3 ALGO_STATUS_MPET 寄存器（偏移 = E8h）[复位 = 00000000h]

图 8-6 展示了 ALGO_STATUS_MPET，表 8-10 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

各种 MPET 参数的状态

图 8-6. ALGO_STATUS_MPET 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
RESERVED	RESERVED	MPET_KE_STATUS	MPET_MECH_STATUS	RESERVED			
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
RESERVED							
R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED							

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-6. ALGO_STATUS_MPET 寄存器（续）

R-0h

表 8-10. ALGO_STATUS_MPET 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	RESERVED	R	0h	保留
30	RESERVED	R	0h	保留
29	MPET_KE_STATUS	R	0h	指示 BEMF 常数测量状态 0h = 如果在 MPET 期间启动 BEMF 常数测量，则 MPET 例程期间的电机 BEMF 常数测量未完成 1h = MPET 例程期间的电机 BEMF 常数测量已完成
28	MPET_MECH_STATUS	R	0h	指示机械参数测量状态 0h = 如果在 MPET 期间启动机械参数测量（速度环路 Kp、Ki 值），则 MPET 例程期间的速度环路 Kp、Ki 值自动计算未完成 1h = MPET 例程期间的速度环路 Kp、Ki 值自动计算已完成
27-24	RESERVED	R	0h	保留
23-0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3 Algorithm_Control 寄存器

表 8-11 列出了 Algorithm_Control 寄存器的存储器映射寄存器。表 8-11 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-11. ALGORITHM_CONTROL 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
ECh	ALGO_DEBUG1	算法控制寄存器	节 8.3.1
EEh	ALGO_DEBUG2	算法控制寄存器	节 8.3.2
F0h	CURRENT_PI	使用的电流 PI 控制器	节 8.3.3
F2h	SPEED_PI	使用的速度 PI 控制器	节 8.3.4
F4h	DAC_1	DAC1 控制寄存器	节 8.3.5
F6h	EEPROM_SECURITY	EEPROM 安全控制寄存器	节 8.3.6

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-12 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-12. Algorithm_Control 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

8.3.1 ALGO_DEBUG1 寄存器（偏移 = ECh）[复位 = 00000000h]

图 8-7 展示了 ALGO_DEBUG1，表 8-13 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于调试的算法控制寄存器

图 8-7. ALGO_DEBUG1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
OVERRIDE	DIGITAL_SPEED_CTRL						
R/W-0h	R/W-0h						
23	22	21	20	19	18	17	16
DIGITAL_SPEED_CTRL							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
CLOSED_LOOP_DIS	FORCE_ALIGN_EN	RESERVED	FORCE_IPD_EN	FORCE_ISD_EN	RESERVED	RESERVED	
R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED							
R-0h							

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-13. ALGO_DEBUG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	OVERRIDE	R/W	0h	用来控制基准输入模式。如果 OVERRIDE = 0x1，则无论 SPEED_MODE 设置如何，用户都可以通过 I2C 接口写入参考命令。 0h = 基于 SPEED_MODE 的基准输入模式 1h = 基准输入模式是使用 DIGITAL_SPEED_CTRL 的寄存器覆盖模式
30-16	DIGITAL_SPEED_CTRL	R/W	0h	OVERRIDE 设置为 0x1 或 SPEED_MODE 设置为 0x2 时的基准输入。 基准输入 = (DIGITAL_SPEED_CTRL/32768 *100)%
15	CLOSED_LOOP_DIS	R/W	0h	用于禁用闭环 0h = 启用闭环 1h = 禁用闭环，在开环中进行电机换向
14	FORCE_ALIGN_EN	R/W	0h	强制对齐状态使能 0h = 禁用强制对齐状态，如果将 MTR_STARTUP 选择为对齐或双对齐，则器件退出对齐状态 1h = 启用强制对齐状态，如果将 MTR_STARTUP 选择为对齐或双对齐，则器件保持对齐状态
13	RESERVED	R	0h	保留
12	FORCE_IPD_EN	R/W	0h	强制 IPD 使能 0h = 禁用强制 IPD 状态，如果将 MTR_STARTUP 选择为 IPD，器件会退出 IPD 状态 1h = 启用强制 IPD 状态，如果将 MTR_STARTUP 选择为 IPD，器件会保持 IPD 状态
11	FORCE_ISD_EN	R/W	0h	强制 ISD 使能 0h = 禁用强制 ISD 状态，如果设置了 ISD_EN，器件会退出 ISD 状态 1h = 启用强制 ISD 状态，如果设置了 ISD_EN，器件会保持 ISD 状态
10	RESERVED	R	0h	保留
9-0	RESERVED	R	0h	保留

8.3.2 ALGO_DEBUG2 寄存器（偏移 = EEh）[复位 = 00000000h]

图 8-8 展示了 ALGO_DEBUG2，表 8-14 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

用于调试的算法控制寄存器

图 8-8. ALGO_DEBUG2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
RESERVED	RESERVED			RESERVED	CURRENT_LOOP_DIS	FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS	
R-0h	R-0h			R-0h	R/W-0h	R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS							
R/W-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS		MPET_CMD	RESERVED	RESERVED	MPET_KE	MPET_MECH	MPET_WRITE_SHADOW
R/W-0h		R/W-0h	R-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-8. ALGO_DEBUG2 寄存器（续）

表 8-14. ALGO_DEBUG2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	RESERVED	R	0h	保留
30-28	RESERVED	R	0h	保留
27	RESERVED	R	0h	保留
26	CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	用于控制 FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS 和 FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS。如果 CURRENT_LOOP_DIS = '1'，则电流环路和速度环路被禁用 0h = 启用电流环路 1h = 禁用电流环路
25-16	FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	在禁用电流环路和速度环路时设置 Vd 如果 CURRENT_LOOP_DIS = 0b1，则使用 FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS 控制 Vd 如果 FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS < 500，则 mdRef = (FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS /500) 如果 FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS > 524，则为 (FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS - 1024)/500 有效值：0 至 500 以及 524 至 1024
15-6	FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	在禁用电流环路和速度环路时设置 Vq 如果 CURRENT_LOOP_DIS = 0b1，则使用 FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS 控制 Vq 如果 FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS < 500，则 mqRef = (FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS /500) 如果 FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS > 524，则为 (FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS - 1024)/500 有效值：0 至 500 以及 524 至 1024
5	MPET_CMD	R/W	0h	设置为 1 时启动电机参数测量例程
4	RESERVED	R	0h	保留
3	RESERVED	R	0h	保留
2	MPET_KE	R/W	0h	在电机参数测量例程中启用电机 BEMF 常数测量 0h = 在电机参数测量例程中禁用电机 BEMF 常数测量 1h = 在电机参数测量例程中启用电机 BEMF 常数测量
1	MPET_MECH	R/W	0h	在电机参数测量例程中启用电机机械参数测量 0h = 在电机参数测量例程中禁用电机机械参数测量 1h = 在电机参数测量例程中启用电机机械参数测量
0	MPET_WRITE_SHADOW	R/W	0h	设置为 0x1 时将测量的参数写入影子寄存器

8.3.3 CURRENT_PI 寄存器（偏移 = F0h）[复位 = 00000000h]

图 8-9 展示了 CURRENT_PI，表 8-15 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

使用的电流 PI 控制器

图 8-9. CURRENT_PI 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CURRENT_LOOP_KI																CURRENT_LOOP_KP															
R-0h																R-0h															

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-15. CURRENT_PI 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-16	CURRENT_LOOP_KI	R	0h	电流环路 Ki 的 10 位值；比例与 CURR_LOOP_KI 相同
15-0	CURRENT_LOOP_KP	R	0h	电流环路 Kp 的 10 位值；比例与 CURR_LOOP_KP 相同

8.3.4 SPEED_PI 寄存器（偏移 = F2h）[复位 = 00000000h]

图 8-10 展示了 SPEED_PI，表 8-16 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

使用的速度 PI 控制器

图 8-10. SPEED_PI 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SPEED_LOOP_KI																SPEED_LOOP_KP															
R-0h																R-0h															

表 8-16. SPEED_PI 控制寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-16	SPEED_LOOP_KI	R	0h	速度环路 Ki 的 10 位值；比例与 SPD_LOOP_KI 相同
15-0	SPEED_LOOP_KP	R	0h	速度环路 Kp 的 10 位值；比例与 SPD_LOOP_KP 相同

8.3.5 DAC_1 寄存器（偏移 = F4h）[复位 = 00000000h]

图 8-11 展示了 DAC_1，表 8-17 对其进行了介绍。

返回到汇总表。

DAC1 控制寄存器

图 8-11. DAC_1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
RESERVED							
R-0h							
23	22	21	20	19	18	17	16
RESERVED			DACOUT1_ENUM_SCALING				DACOUT1_SCALING
R-0h			R/W-0h				R/W-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
DACOUT1_SCALING			DACOUT1_UNIPOLAR	DACOUT1_VAR_ADDR			
R/W-0h			R/W-0h	R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
DACOUT1_VAR_ADDR							
R/W-0h							

表 8-17. DAC_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-21	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-17. DAC_1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
20-17	DACOUT1_ENUM_SCALING	R/W	0h	DACOUT1 的乘法因子 从 DACOUT1_VAR_ADDR 包含的地址中提取的算法变量乘以 $2^{DACOUT1_ENUM_SCALING}$。 仅当 DACOUT1_SCALING 为 0x0 时，DACOUT1_ENUM_SCALING 才生效
16-13	DACOUT1_SCALING	R/W	0h	DACOUT1 的比例因数 从 DACOUT1_VAR_ADDR 包含的地址中提取的算法变量使用 DACOUT1_SCALING 进行缩放。实际电压取决于 DACOUT1_UNIPOLAR。 如果 DACOUT1_UNIPOLAR = 0x1，实际值 = ((DAC 电压*单位基值))/((3* DACOUT1_SCALING)) 如果 DACOUT1_UNIPOLAR = 0x0，实际值 = (((DAC 电压-1.5)*单位基值))/((1.5* DACOUT1_SCALING)) 每单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 是电流传感电阻器，单位为欧姆）A，每单位速度基值为 MAX_SPEED，单位为 Hz，直流母线电压的每单位电压基值为 60V，相电压的每单元电压基值为 60V/Sqrt(3) 注：对于电流，建议的 DACOUT1_SCALING 为 2/8；对于电压，则为 8/8；而对于速度信息，则为 7/8 0h = 视为枚举类型，最大值为 31 1h = 1/8 2h = 2/8 3h = 3/8 4h = 4/8 5h = 5/8 6h = 6/8 7h = 7/8 8h = 8/8 9h = 9/8 Ah = 10/8 Bh = 11/8 Ch = 12/8 Dh = 13/8 Eh = 14/8 Fh = 15/8
12	DACOUT1_UNIPOLAR	R/W	0h	配置 DACOUT1 的输出 如果 DACOUT2_UNIPOLAR = 0x1，实际值 = ((DAC2 电压*单位基值))/((3* DACOUT2_SCALING)) 如果 DACOUT2_UNIPOLAR = 0x0，实际值 = (((DAC2 电压-1.5)*单位基值))/((1.5* DACOUT2_SCALING)) 每单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 是电流传感电阻器，单位为欧姆）A，每单位速度基值为 MAX_SPEED，单位为 Hz，直流母线电压的每单位电压基值为 60V，相电压的每单元电压基值为 60V/Sqrt(3) 注：对于电流，建议的 DACOUT1_SCALING 为 2/8；对于电压，则为 8/8；而对于速度信息，则为 7/8 0h = 双极（1.5V 的偏移） 1h = 单极（无偏移）
11-0	DACOUT1_VAR_ADDR	R/W	0h	要监测的变量的 12 位地址

8.3.6 EEPROM_SECURITY 寄存器（偏移 = F6h）[复位 = 0000h]

图 8-12 展示了 EEPROM_SECURITY，表 8-18 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

EEPROM 安全控制寄存器

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-12. EEPROM_SECURITY 寄存器

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

表 8-18. EEPROM_SECURITY 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R	0h	保留
14-0	USER_EEPROM_KEY	R/W	0h	用于解锁 EEPROM 以进行读取/写入的用户输入密钥。应在此处写入 EEPROM_LOCK_KEY 中的值以解锁 EEPROM

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.4 器件控制寄存器

表 8-19 列出了器件控制寄存器的存储器映射寄存器。表 8-19 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-19. 器件控制寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
EAh	ALGO_CTRL1	器件控制寄存器	节 8.4.1

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-20 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-20. 器件控制访问类型代码

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

8.4.1 ALGO_CTRL1 寄存器（偏移 = EAh）[复位 = 00000000h]

图 8-13 示出了 ALGO_CTRL1，表 8-21 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

控制设置

图 8-13. ALGO_CTRL1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
EEPROM_WRT	EEPROM_READ	CLR_FLT	CLR_FLT_RETRY_COUNT	EEPROM_WRITE_ACCESS_KEY			
R/W-0h	R/W-0h	W-0h	W-0h	R/W-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
EEPROM_WRITE_ACCESS_KEY				RESERVED			
R/W-0h				R-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					WATCHDOG_TICKLE	RESERVED	RESERVED
R-0h					W-0h	R-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED							RESERVED
R-0h							R-0h

表 8-21. ALGO_CTRL1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31	EEPROM_WRT	R/W	0h	将配置从 RAM/影子寄存器写入 EEPROM
30	EEPROM_READ	R/W	0h	将默认配置从 EEPROM 读取到 RAM/影子寄存器
29	CLR_FLT	W	0h	清除所有故障

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-21. ALGO_CTRL1 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
28	CLR_FLT_RETRY_COUNT	W	0h	清除自动故障重试次数
27-20	EEPROM_WRITE_ACCESS_KEY	R/W	0h	EEPROM 写访问密钥 (0xA5)
19-11	RESERVED	R	0h	保留
10	WATCHDOG_TICKLE	W	0h	在 I2C 模式下触发看门狗的 RAM 位。外部控制器应在每个 EXT_WDT_CFG 期间向该位写入 0x1。器件会将该位复位为 0x0。
9	RESERVED	R	0h	保留
8-1	RESERVED	R	0h	保留
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5 算法变量寄存器

表 8-22 列出了算法变量寄存器的存储器映射寄存器。表 8-22 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-22. 算法变量寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
18Ch	ALGORITHM_STATE	当前算法状态寄存器	节 8.5.1
190h	FG_SPEED_FDBK	FG 速度反馈寄存器	节 8.5.2
192h	HALL_SPEED_FDBK	霍尔输入速度反馈寄存器	节 8.5.3
42Eh	BUS_CURRENT	计算得出的直流总线电流寄存器	节 8.5.4
460h	PHASE_CURRENT_A	A 相上的测量电流寄存器	节 8.5.5
462h	PHASE_CURRENT_B	B 相上的测量电流寄存器	节 8.5.6
464h	PHASE_CURRENT_C	C 相上的测量电流寄存器	节 8.5.7
479h	CSA_GAIN_FEEDBACK	CSA 增益寄存器	节 8.5.8
47Dh	VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK	电压增益寄存器	节 8.5.9
482h	PVDD_VOLTAGE	PVDD 电压寄存器	节 8.5.10
48Ah	PHASE_VOLTAGE_VA	A 相电压寄存器	节 8.5.11
48Ch	PHASE_VOLTAGE_VB	B 相电压寄存器	节 8.5.12
48Eh	PHASE_VOLTAGE_VC	C 相电压寄存器	节 8.5.13
4D8h	SIN_COMMUTATION_ANGLE	换向角度的正弦	节 8.5.14
4DAh	COS_COMMUTATION_ANGLE	换向角度的余弦	节 8.5.15
504h	IALPHA	IALPHA 电流寄存器	节 8.5.16
506h	IBETA	IBETA 电流寄存器	节 8.5.17
508h	VALPHA	VALPHA 电压寄存器	节 8.5.18
50Ah	VBETA	VBETA 电压寄存器	节 8.5.19
514h	ID	测量的 d 轴电流寄存器	节 8.5.20
516h	IQ	测量的 q 轴电流寄存器	节 8.5.21
518h	VD	VD 电压寄存器	节 8.5.22
51Ah	VQ	VQ 电压寄存器	节 8.5.23
54Ch	IQ_REF_ROTOR_ALIGN	对齐电流基准	节 8.5.24
560h	SPEED_REF_OPEN_LOOP	开环速度寄存器	节 8.5.25
56Eh	IQ_REF_OPEN_LOOP	开环电流基准	节 8.5.26
5EEh	SPEED_REF_CLOSED_LOOP	速度基准寄存器	节 8.5.27
628h	POWER_FEED_BACK	功率反馈	节 8.5.28
630h	ID_REF_CLOSED_LOOP	d 轴电流环路寄存器的基准	节 8.5.29
632h	IQ_REF_CLOSED_LOOP	电流环路寄存器的基准 q 轴	节 8.5.30
6F0h	ISD_STATE	ISD 状态寄存器	节 8.5.31
6FAh	ISD_SPEED	ISD 速度寄存器	节 8.5.32
724h	IPD_STATE	IPD 状态寄存器	节 8.5.33
746h	IPD_ANGLE	计算得出的 IPD 角度寄存器	节 8.5.34
772h	ED	估算的 BEMF EQ 寄存器	节 8.5.35
774h	EQ	估算的 BEMF ED 寄存器	节 8.5.36
784h	SPEED_FDBK	速度反馈寄存器	节 8.5.37
788h	THETA_EST	估算的转子位置寄存器	节 8.5.38

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-23 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-23. 算法变量访问类型代码

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

8.5.1 ALGORITHM_STATE 寄存器（偏移 = 18Ch）[复位 = 0000h]

图 8-14 展示了 ALGORITHM_STATE，表 8-24 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

当前算法状态寄存器

图 8-14. ALGORITHM_STATE 寄存器

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

表 8-24. ALGORITHM_STATE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	ALGORITHM_STATE	R	0h	指示器件当前状态的 16 位值 00h = MOTOR_IDLE 01h = MOTOR_ISD 02h = MOTOR_TRISTATE 03h = MOTOR_BRAKE_ON_START 04h = MOTOR_IPD 05h = MOTOR_SLOW_FIRST_CYCLE 06h = MOTOR_ALIGN 07h = MOTOR_OPEN_LOOP 08h = MOTOR_CLOSED_LOOP_UNALIGNED 09h = MOTOR_CLOSED_LOOP_ALIGNED 0Ah = MOTOR_CLOSED_LOOP_ACTIVE_BRAKING 0Bh = MOTOR_SOFT_STOP 0Ch = RESEREVED 0Dh = MOTOR_BRAKE_ON_STOP 0Eh = MOTOR_FAULT 0Fh = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_CHECK 10h = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_WAIT 11h = MOTOR_MPET_MOTOR_BRAKE 12h = MOTOR_MPET_ALGORITHM_PARAMETERS_INIT 13h = RESEREVED 14h = MOTOR_MPET_KE_MEASURE 15h = MOTOR_MPET_STALL_CURRENT_MEASURE 16h = MOTOR_MPET_TORQUE_MODE 17h = MOTOR_MPET_DONE 18h = MOTOR_MPET_FAULT

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.2 FG_SPEED_FDBK 寄存器（偏移 = 190h）[复位 = 00000000h]

图 8-15 展示了 FG_SPEED_FDBK，表 8-25 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

FG 的速度反馈

图 8-15. FG_SPEED_FDBK 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
FG_SPEED_FDBK																															
R-0h																															

表 8-25. FG_SPEED_FDBK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	FG_SPEED_FDBK	R	0h	32 位值，表示根据 FG 估算的电机速度的绝对（无符号）值， 计算公式为：估算的电机速度（以 Hz 为单位）= (FG_SPEED_FDBK / 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）

8.5.3 HALL_SPEED_FDBK 寄存器（偏移 = 192h）[复位 = 00000000h]

图 8-16 示出了 HALL_SPEED_FDBK，表 8-26 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

基于霍尔输入的速度反馈

图 8-16. HALL_SPEED_FDBK 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
HALL_SPEED_FDBK																															
R-0h																															

表 8-26. HALL_SPEED_FDBK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	HALL_SPEED_FDBK	R	0h	32 位值，表示根据霍尔输入估算的电机速度的绝对（无符号）值，计算公式为： 估算的电机速度（以 Hz 为单位）= (HALL_SPEED_FDBK / 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）

8.5.4 BUS_CURRENT 寄存器（偏移 = 42Eh）[复位 = 00000000h]

图 8-17 展示了 BUS_CURRENT，表 8-27 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

计算得出的电源电流寄存器

图 8-17. BUS_CURRENT 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BUS_CURRENT																															
R-0h																															

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-27. BUS_CURRENT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	BUS_CURRENT	R	0h	表示直流总线电流的 32 位有符号值。负数以 2 的补码表示 直流母线电流（单位：安培）= (BUS_CURRENT / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.5 PHASE_CURRENT_A 寄存器（偏移 = 460h）[复位 = 00000000h]

图 8-18 展示了 PHASE_CURRENT_A，表 8-28 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

A 相上的测量电流寄存器

图 8-18. PHASE_CURRENT_A 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_CURRENT_A																															
R-0h																															

表 8-28. PHASE_CURRENT_A 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_CURRENT_A	R	0h	32 位有符号值，表示测得的连续 A 相电流。负数以 2 的补码表示 A 相电流（单位：安培）= (PHASE_CURRENT_A / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.6 PHASE_CURRENT_B 寄存器（偏移 = 462h）[复位 = 00000000h]

图 8-19 展示了 PHASE_CURRENT_B，表 8-29 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

B 相上的测量电流寄存器

图 8-19. PHASE_CURRENT_B 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_CURRENT_B																															
R-0h																															

表 8-29. PHASE_CURRENT_B 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_CURRENT_B	R	0h	32 位有符号值，表示测得的连续 B 相电流。负数以 2 的补码表示 B 相电流（单位：安培）= (PHASE_CURRENT_B / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.7 PHASE_CURRENT_C 寄存器（偏移 = 464h）[复位 = 00000000h]

图 8-20 展示了 PHASE_CURRENT_C，表 8-30 中对此进行了介绍。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

返回到汇总表。

C 相上的测量电流寄存器

图 8-20. PHASE_CURRENT_C 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_CURRENT_C																															
R-0h																															

表 8-30. PHASE_CURRENT_C 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_CURRENT_C	R	0h	32 位有符号值，表示测得的连续 C 相电流。负数以 2 的补码表示 C 相电流（单位：安培）= (PHASE_CURRENT_C / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.8 CSA_GAIN_FEEDBACK 寄存器（偏移 = 479h）[复位 = 0000h]

图 8-21 展示了 CSA_GAIN_FEEDBACK，表 8-31 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

CSA 增益寄存器

图 8-21. CSA_GAIN_FEEDBACK 寄存器

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

表 8-31. CSA_GAIN_FEEDBACK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	CSA_GAIN_FEEDBACK	R	0h	表示电流检测增益的 16 位值 0h = 40V/V 1h = 20V/V 2h = 10V/V 3h = 5 V/V

8.5.9 VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK 寄存器（偏移 = 47Dh）[复位 = 0000h]

图 8-22 展示了 VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK，表 8-32 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

电压增益寄存器

图 8-22. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK							
R-0h							

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-22. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK 寄存器（续）

7	6	5	4	3	2	1	0
VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK							
R-0h							

表 8-32. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK	R	0h	表示电压增益的 16 位值 0h = 60V 1h = 30V 2h = 15V

8.5.10 PVDD_VOLTAGE 寄存器（偏移 = 482h）[复位 = 00000000h]

图 8-23 示出了 PVDD_VOLTAGE，表 8-33 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

电源电压寄存器

图 8-23. PVDD_VOLTAGE 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PVDD_VOLTAGE																															
R-0h																															

表 8-33. PVDD_VOLTAGE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PVDD_VOLTAGE	R	0h	表示 PVDD 电压的 32 位值 直流总线电压（以伏特为单位）= PVDD_VOLTAGE * 60 / 2^{27}

8.5.11 PHASE_VOLTAGE_VA 寄存器（偏移 = 48Ah）[复位 = 00000000h]

图 8-24 展示了 PHASE_VOLTAGE_VA，表 8-34 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

A 相电压寄存器

图 8-24. PHASE_VOLTAGE_VA 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_VOLTAGE_VA																															
R-0h																															

表 8-34. PHASE_VOLTAGE_VA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VA	R	0h	32 位有符号值，表示 ISD 期间测得的 A 相电压。负值以二进制补码表示 A 相电压（以伏特为单位）= PHASE_VOLTAGE_VA * 60 / (sqrt(3) * 2^{27})

8.5.12 PHASE_VOLTAGE_VB 寄存器（偏移 = 48Ch）[复位 = 00000000h]

图 8-25 展示了 PHASE_VOLTAGE_VB，表 8-35 中对此进行了介绍。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

返回到汇总表。

B 相电压寄存器

图 8-25. PHASE_VOLTAGE_VB 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_VOLTAGE_VB																															
R-0h																															

表 8-35. PHASE_VOLTAGE_VB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VB	R	0h	32 位有符号值，表示 ISD 期间测得的 B 相电压。负值以二进制补码表示。B 相电压（以伏特为单位）= PHASE_VOLTAGE_VB * 60 / (sqrt(3) * 2^{27})

8.5.13 PHASE_VOLTAGE_VC 寄存器（偏移 = 48Eh）[复位 = 00000000h]

图 8-26 展示了 PHASE_VOLTAGE_VC，表 8-36 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

C 相电压寄存器

图 8-26. PHASE_VOLTAGE_VC 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PHASE_VOLTAGE_VC																															
R-0h																															

表 8-36. PHASE_VOLTAGE_VC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VC	R	0h	32 位有符号值，表示 ISD 期间测得的 C 相电压。负值以二进制补码表示 C 相电压（以伏特为单位）= PHASE_VOLTAGE_VC * 60 / (sqrt(3) * 2^{27})

8.5.14 SIN_COMMUTATION_ANGLE 寄存器（偏移 = 4D8h）[复位 = 00000000h]

图 8-27 展示了 SIN_COMMUTATION_ANGLE，表 8-37 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

换向角度的正弦

图 8-27. SIN_COMMUTATION_ANGLE 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SIN_COMMUTATION_ANGLE																															
R-0h																															

表 8-37. SIN_COMMUTATION_ANGLE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	SIN_COMMUTATION_ANGLE	R	0h	表示转子角度正弦的 32 位有符号值。负值以二进制补码表示 sin(转子角度) = (SIN_COMMUTATION_ANGLE / 2^{27})

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.15 COS_COMMUTATION_ANGLE 寄存器（偏移 = 4DAh）[复位 = 00000000h]

图 8-28 展示了 COS_COMMUTATION_ANGLE，表 8-38 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

换向角度的余弦

图 8-28. COS_COMMUTATION_ANGLE 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
COS_COMMUTATION_ANGLE																															
R-0h																															

表 8-38. COS_COMMUTATION_ANGLE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	COS_COMMUTATION_ANGLE	R	0h	表示转子角度余弦的 32 位有符号值。负值以二进制补码表示 cos(转子角度) = (COS_COMMUTATION_ANGLE / 2^{27})

8.5.16 IALPHA 寄存器（偏移 = 504h）[复位 = 00000000h]

图 8-29 展示了 IALPHA，表 8-39 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

IALPHA 电流寄存器

图 8-29. IALPHA 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IALPHA																															
R-0h																															

表 8-39. IALPHA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IALPHA	R	0h	32 位有符号值，表示 α-β 域中的相电流。负数以 2 的补码表示 IAlpha（单位：安培）= (IALPHA / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.17 IBETA 寄存器（偏移 = 506h）[复位 = 00000000h]

图 8-30 展示了 IBETA，表 8-40 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

IBETA 电流寄存器

图 8-30. IBETA 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IBETA																															
R-0h																															

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-40. IBETA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IBETA	R	0h	32 位有符号值，表示 α-β 域中的相电流。负数以 2 的补码表示 IBeta（单位：安培）= (IBETA / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.18 VALPHA 寄存器（偏移 = 508h）[复位 = 00000000h]

图 8-31 展示了 VALPHA，表 8-41 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

VALPHA 电压寄存器

图 8-31. VALPHA 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
VALPHA																															
R-0h																															

表 8-41. VALPHA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	VALPHA	R	0h	32 位有符号值，表示 α-β 域中施加的相电压 VAlpha（以伏特为单位）= (VALPHA / 2^{27}) * 60 / sqrt(3)

8.5.19 VBETA 寄存器（偏移 = 50Ah）[复位 = 00000000h]

图 8-32 展示了 VBETA，表 8-42 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

VBETA 电压寄存器

图 8-32. VBETA 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
VBETA																															
R-0h																															

表 8-42. VBETA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	VBETA	R	0h	32 位有符号值，表示 α-β 域中施加的相电压。负值以二进制补码表示 VBeta（以伏特为单位）= (VBETA/2^{27}) * 60/sqrt(3)

8.5.20 ID 寄存器（偏移 = 514h）[复位 = 00000000h]

图 8-33 展示了 ID，表 8-43 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

测量的 d 轴电流寄存器

图 8-33. ID 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 8-33. ID 寄存器（续）

ID
R-0h

表 8-43. ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	ID	R	0h	32 位有符号值，表示 d-q 域中的 d 轴（磁通分量）相电流。负数以 2 的补码表示 磁通分量相电流（单位：安培）= (ID / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.21 IQ 寄存器（偏移 = 516h）[复位 = 00000000h]

图 8-34 展示了 IQ，表 8-44 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

测量的 q 轴电流寄存器

图 8-34. IQ 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IQ																															
R-0h																															

表 8-44. IQ 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IQ	R	0h	32 位有符号值，表示 d-q 域中的 q 轴（扭矩分量）相电流。负数以 2 的补码表示 扭矩分量相电流（单位：安培）= (IQ / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.22 VD 寄存器（偏移 = 518h）[复位 = 00000000h]

图 8-35 展示了 VD，表 8-45 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

VD 电压寄存器

图 8-35. VD 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
VD																															
R-0h																															

表 8-45. VD 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	VD	R	0h	32 位有符号值，表示 d-q 域中施加的相电压。负值以二进制补码表示 Vd（以伏特为单位）= (VD/2^{27}) * 60 / sqrt(3)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.23 VQ 寄存器（偏移 = 51Ah）[复位 = 00000000h]

图 8-36 展示了 VQ，表 8-46 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

VQ 电压寄存器

图 8-36. VQ 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
VQ																															
R-0h																															

表 8-46. VQ 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	VQ	R	0h	32 位有符号值，表示 d-q 域中施加的相电压。负值以二进制补码表示 Vq（以伏特为单位）= (VQ/2^{27}) * 60 / sqrt(3)

8.5.24 IQ_REF_ROTOR_ALIGN 寄存器（偏移 = 54Ch）[复位 = 00000000h]

图 8-37 展示了 IQ_REF_ROTOR_ALIGN，表 8-47 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

对齐电流基准

图 8-37. IQ_REF_ROTOR_ALIGN 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IQ_REF_ROTOR_ALIGN																															
R-0h																															

表 8-47. IQ_REF_ROTOR_ALIGN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IQ_REF_ROTOR_ALIGN	R	0h	32 位有符号值，表示对齐状态期间的电流基准。负数以 2 的补码表示 对齐状态期间的电流基准（单位：安培）= (IQ_REF_ROTOR_ALIGN / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.25 SPEED_REF_OPEN_LOOP 寄存器（偏移 = 560h）[复位 = 00000000h]

图 8-38 展示了 SPEED_REF_OPEN_LOOP，表 8-48 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

电机转换为闭环时的速度

图 8-38. SPEED_REF_OPEN_LOOP 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SPEED_REF_OPEN_LOOP																															
R-0h																															

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-48. SPEED_REF_OPEN_LOOP 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	SPEED_REF_OPEN_LOOP	R	0h	表示开环速度基准的 32 位有符号值。开环期间以二进制补码表示的负值 速度基准（以 Hz 为单位）= (SPEED_REF_OPEN_LOOP / 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）

8.5.26 IQ_REF_OPEN_LOOP 寄存器（偏移 = 56Eh）[复位 = 00000000h]

图 8-39 展示了 IQ_REF_OPEN_LOOP，表 8-49 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

开环电流基准

图 8-39. IQ_REF_OPEN_LOOP 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IQ_REF_OPEN_LOOP																															
R-0h																															

表 8-49. IQ_REF_OPEN_LOOP 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IQ_REF_OPEN_LOOP	R	0h	32 位有符号值，表示开环期间的电流基准。负数以 2 的补码表示 开环期间的电流基准（单位：安培）= (IQ_REF_OPEN_LOOP / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.27 SPEED_REF_CLOSED_LOOP 寄存器（偏移 = 5EEh）[复位 = 00000000h]

图 8-40 展示了 SPEED_REF_CLOSED_LOOP，表 8-50 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

速度基准寄存器

图 8-40. SPEED_REF_CLOSED_LOOP 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SPEED_REF_CLOSED_LOOP																															
R-0h																															

表 8-50. SPEED_REF_CLOSED_LOOP 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	SPEED_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	表示闭环基准的 32 位有符号值。负值以二进制补码表示。 在速度控制模式下，闭环中的速度基准（以 Hz 为单位）= (SPEED_REF_CLOSED_LOOP/ 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）。 在功率模式下，闭环中的功率基准（以瓦特为单位）= (SPEED_REF_CLOSED_LOOP/ 2^{27}) * MAX_POWER（以瓦特为单位） 在电流模式下，闭环中的 Iq 电流基准（以安培为单位）= (SPEED_REF_CLOSED_LOOP / 2^{27}) * ILIMIT（以安培为单位）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.28 POWER_FEED_BACK 寄存器（偏移 = 628h）[复位 = 00000000h]

图 8-41 示出了 POWER_FEED_BACK，表 8-51 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

功率反馈

图 8-41. POWER_FEED_BACK 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
POWER_FEED_BACK																															
R-0h																															

表 8-51. POWER_FEED_BACK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	POWER_FEED_BACK	R	0h	表示功耗的 32 位有符号值。负数以 2 的补码表示 功耗（单位：瓦特）= (POWER_FEED_BACK / 2^{27}) * 单位功率基值 单位功率基值为 2.25/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）瓦特

8.5.29 ID_REF_CLOSED_LOOP 寄存器（偏移 = 630h）[复位 = 00000000h]

图 8-42 展示了 ID_REF_CLOSED_LOOP，表 8-52 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

电流环路基准寄存器

图 8-42. ID_REF_CLOSED_LOOP 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ID_REF_CLOSED_LOOP																															
R-0h																															

表 8-52. ID_REF_CLOSED_LOOP 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	ID_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	32 位有符号值，表示闭环中的 d 轴（磁通分量）相电流基准。负数以 2 的补码表示 闭环中的磁通分量相电流基准（单位：安培）= (ID / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.30 IQ_REF_CLOSED_LOOP 寄存器（偏移 = 632h）[复位 = 00000000h]

图 8-43 展示了 IQ_REF_CLOSED_LOOP，表 8-53 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

电流环路基准寄存器

图 8-43. IQ_REF_CLOSED_LOOP 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IQ_REF_CLOSED_LOOP																															
R-0h																															

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-53. IQ_REF_CLOSED_LOOP 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IQ_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	32 位有符号值，表示闭环中的 q 轴（扭矩分量）相电流基准。负数以 2 的补码表示 闭环中的扭矩分量相电流基准（单位：安培）= (IQ / 2^{27}) * 单位电流基值 单位电流基值为 0.0375/Rsense（Rsense 为电流检测电阻，单位为欧姆）A

8.5.31 ISD_STATE 寄存器（偏移 = 6F0h）[复位 = 0000h]

图 8-44 展示了 ISD_STATE，表 8-54 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

ISD 状态寄存器

图 8-44. ISD_STATE 寄存器

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

表 8-54. ISD_STATE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	ISD_STATE	R	0h	表示当前 ISD 状态的 16 位值 0h = ISD_INIT 1h = ISD_MOTOR_STOP_CHECK 2h = ISD_ESTIM_INIT 3h = ISD_RUN_MOTOR_CHECK 4h = ISD_MOTOR_DIRECTION_CHECK 5h = ISD_COMPLETE 6h = ISD_FAULT

8.5.32 ISD_SPEED 寄存器（偏移 = 6FAh）[复位 = 00000000h]

图 8-45 展示了 ISD_SPEED，表 8-55 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

ISD 速度寄存器

图 8-45. ISD_SPEED 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ISD_SPEED																															
R-0h																															

表 8-55. ISD_SPEED 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	ISD_SPEED	R	0h	表示 ISD 状态期间计算得出的绝对速度的 32 位值 ISD 期间估算得出的速度 = (ISD_SPEED / 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.33 IPD_STATE 寄存器（偏移 = 724h）[复位 = 0000h]

图 8-46 展示了 IPD_STATE，表 8-56 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

IPD 状态寄存器

图 8-46. IPD_STATE 寄存器

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

表 8-56. IPD_STATE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	IPD_STATE	R	0h	表示当前 IPD 状态的 16 位值 0h = IPD_INIT 1h = IPD_VECTOR_CONFIG 2h = IPD_RUN 3h = IPD_SLOW_RISE_CLOCK 4h = IPD_SLOW_FALL_CLOCK 5h = IPD_WAIT_CURRENT_DECAY 6h = IPD_GET_TIMES 7h = IPD_SET_NEXT_VECTOR 8h = IPD_CALC_SECTOR_RISE 9h = IPD_CALC_ROTOR_POSITION Ah = IPD_CALC_ANGLE Bh = IPD_COMPLETE Ch = IPD_FAULT

8.5.34 IPD_ANGLE 寄存器（偏移 = 746h）[复位 = 00000000h]

图 8-47 展示了 IPD_ANGLE，表 8-57 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

计算得出的 IPD 角度寄存器

图 8-47. IPD_ANGLE 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IPD_ANGLE																															
R-0h																															

表 8-57. IPD_ANGLE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	IPD_ANGLE	R	0h	32 位有符号值，表示测量的 IPD 角度。负值以二进制补码表示 IPD 角度（以度为单位）= (IPD_ANGLE / 2^{27}) * 360

8.5.35 ED 寄存器（偏移 = 772h）[复位 = 00000000h]

图 8-48 展示了 ED，表 8-58 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

估算的 BEMF EQ 寄存器

图 8-48. ED 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ED																															
R-0h																															

表 8-58. ED 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	ED	R	0h	32 位有符号值，表示沿 D 轴估算的反电动势 (Ed)。负值以二进制补码表示 Ed（以伏特为单位）= (ED/2^{27}) * 60 / sqrt(3)

8.5.36 EQ 寄存器（偏移 = 774h）[复位 = 00000000h]

图 8-49 展示了 EQ，表 8-59 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

估算的 BEMF ED 寄存器

图 8-49. EQ 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
EQ																															
R-0h																															

表 8-59. EQ 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	EQ	R	0h	32 位有符号值，表示沿 Q 轴估算的反电动势 (Eq)。负值以二进制补码表示。Eq（以伏特为单位）= (EQ / 2^{27}) * 60 / sqrt(3)

8.5.37 SPEED_FDBK 寄存器（偏移 = 784h）[复位 = 00000000h]

图 8-50 展示了 SPEED_FDBK，表 8-60 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

速度反馈寄存器

图 8-50. SPEED_FDBK 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SPEED_FDBK																															
R-0h																															

表 8-60. SPEED_FDBK 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	SPEED_FDBK	R	0h	表示估算的电机速度的 32 位有符号值。开环期间以二进制补码表示的负值 估算点击速度（以 Hz 为单位）= (SPEED_FDBK / 2^{27}) * MAX_SPEED（以 Hz 为单位）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.38 THETA_EST 寄存器（偏移 = 788h）[复位 = 00000000h]

图 8-51 展示了 THETA_EST，表 8-61 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

估算的转子位置寄存器

图 8-51. THETA_EST 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
THETA_EST																															
R-0h																															

表 8-61. THETA_EST 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
31-0	THETA_EST	R	0h	表示估算的转子角度的 32 位有符号值。角度应是 360 度的模数。例如，如果估算角度值为 380 度，则表示 380%360 = 20 度 估算的转子角度（以度为单位）= (THETA_EST / 2^{27})*360

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 应用和实施

备注

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

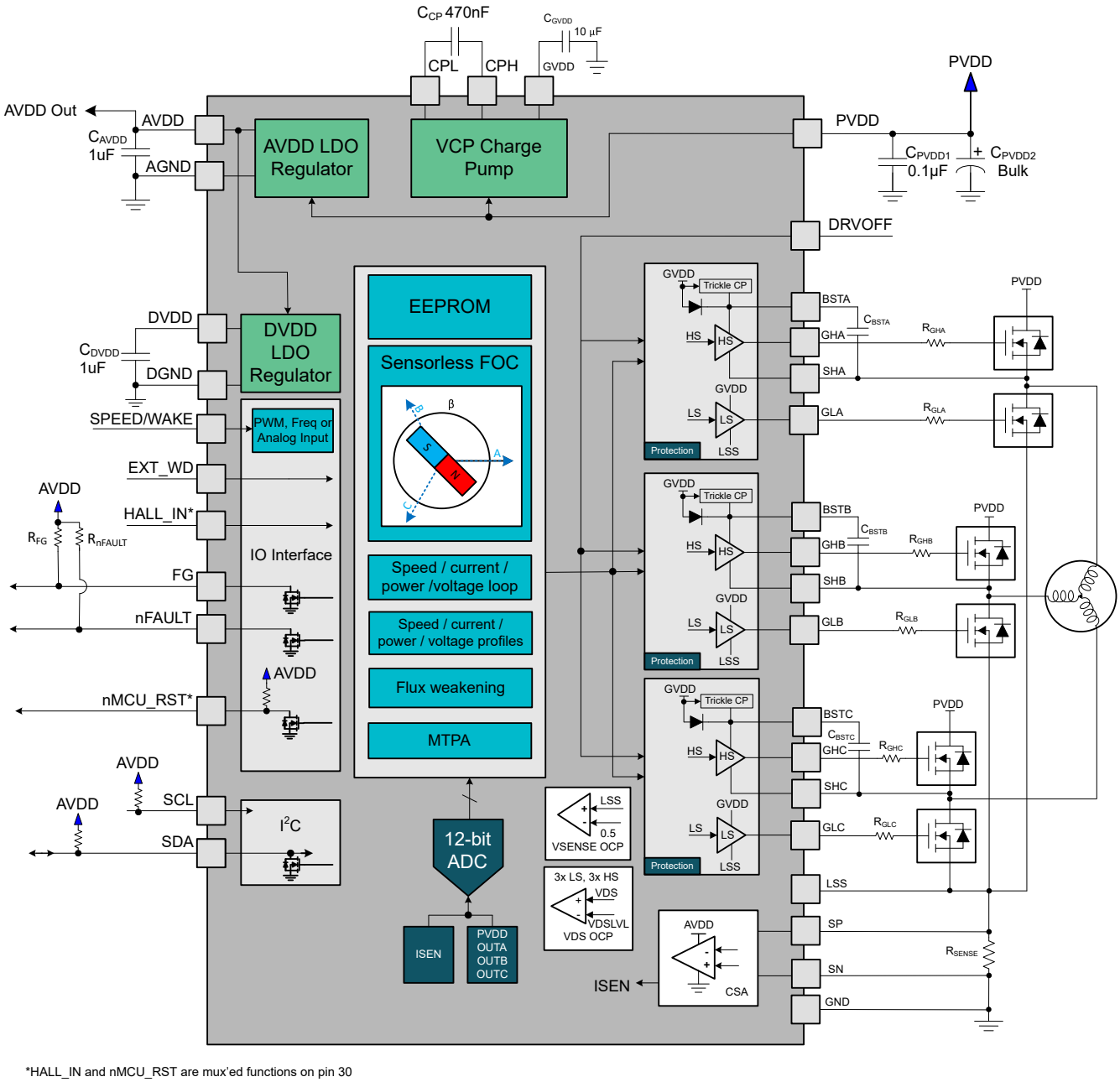
9.1 应用信息

MCF8329HS-Q1 用于三相无传感器电机控制应用，例如油泵/冷却液泵/燃油泵/水泵、HVAC 风机、天窗模块和雨刮器。

9.2 典型应用

图 9-1 展示了 MCF8329HS-Q1 的典型原理图。表 7-1 展示了驱动器外部元件的建议值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



*HALL_IN and nMCU_RST are mux'ed functions on pin 30

图 9-1. MCF8329HS-Q1 的典型原理图

详细设计过程

下表列出了系统设计的示例输入参数。

表 9-1. 设计参数

设计参数	基准	示例值
电源电压	V_{PVDD}	24V
电机峰值电流	I_{PEAK}	20A
PWM 频率	f_{PWM}	20kHz
MOSFET VDS 压摆率	SR	120V/ µ s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 9-1. 设计参数（续）

设计参数	基准	示例值
MOSFET 输入栅极电容	Q_G	54nC
MOSFET 输入栅极电容	Q_{GD}	14nC
死区时间	t_{dead}	200ns
过流保护	I_{OCP}	30A

自举电容器和 GVDD 电容器选型

自举电容器的大小必须能够维持自举电压高于欠压锁定以实现正常运行。方程式 14 用于计算自举电容器上允许的最大压降：

$$\Delta V_{BSTX} = V_{GVDD} - V_{BOOTD} - V_{BSTUV} \quad (14)$$

ΔV_{BSTX} = 12V – 0.85V – 4.45V = 6.7V

其中

- V_{GVDD} 是栅极驱动器的电源电压
- V_{BOOTD} 是自举二极管的正向压降
- V_{BSTUV} 是自举欠压锁定的阈值

在本示例中，自举电容器的允许压降为 6.7V。TI 通常建议尽量降低自举电容器和 GVDD 电容器上的纹波电压。商业、工业和汽车应用中的常用纹波值介于 0.5V 和 1V 之间。

每个开关周期所需的总电荷可以通过方程式 15 进行估算：

$$Q_{TOT} = Q_G + \frac{IL_{BS_TRAN}}{f_{SW}} \quad (15)$$

Q_{TOT}=54nC + 115 µA/20kHz = 54nC + 5.8nC = 59.8nC

其中

- Q_G 是总 MOSFET 栅极电荷
- IL_{BS_TRAN} 是自动加载引脚漏电流
- f_{SW} 是 PWM 频率

假设 ΔV_{BSTx} 为 1V，则最小自举电容器可通过以下公式进行估算：

$$C_{BST_MIN} = {Q_{TOT}}/{\Delta V_{BSTX}} \quad (16)$$

C_{BST_MIN}= 59.8nC / 1V = 59.8nF

计算出的最小自举电容值为 59.8nF。请注意，在全偏置电压条件下，需要具有该电容值。实际应用中，自举电容值必须大于计算值，才能确保在功率级可能因各种瞬态条件而发生脉冲跳跃的情况下正常使用。在本示例中，TI 建议使用 100nF 自举电容器。TI 建议预留足够的裕度，并将自举电容器尽可能靠近 BSTx 和 SHx 引脚放置。

$$C_{GVDD} \geq 10 \times C_{BSTX} \quad (17)$$

C_{GVDD}= 10*100nF= 1 µF

对于该示例应用，选择一个 1µF C_{GVDD} 电容器。选择电压等级至少是该电容器承受的最大电压两倍的电容器，因为大多数陶瓷电容器在偏置时会损失大量电容。该值还可提高系统的长期可靠性。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

对于需要以更长时间提供 100% 占空比支持的更高功率系统，TI 建议使用 ≥1 µF 的 C_{BSTx} 和 ≥10 µF 的 C_{GVDD}。

栅极驱动电流

在开启或关闭功率 MOSFET 栅极以开关电机电流时，选择合适的栅极驱动电流至关重要。MOSFET 的栅极驱动电流和输入电容的大小决定了漏源电压压摆率 (V_{DS})。栅极驱动电流可从 GVDD 流入 MOSFET 栅极 (I_{SOURCE}) 或从 MOSFET 栅极流入 SHx 或 LSS (I_{SINK})。

使用过高的栅极驱动电流会造成 MOSFET 导通过快，这可能会导致过度振铃、dV/dt 耦合或开关大电流引起的跨导。如果系统中存在寄生电感和电容，则可能会出现电压尖峰或振铃，这可能会损坏 MOSFET 或 MCF8329HS-Q1 器件。

反过来说，使用过低的栅极驱动电流会导致较慢的 V_{DS} 压摆率。由于 $R_{DS,on}$ 开关损耗，MOSFET 的导通速度太慢可能会使 MOSFET 升温。

栅极驱动电流 I_{GATE}、MOSFET 栅漏电荷 Q_{GD} 和 V_{DS} 压摆率开关时间 $t_{rise,fall}$ 之间的关系如以下公式所示：

$$SR_{DS} = \frac{V_{DS}}{t_{rise,fall}} \tag{18}$$

$$I_{GATE} = \frac{Q_{gd}}{t_{rise,fall}} \tag{19}$$

Ti 建议在较低的栅极驱动电流下进行评估并增加栅极驱动电流设置，避免在初始评估期间因意外操作而造成损坏。

栅极电阻器选型

SHx 连接的压摆率将取决于外部 MOSFET 栅极的控制速率。MCF8329HS-Q1 的上拉/下拉强度在内部是固定的，因此可以通过外部串联栅极电阻器来控制栅极电压的压摆率。在部分应用中，MOSFET 的栅极电荷（即栅极驱动器器件上的负载）明显大于栅极驱动器峰值输出电流能力。在此类应用中，外部栅极电阻器可以限制栅极驱动器的峰值输出电流。外部栅极电阻器还用于抑制振铃和噪声。

MOSFET 的特定参数、系统电压和电路板寄生效应都会影响最终的 SHx 压摆率，因此选择外部栅极电阻器的最佳阻值或配置通常是一个迭代过程。

为了降低栅极驱动电流，串联电阻器 R_{GATE} 可以放置在栅极驱动输出端上，以控制拉电流和灌电流路径的电流。单个栅极电阻器将为栅极拉电流和灌电流提供相同的栅极路径，因此较大的 R_{GATE} 值将产生类似的 SHx 压摆率。请注意，栅极驱动电流因器件的 PVDD 电压、结温和工艺变化而异。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

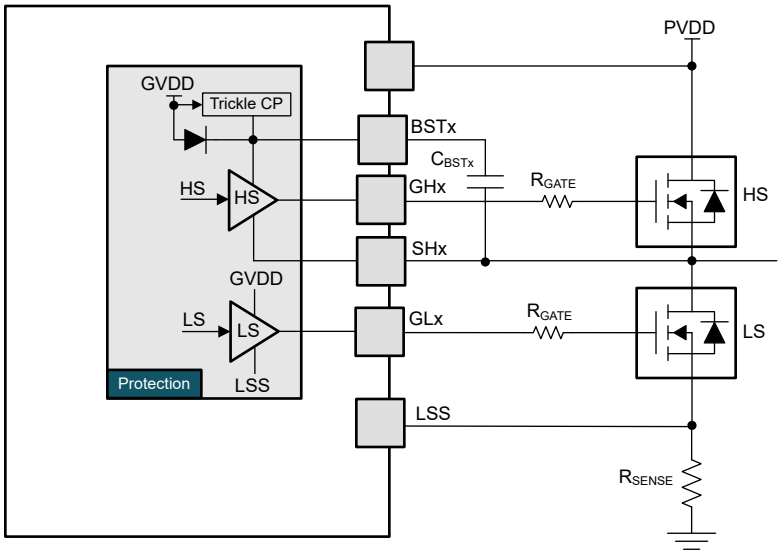


图 9-2. 具有串联电阻器的栅极驱动器输出

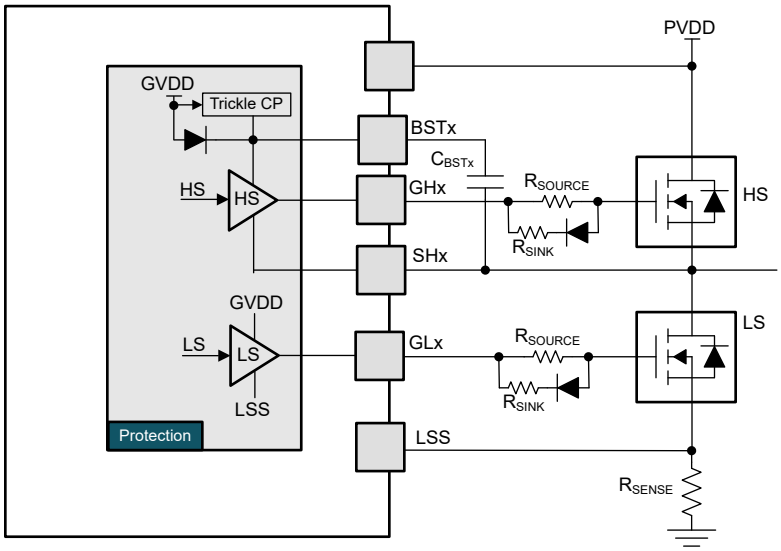


图 9-3. 具有独立拉电流路径和灌电流路径的栅极驱动器输出

通常，建议灌电流是拉电流的两倍，以实现从栅极到源极的强下拉，从而确保 MOSFET 在相反的 FET 开关时保持关断。通过将一个二极管和一个灌电流电阻器 (R_{SINK}) 与拉电流电阻器 (R_{SOURCE}) 并联放置，使用一个电阻器为拉电流和灌电流提供单独的路径，能够以分立方式实现这一点。使用阻值相同的拉电流电阻器和灌电流电阻器会使灌电流路径的等效电阻减半。这样产生的栅极驱动灌电流是拉电流的两倍，并且在关断 MOSFET 时 SHx 的压摆率将提高一倍。

大功率设计中的系统注意事项

对于功率较高的系统设计，可能需要考虑在功率较低的系统设计中未考虑的设计和应用注意事项。务必通过实施故障排除指南、外部元件和电路、驱动器产品功能或布局技术来应对功率更高的系统的不稳定性。有关更多信息，请访问大功率电机驱动器应用的系统设计注意事项应用手册。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

电容器电压等级

使用电压等级为电源电压（PVDD、GVDD、AVDD 等）2 倍的电容器。由于直流电压等级性能较差，因此电容器最多可使用其额定电容的一半。

例如，由于 SHx (BSTx-SHx) 的自举电压约为 12 至 13V，因此 BSTx-SHx 电容器的额定电压应为 25V 或更高。

外部功率级元件

设计不需要在功率级中使用外部元件，但外部元件有助于抑制瞬态、管理电感器线圈能量、减轻电源泵回、抑制相位振铃或提供强大的栅源下拉路径。这些元件用于系统调优和调试，从而确保 BLDC 电机系统稳健，同时避免损坏 MCF8329HS-Q1 器件或外部 MOSFET。

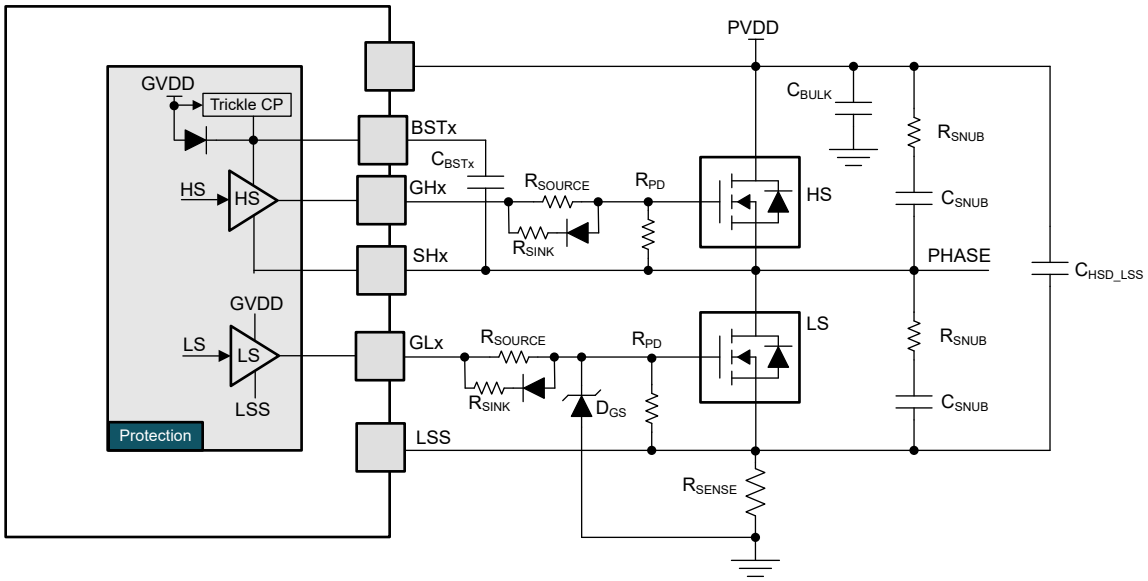


图 9-4. 可选的外部功率级元件

下表列出了一些问题示例和可以解决这些问题的外部元件。

表 9-2. 功率级调试的常见问题和解决方案

问题	分辨率	元件
所需的栅极驱动电流太大，从而导致 MOSFET V_{DS} 压摆率非常快	需要使用串联电阻器来实现栅极驱动电流可调节性	栅极驱动器输出端 (GHx/GLx) 处的 0Ω 至 100Ω 串联电阻器 (RGATE/RSOURCE)、可选灌电流电阻器 (RSINK) 以及与栅极电阻器并联的二极管，以实现可调节灌电流
相位开关节点 (SHx) 处发生振铃，从而导致很高的 EMI 发射	与每个 HS/LS MOSFET 并联放置 RC 缓冲器，以抑制振荡	与 MOSFET 并联放置的电阻器 (RSNUB) 和电容器 (CSNUB)，使用适用于电机驱动器的 RC 缓冲器设计根据振铃频率计算 RC 值
低侧源极 (LSS) 的负瞬态低于最小规格	在 HS 漏极和 LS 源极之间连接一个电容器，以抑制负反弹	来自 PVDD-LSS (CHSD_LSS) 的 0.01uF-1uF PVDD 等级电容器，放置在 LS MOSFET 的源极附近
低侧栅极 (GLx) 的负瞬态低于最小规格	使用栅极和地之间的齐纳二极管来钳制负电压	GVDD 电压额定齐纳二极管 (DGS)，阳极连接到 GND，阴极连接到 GLx
如果栅极驱动信号为高阻态，则需要额外的保护以确保 MOSFET 关闭	使用外部栅源下拉电阻器（在串联栅极电阻器之后）	在每个 MOSFET 的栅极和源极之间连接 10kΩ 至 100kΩ 电阻器 (RPD)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.3 电源相关建议

MCF8329HS-Q1 设计为可在 4.5V 至 60V 的输入电源电压 (PVDD) 范围内运行。额定电压为 PVDD 的 10µF 和 0.1µF 陶瓷电容器必须尽可能靠近器件放置。此外，必须在 PVDD 引脚上连接一个大容量电容器，但可以将其与外部功率 MOSFET 的大容量旁路电容共用。需要使用额外的大容量电容来旁路外部半桥 MOSFET，并且应该根据应用要求来确定该电容的大小。

9.3.1 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一项重要因素。使用更多的大容量电容通常对设计有益，但缺点是增加了成本和物理尺寸。

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
- 电源的电容和电流能力
- 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会限制电源提供的电流的变化速率。如果局部大容量电容太小，系统将以 PVDD 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。当使用足够大的大容量电容时，PVDD 电压保持稳定，并且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适当的大容量电容器。大容量电容的额定电压需要高于工作电压，以便在电机向电源传递能量时提供裕度。

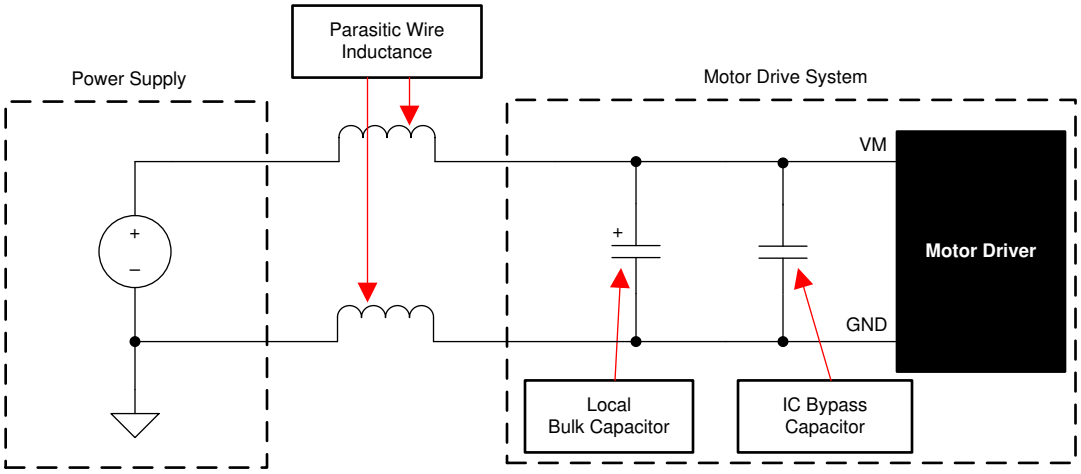


图 9-5. 带外部电源的电机驱动系统示例设置

9.4 布局

9.4.1 布局指南

使用推荐容值为 0.1µF 的低 ESR 陶瓷旁路电容器将 PVDD 引脚旁路至 GND 引脚。将该电容器放置在尽可能靠近 PVDD 引脚的位置，并通过较宽的引线或通过接地平面连接到 GND 引脚。此外，使用额定电压为 PVDD 的大容量电容器旁路 PVDD 引脚。该元件可以是电解电容器。其容值必须至少为 10µF。

需要额外的大容量电容来旁路掉外部 MOSFET 上的大电流路径。放置此大容量电容时应做到尽可能缩短通过外部 MOSFET 的大电流路径的长度。连接金属走线应尽可能宽，并具有许多连接 PCB 层的过孔。这些做法尽可能地减小了电感并使大容量电容器提供高电流。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在 CPL 和 CPH 引脚之间放置一个低 ESR 陶瓷电容器。该电容器的容值应为 470nF，额定电压为 PVDD，类型为 X7R。

自举电容器 (BSTx-SHx) 应靠近器件引脚放置，尽可能地减小栅极驱动路径的环路电感。

使用容值为 1μF 或 2.2μF、额定电压为 10V 且类型为 X7R 的低 ESR 陶瓷电容器将 AVDD 引脚旁路至 AGND 引脚。将此电容器尽可能靠近引脚放置，并尽量缩短从电容器到 AGND 引脚的路径。

使用容值为 1μF 或 2.2μF、额定电压为 10V 且类型为 X7R 的低 ESR 陶瓷电容器将 DVDD 引脚旁路至 GND 引脚。将此电容器尽可能靠近引脚放置，并尽量缩短从电容器到 DGND 引脚的路径。

在工作电压（AVDD 或 DVDD）和温度降额后，AVDD 和 DVDD 电容器应具有 0.5μF 到 2.8μF 之间的有效电容。

尽可能地缩短高侧和低侧栅极驱动器的回路长度。高侧环路是从器件的 GHx 引脚到高侧功率 MOSFET 栅极，然后沿着高侧 MOSFET 源极返回到 SHx 引脚。低侧环路是从器件的 GLx 引脚到低侧功率 MOSFET 栅极，然后沿着低侧 MOSFET 源极返回到 GND 引脚。

在设计功率更高的系统时，PCB 布局中的物理特性会产生寄生电感、电容和阻抗，从而影响系统的性能。了解功率较高的电机驱动系统中存在的寄生参数可以帮助设计人员通过良好的 PCB 布局来减轻其影响。有关更多信息，请访问大功率电机驱动器应用的系统设计注意事项和电机驱动器电路板布局布线最佳实践应用手册。

栅极驱动器引线（BSTx、GHx、SHx、GLx、LSS）的宽度应至少为 15-20mil，并且到 MOSFET 栅极的距离应尽可能短，尽可能地减小寄生电感和阻抗。这有助于提供较大的栅极驱动电流，有效地使 MOSFET 导通，并改善 VGS 和 VDS 监控。确保选择用于监控从 LSS 到 GND 的低侧电流的分流电阻器较宽，尽可能地减小在低侧源极 LSS 处引入的电感。

确保接地端通过网络连接或宽电阻器连接，以减小电压偏移并保持栅极驱动器性能。器件散热焊盘应焊接到 PCB 顶层接地平面。应使用多个过孔连接到较大的底层接地平面。使用大金属平面和多个过孔有助于散发器件中产生的热量。为了提高热性能，请在 PCB 的所有可能层上尽可能地增大连接到散热焊盘接地端的接地面积。使用较厚的覆铜可以降低结至空气热阻并改善芯片表面的散热。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.4.2 布局示例

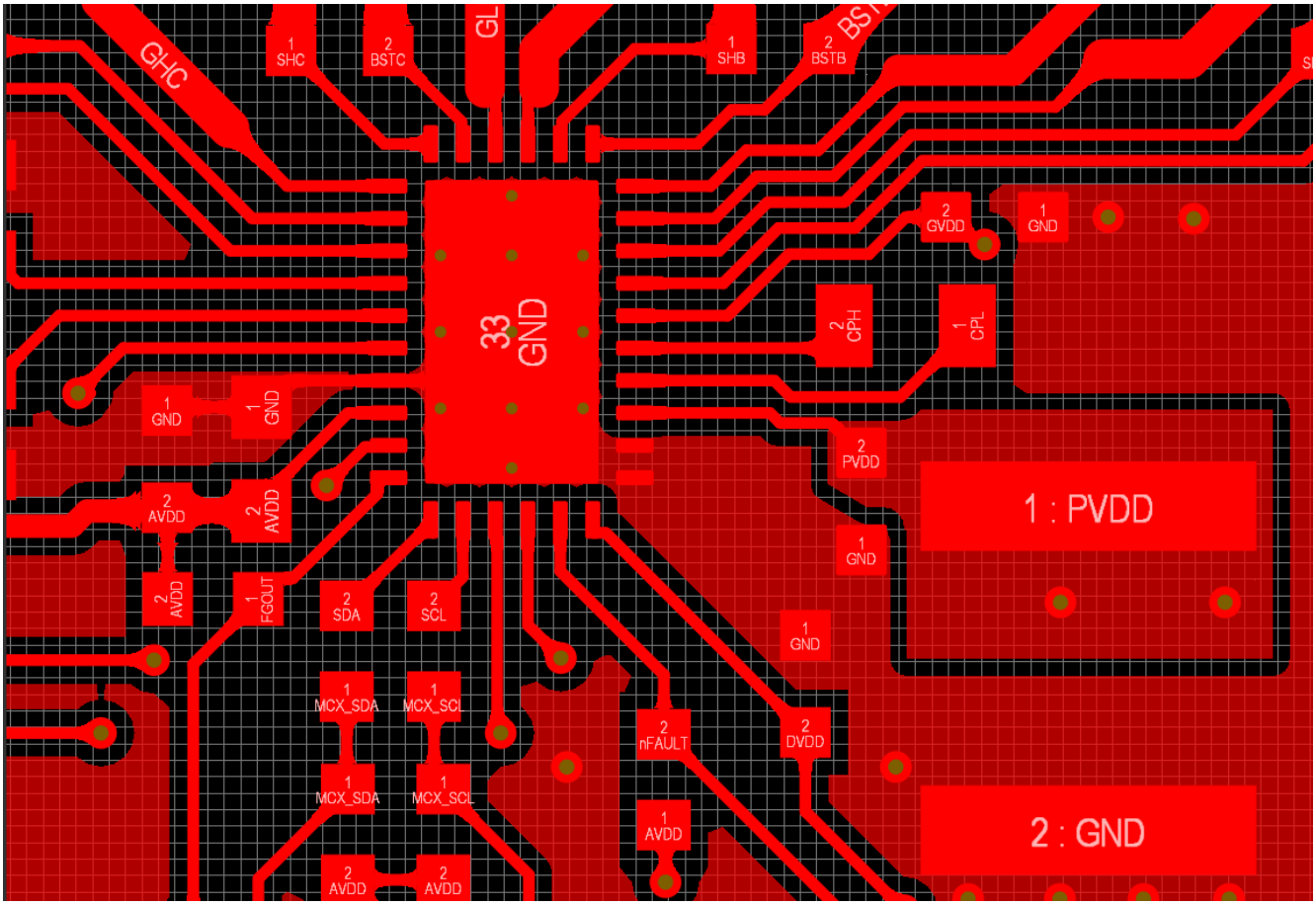


图 9-6. MCF8329HS-Q1 的布局示例

9.4.3 散热注意事项

MCF8329HS-Q1 具有热关断功能 (TSD)，如前所述。如果内核温度超过 150°C（最低），则会禁用器件，直到温度降至安全水平。

如果该器件有任何进入热关断状态的倾向，则说明功耗过大、散热不足或环境温度过高。

9.4.3.1 功率耗散

MCF8329HS-Q1 集成了各种会使总功率损耗增大的电路。这些功率损耗包括待机功率损耗、GVDD 功率损耗、AVDD 功率损耗、DVDD 功率损耗。在启动和故障情况下，相应的电流远大于正常运行电流；务必将这些峰值电流及其持续时间考虑在内。器件可耗散的最大功率取决于环境温度和散热。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

- 请参阅应用手册使用 DRV8329 在无线电动工具中输送电力
- 请参阅应用手册大功率电机驱动器应用的系统设计注意事项
- 请参阅 E2E 常见问题解答如何进行 BLDC 原理图审阅和调试
- 请参阅应用手册电机驱动器电路板布局布线最佳实践
- 请参阅应用手册 QFN 和 SON PCB 连接
- 请参阅应用手册高电流电机驱动应用中的关断开关

10.2 支持资源

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

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

10.3 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。

10.4 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。

10.5 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。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (March 2026) to Revision B (October 2026)	Page
• 在 *Lock3：无电机故障 (NO_MTR)* 部分进行了少量编辑	70

Changes from Revision * (November 2025) to Revision A (March 2026)	Page
• 向*死区时间与时钟频率间的关系*表添加了链接	19
• 添加了 *PWM 抖动* 部分	56
• 删除了*死区时间补偿* 部分	56
• 删除了*再循环模式* 部分	57
• 添加了 *EEPROM 故障* 部分	70
• 新增了 *I^2C CRC 故障* 部分	70
• 添加了*最大 PVDD（过压）保护* 部分	70
• 添加了*最小 PVDD（欠压）保护* 部分	71
• 删除了 *IPD 故障* 部分	71

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 添加了*时钟（内部振荡器）频率*部分 75
- 添加了关于在看门狗故障激活时进入睡眠模式的注释 76
- 删除了 *I²C 串行接口*部分中有关字节间延迟的注释 79
- 在 *I²C 数据字*部分进行了细微编辑 79
- 修改了 *I²C 写入事务序列*图，对 *I²C 写入事务*部分中的 ACK 标上颜色代码 80
- 在 *I²C 写入事务*部分进行了细微编辑 80
- 修改了 *I²C 读取事务序列*图，对 *I²C 读取事务*部分中的 ACK 标上颜色代码 81
- 在 *I²C 读取事务*部分进行了细微编辑 81
- 新增“*I²C 时钟延展*”部分 83
- 移除“*内部缓冲器*”部分 83
- 在 *CRC 字节计算*部分添加了 CRC 初始值 83
- 删除了第一个*典型应用*部分，并将标题更改为*应用和实施* 163

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可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。如需获取此数据表的浏览器版本，请查看左侧的导航面板。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

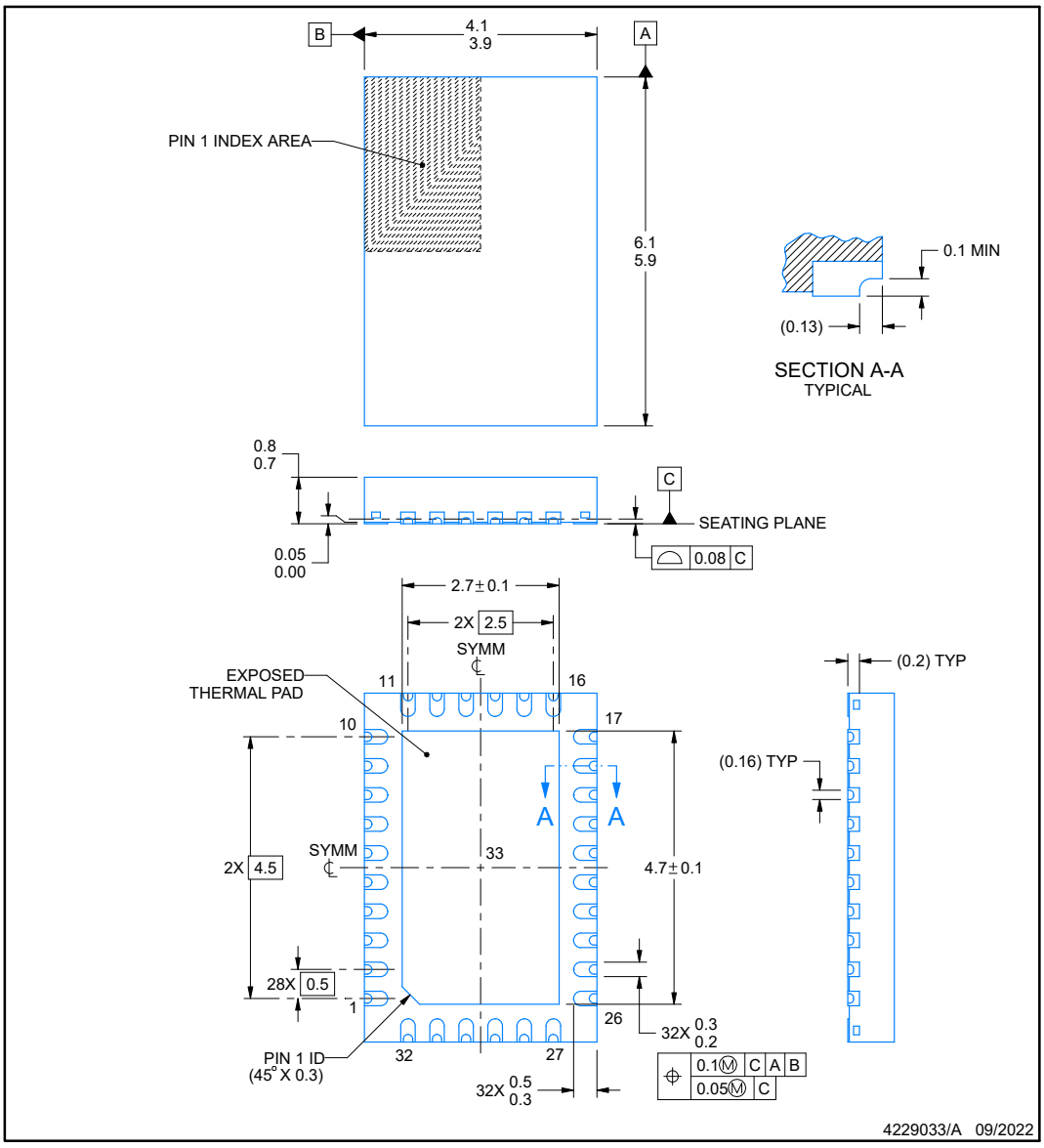
PACKAGE OUTLINE

RRY0032A



WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

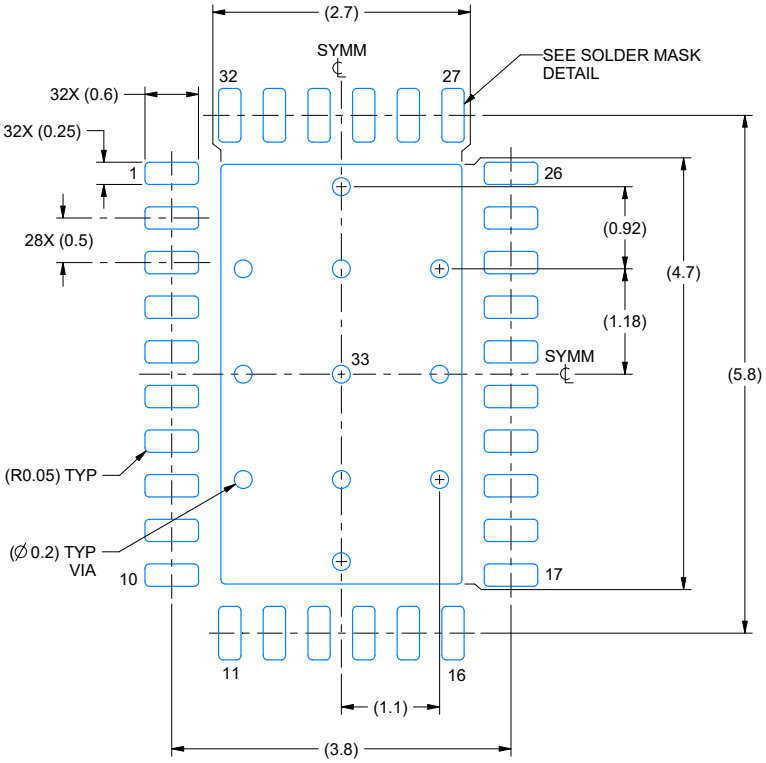
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

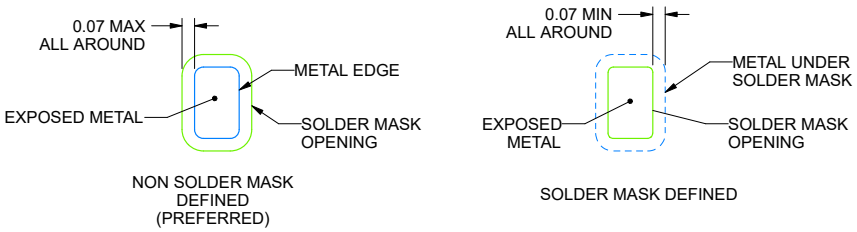
EXAMPLE BOARD LAYOUT

RRY0032A — **WQFN - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4229033/A 09/2022

NOTES: (continued)

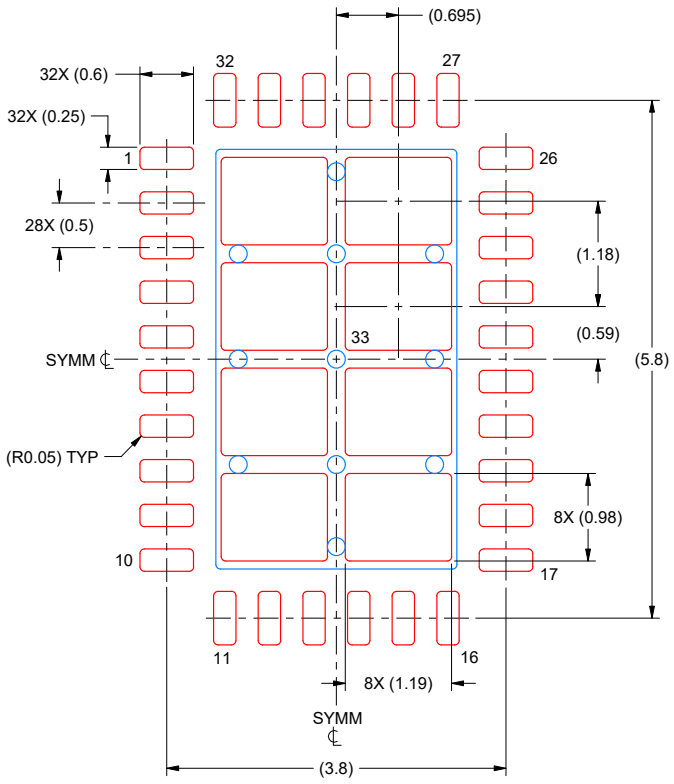
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RRY0032A **WQFN - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 15X

EXPOSED PAD 33
74% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4229033/A 09/2022

NOTES: (continued)

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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
MCF8329HSIQRRYRQ1	Active	Production	WQFN (RRY) | 32	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	MCF8329 HSIQ

(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.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF MCF8329HS-Q1 :

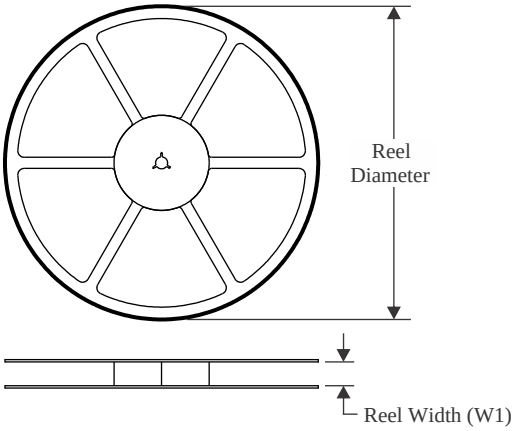
- Catalog : MCF8329HS

NOTE: Qualified Version Definitions:

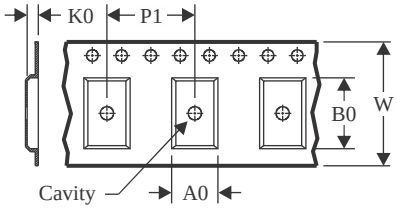
- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

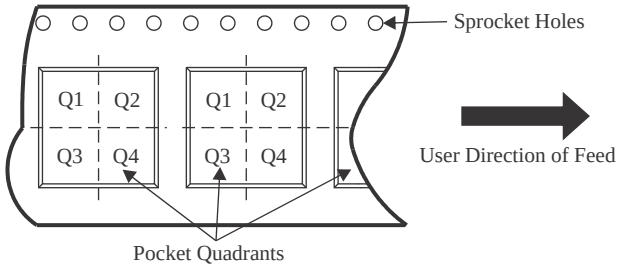


TAPE DIMENSIONS



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

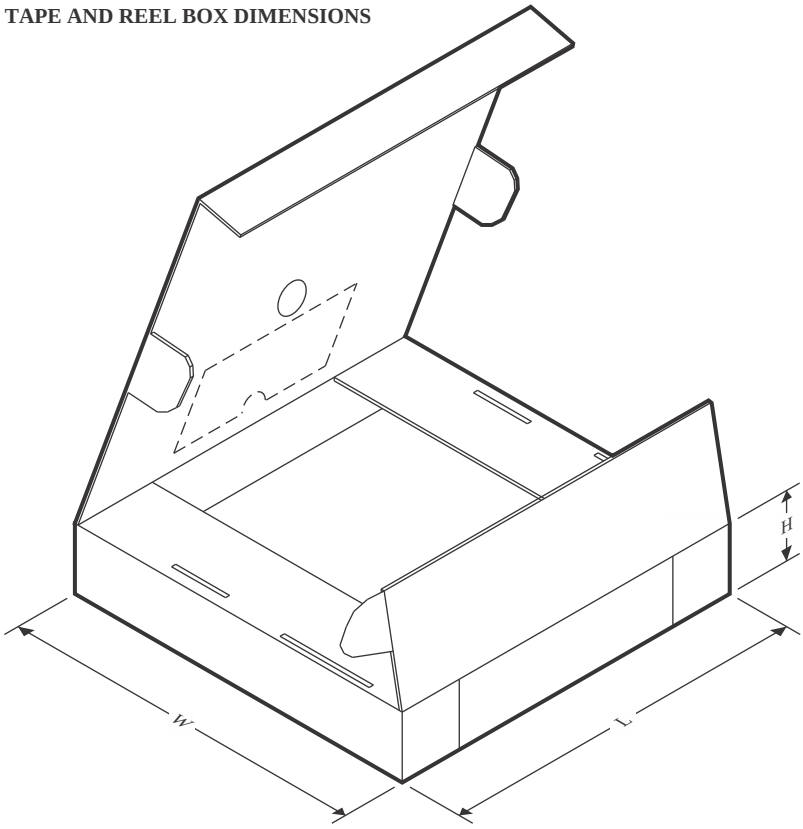
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
MCF8329HSIQRRYRQ1	WQFN	RRY	32	5000	330.0	12.4	4.3	6.3	1.1	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
MCF8329HSIQRRYRQ1	WQFN	RRY	32	5000	360.0	360.0	36.0

GENERIC PACKAGE VIEW

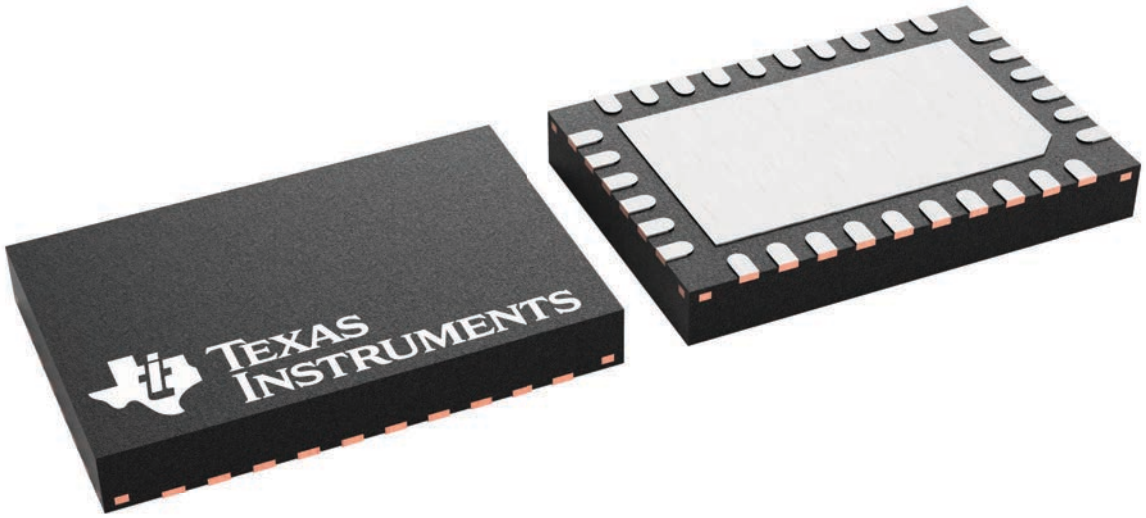
RRY 32

WQFN - 0.8 mm max height

4 x 6, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

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



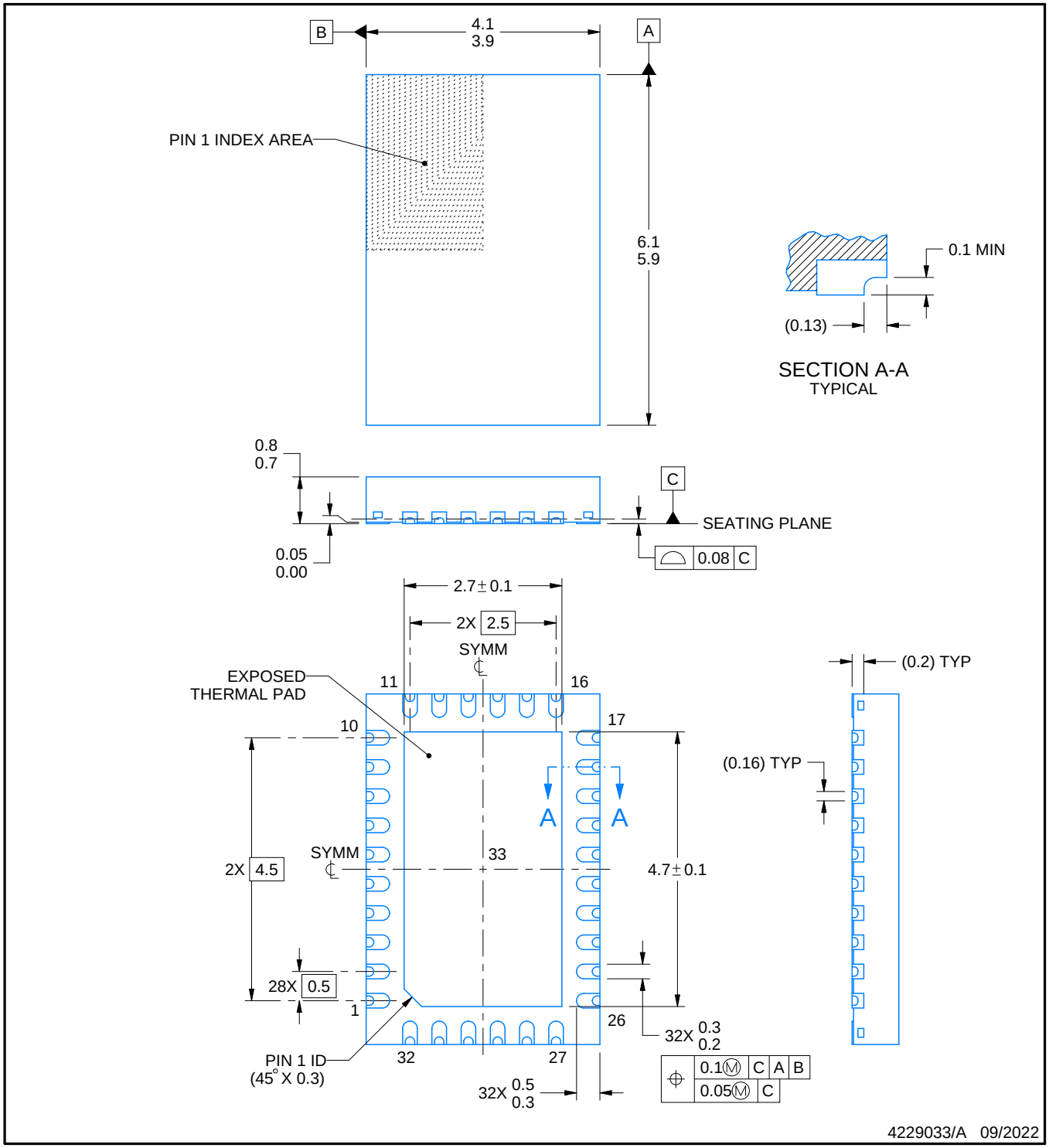
4229624/A

PACKAGE OUTLINE

RRY0032A

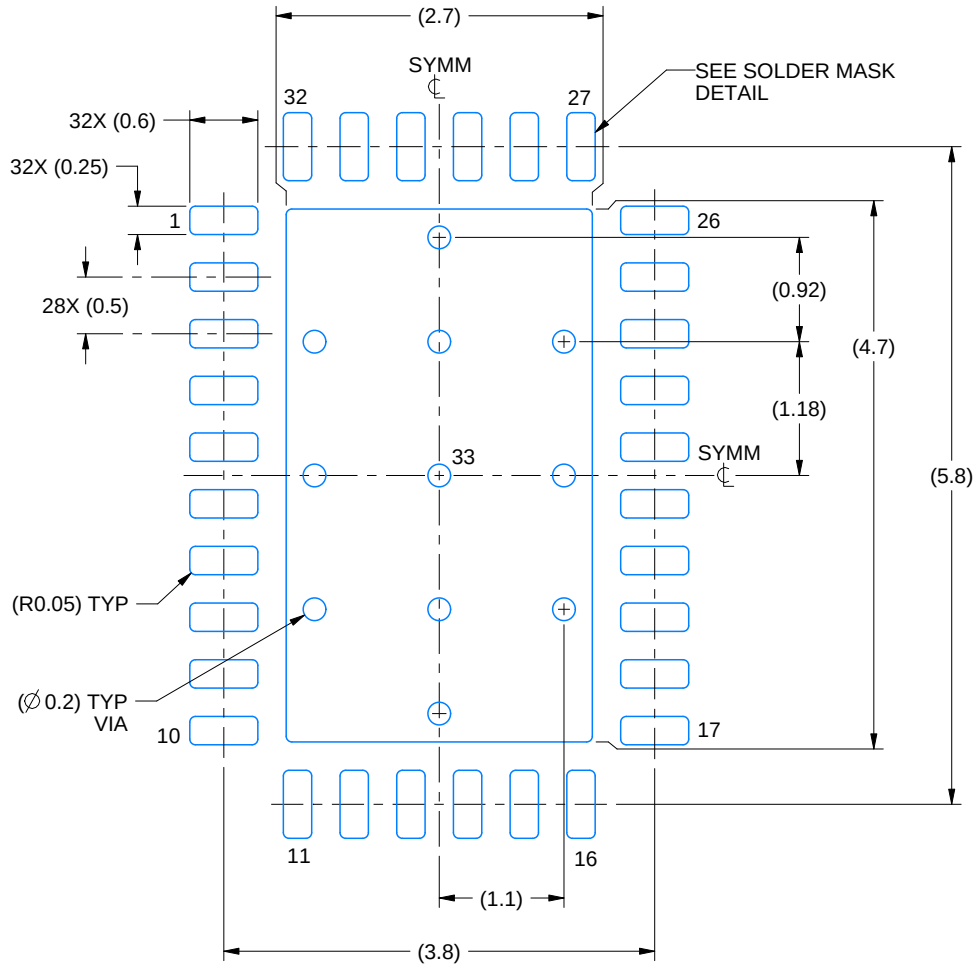
WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

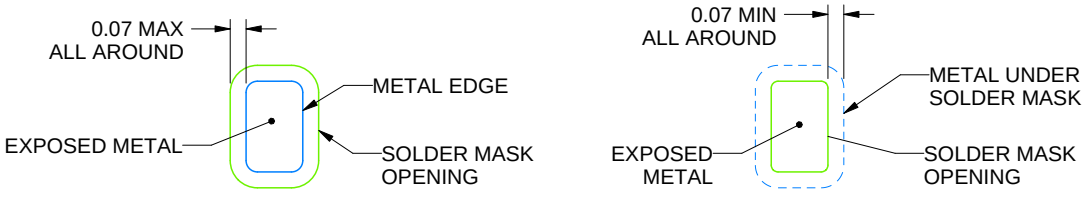


NOTES:

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.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X

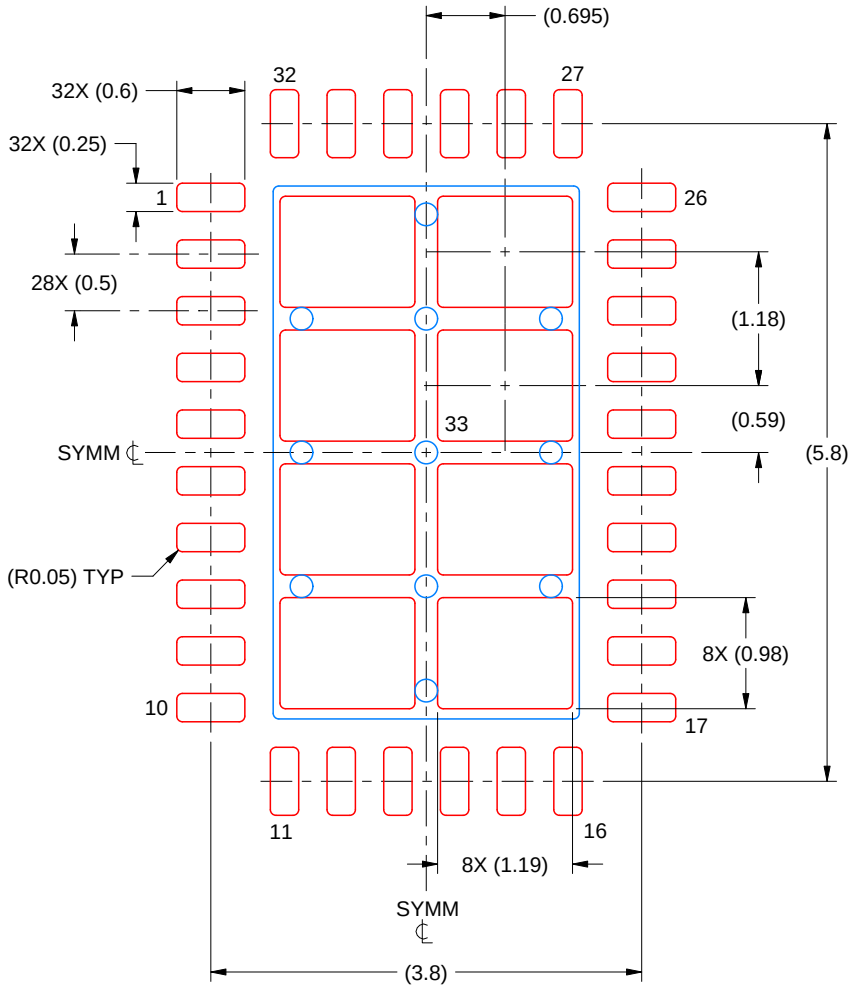


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4229033/A 09/2022

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.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 15X

EXPOSED PAD 33
74% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4229033/A 09/2022

NOTES: (continued)

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

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月