

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步驱动与S/D和SPI

一般说明

TMC2240是一款智能的高性能步进电机驱动器IC，具有串行通信接口（SPI、UART）和广泛的诊断能力。

它结合了工业上最先进的步进电机，基于256微步，内置指数和两个完全集成的36V，3.0A MAXH桥+分布式集成电流传感（ICS）。

氟的偷窃thChop2斩波器确保绝对无噪音的操作，结合最大的效率和最好的电机扭矩。

高集成、高能源效率和简单的形式因素使小型化和可伸缩的系统具有成本效益的解决方案，同时提供黄蛋白级性能。h桥胎网具有非常低的阻抗，导致高驱动效率和最小的热量产生。典型的总RON（高侧+低侧）为0.23Ω。

假设采用四层PCB，则在室温下的最大RMS电流为I_{RMS}=2.1ARMS。最大输出电流为IMAX = 5.0A MAX受电流保护（OCP）的限制。

每个h桥的最大全尺度电流为IFS=3.0A，可以通过连接到IREF的外部电阻来设置。该电流被定义为嵌入式电流驱动调节电路的最大电流设定。与基于外部感应电阻的主流应用相比，氙气耗散ICS消除了体积庞大的外部功率再电阻，从而产生了巨大的空间和功率消耗。

TMC2240具有丰富的诊断和性能，如短保护/OCP、热关闭、非降电压锁定（UVLO）。

在热关闭和UVLO事件期间，驱动程序被禁用。

此外，TMC2240还提供了测量驱动器温度、估计电机温度和测量一个外部模拟输入的功能。

TMC2240有一个小型TQFN32 5mm x 5mm封装和一个热优化的TSSOP38 9.7mm x 4.4mm与暴露垫。

应用程序

- 纺织厂，缝纫机，针织机
- 实验室和工厂自动化
 - 3D打印机，id打印机/卡片打印机

- 液体处理，医疗应用
- 办公自动化和纸张处理
- POS，按摩椅
- ATM机，现金回收器，账单验证器，现金兑换机
- 泵和电机控制 安全
- 恒定器和天线定位

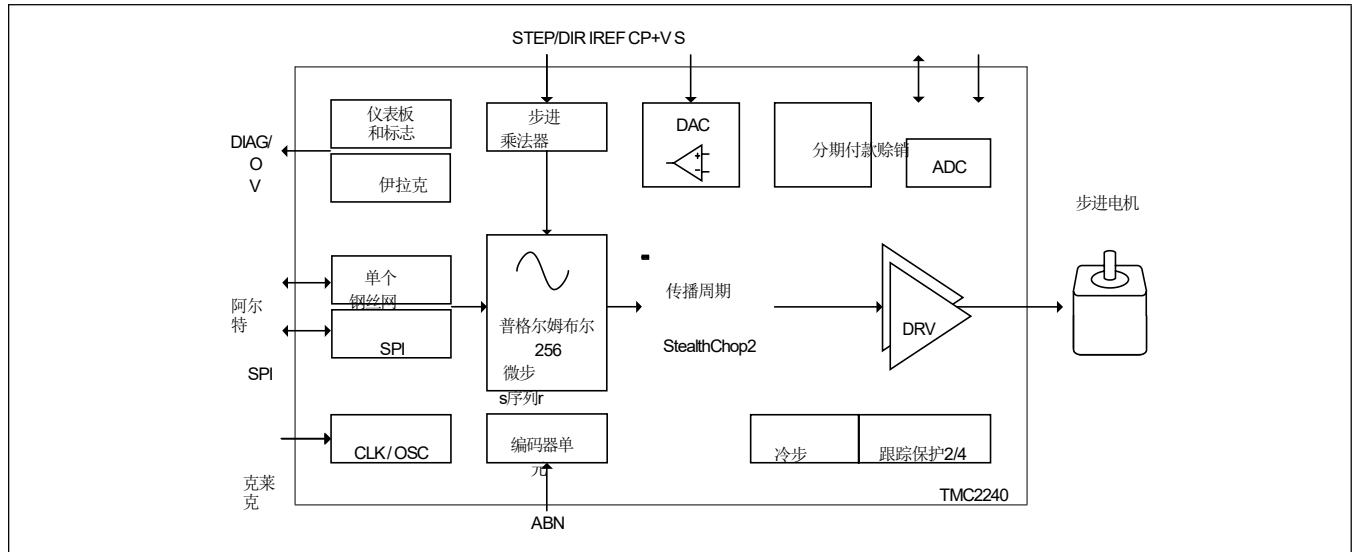
优点和功能

- 电压范围为4.5V至36V直流电流
- 低R_{DS} (ON) (HS + LS)：230mΩ典型 (TA=25°C)
 - 额定电流 (典型25°C)：
 - IMAX=5.0A (桥式峰值电流)
 - I_{RMS}= 2.1A RMS (3ASine波峰)
- 完全集成无损耗电流感应
- 步骤/方向 (方向) 接口
- 插值
- SPI和单线UART
- 增量式编码器接口
- 高分辨率256微步
- 柔性波台和相移到M型互锁电机
- 蒸汽器2沉默电机操作
- 分段循环高动态电机控制斩波器
- 电机负载检测
- 冷却步骤电流控制至75%
- 电机相位和芯片温度测量仪
- 低功耗和待机模式
- 热保护和诊断
- 紧凑型5mm x 5mm TQFN32封装或9.7mm x 4.4mm TSSOP38

牛排巧克力2和

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

简化框图



内容表

一般说明.....	1
应用程序.....	1
优点和功能.....	1
简化框图.....	2
绝对最大评级.....	9
包信息.....	9
TQFN32 5mm x 5mm.....	9
TSSOP38 9.7mm x 4.4mm EP.....	9
电气特性.....	9
引脚配置.....	14
TMC2240 TQFNPin配置.....	14
TMC2240 TSSOPPin配置.....	14
引脚说明.....	15
功能图.....	18
TMC2240.....	18
详细说明.....	19
操作原则.....	19
步骤和方向的驱动程序与串行接口和诊断反馈.....	19
关键概念.....	20
控制接口.....	20
步骤和方向接口.....	20
自动停止电源关闭.....	20
稳定芯片2和扩展代码驱动程序.....	21
机械负载传感.....	21
冷却步骤-负载自适应电流控制.....	21
编码器接口.....	22
SPI接口.....	22
SPI数据报结构.....	22
写/读的选择（WRITE_notREAD）.....	22
通过每个数据报读取传输的SPI状态位.....	23
数据对齐.....	23
SPI信号.....	23
SPI时间.....	24
UART单线接口.....	24
数据报结构.....	24
写入访问权限.....	24
读取访问.....	25
CRC计算.....	25
CRC计算的代码示例.....	26

目录（续）

UART信号.....	26
解决多个节点.....	26
步向接口.....	27
正时.....	27
改变分辨率.....	28
微分配器步插值器和静止检测.....	29
StealthChop2.....	30
自动调谐.....	30
StealthChop2选项.....	31
StealthChop2 CurrentRegulator.....	33
货币下限.....	35
基于速度的缩放.....	36
结合稳定芯片2和分段循环.....	37
Flagsin StealthChop2.....	39
打开负载标志.....	39
PWM_SCALE_SUMInforms关于电机状态.....	39
无动和被动制动.....	39
控制健康芯片2的参数.....	40
传播周期和经典斩波器.....	41
传播周期斩波器.....	43
经典的持续停机时间直升机.....	45
综合货币感应.....	46
设置电机电流.....	46
设置全比例电流范围.....	47
速度基准模式控制.....	48
StallGuard2 LoadMeasurement.....	50
StallGuard2更新速率和过滤器.....	52
检测电动机失速.....	52
带有StallGuard2.....	52
StallGuard2操作限制.....	52
StallGuard4 LoadMeasurement.....	52
调谐StallGuard4.....	54
StallGuard4更新速率.....	54
检测电动机失速.....	55
StallGuard4操作限制.....	55
冷却级负荷自适应电流比例.....	55
冷却步骤的设置.....	55
调谐冷却步骤.....	57
响应时间.....	57

目录（续）

低速和备用运行.....	57
诊断输出.....	57
正弦波查找表.....	59
微步骤表.....	59
ABN增量式编码器接口.....	61
将编码器设置为匹配电机分辨率.....	63
重置、禁用/停止和关闭电源.....	63
紧急停车.....	63
外部重置和睡眠模式.....	63
重新启动步进电机，无位置损失.....	64
保护功能和驱动程序诊断功能.....	64
过电流保护.....	65
热保护和关闭.....	65
温度测量.....	65
芯片温度测量.....	65
电机温度测量.....	65
过电压保护和OV销.....	66
短路保护（短至GND，短至VS）.....	67
打开负载诊断.....	67
欠压锁定保护.....	67
ESD保护.....	68
外部模拟输入AIN监控.....	68
时钟振荡器和时钟输入.....	68
使用内部时钟.....	68
使用外部时钟.....	68
快速配置指南.....	68
当前设置.....	69
StealthChop2配置.....	70
传播周期配置.....	71
与稳定芯片2组合启用冷却步骤.....	72
启用冷却步骤，并结合分散循环.....	73
一般注册映射和注册r信息.....	73
注册地图.....	75
TMC2240.....	75
注册详细信息.....	79
典型的应用程序C圈套.....	124
标准应用电路.....	124
高电机电流.....	124
驾驶员保护和EME电路.....	124

目录（续）

订购信息.....	126
修订历史记录.....	127

数字列表

图1.方框图.....	18
图2.具有典型外部组件的方块图.....	19
图3.静态静止和上升的自动电机电流控制.....	21
图4. SPI时序图.....	24
图5.UARTDaisy-链式示例.....	27
图6.STEP/DIR信号定时.....	28
图7. STEP/DIR信号输入滤波器结构.....	28
图8步频率上升的微步插值（例如：16至256）.....	30
图9步骤表2自动调整过程.....	32
图10. 步骤芯片2：良好的设置forPWM_REG.....	33
图11. 步骤2：PWM_REGduring的设置太小.....	34
图12. 成功完成DeterminedPWM_GRAD（_AUTO）andPWM_OFS（_AUTO）.....	34
图13.Too SmallPWM_GRAD设置的示例.....	35
图14. 速度-基于PWM的比例尺（pwm_autoscale =0）.....	37
图15. 可选切换到扩展周期的程序.....	38
图16. 典型的斩波器下降阶段.....	42
图17. 在斩波循环过程中显示线圈电流的分段循环斩波器方案.....	44
图18. 经典的常数关闭时间直升机与偏移显示卷绕电流.....	45
图19. 零交叉与经典的斩波器和校正使用正弦波偏移.....	46
图20.速度相关模式的选择.....	49
图21防护功能原理2.....	51
图22.停止保护4的操作模式.....	53
图23.冷却步骤将电机电流调整到负载上.....	56
图24. DIAG0和DIAG1的输出选项.....	58
图25: 线圈B微步波正零点转变的指数信号（开排水配置）.....	59
图26. LUT编程示例.....	60
图27.移动余弦波throughOFFSET_SIN90.....	61
图28.增量编码器的ABN信号轮廓.....	62
图29.制动器斩波器电路示例.....	67
图30.当前设置的快速配置指南.....	69
图31.StealthChop2配置的快速配置指南.....	70
图32快速周期快速配置指南.....	71
图33.2冷却步骤的快速配置指南.....	72
图34.快速循环冷却步骤的快速配置指南.....	73
图35.标准应用电路.....	124
图36.简单的ESD增强功能.....	125
图37.扩展电机输出保护.....	126

表格列表

表1. SPI数据报结构.....	22
表2读测试流程.....	23
表3.SPI_STATUS-第39至32位中每个SPI访问传输的状态标志.....	23
表4. UART写入辅助数据报结构.....	24
表5. UARTRead访问检查数据报结构.....	25
表6. UARTRead访问复制数据报结构.....	25
表7.TMC2240UART接口信号.....	26
表8.UART解决多达255个节点的示例.....	27
表9.A/B相电流查找表值.....	29
表10. StealthChop2自动调优的约束和要求.....	30
表11年. 稳定芯片2的PWM频率选择（推荐粗体字体）.....	32
表12.控制稳定芯片的参数2.....	40
表13.控制传播周期和经典时间切换时间的参数.....	42
表14.分段循环模式参数.....	44
表15.控制常数停机时间斩波模式的参数.....	46
表16.电机电流控制参数.....	46
表17.IFS全规模峰值范围设置（RREF=12kΩ的示例）.....	47
表18. I基于安培（RMS）的onDRV_CONF位1.0设置和不同 R REF.....	48
表19.速度-基模式控制参数.....	50
表20跟踪保护2-相关参数.....	51
表21跟踪保护4-相关参数.....	53
表22.冷却步骤临界参数.....	55
表23.冷却步骤增加的参数和状态信息.....	56
表24.具有256微步的200全步电机的编码器示例设置.....	63
表25.位置恢复的方法.....	64
表26.基于全面货币设置的过期保护阈值.....	67
表27.注册地图概述.....	74

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

绝对最大评级

VS至GND	-0.3V至41V	IREF, AIN到GND.....	-0.3V to min (2.2, V DD1V8+ 0.3)V
VDD1V8 to GND	-0.3V to min (2.2, V S+ 0.3)V	V CC_IO到GND.....	-0.3V至5.5V
VAGND to GND	-0.3V to +0.3V	逻辑输入/输出电压到GND.....	-0.3V至V CC_IO+ 0.3V
OUT1A, OUT2A, OUT1B, OUT2B.....	-0.3V to V S+ 0.3V	OV到GND.....	-0.3V至6V
V CP to GND	VS - 0.3V to min (44, V S+6)V	工作温度范围.....	-40°C to125°C
CPO to GND	VS - 0.3V to min (44, V S+ 6)V	结温度.....	+165°C
VCPI to GND	-0.3V to min (41, V S+ 0.3)V	储存温度范围.....	-65°C to+150°C
VSLEEPN to GND	-0.3V to V S+ 0.3V	焊接温度（回流）.....	+260°C

超过“绝对最大额定值”所列的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些只是压力等级，和功能操作在这些或操作条件之外的任何其他条件下的设备不隐含。接触延长期的绝对最大额定值条件可能会影响设备的可靠性。

包信息

TQFN32 5mm x 5mm

包装代码T3255+5C	
大纲编号	21-0140
土地图案编号	90-0013
单层纸板的耐热性:	
至环境的连接点 (θ JA)	47°C/W
连接到案例 (θ JC)	1.7°C/W
四层摩擦板的热阻:	
至环境的连接点 (θ JA)	29°C/W
连接到案例 (θ JC)	1.7°C/W

TSSOP38 9.7mm x 4.4mm EP

软件包代码U38E+3C	
大纲编号	21-0714
土地图案编号	90-0435
四层摩擦板的热阻:	
与环境连接处 (θ JA) 25°C/W	
接线盒 (θ JC) 1°宽	

有关最新的软件包大纲信息和土地模式（足迹），请访问www.maximintegrated.com/packages。请注意，程序包代码中的“+”、“#”或“-”仅指示srohs状态。包提取显示不同的后缀字符，但无论RoHS状态如何，图形都与包有关。

封装热阻采用JEDEC规范JESD51-7中描述的方法，采用包膜层板获得。有关软件包热注意事项的详细信息，请参阅www.maximintegrated.com/thermal-tutorial。

电气特性

(V S= 4.5V至36V, R REF= from12kΩ to24kΩ, 典型值假设TA=25°C和V S= 24V, 极限在TA=+25°C下进行100%测试。设计和特性描述保证了工作温度范围和相关电源电压范围的限制。)

参数符号	条件	最小	类型	最大	单位
电源					
电源电压范围	V S	4.5		36	V
睡眠模式电流消耗	I VS	V (SLEEPN) = 0	4	18	μA

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

电气特性（续）

(V S= 4.5V至36V, R REF= from12kΩ to24kΩ, 典型值假设TA=25°C和V S= 24V, 极限在TA=+25°C下进行100%测试。设计和特性描述保证了工作温度范围和相关电源电压范围的限制。)

参数	符号	条件	最小	打字	最大值	单位
静止电流消耗	I VS	V (SLEEPN) =1, V (DRV_ENN)= 1		3.5	5	mA
1.8调压器输出电压	V VDD	V S= 4.5V		1.8		V
V DD电流限制	IV18 LIM		20			mA
充电泵电压	V CP			V S+ 2.7		V
LogicI/O电源电压范围	VCC_IO		2.2		5.5	V
睡眠模式电流消耗	IVCC_IO	V (SLEEPN) = 0		5	10	μA
静止电流消耗	IVCC_IO	V (SLEEPN) = 1		35	60	μA
逻辑水平输入输出						
输入电压电平高	V IH			0.7 x VCC_I O		V
输入电压低电平	V IL				0.3 x VCC_I O	V
输入滞后	V HYS			0.15 x VCC_I O		V
内部上拉/下拉电阻	拉力	到VCC_IO	60	100	140	kΩ
输入泄漏	在泄漏	无上拉/下拉电阻的输入	-1+1			μA
输出逻辑-低电压	V OL	我加载=5 mA			0.4	V
推拉输出逻辑-高压	V OH	我加载=5 mA			VCC_IO- 400mV	
开放式排水输出逻辑高泄漏电流	我哦	V (PIN)= 5.5V	-1+1			μA
SLEEPN电压等级高	VIH SLEEPN		0.9			V
SLEEPN电压电平低	VIL SLEEPN				0.6	V
SLEEPN下拉输入电阻	RPD SLEEPN		0.8	1.5		MΩ
输出规格						
输出ON-电阻低侧	RON LS	全缩放= 10		0.11	0.2	Ω
		全缩放= 01		0.15	0.28	
输出ON-电阻低侧	RON LS	全缩放= 00		0.28	0.54	Ω
输出开启电阻高侧	RON HS			0.12	0.22	Ω
输出泄漏	我泄漏		-5		+5	μA

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

电气特性（续）

(V S= 4.5V至36V, R REF= from12kΩ to24kΩ, 典型值假设TA=25°C和V S= 24V, 极限在TA=+25°C下进行100%测试。设计和特性描述保证了工作温度范围和相关电源电压范围的限制。)

参数	符号	条件	最大最小值			单位
输出流入率	高级的	Slew-ratebits = 00	100			V/μs
		Slew-ratebits = 01	200			
		Slew-ratebits = 10	400			
		Slew-ratebits = 11	800			
保护电路						
过电流保护阈值	OCP	全缩放= 10	5.0			A
		全缩放= 01	3.33			
		全缩放= 00	1.67			
过流保护空白时间	T OCP		0.9	1.5	2.3	μs
VS上的UVLO阈值	低电压锁定	VS下降	3.75	3.9	4.05	V
VS海斯特里斯的UVLO 阈值	乌夫洛伊斯		0.12			V
VCC_IO上的UVLO 阈值	低电压锁定	V CC_IO下降	0.9	1.5	1.95	
VCC_IO UVLO滞后	乌夫洛夫奇		100			mV
热保护 阈值温度	TSD		165			°C
热保护 温度滞后			20			°C
电流调节						
IREF引脚电阻范围	R REF		12	60		kΩ
IREF输出电压	V REF		0.882	0.9 0.918		V
全量程电流常数	基夫斯	IFS= 1A	11.75			A xkΩ
全量程电流常数	基夫斯	IFS= 2A	24			A xkΩ
全量程电流常数	基夫斯	IFS= 3A	36			A xkΩ
调节精度	DITRIP1	输出电流从7%到100%FS， R REF=12kΩ	-5	+5		%
功能计时						
睡眠时间	睡眠	SLEEPN = 0 toOUT_三种状态	50			μs
睡眠唤醒时间	刺耳的	SLEEPN =1调压操作	2.5			ms
启用时间	十	时间fromDRV_ENN销下降边缘到驱动器上	1.5			μs
禁用时间	十	时间fromDRV_ENNpin上升边缘到司机关闭	6			μs

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

电气特性（续）

(V S= 4.5V至36V, R REF= from12kΩ to24kΩ, 典型值假设TA=25°C和V S= 24V, 极限在TA=+25°C下进行100%测试。设计和特性描述保证了工作温度范围和相关电源电压范围的限制。)

参数符号条件最小类型最大单位					
时钟					
内钟频率	f CLKOSC		11.9	12.5	13.2兆赫
外部时钟频率	f CLK		8	16	20兆赫
外部时钟工作周期	t CLKL		40		60%
外部时钟检测			4		8
内部f CLKOSC周期中的外部时钟超时检测			12		16
外部时钟检测，低频阈值	f CLKLO		4		兆赫
SPI计时					
CSN变更前后的SCK验证	t CC		T SCLK		ns
CSN高时间	t CSH		4 x T CLK		ns
SCK低时间	t CL		20		ns
SCK高时间	t CH		20		ns
SCK频率	f SCK			10	兆赫
SDI设置时间	t DU		10		ns
SCK上升边缘后的调整时间	t DH		10		ns
数据输出有效时间 SCK下降后的边缘	t DO	VCC_ IO= 3.3V		27 40	ns
SDI、SCK和CSN滤波器延迟时间	t FILT	上升和下降的边缘		10	ns
步骤/dir计时					
步进频率	f 步骤	dedge= 1	f CLK/8		
		dedge= 0	f CLK/4		
全步频率	f FS		f CLK/512		
STEP高时间	t SH		tCLK+ 20		ns
STEP低时间	t SL		tCLK+ 20		ns
DIR/步骤到CLK设置时间	t SU		10		ns
按CLK保持时间	t SH		10		ns
DIR到步骤设置时间	t SU		20		ns

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

电气特性（续）

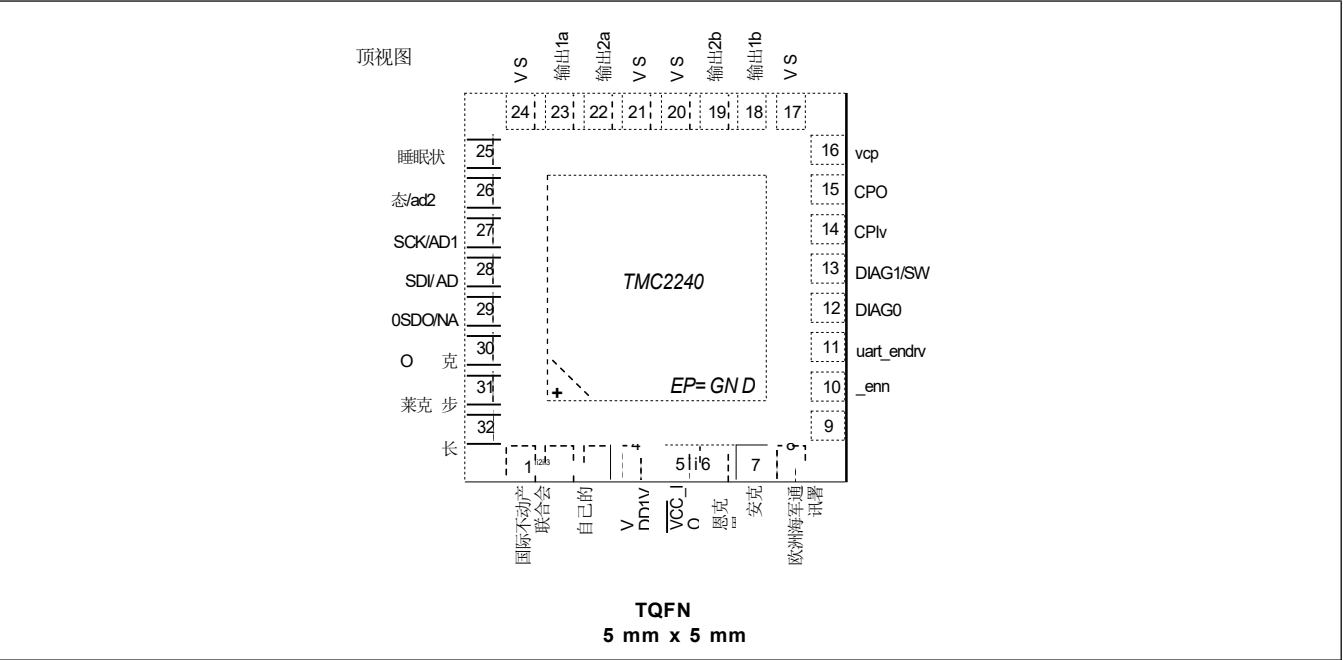
(V S= 4.5V至36V, R REF= from12kΩ to24kΩ, 典型值假设TA=25°C和V S= 24V, 极限在TA=+25°C下进行100%测试。设计和特性描述保证了工作温度范围和相关电源电压范围的限制。)

参数	符号	条件	最大最小值	单位
DIR到STEP保持时间	t H		20	ns
编码器正时				
编码器计数频率	f CNT		$\frac{f_{CLK}}{2/3}$	
A/B/N输入低时间	t ABNL		$3t_{CLK} + 20$	ns
A/B/N输入高时间	t ABNH		$3t_{CLK} + 20$	ns
A/B/N峰值过滤时间	t FILTABN	上升和下降的边缘	3t CLK	
ADC/Analog Input/Temperature				
ADC分辨率		12位+标志	13	比特
模拟输入电压范围	V AIN		0 1.25	V
模拟输入泄漏	I AIN, 泄漏		-1 +1	uA
模拟输入频率	f AIN	假设在AIN处采样不足是因此, 对于单个ADC信道的有意义的ADC转换, AIN输入频率必须低于给定的最大值。	70	kHz
驾驶员温度精度	t驱动程序		±10	°C
电源电压 测量精度			-5 +5	%
ADC采样率	FSAMPLEADC		$\frac{f_{CLK}}{2048}$	

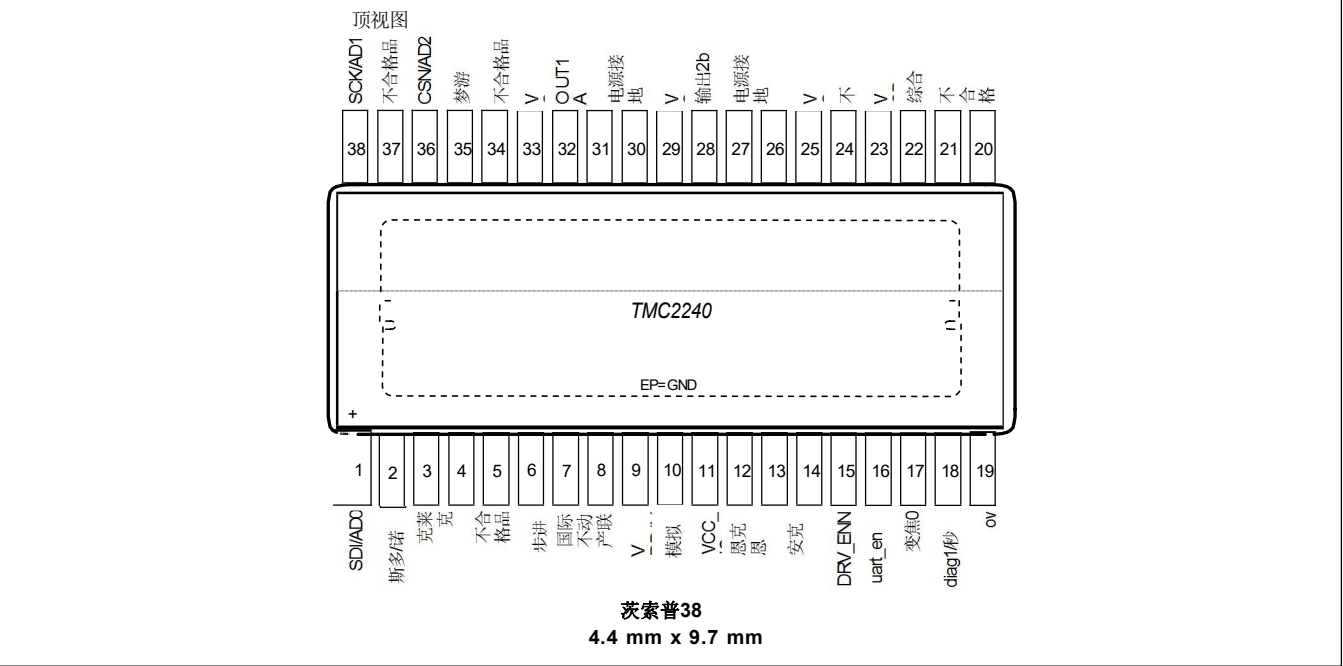
TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

引脚配置

TMC2240 TQFNPin配置



TMC2240 TSSOPPin配置



TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

引脚说明

引脚		名称	功能	参考文献 供应	类型
TQFN32	茨索普38				
4	10	模拟接地	模拟地面。连接到地面。		GND
27, 31		电源接地	电源接地。连接到地面。		GND
17, 20, 21, 24	25, 29, 33	V S	电机电源电压。提供过滤能力 靠近pin与最短的环到GNDplane/暴露垫。		供应
3	9	V DD1V8	internal1.8V调节器的输出。将2.2μF或更大的陶瓷电容器连接到靠近顶部的AGND上，以达到最佳性能。		供应
16	23	V CP	充电泵电压。使用1.0μF电容器连接到VS。 电容器连接正端接近VS，避免感应峰。		模拟输出
5	11	VCC_IO	从外部源提供的数字电源电压，以定义电路IO电平。所需 输出引脚的电压电平设置。	VCC_IO	模拟输入
15	22	综合计划 组织	充电泵电容器输出。		模拟输出
14	20	CPI	充电泵电容器输入。使用22nF50V电容器连接到CPO。		模拟输出
30	3	克莱克	CLK输入。连接到gnd上使用短路的电线 内部时钟或电源的外部时钟。内部时钟-故障切换电路可以防止外部时钟信号的丢失。	VCC_IO	数字输入
31	5	步进	STEP输入。	VCC_IO	数字输入
32	6	DIR	方向输入。	VCC_IO	数字输入
26	36	CSN/AD2	在UART模式下，SPI芯片选择输入（负激活）（UART_EN=0）或寻址输入2（+4）（uart_en = 1）。	VCC_IO	数字输入（上拉）
27	38	SCK/AD1	UART模式（UART）或地址输入1（UART_EN=0）（UART_EN=1）。	VCC_IO	数字输入（上拉）
28	1	SDI/AD0	UARTmode（UART_EN = 1）中的SPI数据输入（UART_EN= 0）或地址输入0（+1）。	VCC_IO	数字输入（上拉）
29	2	斯多/诺	在UART模式下，SPI数据输出（三状态）（UART_EN=0）或下一个地址输出（N AO）（uart_en = 1）。	VCC_IO	数字输出
1	7	国际不动产 联合会	用于电流缩放的模拟参考电流。为GND提供外部电阻器。	VCC_IO	模拟输入
10	16	uart_en	接口选择引脚。 当绑定低时，SPI将启用SPI接口。 提示时，UART界面启用。集成式下拉电阻器。	VCC_IO	数字输入（下拉）
7	13	安克	编码器b通道输入。	VCC_IO	数字输入（上拉）

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

Pin描述（续）

PIN		NAME	功能	参考文献 供应	类型
TQFN32	TSSOP38				
8	14	欧洲海军通讯署	编码器A通道输入。	VCC_IO	数字输入（上拉）
6	12	恩克恩	编码器n通道在put。	VCC_IO	数字输入（上拉）
9	15	DRV_ENN_	启用输入。当此引脚时，功率级发生开关开关（所有电机输出浮动）就会被驱动到一个很高的水平。	VCC_IO	数字输入（上拉）
11	17	变焦0	诊断输出直径0。 使用外部上拉电阻器或不开式漏极模式。 在系统复位状态下，这个主动拉低，以指示外部控制器的复位条件。	VCC_IO	数字输出
12	18	diag1/秒	诊断输出直径1。 在开放式排水模式下使用外部脉冲推进器。 UART模式下的单线I/O。	VCC_IO	数字IO
25	35	梦游	低动作电源关闭输入/重位输入。 应用一个连续的低水平程序，使设备进入睡眠模式。 SLEEPN有一个内部下拉。 如果不使用，则连接到V Sor VCC_IO（这是一个高压引脚）。 一旦IC从sleepmode/重置返回，它必须在再次使用之前进行重新配置。注册内容不会在睡眠期间存储。 在重新配置IC时，建议仍然保持桥驱动程序禁用withDRV_ENN。 在高电机速度时不要使用！	V S	模拟输入（下拉）
19	28	输出2b	电机线圈B输出2	V S	模拟输出
18	26	输出1b	电机线圈B输出1	V S	模拟输出
22	30	输出2a	电机线圈A输出2	V S	模拟输出
23	32	输出1a	电机线圈A输出1	V S	模拟输出
ep	ep	GND	暴露的模具垫。 将暴露的二极管连接到GND平面上。提供许多可能的加热途径 转移到GND平面。作为电源级和内部电路的GNDpin。		GND

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

Pin描述（续）

引脚		名称	功能	参考文献 供应	类型
TQFN32	茨索普38				
—	4, 21, 24, 34, 37	N.C.	没有内部连接。让该针打开或交给GND以改善冷却。		N.C.
13	19	ov	过电压指示灯输出（开漏极）与可编程阈值电压。将外部MOSFET与负载电阻器连接电源电压。需要外部脉冲缓冲器。更新人ADC与 $f_{CLK} / 2048$ 。	VCC_IO	数字输出（净漏）
2	8	自己的	通用模拟输入测量与内部ADC与f CLK/。 2048 输入0至1.25V。 可通过SPI/U ART获得。	VCC_IO	模拟输入

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

功能图

TMC2240

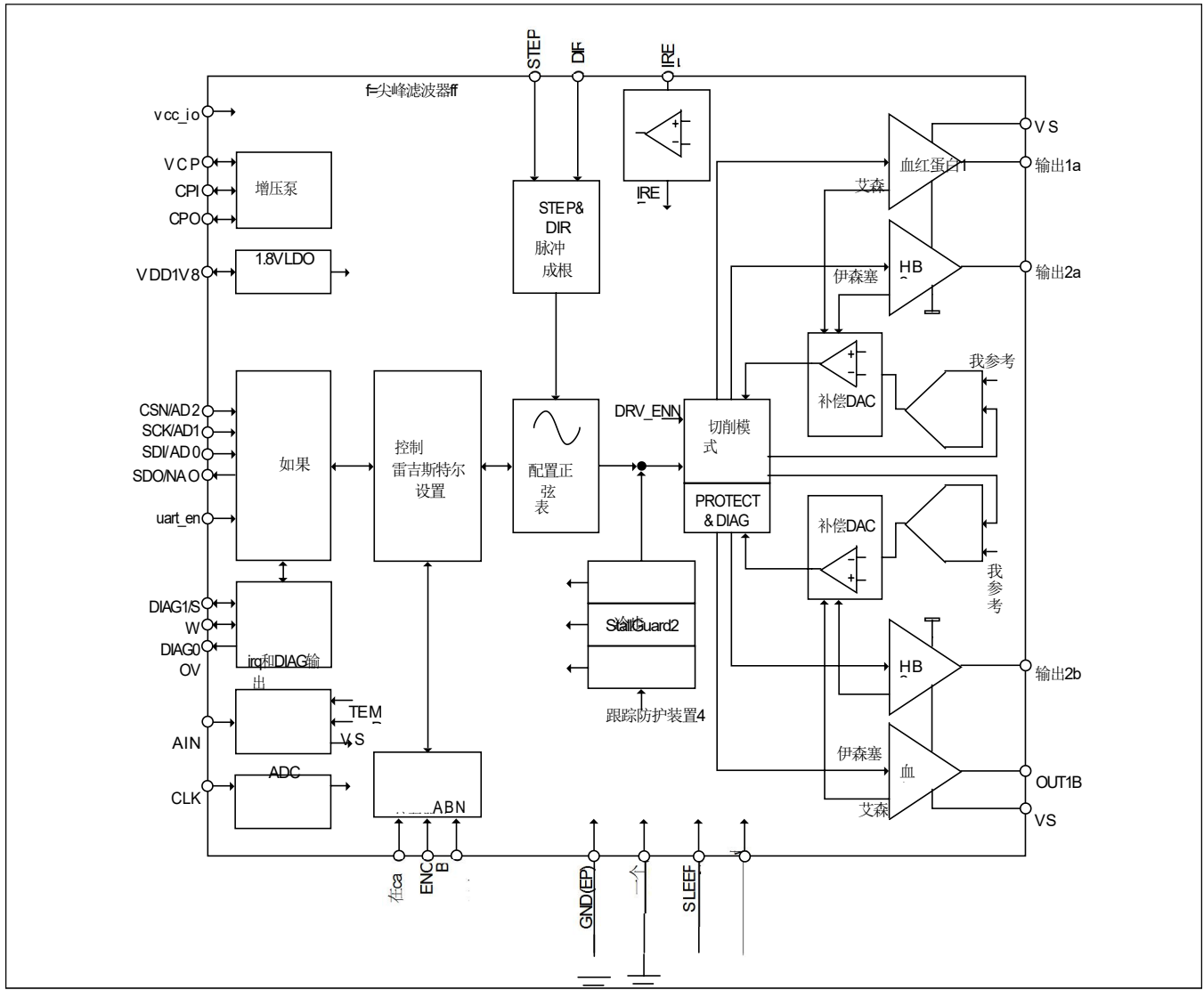


图1。方框图

详细说明

操作原则

步骤和方向驱动与串行接口和d不可知反馈

TMC2240是一个智能步进和方向步进电机驱动器，具有串行接口（SPI，UART），用于参数化和监控和诊断。

像TMC4361A或CPU这样的外部高性能运动控制器产生与系统内的附加电机等其他组件同步的步骤和方向信号。

TMC2240负责智能电流控制，并通过其一个串行接口提供关于电机状态的反馈。

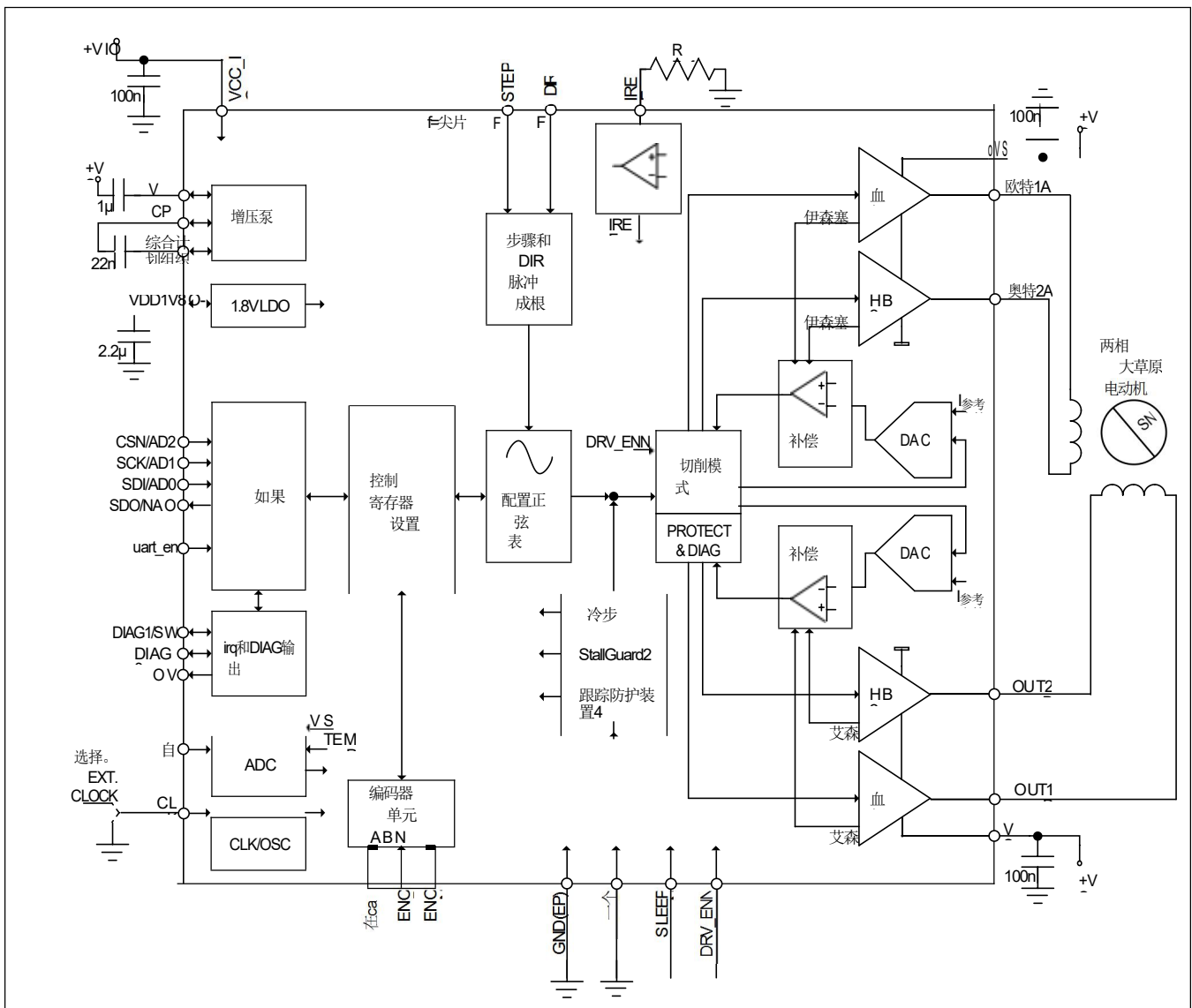


图2. 典型外部部件的框图

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

关键概念

TMC2240实现了ADI-T冲洗剂产品所独有的高级特性。这些特性有助于更高的精度，更高的能源效率，更高的可靠性，更平稳的运动，和协同步进电机应用。

StealthChop2	电机的无噪声、高精度斩波算法
传播周期	高精度逐循环电流控制的最高动态运动
StallGuard2	无传感器失速检测和机械负载测量
跟踪防护装置4	无传感器归巢安全开关和警告
冷步	基于稳定反馈的峰值电流控制，最佳效率和最低电机和驱动温度
微步	微步插值器扭转在全256微步讲与低分辨率的步进输入

除了这些性能增强，adi-三动力电机驱动器提供了保护措施，以防止输出短路、输出开路、过温和过电压条件，以提高安全性和从设备不良功能中恢复。

控制接口

TMC2240同时支持一个SPI接口和一个基于auart的单线接口与CRC检查。实际接口组合的选择是通过theUART_EN pin完成的，它可以根据所需的接口选择硬连接到GND或V CC_CC_。

SPI接口是一个与总线时钟同步的位-串行接口。对于从总线控制器发送到数据库的每一点，另一个比特同时从外围设备发送回控制器。SPI控制器（例如，单片机）与外围设备之间的通信始终一致地发送一个40位命令字和接收一个40位状态字。

该线接口允许双向单线接口。它可以由任何标准的UART驱动。不需要进行数据库配置。

步骤和方向接口

它们通过步进和方向输入进行控制。STEP输入上的活动边可以是上升的边，包括上升和下降的边。使用这两条边可以将STEP信号的切换速率降低到一半，这对于控制慢速间隔，如光隔离耦合器很有用。在每个活动边缘上，从DIR输入采样的状态决定是向前还是后退。每个步骤可以是全步或微步，其中每个全步有2、4、8、16、32、64、128或256微步ps。低状态步进脉冲增加微步计数器，高状态减少计数器由微预沉淀控制的量。一个内部表将计数器值转换为正弦和余弦值，以控制电机电流的微步进。

自动停止电源关闭

自动电流大大降低应用功耗和冷却要求。减少一半的运行电流可使静止功耗降低到约25%。静态电流、延迟时间、d可通过串行控制接口配置下降参数。

自动自由行驶和被动电机制动作为静止的选择。被动制动可将电机静止功耗降至零，同时仍能提供有效的阻尼和制动！

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

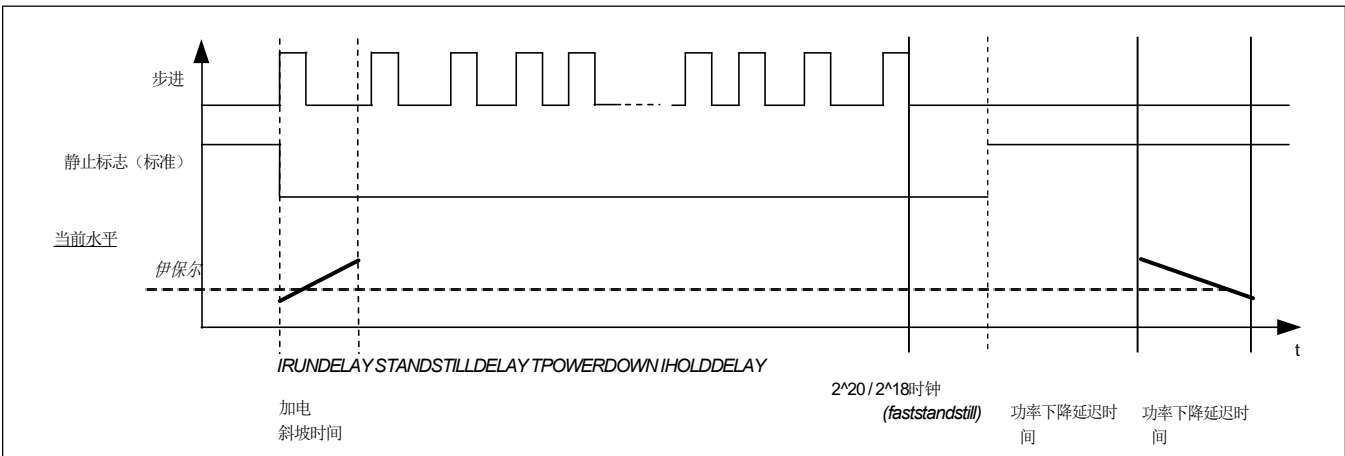


图3. 静止和上升时的自动电机电流控制

稳定芯片2和扩展循环驱动程序

稳定2是一种基于电压斩波器的原理。它特别保证电机在静止和缓慢运动时绝对安静，除了由滚珠轴承产生的噪音。

与其他电压模式斩波器不同，稳定芯片2不需要任何配置。它在通电后的第一个运动中自动学习最佳设置，并进一步优化后续运动中的设置。

初始归巢序列。还可以选择将初始学习参数加载到注册集。稳定chop2通过对运动速度的变化作出反应，允许高运动动力学。

最高速度应用，扫描是稳定芯片2的替代选择。2和快速循环甚至可以用于组合配置：稳定2无噪音静止，沉默，平稳的性能，高速动态和最高峰值速度在低振动。是一种逐循环的斩波模式。它提供了平稳的运行和良好的共振阻尼在一个宽范围的速度和负载。扩散周期器方案自动积分和调整快速衰减周期，以保证平滑的过零性能。

收益

- 显著改善了使用低成本电机的微步进
- 电机运行平稳和安静
- 绝对没有备用的
- 减少机械共振，提高扭矩输出

机械上的负荷

支架2和支架4提供了电机负载的精确测量。它可以用于失速检测以及其他用途在那些失速的电机，如冷却式加载自适应电流减少。

这提供了更多关于驱动器的信息，允许诸如无传感器归巢和驱动器力学的诊断等功能。站护2与星护循环直升机结合，站护4使用不同的原理与星护2结合。

冷却步骤-负载自适应电流控制

冷却步进在最佳电流下驱动电机。它使用支架2或4负载测量信息将电机电流调整到实际负载情况下所需的最小量。

冷却步骤的结果和保持组件凉爽。由于以最佳电流驱动电机，CoolStep与具有大约50%扭矩储备的标准操作相比，提高了电机效率。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

收益

- 最高的能源效率，能耗下降了高达75%
- 电机产生的热量更少
- 提高了机械精度
- 少或不冷却
- 提高了可靠性
- 可以使用较小的电机，所需的储备较少
- 降低电机噪声，由于更少的能量激发电机共振

编码器接口

TMC2240为外部增量编码器提供了一个编码器接口。该编码器可用于在编码器位置和外部斜坡发生器位置之间的实时一致性检查。编程程序允许调整编码器分辨率到运动分辨率。提供了一个32位的编码器计数器。

SPI接口

SPI数据报结构

TMC2240使用40位SPI数据报与微控制器进行通信。配备硬件SPI的微控制器通常能够使用8位的整数位数进行通信。在数据报传输的整个持续时间内，设备的CSN线必须保持活动状态（=低）。

发送到设备的每个数据报由一个地址字节和四个数据字节组成。这允许与寄存器集直接进行32位数据字通信。每个寄存器通过32个数据位访问，即使它使用的少于

32个数据位。

为了简化，每个寄存器都由一个字节地址指定：

- 对于读取访问，地址字节的最重要位为0。
- 对于写访问，地址字节中最重要的位是1。

所有的寄存器都是可读的，其中大多数是读写，一些只读，和一些write要清除（例如，GSTAT寄存器）。

表1. SPI数据报结构

Msb（先发送）40位lsb（最后发送）									
39 ...0									
写入：8位地址 读取：8位SPI状态		读写32位数据							
39 ...32		31 ...0							
给填 RW + 7位地址 读取 8位SPI状态		8位数据		8位数据		8位数据		8位数据	
39 / 38 ... 32		31 ...24		23 ...16		15 ...8		7 ...0	
W	38...32	31...28	27...24	23...20	19...16	15...12	11...8	7...4	3...0

写/读的选择（WRITE_notREAD）

读取和写的选择由地址字节（SPI数据报的第39位）的MSB控制。这个位是0的读访问，1用于写访问。所以，这个位叫W，是WRITE_notREAD控制位。活动高写位是地址字节的MSB。因此，必须将0x80添加到该地址中以进行写访问。SPI接口总是将数据发送回控制器，独立于W位。如果以前的访问是读访问，则传输回的数据是从与以前的数据报传输的寻址读取的数据。如果以前的访问是写访问，则数据回读镜像以前接收到的写数据。因此，读达写访问之间的区别在于，读访问不将数据传输到寻址寄存器，而是只传输地址及其地址

32个数据位是假的，而且，下面的读取写访问返回从地址读取的数据

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

在前一个读取周期中传递。

读取访问请求数据报使用虚拟的写入数据。读取数据通过子顺序读或写访问被传输回控制器。因此，读取多个寄存器可以以上诉的方式完成。

每当从TMC2240读取或写入数据时，返回的msb都包含SPI状态。TheSPI_STATUSis中的8个选定状态位的编号。

样例

对于对地址为0x21的寄存器（xracul）的读访问，在返回读访问的访问中，地址字节必须设置为0x21。对于对寄存器的写入访问（虚拟机），地址字节必须设置为0x80+ 0x22= 0xA2。对于读取访问，数据位可能提供任何值（-）。所以，我们可以将它们设置为0。

表2.SPIRead/写入示例流程

行动	数据发送到TMC2240	来自TMC2240的数据接收
读取xhace	0x2100000000	0xSS & unuseddata*
读取xhace	0x2100000000	0xSS & XACTUAL
writeVMAX = 0x00ABCD EF	0xA700ABCDEF	0xSS & XACTUAL
writeVMAX = 0x00123456	0xA700123456	0xSS00ABCDEF

* SS: 是状态bitsSPI_STATUS的占位符

SPI状态位与每个数据报的回读一起传输

新的状态信息在每次访问结束，并且在下一次SPI传输时可用。

表3.SPI_STATUS-每个SPI以39位传输的状态标志
32

比特	名称	评论
7:4	无关的	未用于TMC2240
3	停顿	DRV_状态[31]-1: 信号电机停止
2	sg2	DRV_STATUS[24]-1: 信号标志标志激活
1	驱动程序错误	GSTAT[1]-1: 信号驱动程序1驱动程序错误（通过读取GSTAT来清除）
0	重置标志	GSTAT[0]-1: 发生重启的信号（通过读取GSTAT来清除）

数据对齐

所有的数据都是正确对齐的。一些寄存器表示无符号（正值）值，一些表示整数va线索（有符号）为两个的补号，单位或位组分别表示为整数组。

SPI信号

TMC2240上的SPI总线有四个信号：

- SCK总线时钟输入
- SDI-串行数据输入
- SDO-串行数据输出
- CSN芯片选择（活动低）

SPI外围设备通过芯片选择CSN输入SPI事务。位传输是同步的

到总线时钟SCK，外围将SDI的数据指向SCK的热化边缘，并将数据驱动到SDO沿着下降的边缘。最重要的一点。一个总线最少需要40个SCK的时钟周期与TMC 2240进行的交易。

如果有超过40个时钟被驱动，转移到SDI的额外位在40个时钟延迟后在SDO上移出aninternal shiftregister.这可以用于菊花链接多个芯片。

在整个总线事务期间，CSN必须在下面。当CSN变高时，内部移位寄存器的内容被锁入内部控制寄存器，并被识别为从S PI控制器到S PI外设的命令。If

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

发送超过40位，只有在CSN的上升边缘之前接收到的最后40位被识别为命令。

SPI时间

SPI的最大频率为10MHz。SCK独立于系统的时钟频率，而唯一依赖于时钟频率的参数是最小的csn高时间。所有的SPI输入都经过内部过滤，以避免触发小于10ns的脉冲。该图显示了一个SPIbus事务的时间参数。时间值在ec表中提供。

SPI接口使用SPI MODE 3。

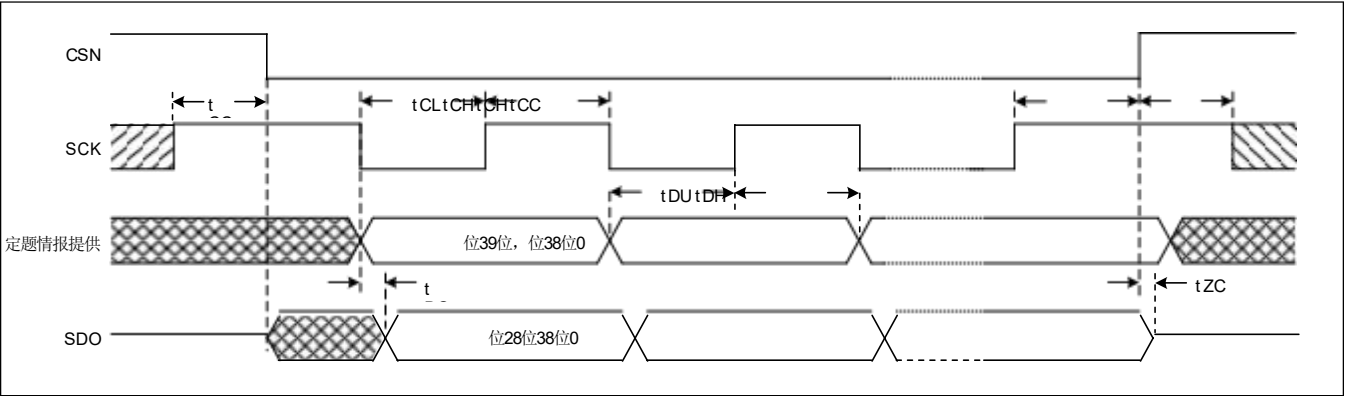


图4.启动时间图

UART单线接口

UART单线接口允许使用任何微控制器UART控制TMC2240。UART。它像基于anrs485的接口一样共享传输和接收线。数据传输通过循环冗余检查来保护，因此增加的接口距离（例如，通过两个pcb之间的电缆），即使在电磁干扰的情况下，也不会出现错误或错过命令的危险。自动波特率检测使这种界面易于使用。

数据报结构

写入访问权限

表4. UART写入辅助数据报结构

每个字节是lsb...msb，第一个字节																			
0 ... 63																			
同步+保留								8位节点地址			RW + 7位寄存器 addr.				32位数据				CRC
0...7								8...15			16...23				24...55				56...63
1	0	1	0	保留(不关心, 但 includedin CRC)				诺达尔			寄存器地址		1		数据库3、2、1、0 (高到低字节)				CRC
0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	15	16	...	23	24	...	55	56	...	63

在与TMC2240之间的每个传输之前，一个同步片段被嵌入到第一个传输的字节中，然后是一个寻址字节。每个传输允许内部波速率分配器同步到UART主机时钟。我们调整了实际的波特率，并补偿了内部时钟频率的变化。因此，波特率可以在有效范围内自由选择。每个传输字节以一个开始位开始（逻辑0，DIAG1/SW的低位）结束，以一个停止位（逻辑1，DIAG1/SW的高位）结束。位时间通过测量从开始位（第1到第0位）到同步帧结束（从第2位到第1到第0位）的时间来计算。所有的数据

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

是字节传输的。32位的数据字首先用大字节进行传输。

假设20MHz时钟（低波特率最坏），允许9000波特为9000波特率。由于波特时钟的稳定性，最大波特率为CLK/16。

初始外设地址地址选择0到7范围内的byCSN_AD2、SCK_AD1、SDI_A D0。

外围地址由寄存器节点的总数和上面给出的引脚选择决定。这意味着SDI上的高水平（CSN低，SCK低）将使死亡设置增加1。

寄存器地址的第7位允许读(0)或写(1)访问。示例：地址0x10已更改为0x90以进行写入访问。

如果在两个连续字节的开始位之间出现超过63位的暂停时间，通信将重新设置。此时间是基于最后一个正确接收到的数据报。在这种情况下，需要在总线空闲时间至少12位倍的故障恢复时间后重新启动传输。该方案允许UART主机在发生传输错误的情况下重置通信。空闲数据线上低于16个时钟周期的任何脉冲都被视为故障，导致12位超时，因此数据线必须是空闲的。其他错误的CRC也被以同样的方式对待。这允许在任何错误条件下对传输进行安全的重新同步。考虑到由于这种机制，二溴酸钠不可能突然扩大到低于以前值的15%。

每个被接受的写数据报通过增加一个内部循环数据报计数器（8位）而被recei服务器确认。读取数据报计数器允许UART主机检查初始化序列或单次写操作的成功与否。读取访问，不要修改计数器。

读取访问

表5. UARTRead访问请求数据报结构

每个字节是lsb...msb，第一个字节																
同步+保留								8位节点地址			RW + 7位寄存器地址			CRC		
0...7								8...15			16...23			24...31		
1	0	1	0	保留的（我不在乎，但包括在CRC中）				诺达尔			寄存器地址		0		CRC	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	15	16	...	23	24	...	31

读访问请求数据报结构与写访问数据报结构相同，但使用较少的用户位。它的功能是对UART节点的寻址和传输对读取访问所需的寄存器寻址。TMC2240以与UART主机使用的读取请求相同的比特率响应。

为了确保从主机到节点的干净总线转换，TMC2240不会立即发送响应到读访问，但使用程序延迟时间，在读请求之后产生第一个响应字节。根据UART主机的此顺序，可以使用延迟时间设置（去故障=8位次）将该延迟时间设置为8位次的多倍。在模块节点系统中，将发送延迟设置为最小值。所有节点s均为2。否则，一个寻址节点检测到对不同节点的上读访问的传输错误。

表6. UARTRead访问复制数据报结构

每个字节都是lsb...msb，首先进行字节传输																					
0 63																					
同步+保留					8位节点地址				RW + 7位寄存器addr。				32位数据				CRC				
0...7					8...15				16...23				24...55				56...63				
1	0	1	0	预留(0)				0xFF				寄存器地址		0		数据库3、2、1、0（高到低字节）				CRC	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	15	16	...	23	24	...	55	56	...	63		

读取响应使用地址代码%11111111发送到UART主机。在最后一位被发送后，发射机开始停止工作4位。

地址%11111111保留给转到UART主机的读访问。一个节点不能使用此地址。

CRC计算

一个8位CRC多项式用于检查读访问和写访问。它允许检测多达8个单位

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

错误初始值为zerois的CRC8-ATM多项式将LSB应用于MSB，包括同步和寻址字节。假设同步提示符总是正确的。TMC2240只响应正确传输的数据报包含自己的节点地址。它为每个正确接收到的写访问数据报增加其数据报计数器。

$$CRC = x^8 + x^2 + x^1 + x^0$$

串行计算示例

$CRC = (CRC \ll 1) \text{ 或 } (CRC.7 \text{ XOR } CRC.1 \text{ XOR } CRC.0 \text{ XOR } [\text{new incoming bit}])$

CRC计算的代码示例

```
void swuart_calcCRC (UCHAR*数据报, UCHAR数据报长度)
{
    inti,j;
    UCHAR* crc =数据报+ (数据报长度-1); //CRC位于消息的最后一个字节UCHAR当前
    字节;

    *crc=0;

    为 (i = 0; i < (数据长度-1); i++) { //执行=字节的所有字节[i]; //检索字节 (j
    =0; j<8; j++) {
        如果 ( (*crc>>7) ^ (当前字节&0x01) ) //更新基于CRC的XOR操作的结果
        {

            else
            {
                *crc=( *crc<<1);
            }
            当前字节=当前字节>>1; } //对
            于CRC位
            针对消息字节的} //
    }
```

UART信号

TMC2240上的UART接口包括五个信号。在UART模式下，每个节点连续检查自己的pinDIAG1/SW是否正确接收的数据表。在这段时间内，针被输入。如前所述，我根据同步间隙来适应波特率。在读取的情况下，它打开DIAG1/SW，并使用相同的baud速率发送响应。

表7.TMC2240UART接口信号

信号描述	
DIAG1/SW数据输入和输出	
CSN/AD2位2的UART地址增量 (+4)	
SCK/AD1位的附加增量 (+2)	
UART地址增量)+SDI/AD0位的0，与链中先前IC的NAO相连	
SDO/NAO NA选项为链式顺序寻址方案（重置默认=高）	

解决多个节点

如果主机使用单个UART总线接口只对其中一个或最多8个TMC2240进行寻址，则可以使用简单的硬件地址选择。通过连接UART地址引脚(SDI,

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

SCK, CSN)到VCC_IO和GND。

如果需要将超过8个节点连接到同一个UART总线，则必须使用不同的方法。该方法通过使用输出NAO（SDO）作为该设备的0位地址的选择针，可以处理多达255个节点。按如下步骤进行：

- 将第一个TMC2240的SDI/AD0绑定到GND。
将第一个TMC2240的SDO/NAO输出连接到下一个节点的地址[0]引脚（SDI/AD0）。连接其他节点
- 也以同样的方式出现
- 现在，第一个节点响应地址为0。后续节点被设置为地址为1。
将第一个TMC2240编程到其特定的节点地址。注意：一旦一个节点被初始化为其节点地址，它的在（SDI/AD0）中绑定到下一个节点的地址[0]p的SDO/NAO输出必须按顺序编程为逻辑0
- 来区分下一个节点和下面的所有节点。
现在，第二个节点是可访问的，并且可以指定特定的节点地址。进一步的节点可以被编程到它们特定的节点地址。

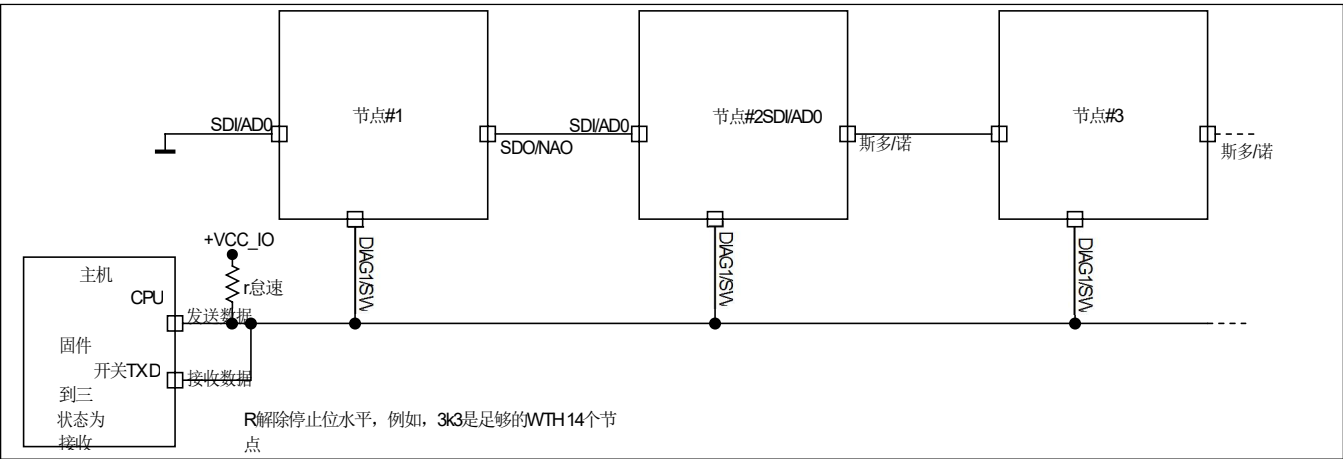


图5. UART Daiss-链接示例

表8. UART对多达255个节点的寻址示例

相位	节点#1	节点#2	节点#3
解决阶段1	地址0, NAO很高	地址1	地址1
解决阶段2	程序，以解决254& s和NAO低	地址0, NAO很高	地址1
解决阶段3	地址254	程序，以解决253& s和NAO低	地址0
Addressing phase 4	地址254	地址253	程序，以解决252& s和NAO低
Addressing phase x	继续程序		

步向接口

步骤和DIR输入提供了一个简单的，标准的接口，兼容许多现有的运动控制器。微放大器步进脉冲插值器使高分辨率微步进的电机运行平稳，应用于最初设计的粗步进方案。

正时

下图显示了步骤和DIR信号的定时参数。当删除模在

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

直升机注册表设置，步骤的两边都是活动的。如果去边是cl耳的，只有上升的边是活动的。步和步被采样并同步到系统时钟。一个大约10ns的内部模拟滤波器可以消除信号上的故障，如那些由长PCB痕迹引起的故障。如果信号源远离芯片，而如果信号通过电缆传输，则信号应保持不变或以差异方式传输。

请参见电气特性有关指定的定时参数的表。

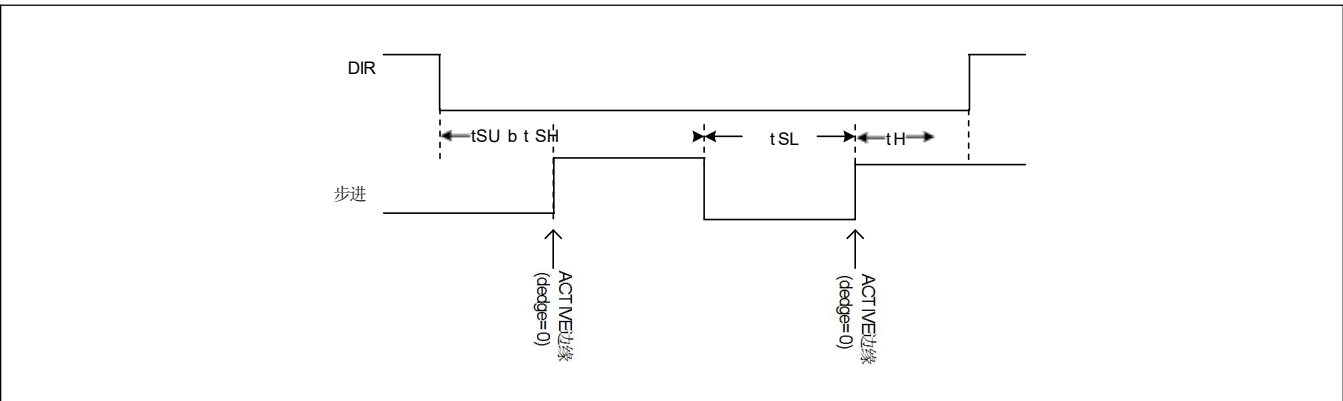


图6. STEP/DIR信号定时

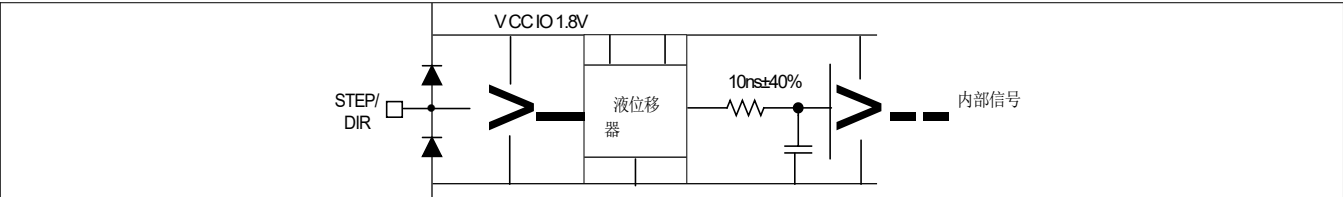


图7. STEP/DIR信号输入滤波器结构

改变分辨率

降低的微步长分辨率允许限制step/DIR接口的步长频率，或与较旧的、性能较差的驱动程序兼容。有1024正弦波输入的 内部微步表产生正弦电机线圈电流。这1024个条目对应于一个电旋转或四个全阶跃。微步长重新解决方案设置确定了在表中所采取的步宽。根据DIR的输入，微步计数器会增加(DIR=0)或减少(DIR=1)。微步法决定了增量的递减。在最大分辨率下，测序器为每一步脉冲推进一步。以一半的分辨率，它推进了两个步骤。增量可达256步。测序器有特殊的规定，允许在任何时间在不同的微步率之间无缝切换。当切换到较低的低分辨率时，它计算目标分辨率内最近的步长，并读取该位置的当前向量。这种行为对于像全步长和半步长这样的低分辨率尤其重要，因为当比较顺时针和逆时针运行的动作时，步长序列中的任何故障都会导致不对称运行。

示例：

完成步骤：通过表格位置循环：128、384、640和896（45°、135°、225°和315°电气位置，两个线圈在相同的电流上）。每个位置上的线圈电流对应于RMS值(0.71倍振幅)。步长为256（90°电气）

半步长：第一个表的位置为64（22.5°电气），步长为128（45°步长）

四分之一步：第一个表位置32（90°/8=11.25°），步长64（22.5°步长）

这样就产生了等距的步骤，并且它们在两个旋转方向上都是相同的。一些较旧的驱动程序也使用零

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

电流（表项0.0°）为全电流（90°）。这种步进是避免的，因为它提供更少的扭矩和更差的功耗在驱动器和电机。

表9.A/B相线圈电流的全步/半步查找表值

台阶位置	工作台位置	电流线圈A	电流线圈b
半步0	64	38.3%	92.4%
Fullstep 0	128	70.7%	70.7%
半步1	192	92.4%	38.3%
半步2	320	92.4%	-38.3%
Fullstep 1	384	70.7%	-70.7%
半步3	448	38.3%	-92.4%
半步4	576	-38.3%	-92.4%
Fullstep 2	640	-70.7%	-70.7%
半步5	704	-92.4%	-38.3%
半步6	832	-92.4%	38.3%
Fullstep 3	896	-70.7%	70.7%
半步7	960	-38.3%	92.4%

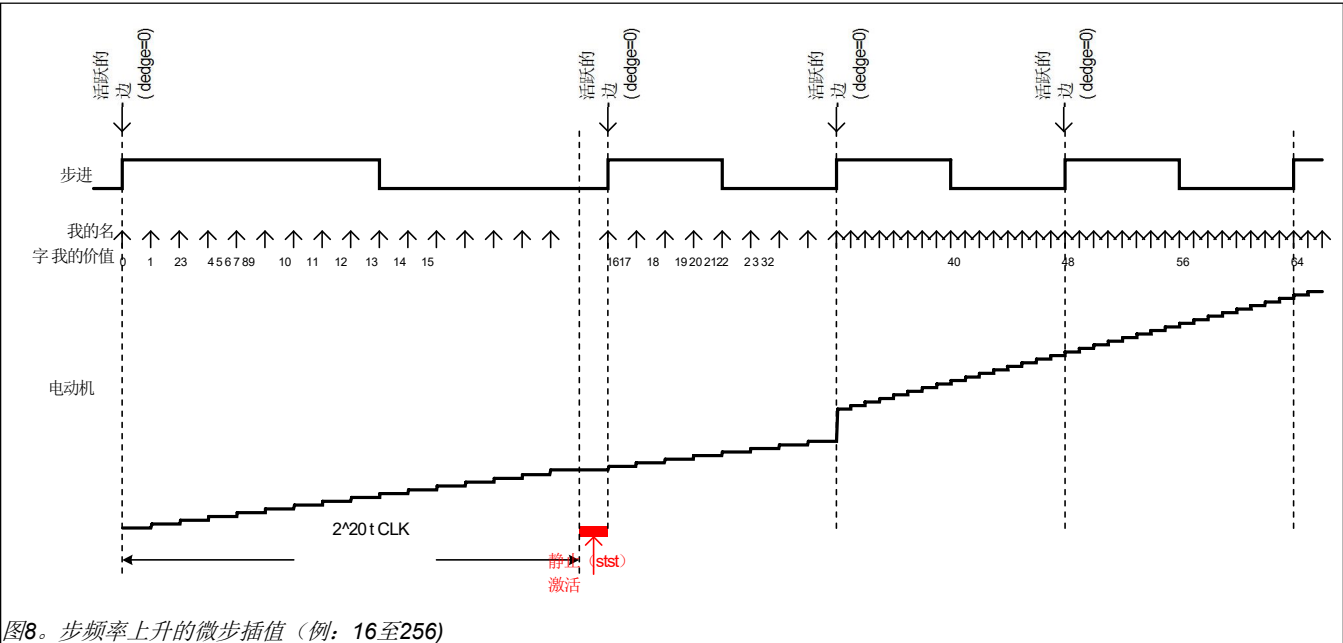
微分配器步插值器和静止检测

对于S TEP上的每一个有源边缘，微放大器产生256倍分辨率的微步长。它根据最后一步的间隔，在步骤输入处插值两步脉冲之间的时间。这样，从2个微步(128个微步到多达256微步（全步输入到256微步）被驱动为叠步脉冲。微扩孔器的功能是通过设置该打印机的打印机寄存器来实现的。

通过测量时间间隔来确定2到256步的步率前一个阶段，将它分成多达256个相等的部分。2个微步之间的最长时间对应于to2 20（大约100万个系统时钟周期），为256微步的均匀分布。在16MHz系统关闭k频率，这导致最小步进输入频率16Hz为微压器操作。一个较低的步长率导致到~位，表示一个点。在这个频率下，微步长发生的速率为(系统凝块k frequency)/216 256Hz.当检测到静止时，驾驶员会自动将电机切换为保持电流IHOLD。

注意：微喷雾器只有在稳定的步骤频率下才能完美地工作。如果步骤信号没有50%的占空比，则不要使用删除选项！

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI



在图中，第一个步骤周期足够长，可以设置静止位标准。此位在下一步活动边缘上被清除。然后，外部步骤的频率增加。在更高的速率下一个周期后，微放大器适应插值的微磷酸到更高的频率。在较慢的周期中，微钳并没有产生所有的16个微步，因此在较高的第一周期和第二周期之间的运动角度有一个小的跳跃。

StealthChop2

步进芯片2是步进电机的一种非常安静的步进模式。它是基于一个电压模式的PWM。在静止和低速时，电机是绝对无噪音的。因此，蒸汽2操作的应用非常适合室内或家庭使用。电机在低速下绝对自由振动。在稳定芯片中，使用电压调制解调器pwm将一定的有效电压引入线圈，从而施加电机电流。通过增强的StealthChop2，驱动程序会自动适应应用程序以获得最佳性能。不再需要进行其他配置。可选配置允许在特殊情况下调优设置，或为自动自适应算法的初始值。对于高速驱动，应考虑与稳定芯片2结合。

在探索稳定芯片2时，操作应用程序中的电机。电机的性能通常优于非机械载荷，因为它可以防止电机在没有负载的情况下发生机械振荡。

自动调谐

SteealthChop2集成了一个自动调优（AT）过程，它可以自动调整最重要的操作参数。通过这种方式，蒸汽芯片2允许高电机动力，并支持降低电机到非常低的电流。只需考虑两个步骤：电机静止时启动，但使用标称运行电流（AT#1）。以中等速度移动电机，例如，作为归航程序的一部分（AT#2）。随机图中的流程图显示了调优过程。

表10. StealthChop2自动调优的约束和要求

步进	参数	条件	所需持续时间
----	----	----	--------

表10。StealthChop2在#1和AT#2处自动调优的约束和要求（续）

在#1	<i>PWM</i> <i>汽车的</i>	●电机处于静止状态，实际电流比例尺（CS）为 ●相同的环形电流（IRUN）。如果启用了停止还原，则执行初始步骤脉冲将驱动器切换回运行电流，或将IHOLD设置为 ●引IRUN在操作水平。	$\leq 2 \cdot 20 + 2 \times 2 \cdot 18 \cdot t$ CLK, $\leq 130\text{ms}$ (带内部时钟)
在#2	<i>PWM</i> <i>格勒汽车</i>	●运动速度，其中显著生成的反向电磁场的数量和其所在的位置可达到 ●全程电流。条件： $PWM_SCALE_SUM \leq 4 \times PWM_AT\#2 \times (IRUN+1)/32$ ●$PWM_SCALE_SUM \leq 255$ 提示：一个典型的范围是60转/分到300转/分。	更换±1需要8个全步长。对于PWM_GRAD_AUTOOptimum在50或更少的典型电机，当从默认值0开始时，最多需要400个全步长。

线索

使用评估板确定自动调整的最佳条件。

使用PWM_GRAD和PWM_OFS的应用程序特定参数进行固件的初始化，以提供初始调优参数。

在AT#2调整的恒定速度阶段，MonitorPWM_SCALE_AUTO降至零。这表明进行了成功的调优。

注意：

在没有适当调整的情况下，在健康芯片2中工作可能会在减速斜坡期间导致高电机电流，特别是在低阻电机和快速减速设置下。遵循自动调整过程，并使用评估板检查最佳调整条件。建议对PWM_OFS和PWM_GRADdetermined运动类型使用初始值。

修改GLOBAL表或VS电压使自动调整过程的结果无效。电机电流调节不能补偿直到下一个AT#1阶段的重大变化。当在以后的操作中满足rAT#1和AT#2条件时，自动调整可以适应变化的条件。

StealthChop2选项

为了使电机电流匹配到一定水平，有效PWM电压根据实际电机速度而变化。另外几个因素会影响驱动电机所需的电压：电机电阻、后电动势（例如，与速度成正比）以及电源电压的实际水平。提供两种PWM调节模式：使用电流反馈的自动调节模式（AT）（pwm_autoscale=1、pwm_autograd= 1）和馈送速度控制模式（pwm_autoscale= 0）。馈电的速度控制模式对电源电压的变化或电机失速等事件不作出反应，但它提供了非常稳定的振幅。它不使用或不需要任何电流测量方法。这是完美的，当电机类型和电源电压是众所周知的。因此，我们推荐自动模式，除非在给定的操作条件下不调节。

建议使用特定于应用程序的初始调谐参数，拟合电机类型和电源电压。此外，在自动调谐模式下操作，以恢复参数的变化，例如，由于电机加热或电源电压的变化。

非自动模式（pwm_autoscale= 0）应只考虑到已知的电机和操作条件。在这种情况下，需要通过接口进行小心的编程。操作中的parametersPWM_GRAD andPWM_OFS可以被最初确定为非自动调优模式。

稳定2PWM频率可以选择四步顺序来适应分频器与时钟源的频率。在20 kHz-50kHz范围内的设置对于大多数应用都是好的。它具有较低的电流电流和较高的速度性能。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

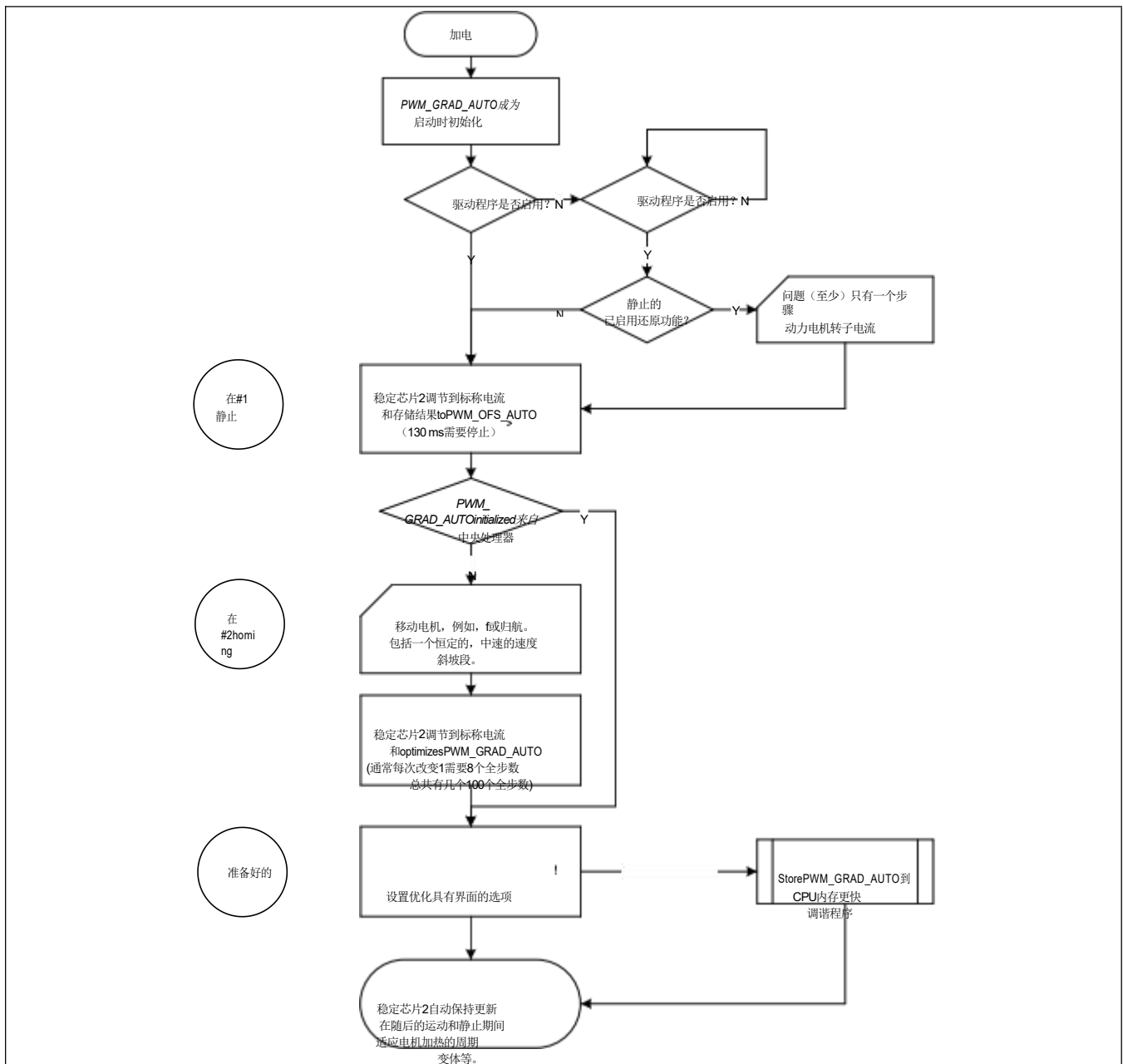


图9. 数据芯片2自动调整功能

表11年。稳定芯片2选择PWM频率（推荐粗体字体=）

时钟频率f CLK	PWM_FREQ =%00 fPWM = 2/1024 f CLK	PWM_FREQ =%01 fPWM = 2/683 f CLK	PWM_FREQ =%10 fPWM = 2/512 f CLK	PWM_FREQ =%11 fPWM = 2/410 f CLK
20MHz	39.1kHz	58.1kHz	78.1kHz	97.6kHz
18MHz	35.2kHz	52.7kHz	70.3kHz	87.8kHz
16MHz	31.2kHz	46.9kHz	62.5kHz	78.0kHz

表11年。稳定芯片2的PWM频率选择（推荐粗体字体=）（续）

12.5MHz（内部）	24.4kHz	36.6kHz	48.8kHz	61.0kHz
10MHz	19.5kHz	29.3kHz	39.1kHz	48.8kHz
8MHz	15.6kHz	23.4kHz	31.2kHz	39.0kHz

StealthChop2电流调节器

在稳定芯片2电压PWM模式下，自动缩放功能（pwm_auto缩放=1，pwm_auto_grad=1）将电机电流调节到所需的电流设置。自动缩放作为AT过程的一部分，并用于跟踪电机参数内的变化的结果。驱动器在斩波器期间定时测量电机电流，并使用一个比例调节器到regulatePWM_SCALE_AUTO，以便将电机电流与目标电流相匹配。PWM_REG是该调节器的比例系数。基本上，比例系数应该尽可能小，以获得稳定和软调节行为，但它必须足够大，使驾驶员对由目标电流变化（如V REF的变化）引起的变化能够作出快速反应。在初始调谐步进AT#2的过程中，PWM_REG也补偿了电机速度的变化。因此，高加速度d#2需要更高的设置ofPWM_REG。通过仔细选择归航速度和加速度，调节梯度的最小设定通常就足够了（PWM_REG= 1）。PWM_REG设置应优化最快所需的加速和减速斜坡(比较t他跟着两个数字

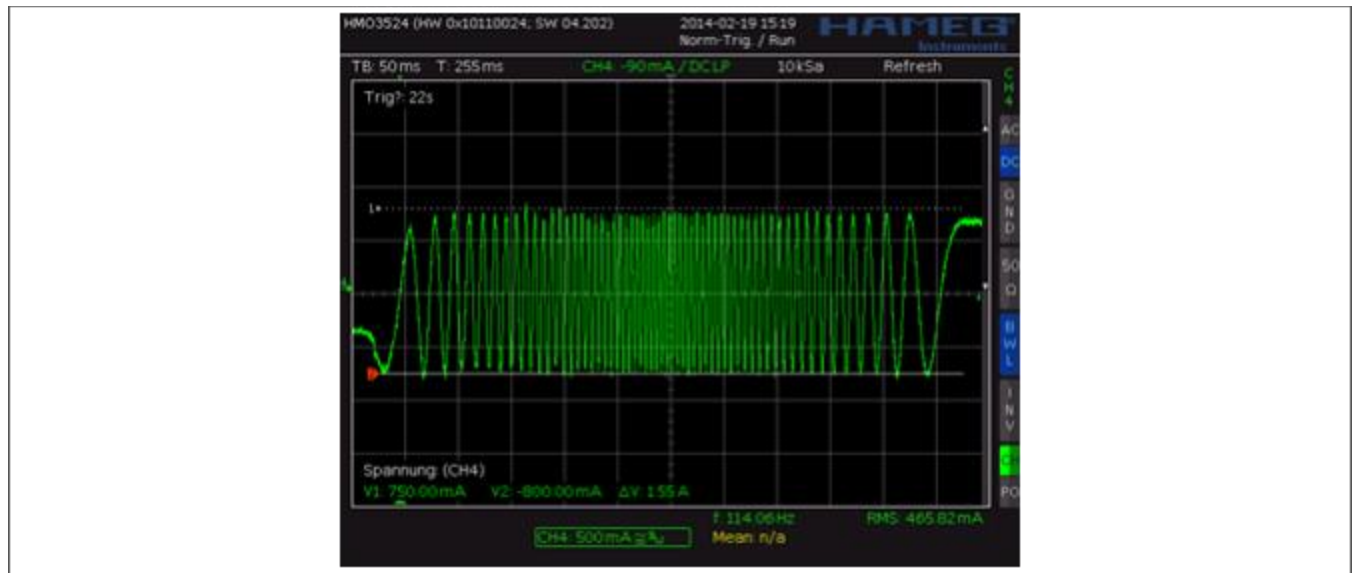


图10.数据芯片2: PWM_REG的良好设置

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

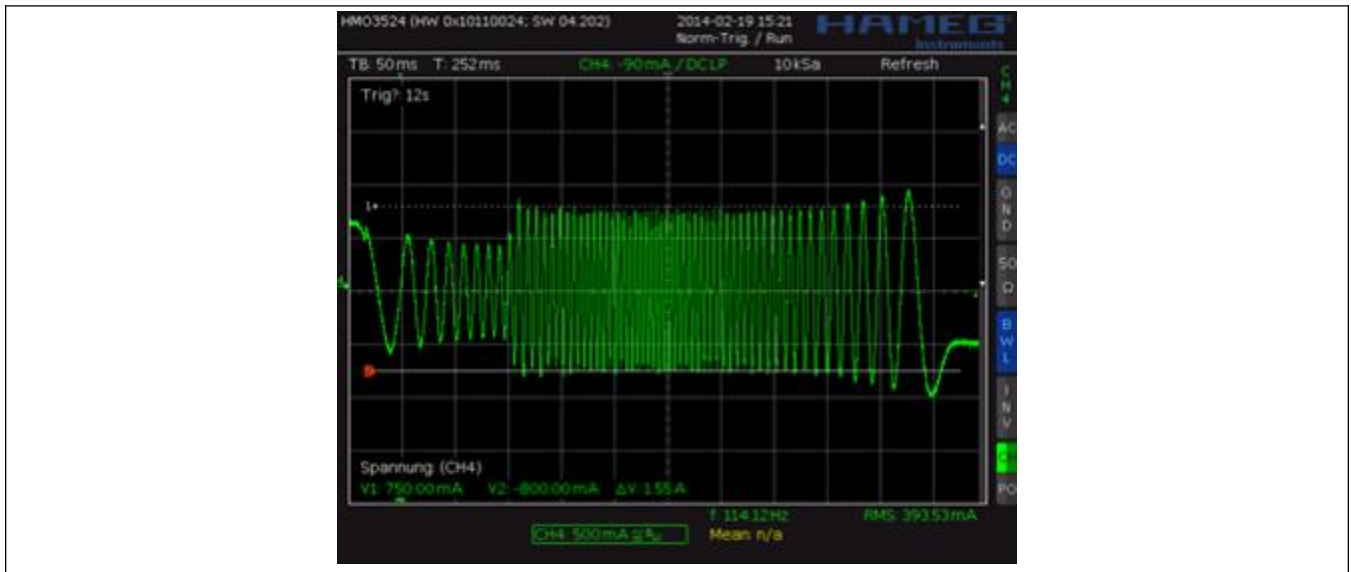


图11.数据芯片2: PWM_REGduring AT#2的设置太小

在监测加速阶段的电机电流时，可以检查settingPWM_REG的质量和完成的自动调优程序（或PWM_OFS和PWM_GRAD的非自动设置）。

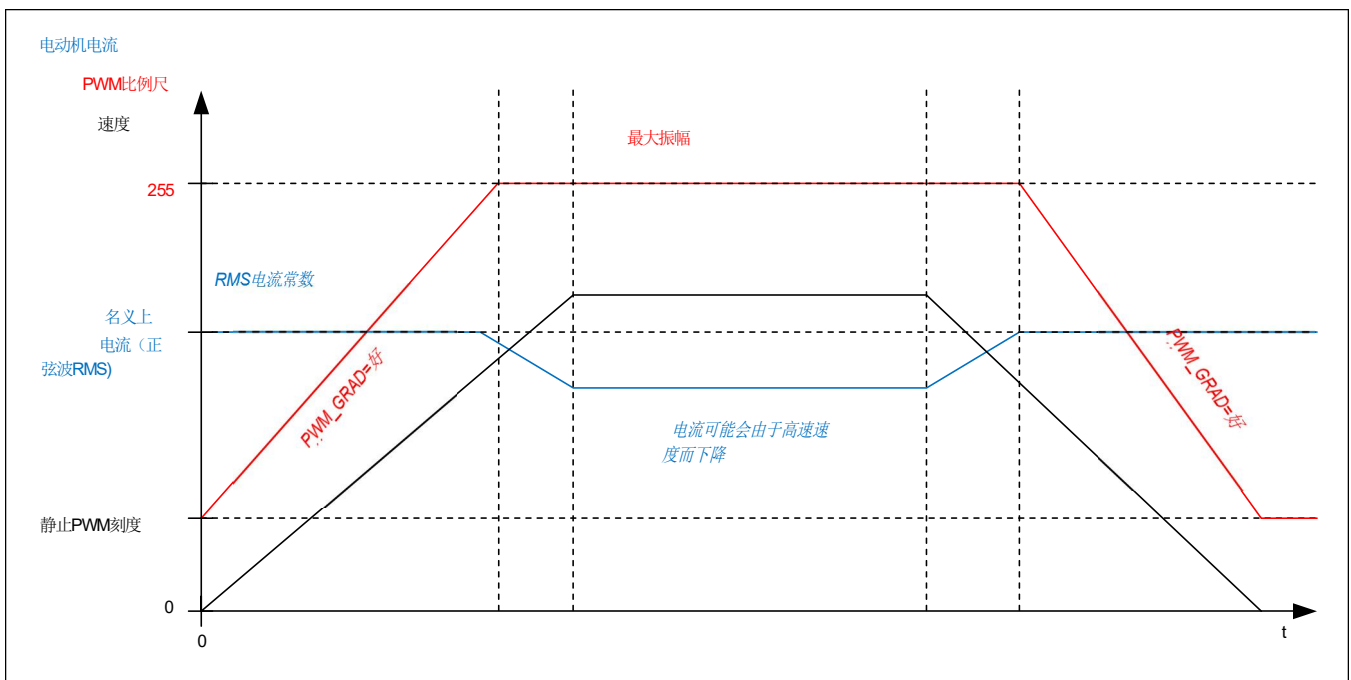


图12.已成功确定了PWM_GRAD (_AUTO) 和PWM_OFS (_AUTO)

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

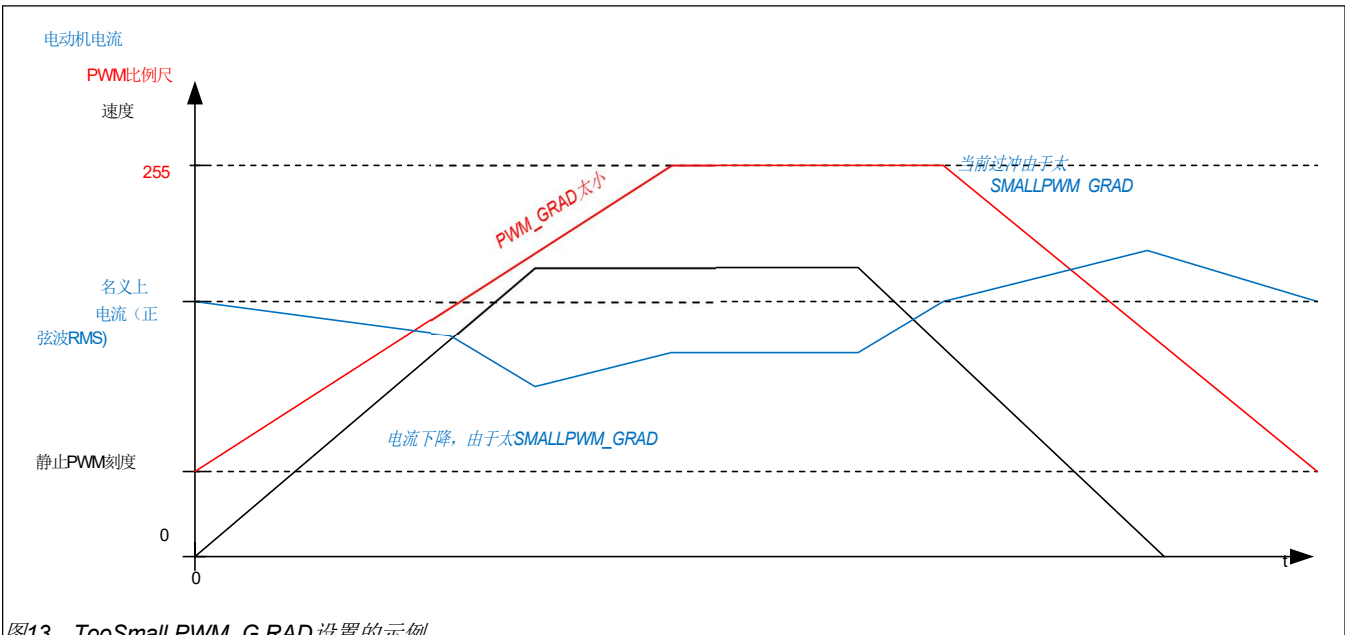


图13. TooSmall PWM_G RAD设置的示例

下限电流限制

根据pwm_meas_sd_enable的设置，稳定2电流调节器原理是电机电流调节的下限。由于线圈电流仅在斩波相位期间测量（pwm_meas_sd_enable=0），允许线圈电流调节的最小斩波占空比由TBL设置的空空时间和斩波频率设置给出。因此，稳定芯片2自动缩放模块中电机特定的最小线圈电流随着电源电压和斩波频率的增加而增大。一个较低的消隐时间允许一个较低的电流限制。这对于正确测定PWM_OFS_AUTO很重要，因为一号电流、全球尺度和红外值都在规定范围内。较低的电流（例如，静止断电）是自动实现基于onPWM_OFS_AUTO andPWM_GRAD_AUTO分别基于onPWM_OFS andPWM_GRAD与非自动电流缩放。自由选择允许去移动电机电流。

降低蒸汽量表2自动调整的电机线圈电流限制（pwm_meas_sd_enable= 0）：

$$I_{\text{LowerLimit}} = t_{\text{BLANK}} \times f_{\text{PWM}} \times \frac{V_S}{R_{\text{COIL}}}$$

与V设置的电机电源电压和RCOIL的电机线圈电阻。

我可以降低最小标称红外电机电流设置的拇指极限值。如果极限不足以达到期望的设置，则设置pwm_meas_sd_enable= 1。

f PWM是通过设置PWM_FREQ来确定的斩波器频率。

例如：电机具有线圈电阻of5Ω，电源电压为24V。使用TBL=%01 andPWM_FREQ=%00，t BLANKis 24个时钟周期，f PWMis 2/（1024个时钟周期）：

$$\text{我的下限是} = 24t_{\text{CLK}} \times \frac{2}{1024t_{\text{CLK}}} \times \frac{24V}{5\Omega} = 225 \text{ mA}$$

这意味着自动行驶的电机目标电流必须是225 mA或更多，考虑到所有相关的设置。这个下限也适用于通过全局标器的电流电流的修改。

注意：

对于自动调谐，应降低线圈电流限制。

IRUN≥8: 当前设置的IRUN以下8不使用自动调优。

I下限: 根据自动调谐位pwm_meas_sd_enable (寄存器PWM_CONF[22])的设置, 应用较低的线圈电流限值。在自动调谐相位AT#1中的电机电流必须超过这个下限。测量电流下限或使用电流探头进行测量。在成功自动调整后, 可以通过修改IRUN和IHOLD将电机运行电流或保持电流设置在当前当前限制以下。较低的电流限制也限制了驱动器对全球尺度器变化的响应能力。

电流下限也限制了驱动器对全球尺度器变化的响应能力。

为了克服下限集pwm_meas_sd_enable =1。这使得集成电路可以额外测量低衰减阶段的电流电流。

基于速度的标度

基于速度的缩放基于每两步之间的时间来调整稳定步骤2的振幅, 例如, 基于TSTEP, 以时钟周期测量。这个概念基本上不需要当前的测量, 因为不需要调节回路。基于腐败的缩放可以通过编程, 只有在设置pwm_autosc ale= 0。其基本思想是对驱动目标电流进入电机所需的电压进行线性近似。该泵子电机具有一定的线圈电阻, 因此需要根据基本公式I=U/R获得电压振幅来产生目标电流。以R为线圈电阻, U上行电压按PWM值缩放, 电流结果。初始值forPWM_OFS可以替代:

$$PWM_OFS = \frac{374 \times R}{V_S}$$

与VS电机电源电压和ICOIL的目标rms电流

有效PWM电压U PWM (1/SQRT(2)x峰值) 结果考虑8位分辨率和248正弦波峰值, 显示为PWM_比例尺:

$$U_{PWM} = V_S \times \frac{PWM_SCALE}{256} \times \frac{1}{256 \sqrt{2}} = V_S \times \frac{PWM_SCALE}{374}$$

随着电机速度的升高, 电机产生越来越大的反向电动势电压。反向电磁场电压是电机速度的关系。它降低了在线圈电阻处有效的PWM电压, 从而使电流降低。TMC2240提供了第二个速度相关因子 (PWM_GRAD) 来补偿这一点。该模式下的整体有效PWM振幅 (PWM_SCALE_SUM) 自动根据频率频率计算:

$$PWM_SCALE_SUM = PWM_OFS \times \left(\frac{CS_ACTUAL + 1}{32} \right) \times \frac{256}{TSTEP}$$

CS_ACTUAL考虑IHOLD和IRUN或CoolStep定义的实际电流缩放。fSTEP为256微步分辨率的微步频率, f CLK为驱动器或实际内部频率的时钟频率。

作为第一个近似, 后电磁势减去电源电压, 从而有效电流放大减小。这样, PWM_GRAD设置的第一个近似值就可以失效:

$$PWM_GRAD = C_{BEMF} \times 2\pi \times \left| \frac{V}{s} \right| \times \frac{f_{clk} \times 1.46}{V_M \times MSPR}$$

C温度是电机的反向电磁势常数, 单位为每弧度/秒。

MSPR是与1/256微步分辨率相关的每次旋转的微步数, 例如, 1.8°电机的51200= 256微步乘以200全步。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

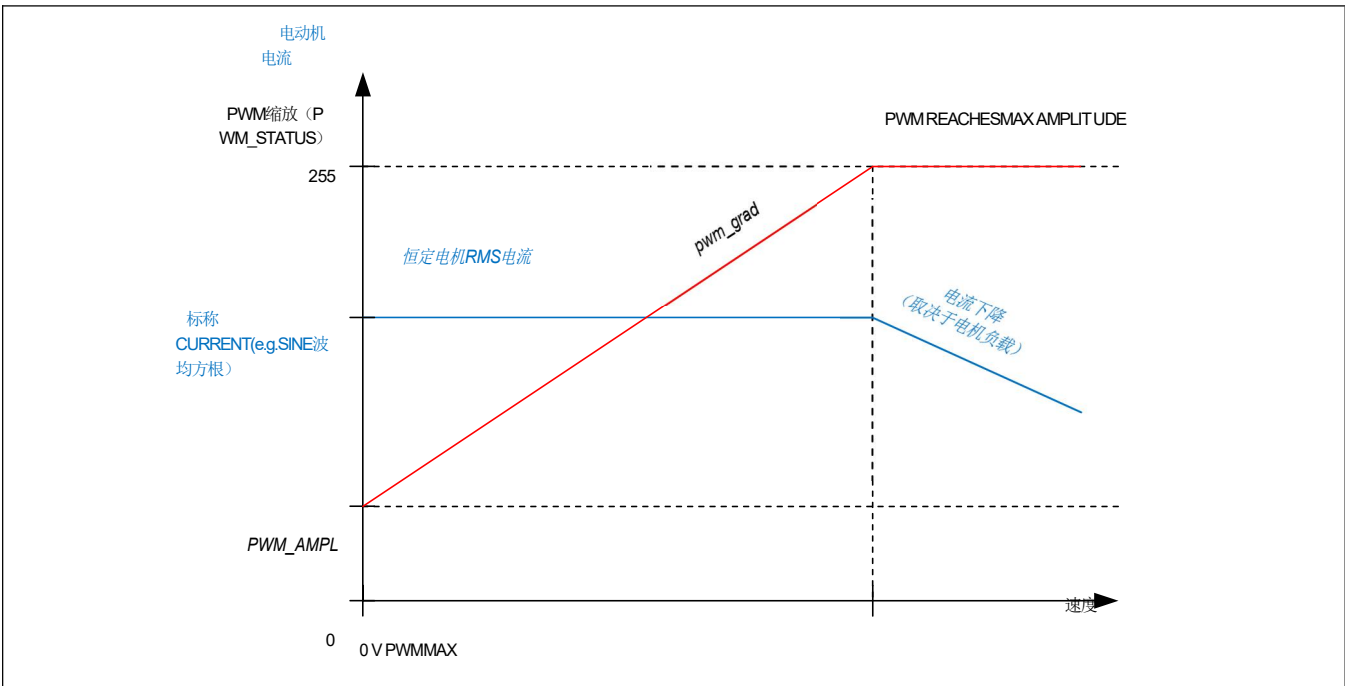


图14. 基于速度的PWM比例调整 (pwm_autoscale=0)

通过使用示波器上的电流探针跟踪电机电流，可以轻松优化forPWM_OFS andPWM_GRAD值。或者，自动调优决定了这些值，它们可以读出fromPWM_OFS_AUTO和PWM_GRAD_AUTO。

了解电机的后电动势常数：

后电动势常数是指电机以一定速度旋转时产生的电压。通常电机数据表没有指定这个值，因为它可以从电机转矩和线圈电流额定值中扣除。在SI单位内，后电磁动势常数C BEMF的数值值与转矩常数的数值具有相同的数值。例如，扭矩常数为1Nm/A的amotor的C BEMF为1V/rad/s。用1rps（1rps = 1革命的每秒=6.28rad/秒）旋转这个马达会产生6.28V的反向电磁势电压。因此，后电场常数可以计算为：

$$C_{BEMF} \left[\frac{V}{\frac{rad}{s}} \right] = \frac{HoldingTorque[Nm]}{2 \times I_{COILNOM}[A]}$$

我是电机的额定RMS相电流。

保持扭矩是具体保持扭矩，例如，在两个线圈上达到的扭矩。扭矩单位为[Nm]，其中1纳米=100Ncm = 1000mNm。

电压是有效的RMS电压每个线圈，因此标称电流乘以2在公式，因为标称电流采取一个全步进位置，与两个线圈工作。

结合稳定芯片2和分段循环

对于需要高速运动的应用，扩散循环可以在上速度范围内带来更稳定的运行。为了将无噪声操作与最高的动态性能结合起来，TMC2240允许基于速度阈值组合陡峭的hChop2和分段循环。这样，StealthChop2只在低速时才活跃。

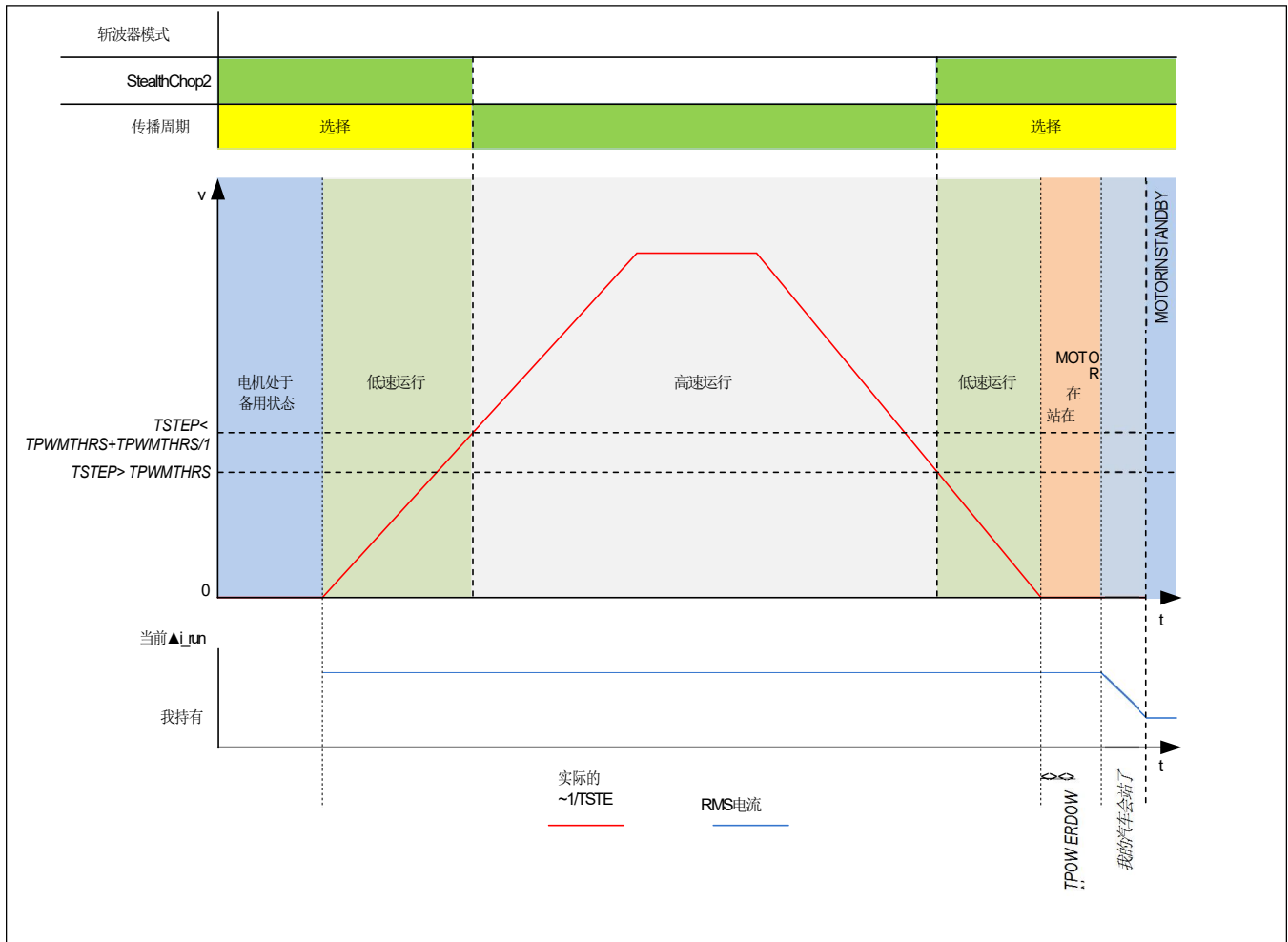


图15. 可选切换到扩展周期的步骤

作为第一步，这两个斩波器原则都应该分别进行参数化和优化。

在下一步中，必须定义切换速度。例如，稳定芯片2操作于精确的低速定位，而分段循环应用于高度动态的运动。

TPWM THRS决定了这个过渡速度。在以期望的速度移动时读取outTSTEP，并将结果值编程到TPWMTHRS。使用行传输速度以避免开关点的抖动。

无抖动切换到分段循环：

当以较高的速度切换时，会发生挺振，因为电机的反向电动势（随速度上升）导致电机电压和电机电流之间高达90°的相移。因此，当在电压PWM和电流PWM模式之间以较高的速度切换时，这种抖动会随着强度的增加而发生。高抖动甚至可能产生暂时的过流状态（取决于电机线圈电阻）。在低速条件下（例如，1到几个10转/分），它可以完全忽略了大多数电机。因此，考虑在扩展周期和稳定芯片2之间切换驱动程序的抖动。通过控制控制的自动切换，驾驶员可以通过使用秒挡4来确定相移，自动消除混动。它应用相同的相移到扩散周期，直到速度下降到开关阈值以下。设置fla

gSG4_THRS.sg_angle_offset以启用此功能。

如果您只想使用StealthChop2，则SetTTWMTHRS为零。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

当第一次使用自动电流调节启用稳定芯片2模式时，电机必须处于静止状态，以允许适当的电流调节。当驱动器以更高的速度加速循环时，平稳芯片2逻辑存储最后的当前调节设置，直到电机再次回到上升速度。这样，当返回到一个较低的速度时，规则就有了一个已知的起点，在那里StealthC hop2开始启用。因此，当直升机切换到不同的调制解调器时，速度阈值和电源电压都不能有很大的变化，否则，电机可能失去步进，瞬时电流可能过高或过低。

电机全部或电机的突然变化可能导致驾驶员检测到短路或自动调节状态，无法恢复。清除错误鞭，从零转速重新启动电机，从这种情况下恢复。

当第一次打开稳定芯片2时，从静止状态启动电机，并保持其停止至少128个波动周期，以使稳定芯片2进行初始静止电流控制。

Flagsin StealthChop2

由于蒸汽2使用电压模式驱动，基于电流测量的状态标志变慢，驾驶员对后电动势的突然变化反应延迟，如在电机失速上。

在op2中，电机失速或突然停止会导致过流状态。根据之前的电机速度，以及电机的线圈电阻，它显著增加电机电流几个10 ms。在低速时，后电场势只是电源电压的一小部分，因此没有触发短路的危险。

将驱动器级切换到支持电机的最低电流范围（DRV_CONF.current_range）。这将自动适应过电流阈值为三步长，从而在电机突然失速的情况下降低峰值曲线。

打开负载标志

在稳定chop2模式下，状态信息与标记OLA和OLB的周期周期不同。

- 如果设置OLA和OLB电流，则表示当前调节正在达到两个线圈上的标称电流。
- 如果OLA和OLB标记不变，则表示磁线圈中断。
- 如果闪烁OLA和OLB，则表示电机线圈电阻的差异约超过5%。

在当前的情况下，如果有附加的规定或高速超过PWM限制)，那么一个或两个标志都是活跃的。

当一个线圈上存在开负载情况时，电流调节可以超过另一个线圈上的目标电流，直到过电流检测跳闸点。这是因为在某些情况下，由于测量中心的限制，当前的调节器只是用更高的目标电流来调节线圈上的电流。在关键应用中，首先检查预循环中的开放负载。

如果需要，请使用分段循环选项进行一次开放负载测试，以提供最安全的结果。使用健康芯片2，可以检查PWM_SCALE_SUM以检测到正确的线圈电阻。

PWM_SCALE_SUMInforms关于电机状态

有关电机状态的信息可通过读出PWM_SCALE_SUM进行自动缩放。由于该参数反映了将目标电流驱动到电机所需的实际电压，它取决于以下因素：电机负载、线圈电阻、电源电压和电流设置。因此，评估PWM_SCALE_SUM值可以检查电机操作点。当达到极限（1023）时，电流调节器不能维持全电机电流，例如，由于电源电压的永久或暂时的下降。

无动制动和无动制动

SteealthChop2为电机静止提供了不同的选项。这些选项可以通过设置静止电流IHOLD为零和使用自由轮设置选择所需的选项来启用。愿望d选项在TPOWERDOWN和保持延迟指定的时间段后被启用。一旦运动目标处于零电流，当前规则将被冻结，以确保快速启动。通过自由制动选项，可以实现自由制动和被动制动。被动制动是一种有效的涡流电机制动，其消耗最小

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

能量，因为驱动入线圈的活性电流。然而，当施加连续扭矩时，被动制动允许电机缓慢转动。

控制健康芯片2的参数

下表包含与稳定2斩波模式相关的所有参数。

表12.控制隐形芯片的参数2

参数	描述	设置	评论
en_pwm_模式	一般允许使用偷窃thChop2（寄存器GCONF）。Default= 0	0	已禁用StealthChop2。传播周期活动。
		1	已启用了StealthChop2（取决于速度阈值）。仅在中启用静止和保持=名义运行当前。
pwm_meas_sd_enable	在缓慢衰减阶段的电流测量的控制。Default= 0	0	仅在相内测量的电流。低电流限制适用。
		1	在缓慢衰减阶段中测量的电流此外，还有过量的电流限制。
pwm_dis_reg_stst	此选项消除了任何规则的噪音停止。Default= 0	0	目前的监管一直在启动。
		1	当电机的备用电流降低时，禁用电流调节（小于IRUN）。
TPWMTHRS	指定在步骤芯片2中操作的上速度。输入TSTEP读数（两步之间的时间）以所需的阈值速度工作。 Default= 0	0 ... 1048575	牛排店的TSTEP 2是有害的TPWMTHRS
PWM LIM	从切换时限制当前抖动的限制值 扩展周期到稳定芯片2。降低值以产生低电流抖动。 Default= 12	0 ... 15	8位振幅上限
pwm_自动缩放	使用电流测量值启用自动电流缩放。关闭，使用正向控制速度模式。 Default= 1	0	正向控制mode
		1	使用电流调节器进行自动缩放
pwm_autograd	启用自动调整PWM_GRAD_AUTO默认=1	0	禁用，代替usePWM_GRADfrom寄存器
		1	使能够
PWM_FREQ	PWM频率选择。使用最低的设置给予好后果测量的频率输出有效斩波频率f PWM的一半。 Default= 0	0	fPWM =2/1024 f CLK
		1	fPWM =2/683 f CLK
		2	fPWM =2/512 f CLK
		3	fPWM =2/410 f CLK

表12.控制健康芯片2的参数（续）

PWM_REG	用户定义的PWM振幅调节环p系数。当更高的值，将导致更高的自适应速度 pwm_autoscale = 1. Default= 4	1 ... 15	结果每全步 PWM_SCALE_AUTOregulator为0.5到7.5步
pwm_ofs	用户定义的PWM振幅（偏移量）用于基于速度的缩放和自动调整的初始化值 pwm_ofs_auto . Default= 0x1D	0 ... 255	PWM_OFS = 0非线性电流缩放 基于电流设置
pwm_grad	用户定义的PWM振幅（梯度）用于速度的自动调整和初始化值 pwm_grad_auto . Default= 0	0 ... 255	
pwm_scale_sum	实际 PWM 缩放由实际设置决定。与 8 位 forPWM_GRAD/OFS_AUTO values相比，这个值显示出更高的精度（10位）。 Default= 0	0 ... 1023	
自由轮	当电机电流设置为零（I_HOLD=0）。仅在启用了StealthChop2时可用。自由旋转选项使其容易移动，而两个线圈短选项实现无源制动。 Default= 0	0	正常运行
		1	自由的
		2	线圈短通过LS驱动程序
		3	线圈短viaHS驱动程序
PWM_SCALE_自动	读取实际的步骤芯片2电压PWM缩放由电流调节器确定的修正。在调谐时，应调节到接近于0。 Default= 0	-255 ... 255	（只读）缩放值被冻结时在传播周期中运行
PWM_GRAD_AUTO PWM_OFS_AUTO	允许监测PWM_OFS andPWM_GRAD的自动调整和确定最终值。 Default= 0	0 ... 255	只读
有钱人	一般启用的电机驱动器，实际值不影响稳定芯片2 Default= 0	0	司机关闭
		1 ... 15	驱动程序启用
脑外伤	比较器空白时间。选择一个1或2的典型申请对于更高的电容负荷，可能需要3。较低的设置允许蒸汽芯片2调节降低温度螺旋电流值。 Default= 2	0	16 t CLK
		1	24 t CLK
		2	36 t CLK
		3	54 t CLK

传播周期和经典斩波器

步骤2是一个电压模式PWM控制斩波器，分段循环是一个循环的电流控制。因此，它可以极快地应对运动速度或运动负荷的变化。通过两个电机线圈的电流都使用斩波器进行控制。直升机相互独立地工作。在下图中，显示了不同的斩波器相位。

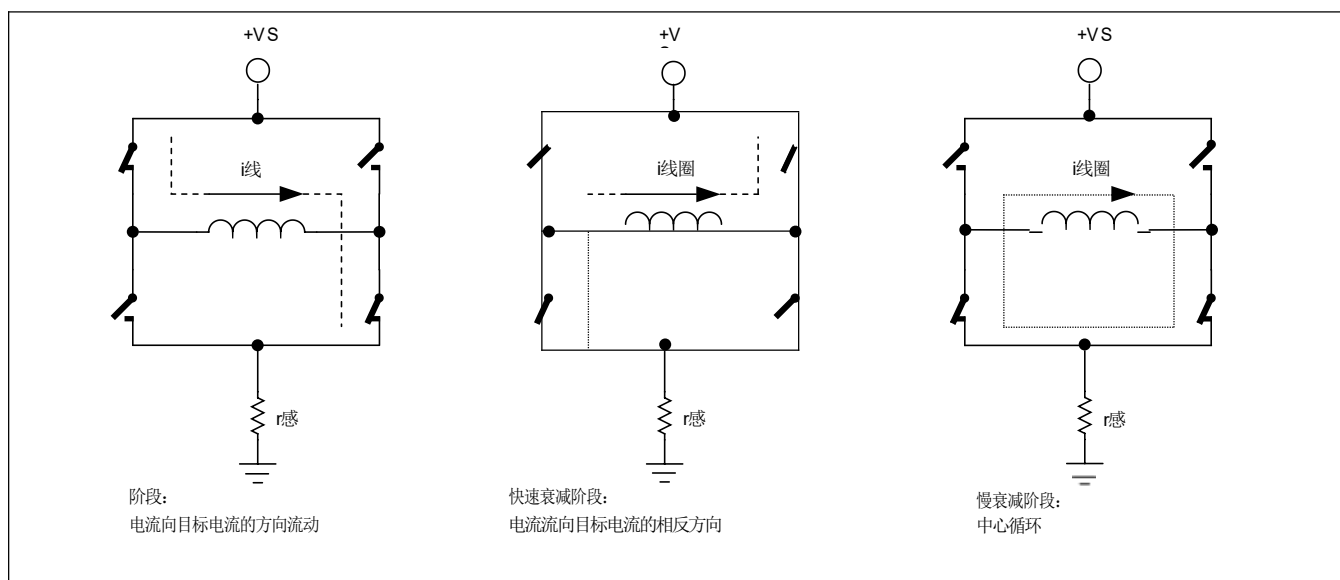


图16.典型的斩波器衰减阶段

虽然电流只能调节相位和衰减阶段，但插入缓慢衰减相对于减少电损失和电流撕裂器很重要。慢+ γ 相位的持续时间在控制参数中指定，并为该频率设置一个上限值。电流比较器测量线圈电流持续电流恰好通过下晶体管，而不是在缓慢衰减阶段。该衰减阶段由计时器终止。当通过通油的电流达到目标电流时，开相由解析器终止。快速衰减阶段可能终止到比较器或另一个计时器。

当线圈电流切换时，基于RDS（ON）的电流测量会出现峰值，以充电寄生电容。在这段时间内，通常是一微秒或两微秒，就无法测量电流。空白是要求比较器输入阻止这些问题的时间。

有一个双循环的斩波器可用：一种新的性能算法被证明是常数关闭时间斩波模式。常数时间模式通过三循环循环：开启、快速衰减和缓慢衰减。扩散循环模式循环经过四个阶段：开启、slow衰减、快速衰减和第二次缓慢衰减。

斩波频率是切波电机驱动器的一个重要参数。频率过低可能会产生听觉噪音。较高的频率降低电机中的电流纹波，但过高的磁损耗可能会上升。由于开关斜坡的影响增加，驱动器上的功率损耗随着频率的增加而增加。因此，需要找到一个折衷方案。电机在25 kHz至40 kHz的频率范围内最佳工作。该脉冲频率受到一些参数设置以及电机电感性和供电电压的影响。

提示：斩波频率在25 kHz到40 kHz范围内，在使用电子循环时。频率越高，开关损耗就越大。

表13.控制传播周期和经典关闭时间的参数
斩波器

参数	描述	设置	评论
----	----	----	----

表13.控制分段周期和经典时间的参数（续）

有钱人	设置缓慢衰减时间（关闭时间）。这是最大的斩波频率。 对于使用稳定芯片2的操作，不使用此参数，但使用炎需要启用moto r。如果只使用StealthChop2进行操作，任何设置都可以。 将此参数设置为零完全禁用驱动晶体管和电机滚轮。 Default= 0	0	斩波
		1...15	关闭时间设置NCLK = 24+32 x TOFF （1个最使用24个时钟）
脑外伤	选择比较器的空白时间。这个时间需要安全地覆盖切换事件和铃声的持续时间。对于大多数应用程序，分配1或2是很好的。对于高电容性负载，例如，当滤波器时在使用网络时，需要设置为2或3。 Default= 2	0	16 t CLK 限制：使用此选项仅在结合外部时钟振荡器<=8MHz
		1	24 t CLK 限制：可以使用内部时钟，或如果外部时钟免费ncy<=13MHz是应用。
		2	36 t CLK
		3	54 t CLK
chm	选择直升机模式的默认=0	0	传播周期
		1	经典的常量。不合时宜

传播周期斩波器

预循环（专利）斩波算法是一个精确和简单的使用斩波模式，自动确定快速衰减阶段的最佳长度。扩展周期提供了优越的微步进质量，即使与默认设置。各级参数可用于优化斩波器的应用程序。

每斩波器循环包括上相、慢衰变阶段、快衰变阶段和第二慢衰变阶段。两个缓慢衰减阶段和每个斩波周期的两个空白时间给该频率有一个上限。缓慢衰减阶段通常占静止周期的30%-70%，对低电机和驱动功率分配很重要。

慢衰减时间TOFF的起始值的计算示例：

●目标斩波器频率：25 kHz

• t OFF=1 / 25kHz× 50 / 100×1 / 2= 10μ s

假设：两个缓慢的衰减周期构成了总的波动周期时间的50%。

●●为TOFF设置，这意味着：TOFF=（tOFF×fCLK-12）/ 32

与16MHz时钟，这个结果在TOFF = 4.6，这将需要一个设置的T OFF= 4或5
与12MHz时钟，这个结果在TOFF = 3.4，这将需要设置TOFF=3或4

提示：刚性电机速度有时受益于将TOFF设置为1或2和一个较短的T BL设置。

滞后启动设置迫使驱动器引入一个最小数量的电流纹波到电机线圈。电流的波纹必须高于电阻损耗所使用的电流中心，以获得最佳的微跳跃结果。这使得直升机可以精确地调节上升和下降的目标电流。将电流纹波引入电机线圈所需的时间也重新引导斩波频率。因此，较高的滞后设置会导致较低的斩波频率。电机电感限制了斩波器跟随不断变化的电机电流的能力。此外，开相位和快速衰减的持续时间必须比消隐时间更长

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

时间，因为当前的比较器在空白期间被禁用。

从长时间设置（例如， $HSTRT=0$ ， $HEND=0$ ）开始，增加 $HSTRT$ ，直到电机在低速设置下平稳运行。这最好是在用电流探头测量电机r电流时进行检查。检查在零跃迁附近的正弦波形显示，如果滞后设置太小，机器人波之间有一个小的边缘。在中等速度下（例如，100全步数到400全步数每秒），过低的滞后设置会导致电机的嗡嗡声和振动增加。太高的滞后设置导致斩波频率降低和斩波噪声增加，但对波形没有任何好处。

正如实验表明，设置是相当独立于电机，因为高电流电机通常也有一个较低的线圈电阻。因此，为滞后（例如，有效滞后=4）选择一个低到中的默认值通常是最适合的应用程序的。可以通过使用电机进行实验来优化设置：过低的设置会降低低音阶精度，而过高的设置会导致更多的斩波噪声和电机功率耗散。当快速衰减时间略长于消隐时间时，设置值g是最优的。如果这很难达到，你可以减少关闭时间设置。

在某些情况下，磁滞原理可能导致c漏斗频率变得过低，例如，当卷线圈电阻比电源电压更高时。通过将滞后设置分解为开始设置（ $HSTRT+HEND$ ）和结束设置（ $HEND$ ）来避免这一点。一个自动滞后递减器（HDEC）通过逐步减小滞后值，在两个设置之间进行插值。在每个斩波器周期开始时，迟滞开始于开始值和结束值的总和（ $HSTRT+HEND$ ），并在周期中减少，直到斩波器周期结束或达到迟滞结束值（ $HEND$ ）。这样，如果频率变低，则该频率稳定在高放大，电源电压低。这就避免了频率无法达到声音范围。

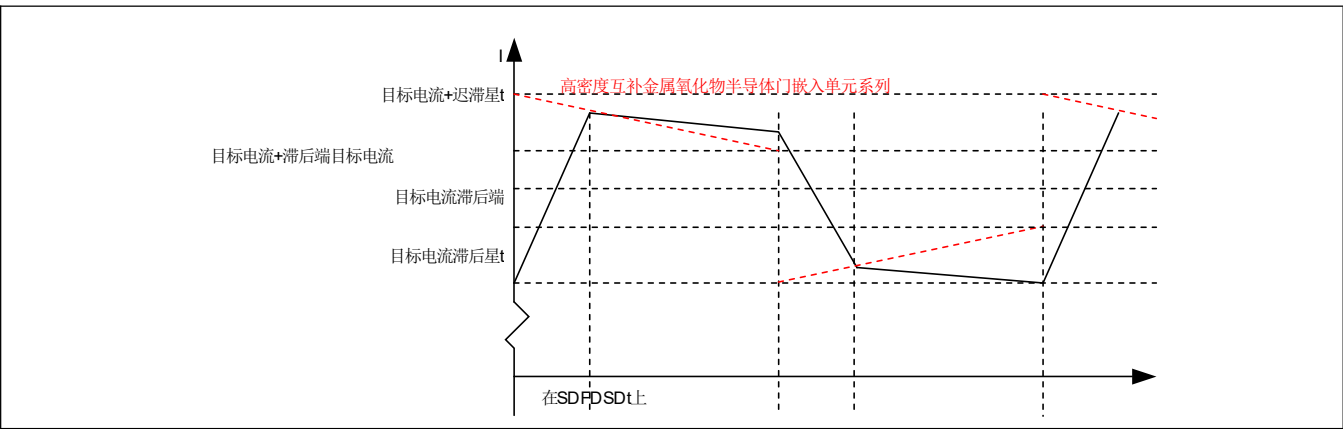


图17.螺旋斩波器方案显示斩波器循环中的线圈电流

表14. 分段循环模式参数

参数	描述	设置	评论
哈斯特特	滞后启动设置。该值是与迟滞端点值HEND的偏移量。Default= 5	0...7	HSTRT = 1...8 此评估添加到端部。
铰链	滞后结束设置。设置一个递减数后的迟滞结束值。该HSTRT+HEND必须是≤16。在当前设置为最大值时。30（振幅减至240），其总和不受限制。 Default= 2	0...2 3	-3...-1: 负 HEND 0: 零 HEND

表14. 分段循环模式参数（续）

	4...15	1...12 : 正 HEND
--	--------	-----------------------

即使在HSTRT=0和HEND=0上，TMC2240也通过模拟电路设置了一个最小的滞后现象。

样例

已经选择了一个时间为4的滞后时间。你可能会决定不使用滞后性的解释。在本表中：

HEND=6（设置有效端值为6- 3= 3）

HSTRT=0（设置最小滞后，例如，1: 3+1=4）

为了利用可变的滞后性，我们可以将大部分的值设置为HSTRT，例如，4，和剩下的1到滞后性端。由此生成的配置寄存器值区域如下：

HEND=0（设置有效结束值为-3）

HSTRT=6（设置滞后端的有效测试值+7: 7-3=4）

经典的持续停机时间直升机

经典的稳定时间斩波器是扩散循环的替代品。完美的调整，它也给出了很好的结果。结合没有外部感应电阻的RDSon电流传感，这种光学模式可以带来对高音高斩波噪声的好处。

经典的常数关闭时间斩波器使用固定时间快速衰减。虽然开相位的持续时间由斩波比较器决定，但快速衰减时间需要足够的驱动器来跟随正弦波的下降坡度，但不应太长，以引起过量的电机电流纹波和功率耗散。这可以调节一个示波器或在不同的速度下评估电机的平滑度。一个良好的起始值是快速衰减时间设置，类似于缓慢的12月时间设置。

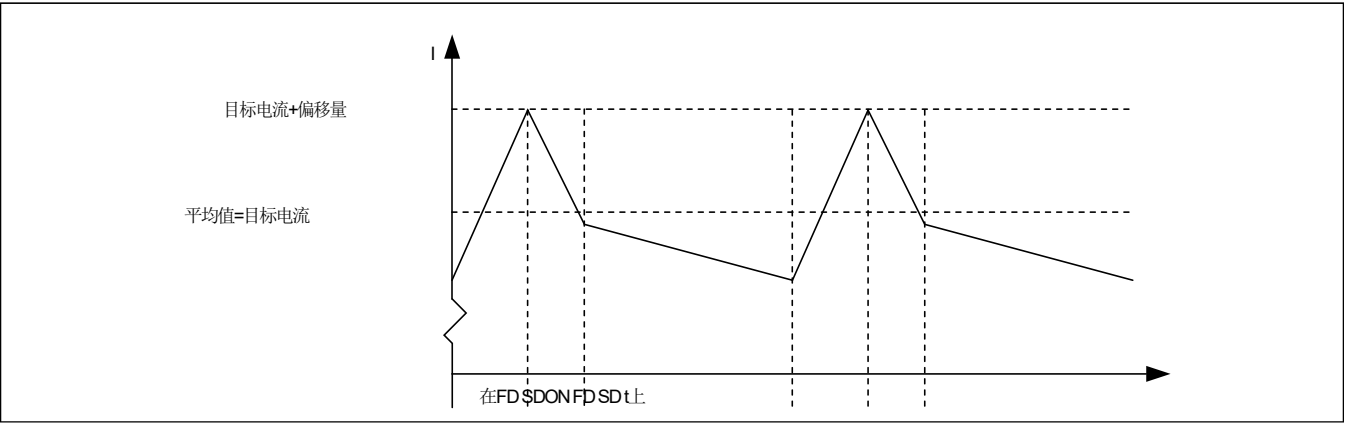


图18. 带偏移显示线圈电流的经典常数断开时间斩波器

在调整了快速衰减时间后，偏移量应该被调整为一个平滑的零交叉。这是必要的，因为快速衰减相位使电机电流的绝对值低于目标电流(见下图)。如果零度过低，则在当前过零时短暂静止。如果温度太高，就会产生更大的微步。通常，对于最平滑的操作，需要一个正的偏移设置。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

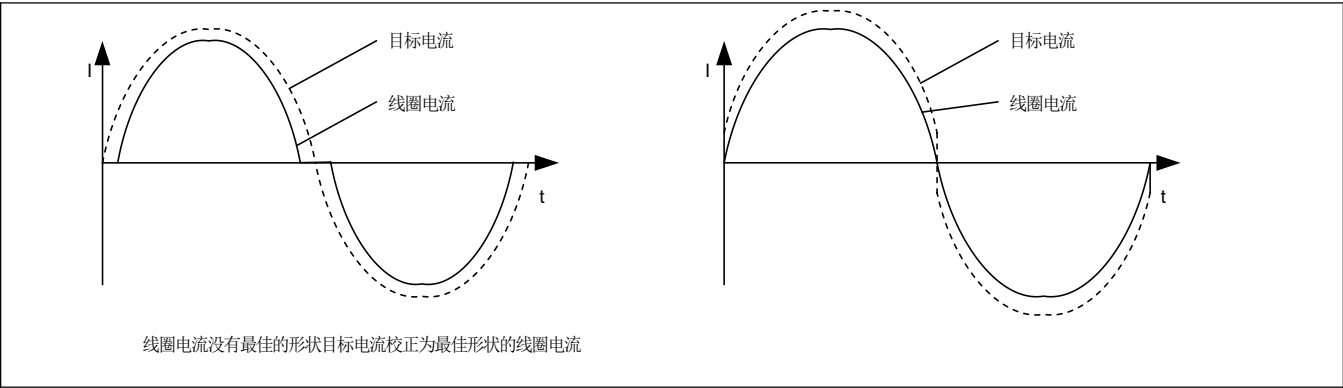


图19。经典斩波器的零交叉和正弦波偏移修正

表15.控制常数断时斩波器模式的参数

参数	描述	设置	评论
TFD (fd3和HSTRT)	快速衰减时间设置。使用CHM =1， 这些位控制每个斩波器周期的快速衰减比例。	0	仅慢衰变
		1...15	快速衰减阶段的持续时间
偏移量 (HEND)	线波偏移量。使用CHM =1， 这些位元控制正弦波偏移。正偏移校正零交叉误差。	0...2	负偏移量： -3...-1
		3	无偏移： 0
		4...15	正偏移量 1...12
disfdcc	选择使用当前的比较器来终止快速衰减周期。如果启用电流比较器，如果当前值的负值大于实际正值的负值，则终止快速衰减循环。	0	启用 比较仪 快速衰变周期的 终止

综合电流感应

非耗散电流传感系统集成在TMC2240（ICS）中。这一特性消除了笨重的外部功率传感器，这通常需要与外部电流传感。与基于外部感应电阻的主流应用相比，ICS具有显著的空间和效率。为了获得最佳性能，ICS单独测量每个功率MOSFET的RDS（ON），考虑个别MOSFET温度，得到最佳结果。

设置电机电流

TMC2240允许设置电机相位电流。下表中给出的参数允许调整当前的缩放以及当前的上升和下降。

表16.电机电流的控制参数

参数	描述	设置	评论
润润	电机运行时的电流比例。卷取电流值 内部正弦波表。对于高精密电机操作，使用电流工作 缩放因子在16到31范围内，因为缩小当前值通过制作微步扫描器降低了有效的微步分辨率。这个设置也 控制由CoolStep设置的最大电流值。 Default= 31	0...31	比 例 因 子 1/32,2/32 ,32/32

表16.控制电机电流的参数（确认）

伊霍尔	与IRUN相同，但运动静止。 与IRUN相比，IHOLDin的较低值<16是可以的。Default= 8		
ihold延迟	允许平滑的电流，从运行电流减少到保持电流。ihold延迟控制归零后m功率下降的时钟周期数 2 18个时钟的增量： 0 =瞬时功率down， 1..15: Current还原n延迟电流步长在多组2 18个时钟。 示例：当使用IRUN=31和IHOLD=16时，需要15个当前步骤来保持电流减少。因此，保持延迟设置为4会导致4x15x2 18时钟周期，例如，在1 6MHz时大约1秒。 Default= 1	0	即时断电至伊霍尔
		1...15	1 x 2 18 ... 15 x 2 18 每个电流的时钟消耗
红外线延迟	控制启动后电机通电的时钟周期数。 允许从保持电流（IHOLD）旋转电流（IRUN）开始运动时的平滑电流增量。虽然快速通电对建立全电机扭矩很重要，但一个小的延迟时间有助于减少声噪声，并避免跳上电源源电流 Default= 4	0	即时升级到IRUN
		1...15	每次延迟当前的在IRUNDELAYx中的倍数中增量步长512时钟

设置全比例电流范围

全尺度电流I是峰值电流s。

使用外部参考电阻和theDRV_CONF寄存器中的2位选择的全比例电流。

一个具有1%精度的标准低功率电阻器就足够了。

三种不同的全尺寸电流范围可以配置，以适应不同的电机尺寸和应用。

这是需要受益于一个最好的电流控制分解离子。

因此，将电阻连接到IREF到GND，以设置全尺寸斩波电流IFS。

位1..0 inDRV_CONF寄存器定义了驱动器级的典型接通电阻，并基于外部电阻进一步控制全比例范围。

下面的公式显示了全尺度电流IFS as是连接到引脚I REF andtheDRV_CONF注册位设置的R REF电阻器的函数。

比例常数K IFS取决于所选的全尺度范围设置（DRV_CONF寄存器位1..0）。外部电阻R REF的范围可为between12kΩ和60kΩ。

$$IFS=KIFS\left(KV\right)/RREF\left(k\Omega\right)$$

表17.IFS全规模峰值范围设置（RREF=12kΩ的示例）

寄存器配置	K IFS (A xk Ω)	最大。fs设置 (峰值)	典型的 (rdhss+ (续))	注意事项
DRV_CONF位 1..0				
11	36	3A	0.23Ω	优化效率，扩大操作范围 到3A FS。
10	36	3A	0.23Ω	优化效率，扩大操作范围 到3A FS。

表17.IFS全规模峰值范围设置（RREF=12kΩ的示例）（续）

00（默认）	11.75	1A	0.40Ω	将操作范围减少到1A FS。 当在低电流下需要高精度时。
--------	-------	----	-------	---------------------------------

下表是全尺度电流的不同参考器值（ I_{REF} ）与不同的引脚配置的矩阵。在每个单元中给出了由此产生的最大均方根电流。

表18. I基于电流锡安培（RMS）的onDRV_CONF位1..0设置和不同R REF

R参考（kΩ）	基于最大尺度电流（ARMS）的ONDRV_CONF BITS1..0设置和K IFS（A xkΩ）			
	DRV_CONF BITS1..0 = 11	DRV_CONF BITS1..0 = 10	DRV_CONF BITS1..0 = 01	DRV_CONF BITS1..0 = 00
	K IFS= 36	K IFS= 36	K IFS= 24	K IFS= 11.75
12	2,12	2,12	1,41	0,69
15	1,70	1,70	1,13	0,55
16	1,59	1,59	1,06	0,52
18	1,41	1,41	0,94	0,46
22	1,16	1,16	0,77	0,38
24	1,06	1,06	0,71	0,35
27	0,94	0,94	0,63	0,31
33	0,77	0,77	0,51	0,25
39	0,65	0,65	0,44	0,21
47	0,54	0,54	0,36	0,18
48	0,53	0,53	0,35	0,17
56	0,45	0,45	0,30	0,15

速度基准模式控制

TMC2240允许配置不同的斩波器模式和操作，以实现最佳的电机控制。根据电机荷载，不同的模式可以优化为最低的噪声和高精度，高质量的动力学，或最大的扭矩，最大的速度。一些功能，如冷步或后备箱2在营养速度范围内很有用。许多速度阈值允许在需要较宽速度范围的应用程序中组合不同的模式操作。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

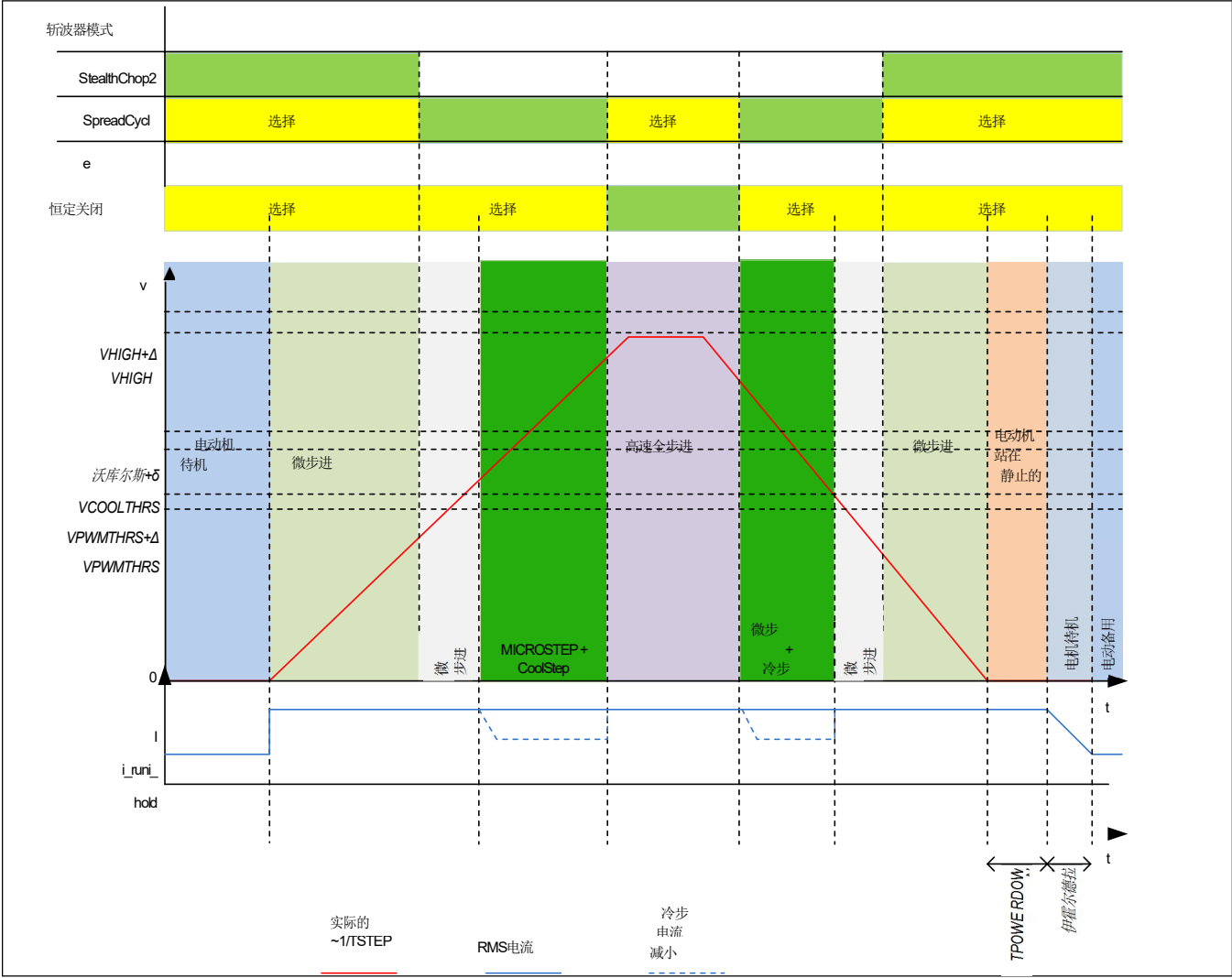


图20. 与速度相关的模式的选择

该图显示了所有可用的阈值和所需的顺序。TPW、VHIGH和冷却器由TPW MTHRS、大腿和冷却器决定。速度用每两步脉冲之间的时间间隔TSTEP来描述。这允许在使用外部步进源时确定速度。TSTEP总是标准化到256微步。这样，当微步长分辨率改变时，阈值就不必适应了。阈值代表相同的电机速度，i不依赖于微步长设置。TSTEP将与这些阈值进行比较。一个1/16 TSTEP的滞后率。当TSTEP测量器发生抖动时，1/32 TSTEP用于比较结果的连续切换。上游开关速度高1/16。所示的值的1/32。电机电流可以编程为运行和保持水平，取决于静止标志。

使用自动速度阈值允许根据不同的速度范围调整应用程序。像冷却步骤这样的特性将在您的设置中完全透明地处理。这样，一旦参数化，它们就不需要通过软件进行任何激活。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

表19. 基于速度的模式控制参数

参数	描述	设置	评论
stst	指示每个操作模式下的静止。最后一步脉冲后的2 ²⁰ 时钟。	0/1	状态位，只读
调速电源下降	这是电机停机（stst）后的延迟时间。时间范围大约为0到4秒。设置0为没有延迟，1.1一个时钟周期的延迟。进一步的增量是在2 ¹⁸ 个时钟周期的离散步骤中。	0...255	时间乘以2 ¹⁸ t CLK
t步	由1/fCLK的步进输入频率为单位得到的two1/256微步之间的实际测量时间。测量值（2 ²⁰ ）-1。	0...1048575	状态寄存器，只读状态。实际测量的步长时间为t CLK的倍数
TPWMTHRS	TSTEP ≥ TPWMTHRS 如果已配置，则已启用●StealthChop2 PWM模式	0...1048575	设置以控制上速度阈值在StealthChop2中操作
tcalthr	tcalthrs ≥ tstep ≥ 大腿: 如果已配置，则已启用●CoolStep 控制2电压PWM模式被禁用 TCOOLTHRS ≥ TSTEP ●静态输出信号已启用，如果已配置	0...1048575	设置以控制低速阈值操作与冷却步骤和停止保护2
大腿	TSTEP ≤ 大腿: ●冷却器禁用（电机以正常电流下运行） ●稳定芯片2电压PWM m被禁用 如果设置了高压芯片，斩波器切换到chm=1与TFD=为0 ●（仅限缓慢衰减）。 ●斩波器同步器关闭（S YNC= 0） 如果设置了高压，则温度以全步进模式运行，失速检测切换为全步进失速检测。	0...1048575	设置为控制冷却步骤和停止保护2的操作上限，以及可选择的高速步进模式
小 滞后作用	基于TSTEP的步进频率比较的滞后(较低速度阈值)和(TSTEP x15/16) -1 (TSTEP x 31/32)-1 (上速度阈值)	0	迟滞是1/16
		1	滞后是1/32
vhighfs	当超过VHIGH时，此位允许切换到全步进。仅在45°位置进行切换。全步目标当前使用45°微步表位置的当前值。	0	无完全切换
		1	Fullstep athigh velocities
vhighchm	当超过VHIGH时，该位允许切换到以下=1和fd=0。这样，就可以达到更高的速度。可以用高速格式的=1生成。如果设置，toff自动设置在高速运行期间自动加倍，以避免斩波器的频率加倍。	0	斩波器模式没有改变
		1	经典的常量。Toff斩波器距离速度
en_pwm模式	保持2电压PWM启用标志（取决于速度阈值）。仅停止时从关闭到打开状态。	0	无StealthChop2
		1	VPWMTHRS下面的StealthChop2

StallGuard2 2 负载测量

为了适应不同的电机控制方案，TMC2240提供了两种类型的无支撑保护传感器负载检测方案，涵盖了两种基本的斩波器模式。站护2进行了快速循环操作，而站护4对稳定控制2的操作进行了优化。

停机保护2提供电机负载的实际测量。它可以用于失速检测，以及其他使用在低于那些电机失速的负荷，如冷步负载自适应电流降低。测量值在负载、速度和电流设置范围内线性变化。随着电机负载增加，支柱保护值（SG_RESULT）减小。为了正确地检测停顿，需要调整。设置

当电机过载/熄火时，该thatSG_RESULT的停机阈值（SGTHRS）达到0（或接近0）。

提示：为了使用2和冷却步骤，保护2应首先使用军士设置调整灵敏度！

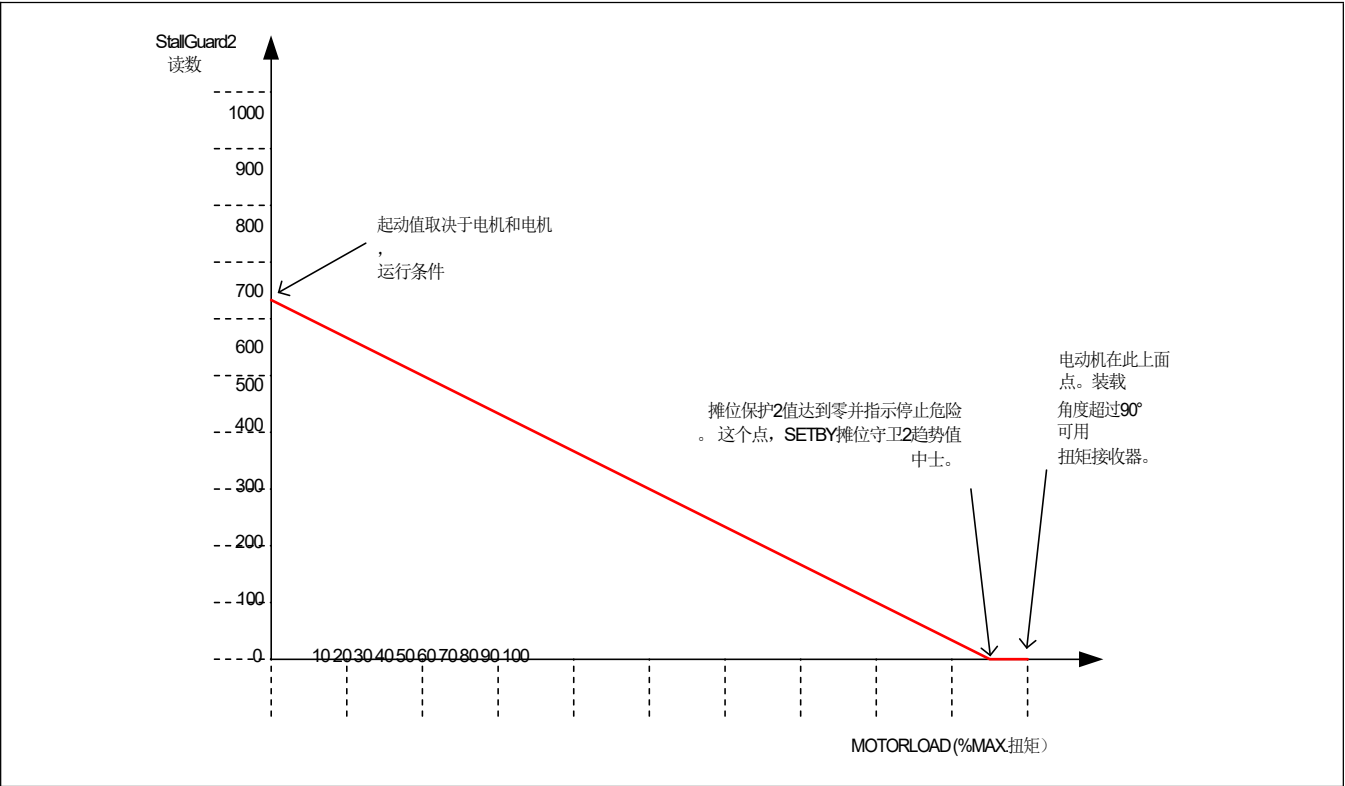


图21.StallGuard2的功能原理

表20跟踪保护2相关参数

参数	描述	设置	评论
硅栅晶体管	此符号值控制失速检测的StallGuard2阈值水平，并为读取设置最佳测量范围。值越低，灵敏度就越高。零是与主电机一起工作的起始值。较高的值会使失速保护2的灵敏度更低，并且需要更多的扭矩来指示失速。	0	无关的值
		+1...+63	较少地敏感
		-1...-64	高高的敏感
sfilt	使跟踪保护2过滤器能够实现更高的测量精度。如果设置，将测量频率降低到电机的一次测量（4 fullsteps).	0	标准模式
		1	滤波模式
状态字	描述	范围	评论

表20.StallGuard2-相关参数（续）

sg_result	这是跟踪2的结果。读数越高，表示机械负荷越小。读数越低，表示负载越高，因此负载角度越高。调整SGT设置，显示在最大负载为前电机失速时，SG_RESULTreading约为0到100。	0...1023	0: 最高负载 低值： 高负荷高 值：低负 荷
-----------	---	----------	-------------------------------------

备份保护器2更新速率和过滤器

跟踪保护2测量valueSG_RESULT随电机的每个全而更新。这足以安全检测到，因为失速总是意味着失去四步。在实际应用中，特别是在使用CoolStep时，更精确的测量可能比每步更新更重要，因为机械载荷不会从一个步骤到下一步瞬间变化。对于这些应用程序，sflt位启用过滤功能超过四个负载测量。当需要高精度测量时，应始终启用过滤器。无法补偿电机结构中的振动，例如由于A相与B相磁铁的错位。当需要对不断增加的负载进行快速响应，并为了获得无传感器归巢的最佳效果时，应禁用过滤器。

检测电动机失速

为了获得最佳的失速检测，不需要停止2过滤（sflt = 0）。为了安全地检测变形器停顿，必须确定一个特定的SGT设置的停顿阈值。因此，需要确定最大负载，哪个电机烛光不失速。同时，在此负载下监控SG_RESULTvalue，例如，在0到0到的范围内的一些值

100.失速阈值应是一个在操作范围内的安全值，以允许参数杂散。在SGT设置为0或接近0时的响应给出了一些关于信号质量的想法：检查无负载和有最大负载的theSG_RESULTvalue。它们应显示至少100或几个100的差异，这应与偏移量进行大量比较。如果设置SGT值，在最大运动负载下读数为0，则可以自动检测到失速以停止。在导致步长损失的步骤中，可见1个最低读数。在步长损失后，电机振动并显示出较高的SG_结果读数。

带有StallGuard2

直线驱动的定位需要将电机移动到硬停止的方向。由于StallGuard2需要一定的速度来工作（由冷却器设置），请确保起点距离硬停止点足够远，以提供加速阶段所需的距离。设置SGT后，向硬停止方向启动一个运动，并配置diag0_stall或diag1_stall，使用其中一个诊断输出向外部控制器指示失速状态。一旦检测到一个支架，控制器就会停止电机。停止条件也由旗舰级inDRV_STATUS表示。

StallGuard2操作限制

StallGuard2在极端电机速度下不能可靠地运行：非常低的电机速度（对于许多电机，小于1Rps）产生低背肌动势，使测量不稳定，并取决于环境条件（温度等）。前面描述的自动调优过程弥补了这一点。其他条件下SGT的极端设置和电机负荷测量响应差。

非常高的电机速度，其中完整的正弦电流不被驱动到电机线圈也会导致欠响应。这些速度的典型特征是电机反向电磁场达到电源电压。

StallGuard4负荷测量

StallGuard4为与稳定芯片2一起运行进行了优化，而它的p再版本StallGuard2与扩展循环一起工作。

无论如何，这个功能是相似的：两者都提供了一个负载值，从低负载时的高值，再到高负载时的低值。当StallGuard2被调整为显示“0”读数以进行失速检测时，StallGuard4使用一个与触发失速检测的比较好值，而不是通过应用偏移量来移动测量结果。

4提供了电机负载的精确测量，可用于失速检测、负载估计以及冷负载自适应电流降低。跟踪保护4的测量值呈线性变化

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

在很大范围的负载、速度和电流设置中，如图所示。当接近最大电机负载时，该值下降到一个电机特定的较低值。这相当于转子中线圈和磁体的磁场之间的载荷角度为90°。这也是电机最节能的运行点。

为了使用后备箱4，请在边界条件下检查电机的灵敏度。

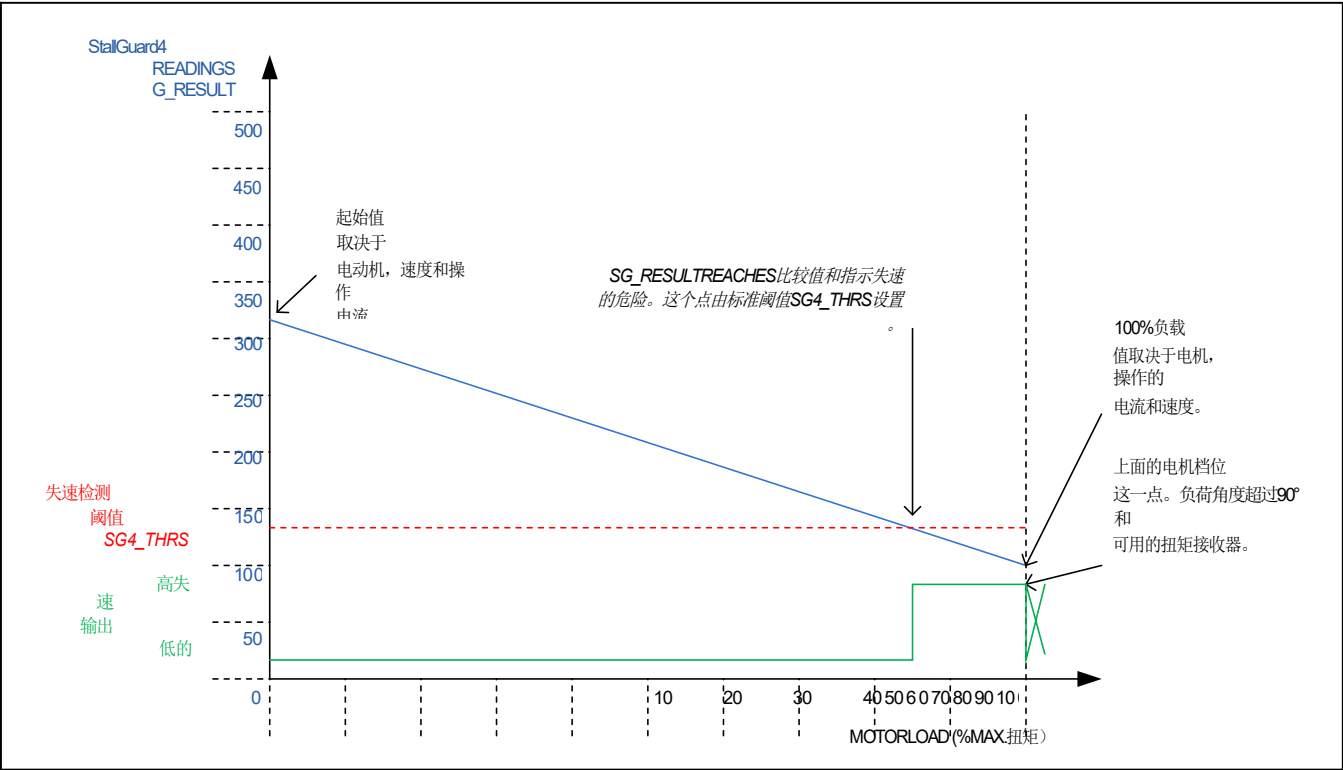


图22. 停止保护4的操作模式

表21跟踪保护4相关参数

参数	描述	设置	评论
<u>SG4 THRS</u>	此值控制失速检测的停止保护4阈值水平。它补偿电机特定特性和控制灵敏度。A 值越高，灵敏度就越高。较高的值使失速保护4不敏感，并需要更小的扭矩来指示失速。	0... 255	这个值是 与...相比 <u>SG4结果</u> 。 <u>失速输出</u> 如果SG4_RESULT 低于此值，则会被 激活。
状态字	描述	范围	评论
<u>SG 4结果</u>	这是stallguard的结果。读数越高，表示机械负荷越小。读数越低表示负载越高，因此负载角度越高。这个值的生成独立于启用条件，如实际的斩波器模式和速度阈值，如v冷却器。结果是计算fromSG4_IND_x测量值，增加一位更精确和范围类似于2的跟踪。	0...510	低值：最高负载 高值：空载

表21.StallGuard4-相关参数（续）

<u>SG4_IND_3</u> <u>SG4_IND_2</u> <u>SG4_IND_1</u> <u>SG4_IND_0</u>	电机相A下降（SG4_IND_0）/上升的单独测量（SG4_IND_1）过渡代表。相B下降（SG4_IND_2）/上升（SG4_IND_3）过渡。个别测量可在过滤模式，仅限（sg4_filt_en = 1）。SG4_IND_0涵盖了所有未过滤模式（sg4_filt_en = 0）	0....255	低值：最高负载 高值：空载
sg4_filt_en	0:未过滤操作，SG4_RESULTupdates 1:过滤操作，SG4_IND_0...3可用，SG4_RESULTgives最近四个SG4_IND_x测量的平均值	0 1	0: 滤出 1: 过滤后的操作，SG4_IND值可用的
sg_angle_offset	这个标志允许在偷窃thChop2和扩散周期，通过使用eSG4_RESULTto确定相位滞后并补偿相位跳转时，从电压控制到电流控制的操作。相位偏移量被存储，并在切换回时再次触发StealthChop 2.	0 1	0: 无角度校正 1: 优化在稳定芯片2和扩展周期之间切换

调谐StallGuard4

4 valueSG4_RESULT受电机特性和对负载、线圈电流和速度的特定要求的影响。因此，最简单的方法来调优摊位保护4 thresholdSG4_THRS的规格等运动类型和操作条件交互调谐在实际应用程序。

调优StallGuardSG4_THRS的初始步骤如下：

- 1.为您的应用程序和monitorSG4_RESULT以合理的操作速度操作电机。
- 2.对电机施加缓慢增加的机械负荷。在电机停止前，检查最小值ofSG4_RESULT。将此值作为SG4_THRS的起始值（应用于该值的一半）。
- 3.现在，通过DIA G输出监控跟踪保护输出信号（同时设置冷却器以匹配操作的速度限制），并在相应的输出上看到脉冲时停止控制。请确保，当炎症停止时，电机就会安全停止。IncreaseSG4_THRS，如果电机在失速发生前停止工作。
- 4.当支架被安全检测到，并在其支架发生的诊断处导致脉冲时，可达到最佳设置。在大多数情况下，SG4_THRS可以调整为一定的运动速度或速度范围。确保设置在一定范围内（例如，期望速度的80%至120%）以及在极端电机条件下（最低和最高适用温度）下工作可靠。

直径是由摊位守卫脉冲，whenSG4_RESULT下降belowSG4_THRS。它只在稳定芯片2模式下启用，并且在≥TSTEP>模式时启用。

运动控制器外部对单脉冲作出反应。设置，以匹配较低的速度阈值，其中停止保护提供一个良好的结果。

SG4_RESULT测量具有高分辨率，并且区域没有什么方法可以增强其精度，如下节所述。

StallGuard4更新速率

跟踪保护4测量valueSG4_RESULT随电机的每个全步长而更新。这足以安全检测到一个失速，因为一个失速总是意味着四个全步的损失。

标准保护4提供了两种测量选项：

1. sg4_filt_en = 0: 单一测量，在全步后更新，每步有效。这种测量允许对负载变化的最快的反应，因为SG4_RESULT成为完全更新与每个零传输的线圈电压。因此，炎是最佳的失速检测与硬障碍。
- 2.sg4_filt_en=1: 在这种模式下，产生四个单独的信号：余弦波（coilA）下降0跃迁时SG4_IND_0；正弦波上升0跃迁时SG4_IND_1；正弦波（coilB）下降0跃迁时SG4_IND_2；正弦波上升0跃迁时SG4_IND_3。实际值forSG4_RESULT是所有四个测量值，每步更新一次。这样，每个全步只对整体结果只有25%的影响。这种模式是完美的检测软障碍，或使用冷步在不精确

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

马达在滤波模式下，对突然负荷增加（硬电机堵塞）的敏感性降低。

检测电动机失速

为了安全地检测电机失速，必须使用specificSG4_THRS设置和特定的电机速度或速度范围来确定失速阈值。此外，电机电流设置有一定的影响，一旦确定最佳值，不应该修改。因此，需要确定最大负载，电机可以驱动不停滞为给定的应用。同时，监控SG4_RESULTat的此负载。失速阈值应该是一个在工作范围内的安全值，以允许参数杂散。更精细的评估也可能对变化ofSG4_RESULT做出反应，而不是与固定的阈值进行比较。这就排除了影响绝对值的某些影响。

StallGuard4操作限制

StallGuard4在极端电机速度下不能可靠地运行：非常低的电机速度（对于许多电机，小于1Rps）产生低背肌动势，使测量不稳定，并取决于环境条件（温度等）。其他情况也会导致valueSG4_RESULTto的负反应。非常高的电机速度，在其中的全正弦电流不被驱动到电机线圈也会导致粪便的r响应。这些速度的典型特征是电机反向电磁场超过电源电压。

冷却级负荷自适应电流比例

CoolStep是一种基于电机机械负载的自动智能能源优化技术，使其“绿色”。根据实际的斩波模式，冷却步骤自动在稳定芯片2中使用加载测量结果，或在分段循环中使用加载2。冷却步骤要求在停止保护2或停止保护4（取决于所使用的直升机模式）之前进行调整。单个调优并不能涵盖所有的操作点。

CoolS测试设置

冷却器由几个参数控制，但对于理解如何工作的：

表22.冷却步骤的关键参数

参数	描述	范围	评论
半蛋白	设置较低阈值的4位无符号整数。IfSG_RESULT低于这个阈值（指示大负载），冷却级增加两个线圈的电流。4位SEMIN值被缩放为32，以覆盖10位的其他范围的下半部分SG_RESULTvalue。（这个参数的名称来源于智能Energy，这是CoolStep的一个更早的名称。）	0	禁用冷却步骤
		1...15	阈值为SEMIN x 32
半轴	控制上阈值的4位无符号整数。如果SG_RESULT的采样次数等于或超过这个阈值（指示轻负荷），CoolStep将减少两个线圈。上阈值（SEMIN +SEMAX +1）x 32。	0...15	阈值为（Semin+SEMAX+1）x 32

下图显示CoolStep的操作过程：

- 黑线表示theSG_RESULT的测量值。
- 蓝色的直线表示施加在电机上的机械负荷。
该线表示进入电机线圈s的电流。

当负载增加时，SG_RESULT低于SEMIN x 32，冷却步进增加为电流。当负载降低时，SG_RESULT上升到超过（SEMIN +SEMAX +1）x 32，而电流减少。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

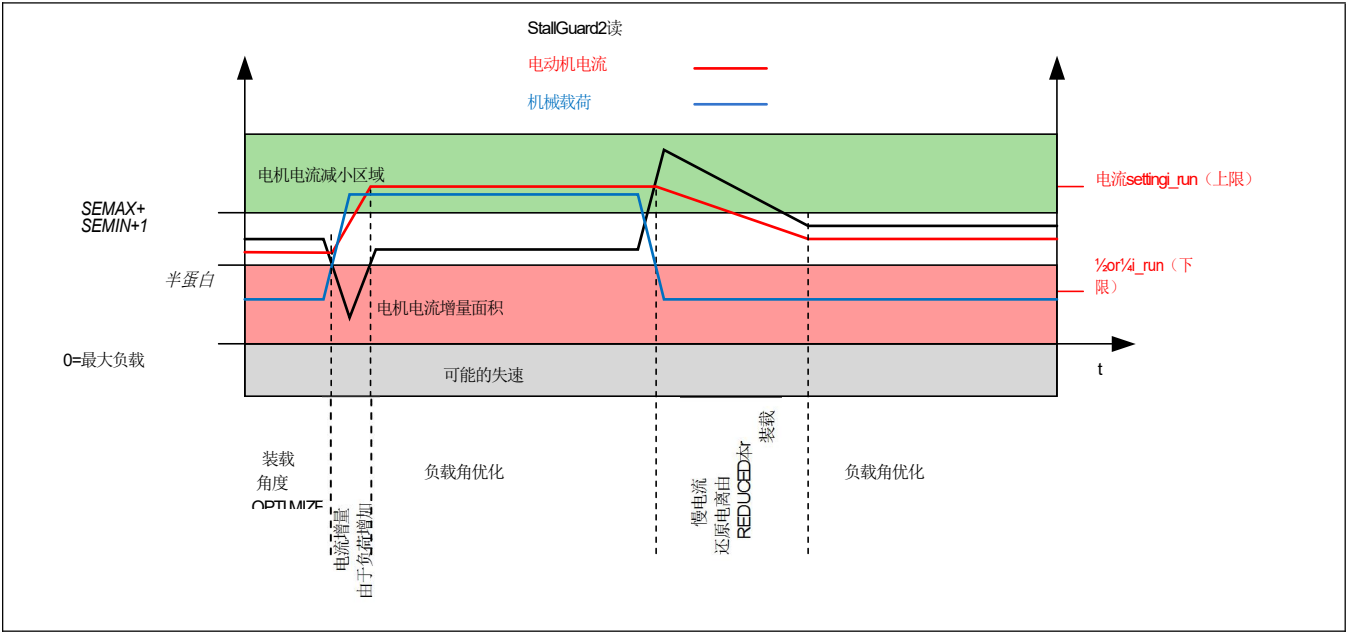


图23.冷却步骤使电机电流适应于负载

表23.冷却步骤附加参数和状态信息

参数	描述	范围	评论
塞普	设置当前的增量步骤。当新的备用保护2或备用保护4值为时，电机电流随此设置而增加 测量值低于SEMIN设定的阈值。	0...3	CS valueCS_ACTUAL 的步宽为 1,2, 4, 8
塞顿	设置停止保护2/停止保护4的读数高于电机电流减少所需的上阈值。	0...3	每秒保护器2个测量值 消耗 32, 8, 2, 1
唯敏	通过缩放t高速运行的电流设置来设置冷却步骤操作的低电机电流限制。 当使用蒸汽芯片2时，确保使用蒸汽芯片2当前规定确定的最小电机电流，特别是当需要减少到25%时。	0	0: 1/2的IRUN (当与 系统需要IRUN≥16)
		1	IRUN的1: 1/4 (当与 系统需要IRUN≥28)
tcolthr	开启冷却步骤的速度阈值。低于这个速度 冷却步骤已禁用。适应速度范围的下限，其中稳定2给出一个稳定的结果。 提示：可通过将VCOOLTHRS设置为与VM AX相同，在加速和减速阶段禁用冷却步骤。	1... 2 20- 1	通过比较阈值与TSTEP， 指定较低的冷却步速
大腿	冷却步骤的上速度阈值。超过这个速度，冷却器将被禁用。适应你的位置 摊位4给出了一个稳定的结果。	1... 2 20- 1	还控制额外的功能，如完 成。
状态字	描述	范围	评论

表23.冷却步骤附加参数和状态信息（续）

CS实际	此状态值提供由冷却步骤控制的实际电机电流比例。该值上升到IRUN值，下降到SEIMIN指定的IRUN部分。	0...31	1/32, 2/32, ...32/32
------	---	--------	----------------------

调谐冷却步骤

在与速度循环一起调优冷却步骤之前，首先调整跟踪保护2阈值级别SGT，这将影响负载测量valueSG_RESULT的其他变化。CoolStep使用SG_RESULTto操作电机接近+90°。与蒸汽芯片2，CoolStep usesSG4_RESULT结合。在这种模式下，升级是通过SEMIN来完成的。

电流增量速度以SEUP表示，电流递减速度以SEDN表示。它们可以单独调优，因为它们是由可能需要不同响应的不同事件触发的。这些参数的编码允许线圈电流的增加比降低要快得多，因为跨越功率阈值是一个更严重的事件，可能需要更快的响应。如果反应过慢，电机可能会停止。相比之下，对跨越上限的缓慢反应并没有比失去一个节省电力的机会更严重的风险。

CoolStep在当前比例参数IRUN和传感器位控制的限制之间运行。

注意：

当冷却步进增加电机电流时，可能会发生对电机失速的虚假检测。为了获得最佳结果，在基于支架保护2的归巢期间禁用冷却步骤。

如果需要停止保护2与冷却步骤结合，尝试根据需要增加冷却步骤较低的阈值SEIMIN。

响应时间

对于快速响应增加电机的I负荷，使用高电流增量步骤SEUP。如果电机负载变化缓慢，则可以使用一个较低的电流增量步长来避免电机的振荡。如果启用sfilt控制的过滤器，调节率和调节速度降低为4。

建议：最常见和最有益的用途是适应CoolStep在典型的系统目标操作速度下的操作，并根据其设置速度阈值。由于加速和减速通常要快，它们将需要全电机电流，而由于持续时间短，它们对总功率消耗的贡献很小。

低速和备用运行

由于CoolStep无法测量静止状态和极低转速下的电机负载，因此为驾驶员提供了一个较低的速度阈值。它应该受限于应用程序特定的默认值。低于这个阈值，正常电流设置g通过IRUN分别IHOLD是有效的。门槛上限由VHIGH设置机构提供。速度极限VHIGH和VCOOLTHRS由设置温度和冷却温度RS决定。

这两个阈值都可以设置为标准2和4调整过程的结果。

诊断输出

使用外部运动控制器的操作通常需要对步进电机驱动器的某些状态作出快速反应。因此，DIAG输出提供了一组可配置的不同实时信息来补充STEP/DIR接口。

可以选择DIAG0和DIAG1和DIAG1可用信息，以及输出类型(低有源开漏-默认设置，或高活动推拉值)。为了确定复位驱动程序，DIAG0总是通过在复位状态期间拉低来显示电源复位状态。下图显示了可用的信号和共同控制位。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

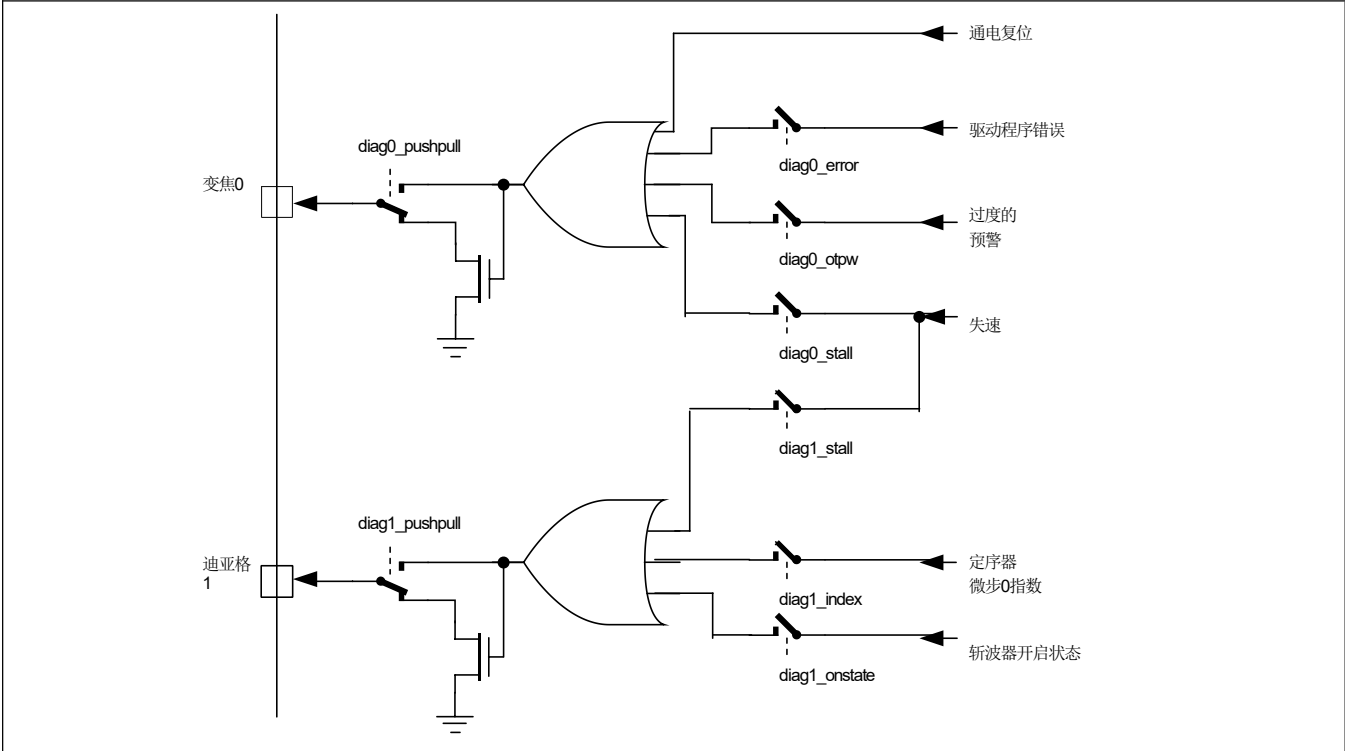


图24. DIAG0和DIAG1的输出选项

失速输出信号可以像停止开关一样由外部运动控制器处理。

根据斩波模式，当跟踪保护valueSG_RESULT达到零时，分别为whenSG4_RESULT fl belowSG4_THRS，同时满足速度条件（TSTE P≤冷却器）。

斩波器开启状态显示两个线圈斩波器在工作时的交替状态，以确定占空比。

INDEX输出信号的主题步骤计数器零位置，以允许应用程序引用驱动器到一个特定的当前模式。指数脉冲的持续时间对应于微步进的持续时间。当在小于256微步的地方没有插值工作时，索引时间下降到两个时钟周期。指数输出信号是线圈B微步波的正零跃迁。

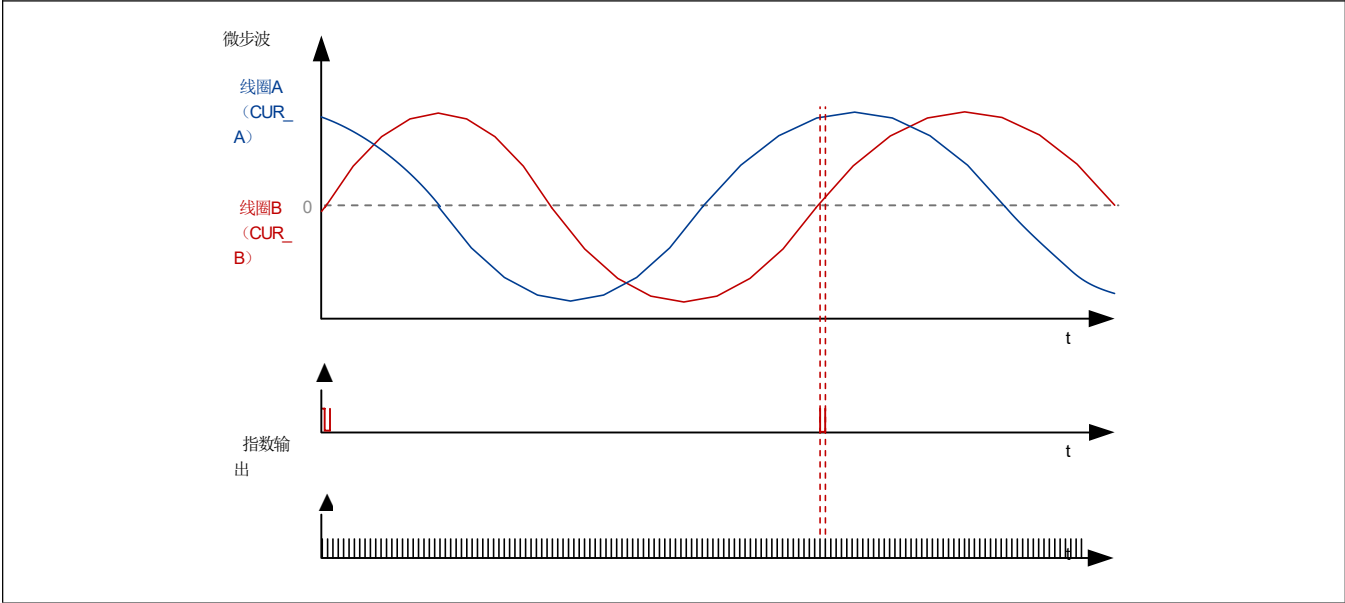


图25：线圈B微步波正零转变时的指数信号（开排水配置时间）

正弦波查找表

TMC2240提供了一个用于存储微步电流波的程序连接表。作为一个默认情况下，表是预先编程的正弦波，这是一个很好的起点，为大多数步进电机。重新编程表到变形器特定的波，允许大大改善微步进，特别是在低成本的电机。用户的好处是：

- 微步进-极端改进与低成本的电机
- 电机-运行平稳和安静
- 扭矩-减少机械共振产生的产量证明扭矩

低频电机噪声-通过调整正弦和余弦波长，以适应实际电机的制造公差

微步骤表

为了最小化所需的内存和要编程的数据量，只有四分之一的波被存储。内部的微步表映射了从0°到90°的微步波。它被对称地扩展到360°。当读出表时，10位微步反MSCNT地址完全扩展波表。表以增量方式存储，使用每个位器条目。因此，只需要256位（0x00到0xFF）就可以存储四分之一波。这些位被映射到8个32位寄存器。当在表中推进一个步骤时，每个位元都会控制一个包含Wx或Wx+1的附加值。当Wx为0时，表中实际微步p位置的1位表示在进入下一个微步时“附加”。由于波可以有比1更高的倾角，包括信息在内的基础可以使用四波内多达四个灵活的可编程段来编程为-1、0、1或2。这样，即使是一个负的倾向也可以实现。四个倾斜段由位置寄存器X1到X3控制。倾斜段0从微步位置0延伸到X1-1，其基础倾斜由W0，段1goe控制s从X1到X2-1，其基本倾斜度由W1控制，等

当修改波时，当四次正弦波扩展到一个全波时，必须注意确保一个平滑和对称的零跃迁。波的最大波动应调整到-248到248，以获得最好的分辨率，同时为基于滞后的斩波器留出净空间以增加偏移。

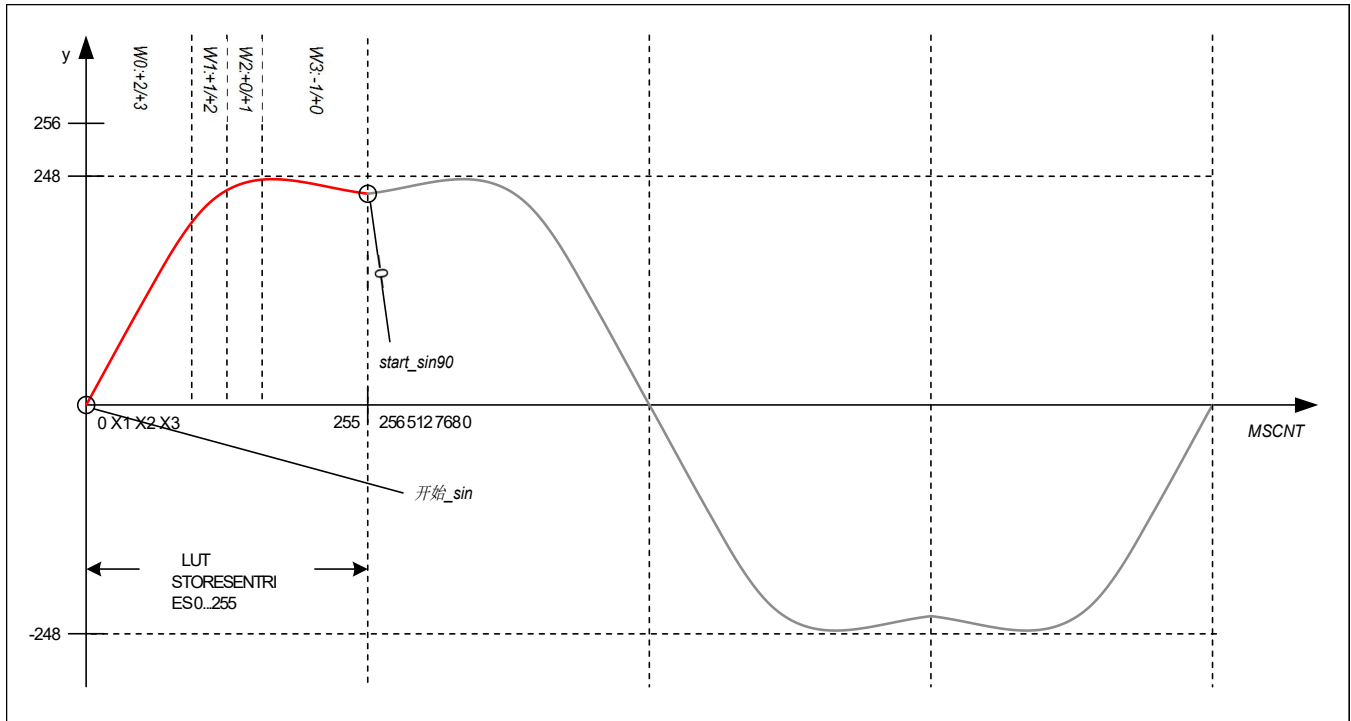


图26.LUT编程示例

当微步测序器在表中前进时，它计算每个微步电机线圈的实际电流值，并将m存储到registersCUR_A andCUR_B。然而，增量编码需要绝对初始化，特别是当微步表变得分散时。因此，当MSCNT通过零时，CUR_A andCUR_B就会被初始化。

匹配与电机相关的相移：

两个寄存器控制表的起始值。

- 由于在零处的起始值不一定是0（可能是1或2），所以它可以被编程到起点
- registerSTART_SIN.

同样，第二电机线圈的第二波开始需要存储inSTART_SIN90。该寄存器存储两相电机90°的后期表项。为了适应电机公差，相移可以从90°（256微步）增加到45°到135°之间的任何时间

微步法偏离了-127到+127（registerOFFSET_SIN90）的范围。运动公差要求中等水平

调整了几个，最多到几个10步，最多。需要的校正偏移可以发现使用跟踪保护4单独valuesSG4_IND和修剪偏移双线圈给出一个对称的结果。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

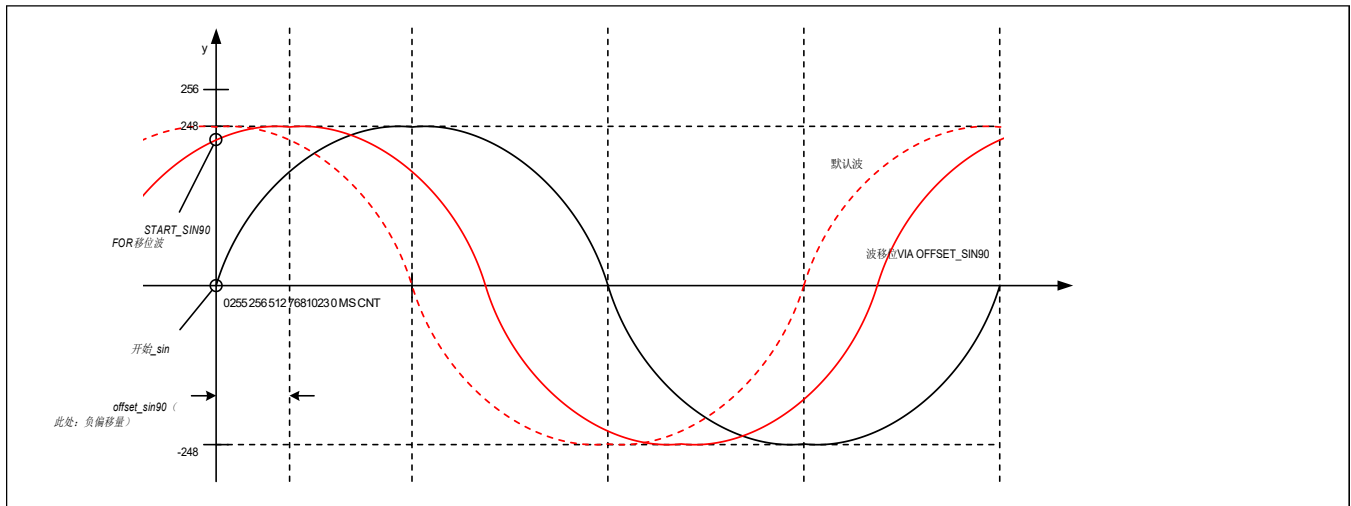


图27. 移动余弦波throughOFFSET_SIN90

默认的表是实现自己的表的良好基础。这是一个为此设置默认微步表的初始化示例：

```
MSLUT[0] = %1010101010101010101010101010100 =  
0xAAAAB554MSLUT[1] = %010010101001010101010010101010 =  
0x4A9554AAMSLUT[2] = %001001000100100100101001001001 =  
0x24492929MSLUT[3] = %00010000000100000100001000100010 =  
0x10104222MSLUT[4] = %11111011111111111111111111111111 =  
0xFBFFFFFFMSLUT[5] = %10110101101110110110110111011101 =  
0xB5BB777DMSLUT[6] = %01001001001010010101010101010110 =  
0x49295556
```

```
MSLUT[7] = %00000000010000000100001000100010 = 0x00404222
```

```
MSLUTSEL = 0xFFFF8056:  
X1 =128, X2 =255, X3= 255  
W3=%01,W2=%01, W1=%01,W0=%10
```

```
MSLUTSTART = 0x00F70000:
```

```
start_sin_0 = 0, start_sin90= 247
```

为了优化电机的相移，在稳定chop2中以中速度运行电机，并设置sg4_filt_en = 1。调整相位偏移量，以匹配阶段A（SG4_IND_0+SG4_IND_1）的StallGuard4结果到阶段B（SG4_IND_2+ SG4_IND_3）。

如果相A值是>相B值，incrementOFFSET_SIN90，否则递减。重复此操作，直到找到最佳匹配值。请确保输入修正值forSTART_SIN90。从-10补偿到+9 useSTART_SIN90=247；至多-17or+17 useSTART_SIN90= 246。START_SIN始终为0。

ABN增量编码器接口

TMC2240配备了一个用于ABN编码器的增量编码器接口。该编码器通过数字增量求积信号（通常称为A和B）和一个索引信号（通常称为N表示null，Z表示零，或I表示索引）给出位置。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

N信号

N信号可用于清除位置计数器或拍摄快照。要连续启动N通道并触发清除编码器位置或锁定位置，在已检测到N通道事件的位置，设置标志clr_cont。或者，不允许仅对其他编码器的通道事件作出反应，并在第一个N个信号事件（flagclr_once）后自动禁用编码器位置的清除或锁定。这可能是需要的，因为编码器每次旋转都给出一次这个信号。

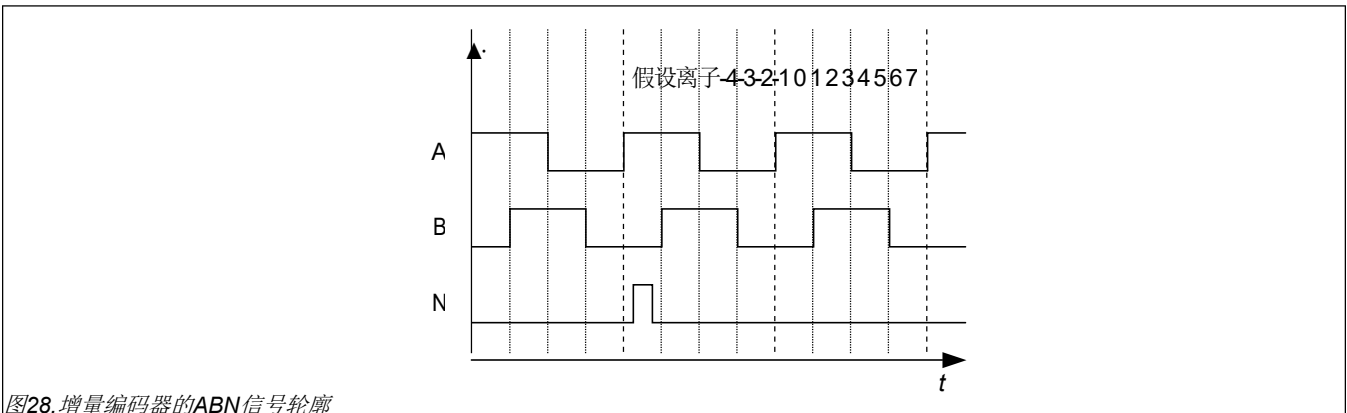
检查编码器锁存事件

●选项1：使用CheckENC_LATCH进行交换。它以0开始，并显示在第一次启动运动后，n事件发生的编码器计数。对于连续的旋转，它显示了增加/减少的ed值和因此，●总是会改变。

选项2：检查活动的中断输出，并仅读取活动中断输出之后的标志。DIAG0引脚需要配置。

一些编码器需要通过一定的a和双极性构型来验证N信号。这可以通过封装模式寄存器中的pol_A和pol_B标志来控制。例如，当pol_A和pol_B都被设置时，一个活动事件只有在a和B通道的高极性时才被接受。

用下一个活动N事件setclr_enc_x= 1 andclr_once= 1 orclr_con t= 1清除编码器positionENC_POS。



编码器计数器X_ENC

编码器counterX_ENC保持当前编码器位置准备读出。各有不同的处理方式

信号A、B和N都考虑到用不同类型的编码器发现的主动高信号和主动高信号。寄存器ENC_STATUS

registerENC_STATUSholds是关于一个编码器对N个通道信号的清晰结果的状态。寄存器ENC_LATCH始终在anN信号事件上存储实际的编码器位置。

编码器常数ENC常量

根据增量编码器的正交信号AB的四极性变化，将编码器常数（或编码器因子）ENC_CONST相加或减去编码器计数器。编码器常数ENC_CONST表示有符号的固定点数（16.16），以促进电机和编码器之间的通用自适应。在十进制模式下，较低的16位表示一个在0到9999之间的数字。对于步进电机缝合与增量编码器，固定的数字表示允许非常舒适的参数化。此外，我的机械齿轮可以很容易地考虑到。否定ENC_CONST信号允许反转反向方向，以匹配电机和编码器的方向。

示例:

- 编码器因子为1.0: $ENC_CONST=0x0001.0x0000$ =因子。“分数”
编码器因子为-1.0: $ENC_CONST=0x\text{FFFF}.0x0000$.这是 $0x00010000$ 的两个补充。其数量(2 16
- (因子+1) × (2 16-组分)
分数的●数字n)编码器因子25.6: $00025.6000=0x0019.0x1770$ =因子。小数(小数=前4
- 十进制模式编码器因子-25.6: $(2\ 16-(25+1)) \times (10000-6000) = (2\ 16-26) \times (4000) = 0xFFE6.0x0FA0$ 。
负编码器计算以下公式: $(2\ 16-(因子+1)) \times (10000-小数)$

将编码器设置为匹配电机分辨率

电机参数的编码器示例设置:

1. USC= 256 microsteps
2. FSC= 200全步进电机
3. 因子=FSC×USC/编码器分辨率

表24.编码器200完成256微步的示例设置

编码器分辨率	要求编码器因子	评论
200	256	
360	142.2222 = $9320675.5555/2\ 16$ = $1422222.2222/10000$	不可能完全匹配!
500	102.4 = $6710886.4/2$ $16=1024000/100$ 00	与十进制设置的精确匹配
1000	51.2	与十进制设置的精确匹配
1024	50	
4000	12.8	与十进制设置的精确匹配
4096	12.5	
4096	12.5	

样例

编码器常数寄存器应以小数模式编程为51.2。因此, $setENC_CONST = 51 \times 2\ 16 + 0.2 \times 10000$

重置、禁用/停止和关闭电源

紧急停车

驱动器提供负主动,使pinDRV_ENN安全地关闭所有电源MOSFET。这使得电机可以自由运转。此外,当需要一个不连接到软件的紧急停止时,它是一个安全的硬件功能。一些应用程序可能要求驾驶员进入星形与主动保持电流或与被动制动模式。这是可能的,通过编程的pin ENCA作为一个步骤禁用函数。将GCONF flagstop_enable设置为激活此选项。当ENCA变得高,只要它保持高,电机就会停止并进入断电状态,通过IHOLD、IHOLD_DELAY和稳定2备用选项配置(如果稳定2正在使用)。

外部重置和睡眠模式

复位和睡眠模式由SLEEPN大头针控制。

SLEEPN上持续时间为>30μs的短脉冲会导致芯片重置(在诊断输出处也可见)。

非常短的脉冲<30μs被过滤掉,对操作没有影响。

如果SLEEPN保持在GND,则SLEEPN将进入低电源待机状态(休眠模式)。所有内部供应设备均已关闭。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

在重置和备用情况下，所有内部寄存器值和d配置被清除，并设置为默认，电源桥被关闭。

在通电或离开睡眠模式和重置条件后，寄存器需要重新配置d。

在重新配置时，建议仍然保持桥驱动，使withDRV_ENN失效。

不要在高电机速度，因为能量从mo tor可能会损坏芯片！

如果不使用，请连接到V Sor VCC_IO（这是高电压引脚）。

重新启动步进电机，无位置损失

一个自锁驱动器可以完全关闭电机而不失去位置。锁定可能由机械摩擦和步进电机齿齿扭矩。大多数步进电机的锯齿扭矩在其标称扭矩的p%范围内，这也将有助于电机锁定在一定位置。由于他们的结构，大多数电机锁定在一个全步进的位置。一个全步进位置的特征是，该位置产生与两个线圈相同的绝对电流。采用时间微步进，每n步都达到全步进位置。在驾驶员通电后完成2步时，达到第一个全步位置。内部微步计数器显示128384640或896时达到全步位置。

上电后，加热器将拉入相同的步骤，因为只要转子位置和电气位置相差+-2全步，因为没有外力将电机拉到一定的方向。最大单全步长的偏移量是最安全的。

当打开驱动程序时，所有的寄存器都将被重置为零。这也会影响内部位置计数器。因此，位置计数器将在通电后从0重新启动。启用销固定在“1”时，电机电流将电机拉到此（半步）位置。这样，有几个选项来保持跟踪电机定位的结果：

表25.位置恢复的方法

启用PINDRV_ENN	分馏分功率下降	动作动作
固定（到GND）	保持跟踪电机的位置 计算初始阶段后的步骤 升高之前的拓扑下降， 移动到可能的位置 除以4倍微量预沉淀。在这些位置上， MSCNTis为0。存储的位置。	MSCNTis被自动清除为0。根据需要 开始移动电机。
由CPU控制	读取outMSCNT并存储它 （连同绝对电机位置）。	应用若干步骤将mscnt恢复到存储 的值器，使电机驱动器启用。 草原数=（4倍微步分解） 示例：在32微步设置下， 每一步脉冲增加一个mscnt256/32=8。 计算位置模数128，以产生所需的步数。 使用DIR=0应用10步，增加MSCNT的 值为80。

保护和驾驶员诊断

TMC2240驱动程序提供了一套完整的诊断和保护能力，如短到GND的保护和低电压检测。检测到开路负载条件允许测试电机线圈连接是否中断。参见DRV_STATUS注册表。

除了状态标志之外，TMC2240还允许测量和读出芯片温度，以及对电机相位绕组温度的反馈。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

为了提高系统的可靠性和整体电路保护，TMC2240包含一个过电压比较器和触发器输出OV，以控制外部开关的超高电压增加。

过电流保护

过流保护（OCP）保护设备对对轨（电源电压和接地）以及输出之间（OUT1A、OUT2A、OUT1B、OUT2B）短路。

OCP阈值取决于所选的全尺度电流范围，或参见电气特性表中各自的阈值。

使用CURRENT_RANGE参数inDRV_CONF寄存器选择全尺度范围。

如果输出电流大于OCP阈值，持续时间超过下降时间（空白时间），则检测到OCP事件。

当检测到OCP事件时，h-桥将立即被禁用。

在设置故障标志（s2ga, s2gb, s2vsa, s2vsb在DRV_STATUS寄存器）之前尝试三次，并且桥被连续禁用。

该设备仍然存在，并允许读出配置和状态。

开启电源bridgeDRV_ENN引脚必须循环。

另一个选项是在TOCHOPCONF中使用TOFF=0禁用电源桥，并使用TOFF> 0重新启用电源桥。

热保护和关闭

TMC2240具有内部热保护装置。

如果模具温度超过165°C（典型值），则提高故障标志（inDRV_STATUS），驱动器三三次，直到接头温度降至大约145°C（典型值）以下。在此之后，驱动程序将被重新启用。

此外，TMC2240支持基于sadc的可配置热预警级别。这可以在registerOTW_OV_VTH中使用

parameterOVERTEMPPREWARNING_VTH进行配置。ADC感知芯片的平均温度，而驱动阶段可能在一个更高的温度。

这只是为了指定TMC2240可以进行热关闭，并且即使将温度设置在低温下，也不能提出预警。

热量主要由电机驱动级产生，在增加电压时，由内部电压调压器产生。大多数关键情况下，驱动MOSFET可能过热，避免启用短GND保护。对于许多应用，过温警告表明情况操作异常，可用于启动用户警告或功率降低措施，如当前减少。热停机是一种紧急措施，设计应防止温度上升到停机水平。

温度测量

TMC2240提供的功能是测量内部芯片温度和电机温度。

这些诊断功能有助于监测芯片或PCB温度和电机温度的发展，以提高系统的鲁棒性或收集额外的信息进行预测维护。

芯片温度测量

除了超温预警和超温标志外，芯片温度本身也可以使用ADC_TEMP报告中的ADC_TEMP参数来确定。

最终温度，单位为摄氏度，可按以下公式计算：

$$\text{ADC_TEMP} = 7.7 \times \text{温度} + 2038$$
$$[\text{°C}] = \frac{\text{ADC_TEMP} - 2038}{7.7}$$

电机温度测量

PWM_SCALE寄存器显示PWM_SCALE 2操作中的实际占空比。对于一个给定的电机电流，占空比

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

这取决于电机的相位性。

由于相位电阻与温度有关，PWM_SCALE可以用来估计实际电机的温度，并监测电机温度随时间的变化。

这种测量最好是在运动静止或缓慢运动时进行的。

通常，电机温度不会变化很快。

过电压保护和OV大头针

步进电机的应用可以产生显著的过电压，特别是当电机从高速快速减速时，或当电机停止时。

该电压通过驱动器输出级反馈至电源导轨。

对于典型的NEMA17或更大的电机，以及对于具有足够飞轮质量的较小电机，反馈的能量可以是大量的，因此电力电容器和电路消耗将不足以保持供应在其范围内。

为了保护驱动器和所连接的电路，TMC2240具有一个过电压检测和保护机制。

OV输出允许用功率电阻（制动电阻）附加NPN或MOSFET，以将多余的能量转储到电阻中。

晶体管切割与大约3 kHz到4 kHz（取决于时钟频率），以保持电源在限制范围内。

电源电压与内部ADC永久固定。

给定应用的电源电压的上限可以使用parameterOVERVOLTAGE_VTH在寄存器OTW_OV_VTH中显示。

电源电压的实际ADC值可以通过registerADC_VSUPPLY_AIN读取作为参数ADCv电源。

使用以下公式将ADC值转换为V，反之亦然：

$$V_S = ADC_VSUPPLY \times 9.732 \text{ mV}$$

在典型的应用中，从电机反馈到电源的最大电流小于单个线圈均MS线圈电流。

电阻值良好，计算如下：

$$R_{Dump} = \frac{U_{supply}}{I_{Coil}}$$

U电源是标称驱动器电源电压VS。I线圈是标称的电机线圈电流。

确保MOSFET能够切换所产生的电流。

OV输出引脚显示过压监测器的实际状态。

当长asADC_VSUPPLY大于或等于OVERVOLTAGE_VTH，OV的输出就会变化为三态“Z”。

OV输出针脚是一个开放式的排水销。下图显示了一个例子b耙斩波电路。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

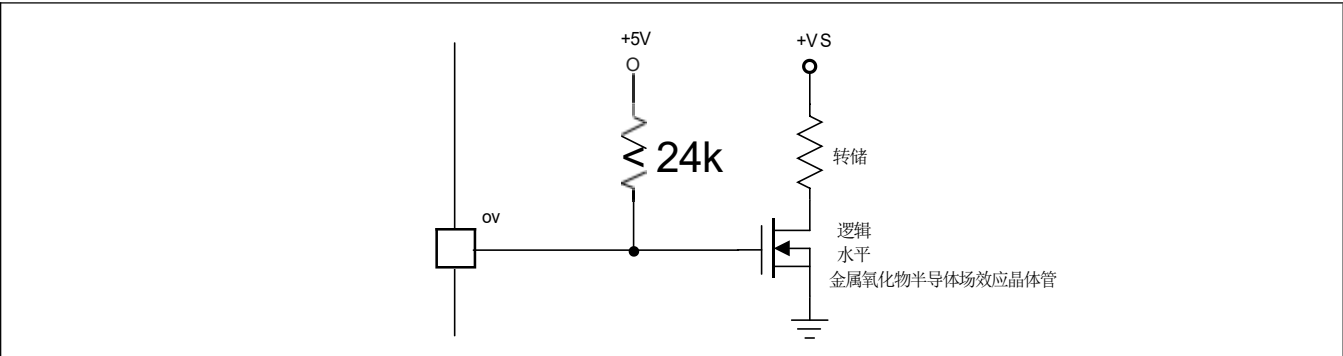


图29. 制动器斩波器电路示例

短路保护（简称GND和简称VS）

TMC2240功率级通过附加的电流测量来防止短路电路状态。这一点很重要，因为大多数短路情况都是由电机电缆绝缘缺陷造成的，例如，当接触到连接到系统接地的导电部件时。短指令可以防止虚假触发，例如，通过ESD放电，通过在关闭电机前重试三次。

一旦安全检测到一个短的条件，相应的驱动桥变成sw脱落，s2ga或s2gb鞭毛设置。为了重新启动服务器，用户必须通过禁用和重新启用驱动程序来进行干预。应该注意的是，GND保护不能保护系统和所有可能的短事件，因为短事件是相当不明确的，可能涉及一个复杂的外部组件网络。因此，基本上应避免短路。

根据满电流设置，不同的短路保护阈值会触发。

表26. 基于满规模电流设置的超限保护阈值

全比例电流设置（位）	OVERCURRENT PROTECTION THRESHOLD[A]
10（和11）	5.0
01	3.33
00	1.67

打开负载诊断

电缆中断是系统故障的常见原因，例如，当连接器不牢固堵塞。TMC2240通过检查其是否能达到所需的电机线圈电流来检测开路负载情况。在这种情况下，低电压条件、高电机速度设置或短时间和超温条件也可能导致打开负载标志的触发。在电机停止，开放负载不能测量，因为线圈最终可能有零电流。

为了安全地检测间断线圈连接，在扫描中操作，并使用低或标称的速度分辨率为选定微步的至少四倍（=4全步）到单个方向后，检查打开负载标志。然而，奥拉和奥的鞭毛只是信息特征，不会引起司机的任何行动。

欠压锁定保护

TMC2240具有对VM、VCC_ IO和电荷泵的UVLO保护。V Mis上的UVLO条件触发频率低于4.15V（最大）。

UVLO条件下的V CC_ IOis触发低于1.95V（ma x）。

电荷泵上的UVLO条件是在电荷泵的错误条件下触发的，例如，由于一个错误的电容值。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

可以从寄存器GSTATas flagvm_uvlo中读取一个V MUVLO条件。这个flag是一个写清除标志。它必须被活动设置为1才能清除它。根据配置的引脚设置，4条件也显示了一个t的DIAG0引脚。

在V CC_ IO UVLO期间，不可能与IC进行通信。DIAG0针将是主动低（开放排水沟）。

ESD保护

芯片在每个针上都有内部保护。

当在正电压电源（V S引脚）上使用至少1uF的旁路电容时，T MC2240电机相位输出引脚被保护到8k V HBMin应用。这并不能防止电机的热插拔。

外部模拟输入AIN M监控

TMC2240提供了一个外部模拟输入AIN，它与内部ADC连续进行采样。

ADC样本值可以从参数ADC_AIN在注册ADC_VSUPPLY_AIN中读出。使用以下公式将ADC值转换为VAIN，反之亦然：

$$V_{AIN} = ADC_AIN \times 305.2 \mu V$$

AIN输入可用于监视可能表示系统水平条件的外部模拟变量和参数，并提供关于系统状态的额外反馈。

时钟振荡器和时钟输入

使用内部时钟

将CLK输入针直接连接到GND附近，以便使用内部时钟振荡器。内部时钟运行的典型频率为12.5MHz。

使用外部时钟

当外部时钟可用时，建议使用8MHz到20MHz的频率，以获得最佳性能。闸锁信号要求的最小和最大占空比周期在电气特性中定义。特别是在接近20MHz的时钟频率下，需要满足时钟的占空比要求。

当使用高时钟频率时，请确保时钟源提供干净的CMOS输出逻辑水平和陡坡。

一旦在CLK大头针处提供一个外部时钟，外部时钟就会启用。

在寄存器IOIN中读出ext_clk反馈当前使用的时钟源（1=外部时钟）。

如果外部时钟发生故障或发生切换，则内部时钟将无缝地自动接管，以保护驾驶员免受损坏。

快速配置指南

本指南是一个实用的工具，用来实现第一个寄存器配置，并做一组最小的测量和决策来调整驱动程序。它不涵盖所有的高级功能和选项，但集中于基本的功能设置，以使电机平稳运行。一旦电机运行，您可以决定更详细地探索额外的功能和进一步的功能。在一个马达上的电流探测器可以很好地找到最好的设置。

当前设置

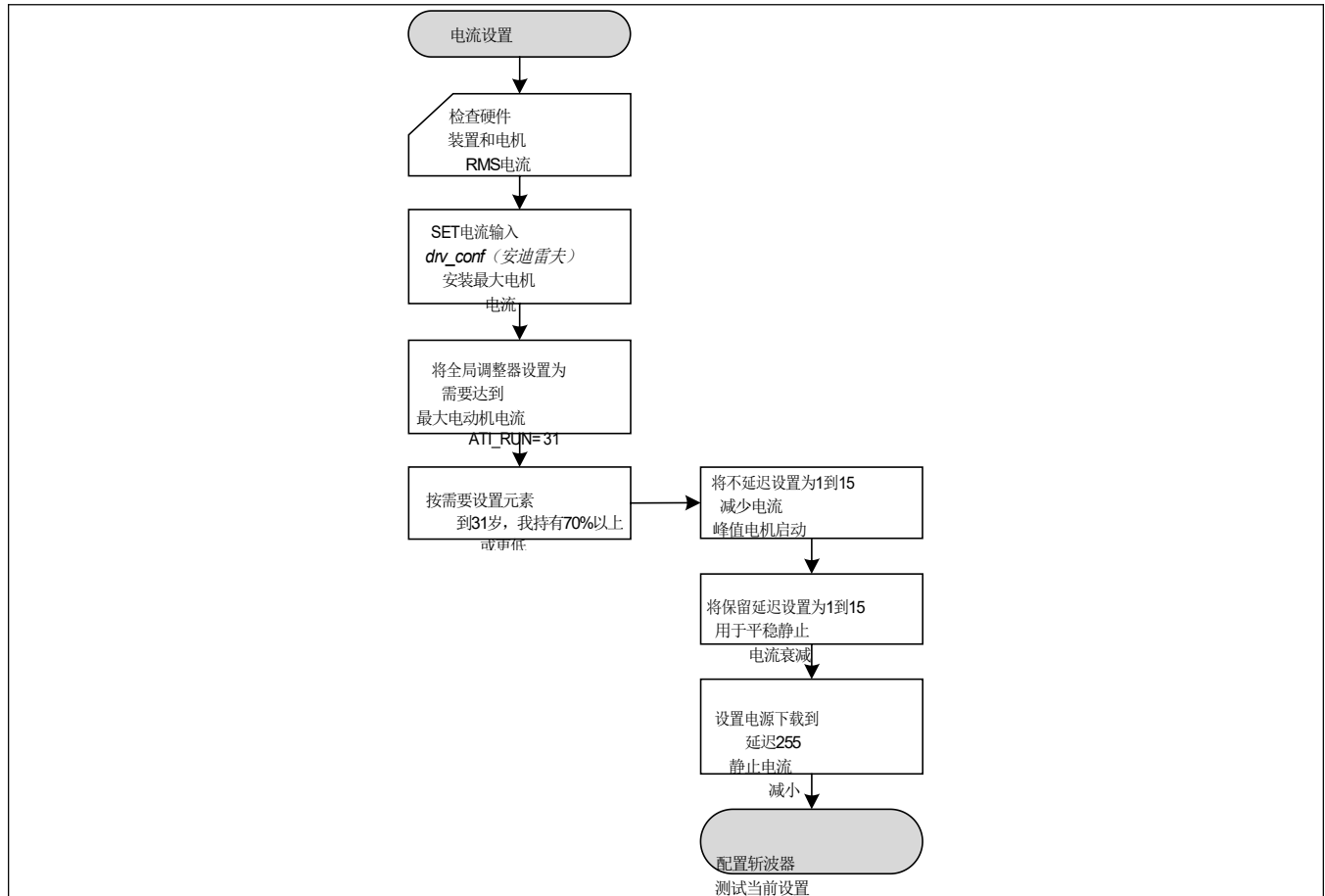


图30.当前设置的快速配置指南

StealthChop2配置

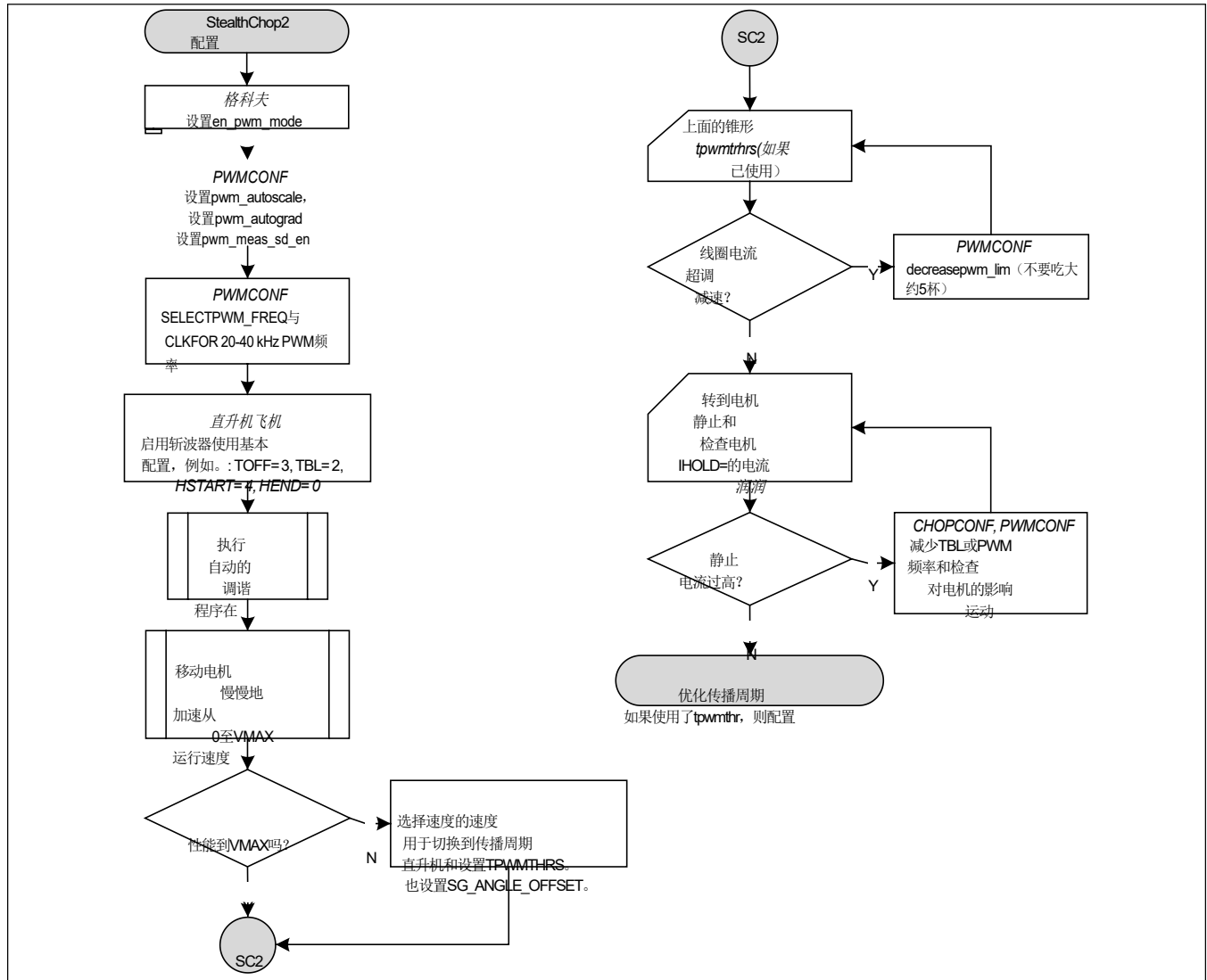


图31. StealthChop2配置的快速配置指南

传播周期配置

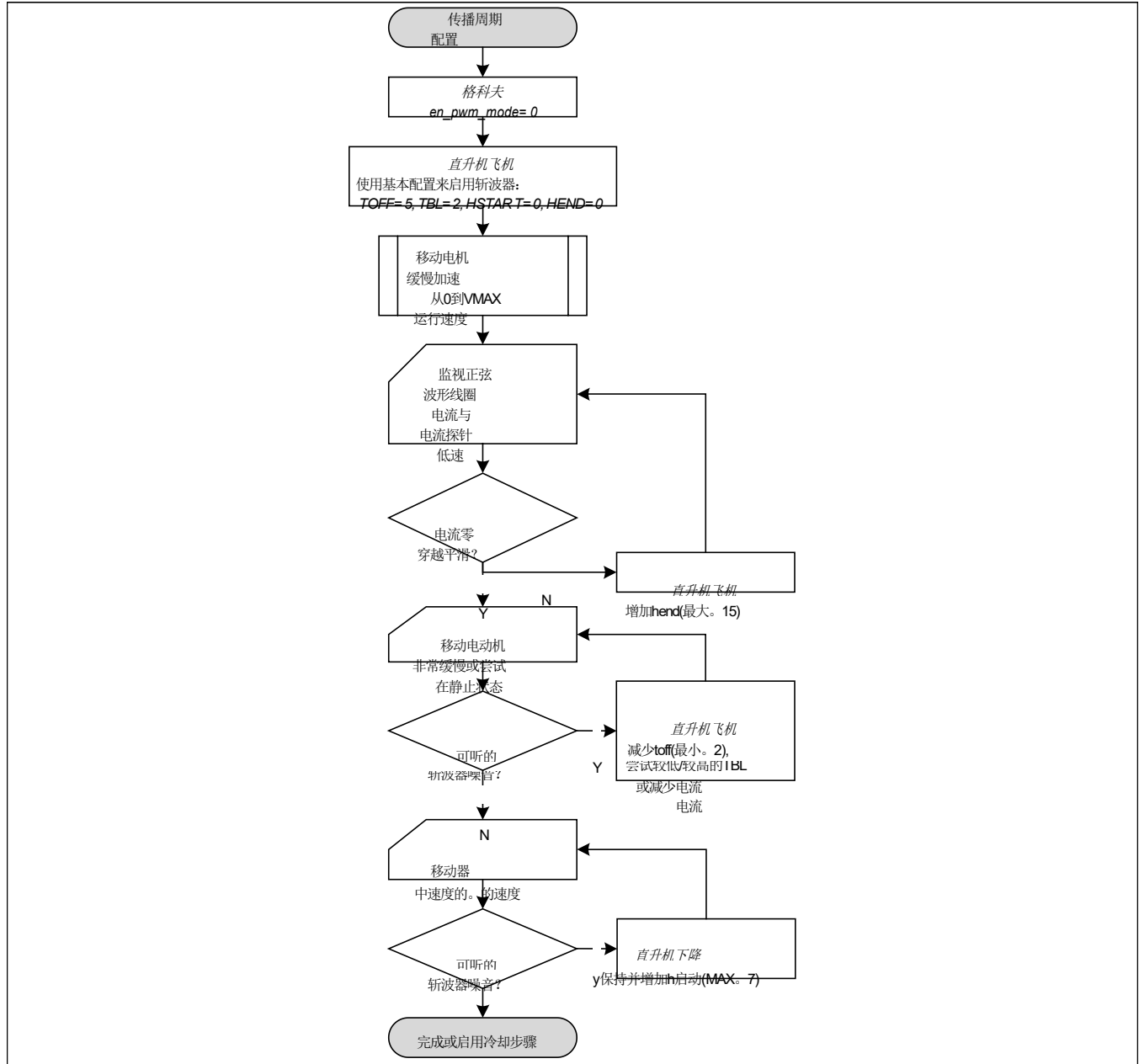


图32：关于传播周期的快速配置指南

启用冷却步针与稳定芯片2的组合

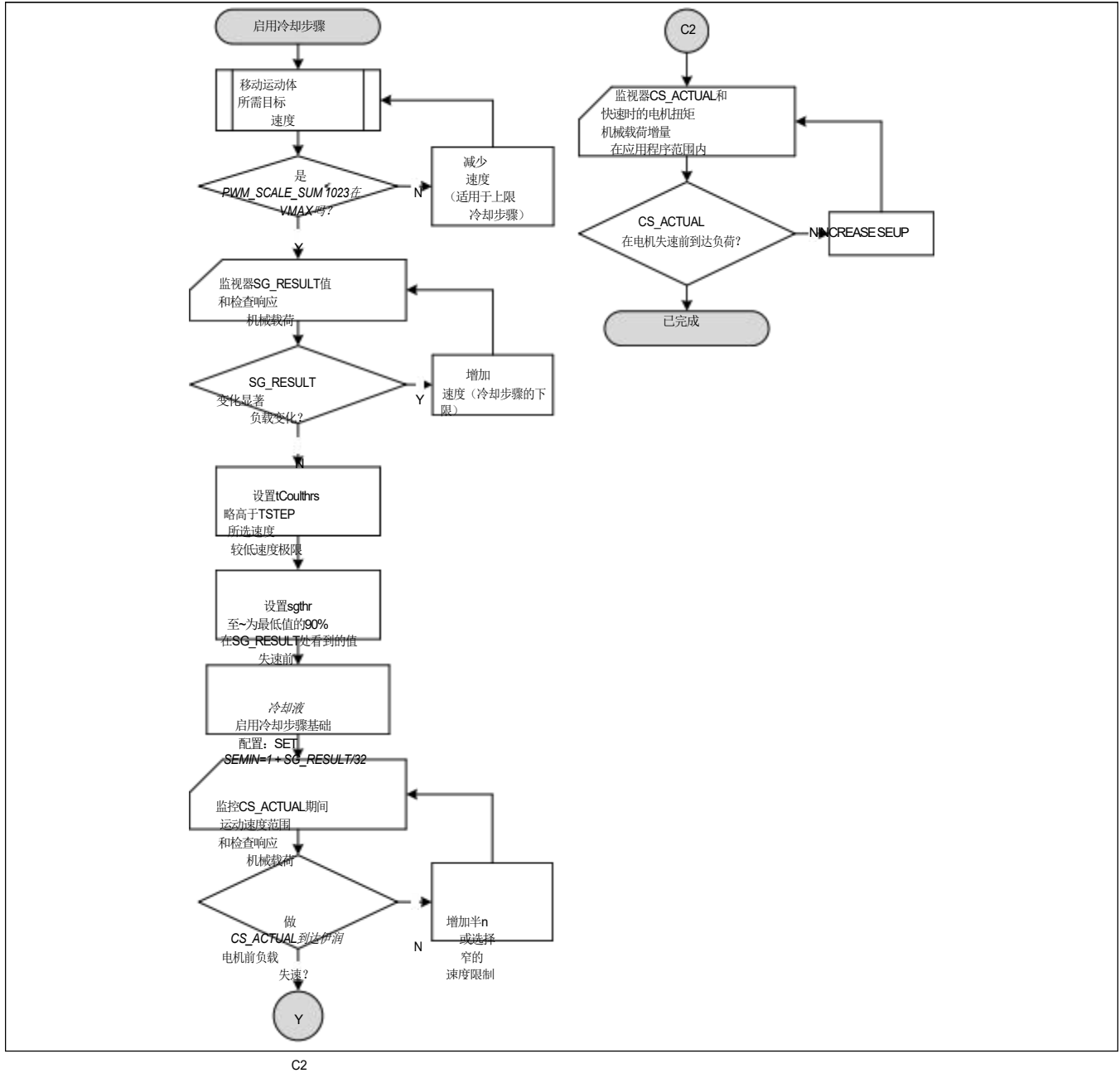


图33.关于冷却步骤的快速配置指南

启用冷却步针与扩展循环的组合

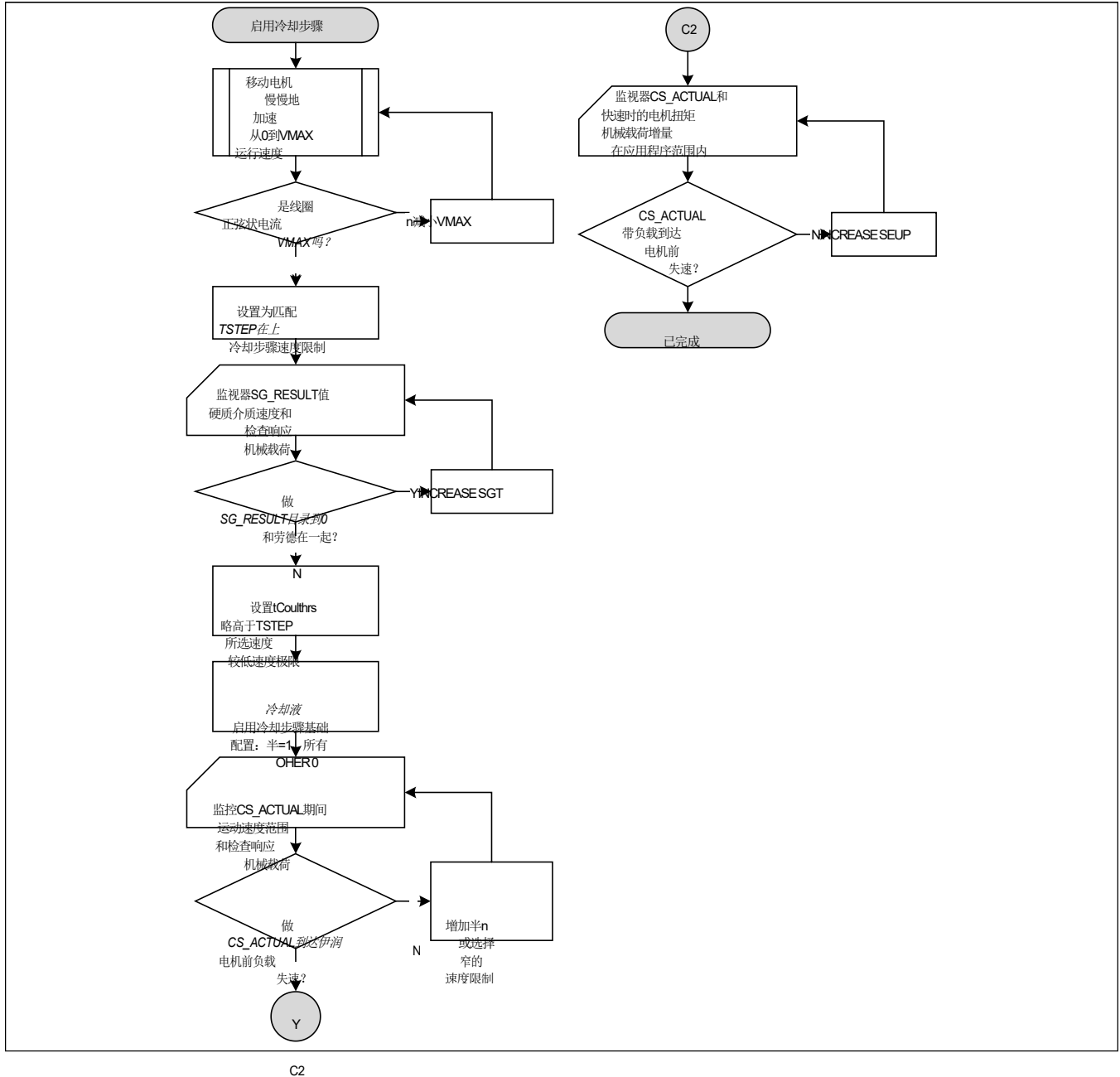


图34.冷却步骤与扩展循环的快速配置指南

通用注册映射和注册信息

本节提供了注册地图上的一些一般信息。

关于所有注册表及其内容的详细信息都在注册表地图部分给出。

-所有寄存器均为0上行，除非另有说明。

-添加0x80到地址Addr的写访问！

表27. 寄存器地图概述

寄存器	描述
常规配置寄存器	这些寄存器包含 ●全局配置 ●全局状态标志 ●接口配置 ●输入输出信号配置
速度相关驱动器特性控制器寄存器集	此寄存器组关闭 ●驱动器电流控制 ●设置冷却步骤操作的阈值 ●为不同的斩波器模式设置阈值
直接模式寄存器	该寄存器组提供了用于直接线圈电流控制模式的寄存器。
编码器寄存器集	编码器寄存器组提供了正确的ABN编码器操作所需的所有注册设备。
ADC寄存器	这个寄存器组提供了寄存器来控制 and 读取内部ADC。
电机驱动寄存器组	此寄存器组关闭 ●设置/读取微步表和计数器 ●斩波器和驱动器配置 ●冷却步骤和后备箱配置 ●读出跟踪保护值和驾驶标志

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

注册地图

TMC2240

地址名称MSB LSB									
常规配置寄存器									
0x00	gconf[31: 24]	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gconf[23: 16]	—	—	—	—	—	—	—	direct_m 码
	gconf[15: 8]	stop_ena 布尔	small_hy 磁滞	diag1_pu shpull	diag0_pu shpull	—	diag1_on 状态	diag1_in dex	diag1_st 所有
	GCONF[7: 0]	diag0_st 所有	diag0_ot pw	diag0_er ror	柄	multistep _filt	en_pwm _模式	fast_stan 静态	—
0x01	Gstat[31: 24]	—	—	—	—	—	—	—	—
	gstat[23: 16]	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gstat	—	—	—	—	—	—	—	—
	GSTAT[7: 0]	—	—	—	vm_uvlo	寄存器 重置	uv_cp	drv_err	重置
0x02	如果出现以下情况	—	—	—	—	—	—	—	—
	如果出现以下情况	—	—	—	—	—	—	—	—
	如果出现以下情况	—	—	—	—	—	—	—	—
	如果没有[7: 0]	如果没有[7: 0]							
0x03	请注意: _	—	—	—	—	—	—	—	—
	请注意: _	—	—	—	—	—	—	—	—
	请注意: _	—	—	—	—	发送延迟			
	不包括: _	Nodaldr							
0x04	loin	版本[7: 0]							
	loin	—	—	—	—	—	silicon_rv [2:0]		
	loin	adc_er r	EXT_CL K	EXT RES_D ET	输出	组合 _b1b2	组合 _a1a2	共计b	共计A
	loin	预订的	uart_e n	恩克恩	DRV EN N	欧洲海 军通讯 署	安克	DIR	步进
0x0A	DRV_CONF[31:24]	—	—	—	—	—	—	—	—
	DRV_CONF[23:16]	—	—	—	—	—	—	—	—
	DRV_CONF[15:8]	—	—	—	—	—	—	—	—
	DRV_CONF[7:0]	—	—	斜率控制[1: 0]		—	—	当前范围[1: 0]	
0x0B	全球 缩放器	—	—	—	—	—	—	—	—
	全球 缩放器	—	—	—	—	—	—	—	—
	全局缩放器	—	—	—	—	—	—	—	—
	全局缩放器[7: 0]	全球规模计算器							
依赖相关配置寄存器									
0x10	IHOLD IRUN[31:24]	—	—	—	—	irundellay			
	IHOLD IRUN[23:16]	—	—	—	—	延迟延迟			

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

地址名称		MSB							最低
	IHOLD_IRUN[15:8]	-	-	-	ihold				
	IHOLD_IRUN[7:0]	-	-	-					
	调低功率	-	-	-	-	-	-	-	-
	调低电源调低功率调速	-	-	-	-	-	-	-	-
0x11	步骤【31: 24】	-	-	-	-	-	-	-	-
	步骤23: 16	调速							
	步骤[15: 8]	-	-	-	-	-	-	-	-
	步骤[7: 0]	TSTEP[19:16]							
0x12	tpwmthrstpwmthrs[23: 16]	步骤[15: 8]							
	TPWMTHRS[15: 8]	步骤[7: 0]							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x13	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x14	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x15	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x16	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x17	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x18	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x19	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1A	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1B	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1C	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1D	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1E	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
0x1F	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	tpwmthrs							
	tpwmthrs	-	-	-	-	-	-	-	-
	tpwmthrs	TPWMTHRS[19: 8]							
直接模式寄存器									
0x2D	直接模式[31: 24]	-	-	-	-	-	-	-	直接的
	直接模式[23: 16]	direct_coil_b [7:0]							
	直接模式[15: 8]	-	-	-	-	-	-	-	直接的
	直接模式[7: 0]	直接线圈							
编码器寄存器									
0x38	1.1.1.1.1.1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2016年2月16日	-	-	-	-	-	-	-	-
	封装15: 8	-	-	-	-	-	-	-	-
	封装方式【7: 0】	pos_neg_edge[1:0]	clr_once	clr_cont	忽略_AB	pol_N	pol_B	pol_A	clr_enc_x
0x39	X_ENC[31:24]	X_ENC[31:24]							
	异种	X_ENC[23:16]							
	X_ENC[15:8]	X_ENC[15:8]							
	X_ENC[7:0]	X_ENC[7:0]							
0x3A	ENC_CONST[31:24]	ENC_CONST[31:24]							
	ENC_CONST[23:16]	ENC_CONST[23:16]							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

地址名称		MSB	LSB							
		ENC_CONST[15:8]		ENC_CONST[15:8]						
		ENC_CONST[7:0]		ENC_CONST[7:0]						
0x3B		ENC_STATUS[31: 24]		-	-	-	-	-	-	-
		ENC_STATUS[23: 16]		-	-	-	-	-	-	-
		ENC_STATUS[15: 8]		-	-	-	-	-	-	-
		ENC_STATUS[7:0]		-	-	-	-	-	-	n事件
0x3C		ENC_LATCH[31:24]		ENC_LATCH[31:24]						
		ENC_LATCH[23:16]		ENC_LATCH[23:16]						
		ENC_LATCH[15:8]		ENC_LATCH[15:8]						
		ENC_LATCH[7:0]		ENC_LATCH[7:0]						
ADC寄存器										
0x50		adc_vsupply_ain [31:24]	-	-	-	adc_ain [12:8]				
		adc_vsupply_ain [23:16]	adc_ain [7:0]							
		adc_vsupply_ain [15:8]	-	-	-	adc_vsupply [12:8]				
		adc_vsupply_ain [7:0]	adc_vsupply [7:0]							
0x51		adc_temp [31:24]	-	-	-	保留【12: 8】				
		adc_temp [23:16]	预留【7: 0】							
		ADC温度	-	-	-	adc_temp [12:8]				
		ADC温度[7: 0]	adc_temp [7:0]							
0x52		OTW_OV_VTH[31:24]	-	-	-	OVERTEMPPREWARNING_VTH[12:8]				
		OTW_OV_VTH[23:16]	OVERTEMPPREWARNING_VTH[7:0]							
		OTW_OV_VTH[15:8]	-	-	-	overvoltage_vth [12:8]				
		OTW_OV_VTH[7:0]	overvoltage_vth [7:0]							
汽车司机登记										
0x60		MSLUT_0[31:24]	MSLUT_0[31:24]							
		MSLUT_0[23:16]	MSLUT_0[23:16]							
		MSLUT_0[15:8]	MSLUT_0[15:8]							
		MSLUT_0[7:0]	MSLUT_0[7:0]							
0x61		Mslut1	MSLUT_1[31:24]							
		Mslut1	MSLUT_1[23:16]							
		MSLUT_1[15:8]	MSLUT_1[15:8]							
		MSLUT_1[7:0]	MSLUT_1[7:0]							
0x62		MSLUT_2[31:24]	MSLUT_2[31:24]							
		MSLUT_2[23:16]	MSLUT_2[23:16]							
		MSLUT_2[15:8]	MSLUT_2[15:8]							
		MSLUT_2[7:0]	MSLUT_2[7:0]							
0x63		MSLUT_3[31:24]	MSLUT_3[31:24]							
		MSLUT_3[23:16]	MSLUT_3[23:16]							
		MSLUT_3[15:8]	MSLUT_3[15:8]							
		MSLUT_3[7:0]	MSLUT_3[7:0]							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

地址名称		MSB	LSB						
0x64	MSLUT_4[31:24]				MSLUT_4[31:24]				
	MSLUT_4[23:16]				MSLUT_4[23:16]				
	MSLUT_4[15:8]				MSLUT_4[15:8]				
	MSLUT_4[7:0]				MSLUT_4[7:0]				
0x65	MSLUT_5[31:24]				MSLUT_5[31:24]				
	MSLUT_5[23:16]				MSLUT_5[23:16]				
	MSLUT_5[15:8]				MSLUT_5[15:8]				
	MSLUT_5[7:0]				MSLUT_5[7:0]				
0x66	MSLUT_6[31:24]				MSLUT_6[31:24]				
	MSLUT_6[23:16]				MSLUT_6[23:16]				
	MSLUT_6[15:8]				MSLUT_6[15:8]				
	MSLUT_6[7:0]				MSLUT_6[7:0]				
0x67	MSLUT_7[31:24]				MSLUT_7[31:24]				
	MSLUT_7[23:16]				MSLUT_7[23:16]				
	MSLUT_7[15:8]				MSLUT_7[15:8]				
	MSLUT_7[7:0]				MSLUT_7[7:0]				
0x68	姆拉特塞尔				X3[7:0]				
	姆拉特塞尔				X2[7:0]				
	姆拉特塞尔				X1[7:0]				
	姆拉特塞尔	W3[1:0]	W2[1:0]		W1[1:0]		W0[1:0]		
0x69	mslut开始[31: 24]23	offset_sin90 [7:0]							
	: 16mslut开始[15:	start_sin90 [7:0]							
	8]mslutstart	-	-	-	-	-	-	-	-
0x6A	mscnt[31:	-	-	-	-	-	-	-	-
	24]mscnt[23:	-	-	-	-	-	-	-	-
	16]mscnt[15:	-	-	-	-	-	-	MSCNT[9:8]	
	8]MSCNT[7:	MSCNT[7:0]							
0x6B	0]	-	-	-	-	-	-	-	CUR_A[8]
	麦克拉克特								
	麦克拉克特				CUR_A[7:0]				
	麦克拉克特	-	-	-	-	-	-	-	CUR_B[8]
0x6C	麦克拉克特	CUR_B[7:0]							
	乔布康夫	diss2vs	迪斯2gdedge		intpol		Mres		
	乔布康夫		TPFD[3: 0]			vhhighchm	vhhighfs		脑外伤
	乔布康夫	脑外伤[0]	chm		disfdcc fd3		hend_偏移[3: 1]到		
0x6D	直升机	hend_o	HSTRT_TFD210[2:0]					sflit	
	冷却器冷却器冷却器	-	-	-	-	-	semax[3:0]		
	器	seiminsedn[1:0]-							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

地址名称		MSB							最低
	冷却液	-	seup[1:0]	-	semin[3:0]				
0x6F	DRV_STATUS[31:24]	stst	olb ola	s2gb	s2ga otpw ot d				stallguar
	DRV_STATUS[23:16]	-	-	-	CS_ACTUAL[4:0]				
	DRV_STATUS[15:8]	fsactive	隐形s2vsb	s2vsa	-	-			SG_RESULT[9:8]
	DRV_STATUS[7:0]				SG_RESULT[7:0]				
0x70	pwmconf[31: 24]				PWM_LIM[3:0] PWM_REG[3:0]				
	pwmconf[23: 16]	pwm_dis _reg_stst	p是一个自由的轮子[1: 0]	pwm_a ograd ut	pwm_osc a le ut	PWM_FREQ[1: 0]	wm_m s_sd_ n ab e		
	pwmconf[15: 8]				PWM_GRAD[7:0]				
	8PWMCONF7				PWM_OFS[7:0]				
0x71	PWM_SCALE[31:24]	-	ale_a						PWM_S 火影忍者 [8]
	PWM_SCALE[23:16]				pwm_scale_auto [7:0]				
	PWM_SCALE[15:8]		pwm_scale_sum [						
	PWM_SCALE[7:0]	-							9:8]
0x72	WM_AUTO[31:24]				pwm_scale_sum [7:0]				
	WM_AUTO[23:16]	-	-	-	-	-	-	-	-
	WM_AUTO[15:8]				pwm_grad_auto [7:0]				
	WM_AUTO[7:0]	-	-	-	-	-	-	-	-
0x74	SG4_THRS[31:24]				pwm_ofs_auto [7:0]				
	SG4_THRS[23:16]	-	-	-	-	-	-	-	-
	SG4_THRS[15:8]	-	-	-	-	-	-	sg_angle	sg4_filt_
	SG4_THRS[7:0]	-	-	-	-	-	-	_偏移	单位
0x75	SG4_THRS[7:0]				SG4_THRS[7:0]				
	SG4_RESULT[31:24]	-							
	SG4_RESULT[23:16]	-							
	SG4_RESULT[15:8]	-			SG4_RESULT[9:8]				
0x76	SG4_RESULT[7:0]				SG4_RESULT[7:0]				
	SG4_IND[31:24]				SG4_IND_3[7:0]				
	SG4_IND[23:16]				SG4_IND_2[7:0]				
	SG4_IND[15:8]				SG4_IND_1[7:0]				
	SG4_IND[7:0]				SG4_IND_0[7:0]				

注册详细信息

GCONF (0x0)

全局配置标志

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	直接模式
重置	—	—	—	—	—	—	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	写入，读取
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	停止启用	small_hyste 单采	diag1_push 拉	diag0_push 拉	—	diag1_onsta te	diag1_index	diag1_stall
重置	0x0	0x0	0x0	0x0	—	0x0	0x0	0x0
访问类型	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	—	写入，读取	写入，读取	写入，读取
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	diag0_stall	diag0_otpw	diag0_error	柄	multistep_fil t	en_pwm_m 码	fast_standst 病	—
重置	0x0	0x0	0x0	0x0	0x1	0x0	0x0	—
访问类型	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	—

比特场	位点	描述	解码
直接模式	16	通过串行接口实现直接电机相位电流控制。	0x0: 正常运行 0x1: 电机线圈电流和极性直接变化 通过串行接口进行编程：寄存器 DIRECT_MODE (0x2D) 指定带符号线圈A 电流（第8..0位）和线圈B电流（第24..16位）。在 这种模式下，当前值按IHOLD设置进行缩放。在此 模式下没有基于速度的当前调节。自动 目前的调节将只适用于低步进电机的速度。
停止启用	15	启用电机硬停止功能。	0x0: 正常运行 0x1: 紧急停止：ENCA在提示时停止序列（排序 器未执行任何步骤，电机进入停止状态）。
小海斯特	14		0x0: 步进频率比较的滞后率为1/16 0x1: 步进频率比较的滞后率为1/32
diag1_pushp 零	13	DIAG1输出类型配置。	0x0: DIAG1为打开式收集器输出（活动低） 0x1: 启用DIAG1推拉输出（主动高）
diag0_pushp 零	12	DIAG0输出类型配置。	0x0: DIAG0_SWis开放式收集器输出（活动低 ） 0x1: EnableDIAG0_SW推拉输出（主动高）

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
diag1_onstate	10	DIAG1输出配置。	0x0: 禁用DIAG1在斩波器上激活。 0x1: diag1_onstate 当斩波器打开时启用DIAG1（位于全步第二一半的线圈）
diag1_index	9	DIAG1输出配置。	0x0: 禁用DIAG1在索引位置上活跃。 0x1: diag1_index EnableDIAG1在索引位置上活动（微步查找表位置0）
diag1_stall	8	DIAG1输出配置。	0x0: diag1_stall 直径10x1: diag1_stall EnableDIAG1主动on电机失速（在使用此功能之前设置TCOOLTHRS）
diag0_stall	7	DIAG0输出配置。	0x0: diag0_stall 直径00x1: diag0_stall 启用DIAG0主动或电机停止（在使用此功能之前设置TCOOLTHRS）
diag0_otpw	6	DIAG0输出配置。	0x0: 禁用DIAG0激活驱动程序过高预先警告 0x1: EnableDIAG0激活驾驶员过热预警告（otpw）
diag0_error	5	DIAG0输出配置。 DIAG0始终显示复位状态，即复位状态下的活动低。	0x0: 驱动程序错误激活禁用DIAG0。 0x1: EnableDIAG0激活驱动程序错误： 过温（ot），短至GND（s2g），欠压充电泵（uv_cp）
柄	4	改变电机的方向/方向标志	0x0: 默认电机方向 0x1: 模拟器方向
multistep_filt	3	为步骤芯片2启用步骤输入过滤	0x0: 无StealthChop2 0x1: 已启用StealthChop2电压PWM模式（取决于速度阈值）。在静止和保持=时从关闭状态切换到开启状态 仅限当前的名义IRUN。
en_pwm_mode	2	启用StealthChop2模式	0x0: 无StealthChop2 0x1: 已启用StealthChop2电压PWM模式（取决于速度阈值）。在静止和保持=时从关闭状态切换到开启状态 仅限当前的名义IRUN。
快速停止	1	步骤执行的超时，直到暂停检测到为止	0x0: 正常时间：2^20时钟 0x1: 短时间：2个^18个时钟

GSTAT (0x1)

全局状态标志

（用“1”位重写，以清除各自的标志）

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	—	—	—	vm_uvlo	register_res 等	uv_cp	drv_err	重置
重置	—	—	—	0x1	0x1	0x1	0x0	0x1
访问类型	—	—	—	写1来清除 , 阅读	写1来清除 , 阅读	写1来清除 , 阅读	写1来清除 , 阅读	写1来清除 , 阅读

比特场	位点	描述	解码
vm_uvlo	4	1: 自滞后以来, 就出现了电压不足。(提示: 在初始启动后将处于活动状态。启动后清除标志以确定设备运行时的故障)	
register_reset	3	提示: 在初始启动后将处于活动状态。启动后的清除标志, 以检测设备正在运行时的规则预设	0x0: 正常运行 0x1: 表示注册区图已重置。所有的寄存器都可以重置值。
uv_cp	2	充电泵低电压标志。(提示: 在初始启动后将处于活动状态。启动后清除标志, 在设备运行时检测故障)	0x0: 正常运行 0x1: 表示充电时电压不足 泵驾驶员在欠压时被禁用。这个标志是为了供参考。
drv_err	1	驱动程序错误标志	0x0: 正常运行 0x1: 表示驾驶员因过温或短路检测而停机。 ReadDRV_STATUS的细节。只有当温度再次低于极限时, 该旗帜才能被清除
重置	0	重置标志(提示: 在初始启动后将处于活动状态。操作期间检测设备启动后的清除标志被重置)	0x0: 正常运行 0x1: 表示IC已被恢复。

IFCNT (0x2)

接口传输计数器。

该寄存器随着每次成功的UART接口写访问而递增。它可以被读出来检查序列传输中丢失的数据。读取不会更改内容。在SPI操作中禁用。柜台包装从255到0。

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	如果没有[7: 0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特场	位点		描述					
如果不	7:0		接口传输计数器。此寄存器随着每次成功的UART接口写访问而递增。可以读出以检查串行传输是否丢失数据。读取不会更改内容。禁用SPI操作。柜台的价格从255到0。					

NODECONF (0x3)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	发送延迟			
重置	—	—	—	—	0x0			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	Nodaldr							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
发送延迟	11:8	SWUART节点配置	0x0: 8位次（不允许使用多个节点）0x2: 3 x 8位次 0x4: 5 x 8位次 0x6: 7 x 8位次 0x8: 9 x 8位次 0xA: 11x8位次 0xC: 13x8位次 0xE: 15x8位次
诺达尔	7:0	诺达尔: 这八位设置了UART接口单元的单元地址。地址变为 由SDI, SCK, CSN计算, 增加1到7。 CSN, SCK, SDI000:+0 001:+1 010:+2 011:+3 100:+4 101:+5 110:+6 111:+7 范围: 0-254 (增量不得超过254)	

IOIN (0x4)

读取所有可用的输入引脚的状态, 并以最高字节返回IC修订版本

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	版本[7: 0]							
重置								
访问类型	只读							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	silicon_rv [2:0]		
重置	—	—	—	—	—	0x0		
访问类型	—	—	—	—	—	只读		
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	adc_err	EXT_CLK	EXT_RES_DET	输出	comp_b1_b2	comp_a1_a2	comp_b	共计a
重置	0x0	0x0	0x0	0x1	0x0	0x0	0x0	0x0
访问类型	只读	只读	只读	写入, 读取	只读	只读	只读	只读
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	预订的	uart_en	恩克恩	DRV ENN	欧洲海军通讯署	安克	DIR	步进
重置		0x0		0x0	0x0	0x0	0x0	0x0
访问类型	只读	只读	只读	只读	只读	只读	只读	只读

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
版本	31:24	0x40=IC的第一版本 相同的数字意味着完全的数字兼容性。
silicon_rev	18:16	硅版本号
adc_err	15	1: 有信号表明ADC不能正常工作。Donot利用ADC功能。
EXT_CLK	14	0: 内部振荡器用于产生闭锁信号（12.5MHz）。1: 外部振荡器用于产生闭锁信号。
EXT_RES_DET	13	1: REF和GND0之间的外部电阻：未检测到外部电阻
输出	12	当通过pinUART_EN启用UARTis时，SD Opin的输出极性。其主要目的是兜售SDO为NAO下一个链地址输出信号 解决多的地址。注意：重置值为NAO单线链的重置值为1
comp_b1_b2	11	COMP_B1_B2（标准器4比较B，电路测试）
comp_a1_a2	10	COMP_A1_A2（标准器4比较器A，电路测试）
comp_b	9	COMP_B（斩波器比较器B，用于集成电路测试）
共计a	8	COMP_A（斩波器比较器A，电路测试）
预订的	7	
uart_en	6	1.=UART界面出血
恩克恩	5	N通道状态
DRV ENN	4	驱动程序已禁用/已启用状态。
欧洲海军通讯署	3	A通道状态
安克	2	B通道状态
DIR	1	
步进	0	

DRV_CONF (0xA)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	—	—	斜率控制[1: 0]		—	—	当前范围[1: 0]	
重置	—	—	0x0		—	—	0x0	
访问类型	—	—	写入，读取		—	—	写入，读取	

比特场	位点	描述	解码
SLOPE_CO 内特罗尔	5:4	边坡控制设置	0x0: 100V/μs 0x1: 200V/μs 0x2: 400V/μs 0x3: 800V/μs
电流范围	1:0	此设置允许基本调整驾驶员RDSon电流感应到电机电流范围。选择最低的装配范围，以获得最佳的电流精度。该数值为峰值电流设置。	0x0: 1A 0x1: 2A 0x2: 3A 0x3: 3A

全局缩放器 (0xB)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	全球规模计算器							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
全球规模计算器	7:0	电机电流的整体比例调整。这个值乘以当前的比例，以使驱动器适应某种电机类型。这个值应该在调优其他设置之前被选择，因为它也会影响斩波器的滞后性。这个值只是用于微调调制器或电流。 0:全刻度（或写入256） 1...31：不允许进行操作 32...255：32/256....最大电流的255/256。提示：建议 使用值>128以获得最佳结果

IHOLD IRUN (0x10)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	irundelay			
重置	—	—	—	—	0x4			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	延迟延迟			
重置	—	—	—	—	0x1			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	润润[4: 0]			
重置	—	—	—	—	0b11111			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	—	—	—	—	我知道了			
重置	—	—	—	—	0b01000			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			

比特场	位点	描述
红外线延迟	27:24	控制启动后电机通电的时钟周期数。0: 瞬间功率上升1..15: 延迟电流输入步骤的倍数 $irundely * 512$ 时钟
ihold延迟	19:16	一旦检测到静止（ $stst=1$ ），则控制电机断电的时钟循环数。这种转变避免了上升或上升。 0: 瞬时功率下降 1..15: 2^{18} 流量中的延迟电流减少步骤
润润	12:8	电机运行电流（ $0=1/32...31=32/32$ ） 提示：选择一种感觉恢复的方式，正常的IRUN是16到31为最好的微步性能。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
伊霍尔	4:0	静态电流 (0=1/32...31=32/32) 结合稳定的chop2模式, 设置IHOLD=0允许选择自由旋转或线圈短路的电机静止。

TPOWERDOWN (0x11)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	调速							
重置	0xA							
访问类型	写入, 读取							

比特场	位点	描述
调速	7:0	关闭电源设置电机停机（停止）后的延迟时间。时间范围大约为0到4秒。 注意：要允许自动调优健康芯片2 PWM_OFFS_AUTO, 至少需要设置为2。 重置默认= 10 $0 \dots ((2^8) - 1) \times 2^{18} t_{CLK}$

TSTEP (0x12)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	步骤19: 16			
重置	—	—	—	—	0x0			
访问类型	—	—	—	—	只读			
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	步骤[15: 8]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	步骤[7: 0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
t步	19:0	从1/fCLK的步进输入频率为单位得到的两个1/256微步之间的实际测量时间。当出现溢出或静止时，测量值为$(2^{20}) - 1$。 所有与TSTEP相关的阈值都滞后于该值的1/16，以补偿时钟或步长频率的抖动。国旗 <i>small_hysteresis</i> modifies 的滞后值较小，为1/32。 $(T_{xxxx} \times 15/16) - 1$或$(T_{xxx} \times 31/32) - 1$被用作每个比较值的第二个比较值。 这意味着，较低的开关速度等于s计算的设置，但较高的开关速度较高的滞后设置。

TPWMTHRS (0x13)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	TPWMTHRS[19: 16]			
重置	—	—	—	—	0x0			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	TPWMTHRS[15: 8]							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	tpwmthrs							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							
比特场	位点		描述					
TPWMTHRS	19:0		这是稳定2电压PWM模式的上速度。TSTEP ≥ TPWMTHRS 如果已配置，则已启用●StealthChop2 PWM模式					

TCOOLTHRS (0x14)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	Tcoulthrs			
重置	—	—	—	—	0x0			
访问类型	—	—	—	—	写入，读取			
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	Tcoulthrs[15: 8]							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	tcolthr							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

比特场	位点	描述
tcolthr	19:0	这是开启智能电源冷却步骤和后备保护功能的较低阈值速度。无符号的 将该参数设置为在低速时禁用冷却步骤，因为它不能可靠地工作。失速输出信号在超过这个速度时被启用。一旦速度降到此阈值以下，它将再次被禁用。 <i>tcolthr</i> ≥ <i>tstep</i> 大腿: 如果已启用●冷却器 <i>TCOOLTHRS</i> ≥ <i>TSTEP</i> 如果已配置，则已启用●Stall输出信号（DIAG0/1）

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

大腿 (0x15)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	大腿			
重置	—	—	—	—	0x0			
访问类型	—	—	—	—	写入, 读取			
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	大腿							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	大腿							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							

比特场	位点	描述
大腿	19:0	这种速度设置允许速度相关切换到不同的斩波模式和全步最大扭矩。无符号的 失速检测功能在2-3个电气周期内被关闭 只要通过大腿阈值, 以补偿切换模式的影响。 <i>TSTEP</i> ≤ 大腿: ●冷却器禁用 (电机以正常电流下运行) ●稳定芯片2电压PWM m被禁用 如果设置了电压, 斩波器切换到电压=1与TFD=0(常数 ●关闭时间, 带有缓慢的衰退, 仅限)如果设置高压, 则将全步态模式和所有检测切换为全步态检测。

DIRECT MODE (0x2D)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	direct_coil_b[8]
重置	—	—	—	—	—	—	—	
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	写入, 读取

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	direct_coil_b [7:0]							
重置								
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	直接线圈_a[8]
重置	—	—	—	—	—	—	—	
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	写入，读取
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	直接线圈							
重置								
访问类型	写入，读取							

比特场	位点	描述
direct_coil_b	24:16	当选择直接调制解调器GCONFis时：签名 线圈B电流
直接线圈a	8:0	当选择直接调制解调器GCONFis时：已签名 线圈A电流

ENCMODE (0x38)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	enc_sel_de 西马尔	—	clr_enc_x
重置	—	—	—	—	—	0x0	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	写入，读取	—	写入，读取
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	pos_neg_edge[1:0]		clr_once	clr_cont	ignore_AB	pol_N	pol_B	pol_A
重置	0x0			0x0	0x0	0x0	0x0	0x0
访问类型	写入，读取		写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
enc_sel_decimal	10	编码器预选模式选择	0x0: 编码器预调节器除数二元模式: 计数ENC_CONST (部分部分) /65536 0x1: 编码器预计算器除数十进制模式: 计数 ENC_CONST (部分) /10000
clr_enc_x	8	编码器锁存配置	0x0: UponN事件, X_ENC只成为锁定的 toENC_LATCH 0x1: 锁存和附加清晰的编码器计数器XENC在n 事件
pos_neg_edge	7:6	N通道事件灵敏度	0x0: 在活动的N个事件级别期间, N个通道事件 处于活动状态 0x1: N通道有效, N事件0x2: N通道有效, N事件 0x3: N通道有效 非活动goingN事件
clr_once	5	定位门锁配置	0x0: 禁用 0x1: 在写访问之后的下一个非事件上锁定或锁定 并清除X_ENC
clr_cont	4	定位门锁配置	0x0: 禁用 0x1: 在发生X_ENC事件时, 始终锁存或锁存并清 除X_ENC (每旋转一次, 建议将此设置与edge敏 感的N结合起来 事件
ignore_AB	3	N事件配置	0x0: AnN事件只发生在极性由 pol_N, pol_A和pol_B匹配。 0x1: 忽略N个通道事件的A和双极性
pol_N	2	定义N的活性极性	0x0: 低活性 0x1: 高活性
pol_B	1	anN通道事件需要的极性	0x0: neg 0x1: pos
pol_A	0	对于anN信道事件, 需要一个极性	0x0: neg 0x1: pos

X_ENC (0x39)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	X_ENC[31:24]							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	X_ENC[23:16]							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	X_ENC[15:8]							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	X_ENC[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	写入, 读取							

比特场	位点	描述
X_ENC	31:0	实际编码器位置 (已签名)

ENC_CONST (0x3A)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	ENC_CONST[31:24]							
重置	0x10000							
访问类型	写入, 读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	ENC_CONST[23:16]							
重置	0x10000							
访问类型	写入, 读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	ENC_CONST[15:8]							
重置	0x10000							
访问类型	写入, 读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	ENC_CONST[7:0]							
重置	0x10000							
访问类型	写入, 读取							

比特场	位点	描述
enc_const	31:0	累积常数 (有符号) 16位整数部分, 16位比例元部分 X_ENC 累积 $\pm ENC_CONST / (2^{16} \times X_ENC)$ (二进制) 或 $\pm ENC_CONST / (10^4 \times X_ENC)$ (十进制) 封装位 <i>enc_sel_decimal</i> 在十进制和二进制设置之间切换。使用该符号, 以匹配旋转方向! 双重的 $\pm [\mu steps / 2^{16}]$ $\pm (0 \dots 32767.999847)$ 十进位的 $\pm (0.0 \dots 32767.9999)$ 重置默认 = 1.0 (=65536)

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

ENC STATUS (0x3B)

编码器状态信息

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	—	—	—	—	—	—	—	n事件
重置	—	—	—	—	—	—	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	写1来清除，阅读
比特场	位点	描述			解码			
n事件	0				0x0: 无事件 0x1: 检测到事件。 要清除状态栏，请在此响应位置用1位写入。			

ENC LATCH (0x3C)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	ENC_LATCH[31:24]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	ENC_LATCH[23:16]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	ENC_LATCH[15:8]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	ENC_LATCH[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
enc_latch	31:0	编码器位置X_ENC锁定在N个事件上

ADC_VSUPPLY_AIN (0x5 0)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	adc_ain [12:8]				
重置	—	—	—					
访问类型	—	—	—	只读				
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	adc_ain [7:0]							
重置								
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	adc_vsupply [12:8]				
重置	—	—	—					
访问类型	—	—	—	只读				
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	adc_vsupply [7:0]							
重置								
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
adc_ain	28:16	AIN引脚处的电压值，单位为整数。 更新=每2048个时钟 $V_{AIN}=ADC_AIN \times 305.2 \text{ 紫外线}$
adc_vsupply	12:0	VS上的实际电压值（用低通滤波器进行滤波）。更新速率： ： 每2048个时钟 $VS=ADC_VSUPPLY \times 9.732 \text{ mV}$

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

ADC_TEMP (0x51)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	保留【12: 8】				
重置	—	—	—					
访问类型	—	—	—	只读				
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	预留【7: 0】							
重置								
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	adc_temp [12:8]				
重置	—	—	—					
访问类型	—	—	—	只读				
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	adc_temp [7:0]							
重置								
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
预留	28:16	
adc_temp	12:0	实际温度（低通滤波器过滤）使用速率：每2048块 $\text{TEMP}[^{\circ}\text{C}] = \frac{\text{ADC_TEMP} - 2038}{77}$

OTW OV VTH (0x52)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	OVERTEMPPREWARNING_VTH[12:8]				
重置	—	—	—	0xB92				
访问类型	—	—	—	写入，读取				
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	OVERTEMPPREWARNING_VTH[7:0]							
重置	0xB92							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	overvoltage_vth [12:8]				
重置	—	—	—	0xF25				
访问类型	—	—	—	写入，读取				
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	overvoltage_vth [7:0]							
重置	0xF25							
访问类型	写入，读取							

比特场	位点	描述
OVERTEMPPREWARNING_VTH	28:16	超温警告阈值寄存器： ADC_TEMP >= OVERTEMPPREWARNING_VTH Overtemperature warning将被触发 (重置: 0xB92等于120°C)
overvoltage_vth	12:0	输出OV的过电压阈值。默认值: 38V, 36 V等于1.125 V

MSLUT_0 (0x60)

微步表条目0...31

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_0[31:24]							
重置	0xAAAAAB554							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_0[23:16]							
重置	0xAAAAAB554							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_0[15:8]							
重置	0xAAAAAB554							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_0[7:0]							
重置	0xAAAAAB554							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_0	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 <i>CUR_A and CUR_B</i> 存储为 <i>MSCNT</i> 位置0、<i>inSTART_SIN</i> 和 <u>启动SIN 90°。</u> <i>ofs31, ofs30, ..., ofs01, ofs00</i> ... <i>ofs255, ofs254, ..., ofs225, ofs224</i> 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_1 (0x61)

微步表条目32...63

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_1[31:24]							
重置	0x4A9554AA							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_1[23:16]							
重置	0x4A9554AA							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_1[15:8]							
重置	0x4A9554AA							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_1[7:0]							
重置	0x4A9554AA							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_1	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90°。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255, ofs254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_2 (0x62)

微步表条目64...95

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_2[31:24]							
重置	0x24492929							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_2[23:16]							
重置	0x24492929							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_2[15:8]							
重置	0x24492929							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_2[7:0]							
重置	0x24492929							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_2	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00: +0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 <i>CUR_A and CUR_B</i> 存储为 <i>MSCNT</i> 位置0、<i>inSTART_SIN</i> 和 <u>启动SIN 90°。</u> <i>ofs31, ofs30, ..., ofs01, ofs00</i> ... <i>ofs255, ofs254, ..., ofs225, ofs224</i> 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_3 (0x63)

微步表条目96...127

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_3[31:24]							
重置	0x10104222							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_3[23:16]							
重置	0x10104222							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_3[15:8]							
重置	0x10104222							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_3[7:0]							
重置	0x10104222							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_3	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90°。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255,254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_4 (0x64)

微步表入口s128...159

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_4[31:24]							
重置	0xFBFFFFFF							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_4[23:16]							
重置	0xFBFFFFFF							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_4[15:8]							
重置	0xFBFFFFFF							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_4[7:0]							
重置	0xFBFFFFFF							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_4	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是第一波四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90°。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255,254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUT 5 (0x65)

微步表入口s160...191

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_5[31:24]							
重置	0xB5BB777D							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_5[23:16]							
重置	0xB5BB777D							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_5[15:8]							
重置	0xB5BB777D							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_5[7:0]							
重置	0xB5BB777D							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_5	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是第一波四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90°。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255,254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_6 (0x66)

微步表入口s192...223

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_6[31:24]							
重置	0x49295556							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_6[23:16]							
重置	0x49295556							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_6[15:8]							
重置	0x49295556							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_6[7:0]							
重置	0x49295556							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_6	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90°。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255, ofs254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUT_7 (0x67)

微步表项224.....255

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	MSLUT_7[31:24]							
重置	0x404222							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	MSLUT_7[23:16]							
重置	0x404222							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	MSLUT_7[15:8]							
重置	0x404222							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSLUT_7[7:0]							
重置	0x404222							
访问类型	写入，读取							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
MSLUT_7	31:0	当与相应的+位组合时，每个位都给出了入口x和入口x+1之间的差异： 0: W=%00: -1 %01:+0 %10:+1 %11:+2 1: W=%00:+0 %01:+1 %10:+2 %11:+3 这是一个波的第一四分之一的差分编码。开始值 CUR_A and CUR_B 存储为MSCNT 位置0、inSTART_SIN 和 启动SIN 90。 ofs31, ofs30,..., ofs01, ofs00 ... ofs255,254, ..., ofs225, ofs224 重置默认的= 正弦波表

MSLUTSEL (0x68)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	X3[7:0]							
重置	0xFF							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	X2[7:0]							
重置	0xFF							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	X1[7:0]							
重置	0x80							
访问类型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	W3[1:0]		W2[1:0]		W1[1:0]		W0[1:0]	
重置	0x1		0x1		0x1		0x2	
访问类型	写入，读取		写入，读取		写入，读取		写入，读取	

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
X3	31:24	LUT段1开始 正弦波查找表可以用一个单独的步宽控制入口Wx分为四个段。线段边界由X1、X2和X3选择。 线段0从0转到X1-1。 节段1从X1转到X2-1。 第二段2从X2转到X3-1。 段3从X3到255。 对于已定义的响应，这些值应满足： $0 < X1 < X2 < X3$
X2	23:16	LUT段1开始 正弦波查找表可以用一个单独的步宽控制入口Wx分为四个段。线段边界由X1、X2和X3选择。 线段0从0转到X1-1。 节段1从X1转到X2-1。 第二段2从X2转到X3-1。 节段3从X3转到255。 对于已定义的响应，这些值应满足： $0 < X1 < X2 < X3$
X1	15:8	LUT段1开始 正弦波查找表可以用一个单独的步宽控制入口Wx分为四个段。线段边界由X1、X2和X3选择。 线段0从0转到X1-1。 节段1从X1转到X2-1。 第二段2从X2转到X3-1。 节段3从X3转到255。 对于已定义的响应，这些值应满足： $0 < X1 < X2 < X3$
W3	7:6	LUT宽度从（X3）到255 宽度控制位编码W0 ... W3: %00: MSLUT条目0,1选择: -1, +0 %01: MSLUT条目0,1选择: +0, +1 %10: MSLUT条目0,1选择: +1, +2 %11: MSLUT条目0,1选择: +2, +3
W2	5:4	从尺寸（X2）图（X3-1）中选择LUT宽度 宽度控制位编码W0 ... W3: %00: MSLUT条目0,1选择: -1, +0 %01: MSLUT条目0,1选择: +0, +1 %10: MSLUT条目0,1选择: +1, +2 %11: MSLUT条目0,1选择: +2, +3

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
W1	3:2	从尺寸 (X1) 图 (X2-1) 中选择LUT宽度 宽度控制位编码W0 ... W3: %00: MSLUT条目0,1选择: -1, +0 %01: MSLUT条目0,1选择: +0, +1 %10: MSLUT条目0,1选择: +1, +2 %11: MSLUT条目0,1选择: +2, +3
W0	1:0	选择00度 (X1-1) 宽度控制位编码W0 ... W3: %00: MSLUT条目0,1选择: -1, +0 %01: MSLUT条目0,1选择: +0, +1 %10: MSLUT条目0,1选择: +1, +2 %11: MSLUT条目0,1选择: +2, +3

MSLUTSTART (0x69)

起始值被转移到微步registersCUR_A andCUR_B，只要参考位置MSCNT=为0已通过。

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	offset_sin90 [7:0]							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	start_sin90 [7:0]							
重置	0d247							
访问类型	写入，读取							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	启动sin[7: 0]							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

比特场	位点	描述
offset_sin90	31:24	余弦波+-127微步的符号偏移。AdaptSTART_SIN90在MSCNT=0位置的微步波台
start_sin90	23:16	START_SIN90给出了余弦波微阶跃表中心MSCNT=0的绝对值（表位置256+OFFSET_SIN90）。
开始_sin	7:0	START_SIN给出了微步表条目0处的绝对值。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

MSCNT (0x6A)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	mscnt	
重置	—	—	—	—	—	—	0x0	
访问类型	—	—	—	—	—	—	只读	
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	MSCNT[7: 0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
MSCNT	9:0	微步计数器。表示在rCUR_B的主题步骤表中的实际位置。CUR_Auses的偏移量为256 (2相电机)。 提示：在重新初始化启动之前，移动到MSLUT或MSLUT和启动为零的位置。

MSCURACT (0x6B)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	CUR_A[8]
重置	—	—	—	—	—	—	—	0xF7
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	只读
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	CUR_A[7:0]							
重置	0xF7							
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	CUR_B[8]
重置	—	—	—	—	—	—	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	只读

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	CUR_B[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
cur_a	24:16	MSLUT中电机相A（共正弦波）的实际微步电流（不按电流缩放）
CUR_B	8:0	MSLUT下电机B相（正弦波）的实际微步电流（不按电流缩放）

CHOPCONF (0x6C)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	diss2vs	diss2g	迪奇	intpol	Mres			
重置	0x0	0x0	0x0	0x1	0x0			
访问类型	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取	写入，读取			

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	TPFD[3: 0]				vhighchm	vhighfs	—	脑外伤[1]
重置	0x4						—	0b10
访问类型	写入，读取				写入，读取	写入，读取	—	写入，读取

比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	脑外伤[0]	chm	—	disfdcc	fd3	hend_偏移量		
重置	0b10		—	0x0		0x2		
访问类型	写入，读取	写入，读取	—	写入，读取	写入，读取	写入，读取		

比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	hend_偏移[0]	HSTRT_TFD210[2:0]			收件人			
重置	0x2	0x5			0x0			
访问类型	写入，读取	写入，读取			写入，读取			

比特场	位点	描述	解码
diss2vs	31	短路到供应保护禁用	0x0: 短路至VS保护已开启 0x1: 短路到VS的保护功能已被禁用
diss2g	30	对GND保护短路禁用	0x0: 短到GND保护的ionis打开 0x1: 短路到GND的保护已被禁用
迪奇	29	启用双边步进脉冲	0x0: 禁用 0x1: 在每个步进边缘启用步进脉冲，以降低步进频率要求。
intpol	28	插值到256微步	0x0: 无插值 0x1: 实际的微步分辨率（MRES）被外推为256个微步，以实现最平稳的电机运行

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
米尔斯	27:24	微阶分辨率选择 该分辨率给出了每神经四分之一波的微步进条目数。 驱动程序自动使用微步进产生不对称波的位置，当选择一个较低的微步长分辨率时。步长宽度=2^MRES[微步长]	0x0: 本机256微步设置。0x1: 128 0x2: 64 0x3: 32 0x4: 16 0x5: 8 0x6: 4 0x7: 2 0x8: FULLSTEP 0x9: 未使用
TPFD	23:20	被动快速衰减时间 <i>TPFD</i>允许抑制电机中程共振。 被动快速衰减时间设置控制在桥极性变化后插入的快速衰减相位的持续时间 N CLK=128 x TPFD %0000: 禁用 %0001 ... %1111: 1 ... 15	
vhighchm	19	高速斩波模式 当超过VHIGH时，此位允许切换到chm=1和fd=0。这样，就可以达到更高的速度。可以与vhighfs=1结合使用。如果已设置，则使用toff进行设置 在高速工作期间自动加倍，以避免斩波器频率加倍。	
vhighfs	18	高速全步选择 当超过VHIGH时，此位允许切换到full步骤。开关只在45°位置进行。全步目标电流使用45°位置的当前值。	
脑外伤	16:15	<i>TBL</i>空白时间设置。 设置比较器空白时间内的时钟周期数。 提示：大多数应用程序都建议使用24或36个时钟。 对TBL=0x0的限制：仅在中使用与外部时钟os振荡器<=8MHz的组合 对TBL = 0x1的限制：可能使用内部时钟，或者如果应用外部TBL时钟频率<=13MHz。	0x0: 16时钟 0x1: 24时钟 0x2: 36时钟 0x3: 54时钟
chm	14	斩波器模式选择。 只有有效的ifcn_pwm_mode是0或TSTEP<	0x0: 标准模式（传播周期） 0x1: 恒关闭时间，快速衰减时间。快速衰减时间也被终止时达到负性静脉窦电流。快速衰减。
disfdcc	12	快速衰减模式forchm= 1	0x0: 支持当前快速衰变周期的使用 0x1: 禁用快速衰减周期的当前比较器使用

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进器驱动器，带有S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
fd3	11	TFD[3] 使用chm=1: MSB的快速衰减时间设置TFD	
hend_offset	10:7	与chm=0: HEND迟滞电阻值 %0000... %1111: Hysteresis -3, -2, -1, 0, 1, ..., 12 (此设置的1/512增加了电流设置) 这是用于磁滞斩波器的磁滞值。 使用chm=1: OFFSET正弦波偏移 %0000... %1111: Offsetis -3, -2, -1, 0, 1, ..., 12 这就是正弦波的偏移量, 这个值的1/512被加到每个正弦波的绝对值中。	
HSTRT_TFD 210	6:4	使用chm=0: HSTRT滞后开始值添加到HEND %000...%111: 将1、2、..., 8增加到磁阻值HEND (此设置的1/512增加到电流设置) 注意事项: 有效的HEND+ HSTRT≤16。 提示: 每16个时钟都有滞后的减少 使用chm=1: TFD[2.0]快速衰减时间设置快速衰减时间设置 (MSB: fd3): %0000... %1111: 快速衰减时间设置TFD与 N CLK= 32 xTFD (%0000: 仅限缓慢衰减)	
有钱人	3:0	关闭关闭时间和驱动程序启用 关闭时间设置控制缓慢衰减阶段的持续时间 N CLK= 24+32 x顶 %0000: 驱动程序禁用, 所有网桥脱离 %0001: 1-仅使用hTBL≥2 %0010...%1111: 2... 15	

COOLCONF (0x6D)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	sflt
重置	—	—	—	—	—	—	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	写入, 读取

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	sgt[6:0]						
重置	—	0x0						
访问类型	—	写入，读取						
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	seimin	sedn[1:0]		—	semax[3:0]			
重置	0x0	0x0		—	0x0			
访问类型	写入，读取	写入，读取		—	写入，读取			
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	—	seup[1:0]		—	semin[3:0]			
重置	—	0x0		—	0x0			
访问类型	—	写入，读取		—	写入，读取			

比特场	位点	描述	解码
sfilt	24	StallGuard2过滤器启用	0x0: 标准模式，高时间分辨率的跟踪保护 0x1: 过滤模式，备用保护信号更新前四个全步，仅为了补偿电机公差
sgt	22:16	StallGuard2阈值 这个有符号的值控制停止保护2水平的停止输出，并设置最佳的读数的测量范围。值越低，灵敏度就越高。零是与大多数电机一起工作的起始值。 -64到+63: 更高的价值使失速2敏感较低，需要更多的扭矩来指示失速。	
seimin	15	智能电流控制的最小电流	0x0: 电流设置（IRUN） （其中包括稳定要求IRUN≥16）0x1: 1/4的当前设置（IRUN） （与稳定要求≥28一起使用）
sedn	14:13	电流下降速度 %00: 对于每32个标准保护，2个值减去1 %01: 对于每8个StallGuard2值减少1 %10: 对于每2个StallGuard2值减少1 %11: 对于每个StallGuard2的值，将减少1	

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
半轴	11:8	智能电流控制的停滞2滞后值 如果支架保护2的结果等于或超过（SEMIN+SEMAX +1）x 32，则电机 电流减少以保存energy.%0000 ...%1111： 0 ... 15	
seup	6:5	电流上升宽度 每个测量的货币增量步骤保护2值 %00 ...%11:1, 2, 4, 8	
半蛋白	3:0	智能当前控制的最小保护值和 智能电流启用 如果跟踪保护2的结果落在SEMINx32以下， 则电机电流将增加到降低调节器负载角。 %0000： 智能电流控制冷却器步骤关闭 %0001...%1111： 1...15	

DRV_STATUS (0x6F)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	stst	olb	ola	s2gb	s2ga	otpw	ot	失速防护装置
重置								
访问类型	只读	只读	只读	只读	只读	只读	只读	只读
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	CS_ACTUAL[4:0]				
重置	—	—	—					
访问类型	—	—	—	只读				
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	fsactive	潜行	s2vsb	s2vsa	—	—	SG_RESULT[9:8]	
重置					—	—		
访问类型	只读	只读	只读	只读	—	—	只读	
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	SG_RESULT[7:0]							
重置								
访问类型	只读							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
stst	31	静止指示器 此标志表示各操作模式下的电机停止状态。这发生在最后一步脉冲后的2 ²⁰ 时钟。	
olb	30	打开负荷指示灯表B	0x0: 正常运行 0x1: 在B阶段检测到打开负载。 <i>提示: 这只是一个有用的标志。司机不要对此采取行动。快速运动和静止可能发生错误检测。慢速检查运动, 只有。</i>
ola	29	打开负载指示器阶段A	0x0: 正常运行 0x1: 在相位A上检测到打开负载。 <i>提示: 这只是一个有用的标志。司机不要对此采取行动。快速运动和静止可能发生错误检测。慢速检查运动, 只有。</i>
s2gb	28	对地指示灯B阶段短路	0x0: 正常运行 0x1: 在阶段B上检测到短到GND。iver医生被禁用。标志保持活动状态, 直到软件 (TOFF=0) 或 ENN输入禁用驱动程序。
s2ga	27	短地指示阶段A	0x0: 正常运行 0x1: 在阶段A上检测到短到GND。驱动器被禁用。标志保持活动状态, 直到软件 (TOFF=0) 或 ENN输入禁用驱动程序。
otpw	26	超温预警标志	0x0: 正常运行 0x1: 超过过热预警阈值。 超温的预警告标志是常见的两个桥梁。
ot	25	超温标志	0x0: 正常运行 0x1: 已达到过温极限。 司机被禁用, 直到otpw也被清除。 过温标志对两个桥都很常见。
失速防护装置	24	StallGuard2/StallGuard4状态	0x0: 正常运行 0x1: 通过跟踪保护2检测到电机失速分段循环操作)。通过StallGuard4 (在稳定芯片2操作) 或全速 (在全速模式)。
cs_actual	20:16	实际电机电流/智能能量电流 实际电流控制比例, 用于监测寄存器冷却器中的智能电流测量, 或用于监控自动电流缩放的功能	
fsactive	15	全步活动指示器	0x0: 微步进活动 0x1: 表示驱动程序已切换到由斩波器调制器和速度阈值定义的全步进

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
潜行	14	StealthChop2指示灯	0x0: StealthChop2未激活 0x1: 驱动程序在StealthChop2模式下运行
s2vsb	13	对电源指示灯B阶段短路	0x0: 无错误 0x1: 在B阶段检测到供应不足。这个驱动程序已禁用。旗帜保持活跃，直到驱动程序被软件（TOFF=0）或被ENN输入禁用。
s2vsa	12	短路到供应指示灯阶段A	0x0: 无错误 0x1: 在A阶段检测到供应不足。驱动程序已禁用。旗帜保持活跃，直到驱动程序被软件（TOFF=0）或被ENN输入禁用。
sg_result	9:0	结果的结果（取决于实际斩波器模式）。PWM准时为线圈A在静止与分段循环电机温度检测。 机械载荷测量： 2/4的结果给了我们一种方法测量机械电机负载。更高的评估可以降低机械负荷。为了2,0信号最高装载与最佳的SG设置，这是一个电机失速的指示器。失速检测comparesSG_RESULTto 0，以便检测失速。SG_RESULT与可编程的上限和下限进行比较，用作冷却步骤操作的基础。伊蒂斯不适用于稳定2模式。推位保护2最适合微步操作。 在预循环模式下的温度测量： 在停顿中，没有停滞守卫2的结果获得SG_RESULTshows的直升机时间为电机线圈A代替。移动电机在确定的微步位置保持电流设置得到一个粗糙通过按时读取斩波器来估算电机温度。随着电机加热，其线圈电阻增加，斩波器准时增加。对于StallGuard4的细节，请参考SG4_RESULT。	

PWMCONF (0x70)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	PWM_LIM[3:0]				PWM_REG[3:0]			
重置	0xC				0x4			
访问类型	写入，读取				写入，读取			

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	pwm_dis_re g_stst	pwm_meas _sd_启用	自由轮		pwm_autogr ad	pwm_autos 钙	PWM_FREQ[1:0]	
重置	0x0	0x0	0x0		0x1	0x1	0x0	
访问类 型	写入，读取	写入，读取	写入，读取		写入，读取	写入，读取	写入，读取	
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	PWM_GRAD[7:0]							
重置	0x0							
访问类 型	写入，读取							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	PWM_OFS[7:0]							
重置	0x1D							
访问类 型	写入，读取							

比特场	位点	描述	解码
PWM LIM	31:28	PWM自动比例放大纵向排除时巫术 当PWM_SCALE_AUTO的限制 从弹簧a循环切换回 稳定芯片2。此值定义了切换回时自动当前 控制的第7至第4位的上限。可以设置为在模 式改变期间减少当前跳跳2。 它不存在limitPWM_GRAD orPWM_GRAD_AUTO偏移量。 (Default= 12)	
PWM_REG	27:24	调节回路梯度 用户定义的最大PWM纵向每半波使用 <i>pwm_autoscale=1. (1...15):</i> 1:0.5增量（最慢速度）2: 1增量 3:1.5增量 4:2个增量（重置默认值） ... 8:4个增量 ... 15:7.5增量（最快速度）	
pwm_dis_reg _stst	23	1=当电机停止且电流降低时（小于电流）禁 用电流调节。此选项可消除在静止期间产生 的任何调节噪音。	
pwm_meas_ sd_enable	22	默认的=0; 1: 使用低端的缓慢衰减相位来测 量电机电流，以降低电流下限。	

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
FREEWHEEL	21:20	允许不同的静态模式 当电机电流设置为零 ($I_{HOLD}=0$) 时, 站静止选项。 %00: 正常操作 %01: 自由流动 %10: 使用LS驱动器的线圈短路%11: 使用HS d河流的线圈短路	
pwm_autograd	19	PWM自动梯度自适应	0x0: PWM_GRAD的固定值 ($pwm_grad_auto = pwm_grad$) 0x1: 自动调优 (仅限于与 $pwm_自动缩放=1$) (重置默认值) PWM_GRAD_AUTOis初始化与 PWM_GRAD, 而 $pwm_autograd$, d, $=$, 0和 在运动过程中自动进行优化。先决条件 1. PWM_OFS_AUTOhas已被自动初始化。这需要在IRUN处停止运行 >130msin顺序, a)检测备用状态)等待>128斩波循环在tePWM_OFS_AUTO和c)调节tePWM_OFS_AUTO, 这样 $-1 < pwm_scale_auto < 1$ 2. 电机运行和 $1.5 \times PWM_OFS_AUTO \times (IRUN+1) / 32 < PWM_SCALE_SUM < 4 \times PWM_OFS_AUTO \times (IRUN+1) / 32$ and $PWM_SCALE_SUM < 255$. <u>每次更改+/-1时, 调整</u> <u>PWM_GRAD_AUTOAbout 8全步数所需的时间。</u> 还允许使用简化的斩波器频率来调谐 PWM_OFS_AUTO。
pwm_autoscale	18	PWM自动振幅缩放	0x0: 用户定义的馈送PWM振幅。当前的设置IRUN和IHOLD没有影响! 所得的PWM振幅 (仅限于0...255) 为: $PWM_OFS \times ((CS_ACTUAL+1) / 32) + PWM_GRAD \times 256 / TSTEP$ 0x1: 启用自动电流控制 (重置默认值)
PWM_FREQ	17:16	PWM频率选择: %00: $f_{PWM}=2/1024 f_{CLK}$ (重置默认值) %01: $f_{PWM}=2/683 f_{CLK}$ %10: $f_{PWM}=2/512 f_{CLK}$ %11: $f_{PWM}=2/410 f_{CLK}$	

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述	解码
pwm_grad	15:8	PWM振幅的速度相关梯度： $PWM_GRAD \times 256 / TSTEP$ 这个值将toPWM_OFS添加到 补偿速度依赖的电机反向电动势。 使用PWM_GRAD的初始值设为 自动缩放，以加快自动调整过程。为此，使 用pwm_autoscale=0 setPWM_GRADto确定的 的应用程序特定的值。只有之后，s etpwm_autoscale=1。启用稳定数据芯片2 完成后。 <i>线索</i> 在初始调优后，所要求的初始求值将被读出 fromPWM_GRAD_AUTO。	
pwm_ofs	7:0	用户定义的与全电机电流相关的PWM振幅 偏移量（0-255） （CS_实际的=31）处于静止状态。 （重置默认=30） 使用PWM_OFS作为自动缩放的初始值，以 加快自动调优 过程为此，setPWM_OFS到确定的，应用 程序特定的值，wi thpwm_autoscale=0。 只有之后，设置 pwm_autoscale=1.完成后启用步骤芯片2 。 PWM_OFS = 0将禁用缩小版 电机电流低于电机特定的低测量阈值。该设 置只能在特定条件下使用，即当电源电压在 两个或两个以上的上下变化时。它 防止电机失控，但也防止电源低于调节极 限。 PWM_OFS > 0允许自动缩放到低PWM占空 比，甚至低于低调节阈值。这允许低 （静止）基于实际（保持）当前比例的 当前设置（寄存器 IHOLD_润）。	

PWM_SCALE (0x71)

甜茶2扩增调节器的结果。这些值可以用来监测自动PWM振幅缩放(255=max。电压

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	PWM_SCALE_AUTO[8]
重置	—	—	—	—	—	—	—	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	只读
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	pwm_scale_auto [7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	pwm_scale_sum [9:8]	
重置	—	—	—	—	—	—	0x0	
访问类型	—	—	—	—	—	—	只读	
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	pwm_scale_sum [7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
pwm_scale_auto	24:16	
pwm_scale_sum	9:0	位: 9...0: [0...1023]PWM_SCALE_SUM: 实际PWM占空比。该值用于缩放从正弦波中得到的CUR_A and CUR_Bread值 表1023: 最大工作周期。该值扩展了两位[1,0]或更高的占空比精度。位9..2correspond到其他PWM占空比相关器的8位值。

PWM AUTO (0x72)

可以读取这些自动生成的值，以确定的默认/通电设置

PWM GRAD和PWM OFS。

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	pwm_grad_auto [7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，带有S/D和SPI

比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	pwm_ofs_auto [7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
pwm_grad_auto	23:16	自动确定的梯度值
pwm_ofs_auto	7:0	自动确定的偏移量值

SG4_THRS (0x74)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	sg_angle_of 帧设置	sg4_filt_en
重置	—	—	—	—	—	—	0x1	0x0
访问类型	—	—	—	—	—	—	写入，读取	写入，读取
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	SG4_THRS[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	写入，读取							

比特场	位点	描述
sg_angle_offset	9	1: 当从稳定芯片2切换到通过TPWM THRS控制的分段周期时，基于跟踪保护4的自动相移补偿
sg4_filt_en	8	1: 启用SG4过滤器，0: 禁用SG4过滤器

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器与S/D和SPI

比特场	位点	描述
SG4_THRS	7:0	失速检测阈值。支架4 valueSG4_RESULT与这个阈值相比。 一个带有信号的信号 $SG4_RESULT \leq SG4_THRS$ SG4_THRS覆盖了可能的SG4_RESULT范围的一半

SG4_RESULT (0x75)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	—	—	—	—	—	—	—	—
重置	—	—	—	—	—	—	—	—
访问类型	—	—	—	—	—	—	—	—
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	—	—	—	—	—	—	SG4_RESULT[9:8]	
重置	—	—	—	—	—	—	0x0	
访问类型	—	—	—	—	—	—	只读	
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	SG4_RESULT[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
sg4_result	9:0	只有是4的结果。 SG4_RESULT会随着每一个完整的步骤而更新，独立于四冷却器和SG4个冷却器。数值越高，表示电机负载越低，扭矩净空间越大。 仅适用于稳定2模式。位9和位0将始终显示0。扩展到10位是为了与StallGuard2兼容。

SG4_IND (0x76)

比特	31	30	29	28	27	26	25	24
场地	SG4_IND_3[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

比特	23	22	21	20	19	18	17	16
场地	SG4_IND_2[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	15	14	13	12	11	10	9	8
场地	SG4_IND_1[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							
比特	7	6	5	4	3	2	1	0
场地	SG4_IND_0[7:0]							
重置	0x0							
访问类型	只读							

比特场	位点	描述
SG4_IND_3	31:24	当SG4_filt_en=1: 显示SG4测量3作为过滤器输入
SG4_IND_2	23:16	当SG4_filt_en=1: 显示SG4测量2作为过滤器输入
SG4_IND_1	15:8	当SG4_filt_en=1: 显示用作过滤器输入的SG4测量值1
SG4_IND_0	7:0	显示SG4测量值当 SG4_filt_en=1时: 显示SG4测量值0用作过滤器输入

典型的应用程序

标准应用电路

标准应用电路使用最少的附加组件。使用低ESR的电解电容器来过滤电源。电容器需要应对由斩波器操作引起的电流纹波。建议在VS时使用最小容量的 $100\mu\text{F}$ 以获得最佳性能。电源电容器中的电流纹波也取决于电源的内部电阻和电缆长度。

VCC_离子必须从外部来源提供，例如，例如降3.3V调节器。

将所有滤波器电容器尽可能靠近相关的IC引脚。对所有GND连接使用一个坚实的公共地面平面。将VDD1V8滤波电容器直接连接到VDD1V8引脚上。

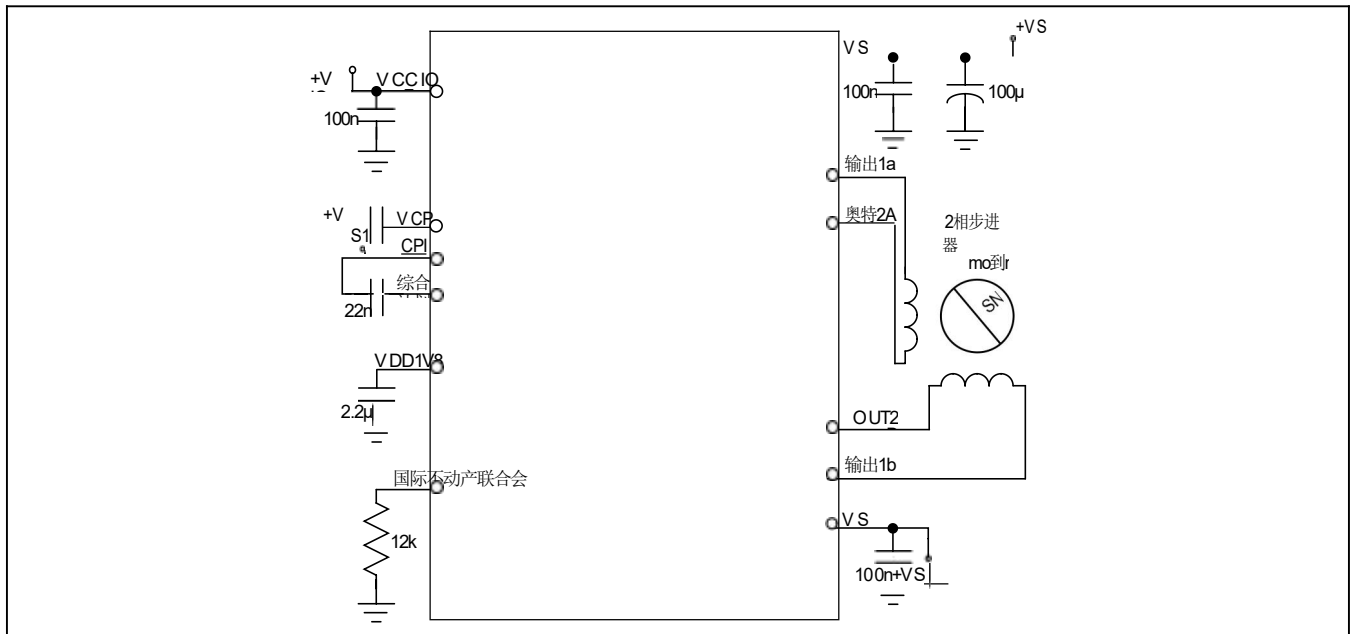


图35. 标准应用电路

高电机电流

当在高电机电流下运行时，由于MOSFET开关电阻引起的驾驶员功耗显著加热驾驶员。该功率耗散也会加热PCB冷却基础设施，如果操作擦除在一个增加

占空因数这进而会导致驾驶员温度的进一步升高。温度升高约 100°C 时，MOSFET电阻增加约50%。这是MOSFET开关的典型行为。因此，对于高占空比、高负载条件、热特性都应仔细考虑，特别是当应支持提高环境温度。请参阅包信息为热特性和在线评估工具包信息的布局例子。

作为经验法则，PCB设计的热性能在1.5A RMS电机电流或以上时可能变得关键。注意，电阻功率耗散随着电流电流的平方而增大。另一方面，这意味着少量减少电机电流可以显著节省散热和能量。

驾驶员保护和EME电路

一些应用程序需要用来应对由电机操作或外部影响引起的ESD事件。尽管ESD

典型应用电路（相关）

驱动芯片内的电路，在操作期间发生的ESD事件可能导致复位甚至破坏

马达司机，这取决于他们的能量。特别是塑料进气和带驱动系统容易导致数千伏的静电事件。最好的做法是，将所有导电部件，特别是电机本身连接到PCB接地，或应用导电塑料部件，以避免放电事故。此外，驾驶员还可以受到一定程度的保护

发生事件或现场堵塞/拉动电机，这也会导致电机连接器项的高电压和高电流。

一个简单的方案在驱动器输出处使用电容器来减少由ESD事件引起的 dV/dt 。更大的电容器带来更多的好处涉及ESD抑制，但在每个斩波周期中引起额外的电流，因此

增加河流功耗，特别是增加电源电压。所显示的值是示例值

可能在100pF到1nF之间变化。该电容器还抑制高频不注入从数字部分的应用PCB电路，从而减少电磁发射。

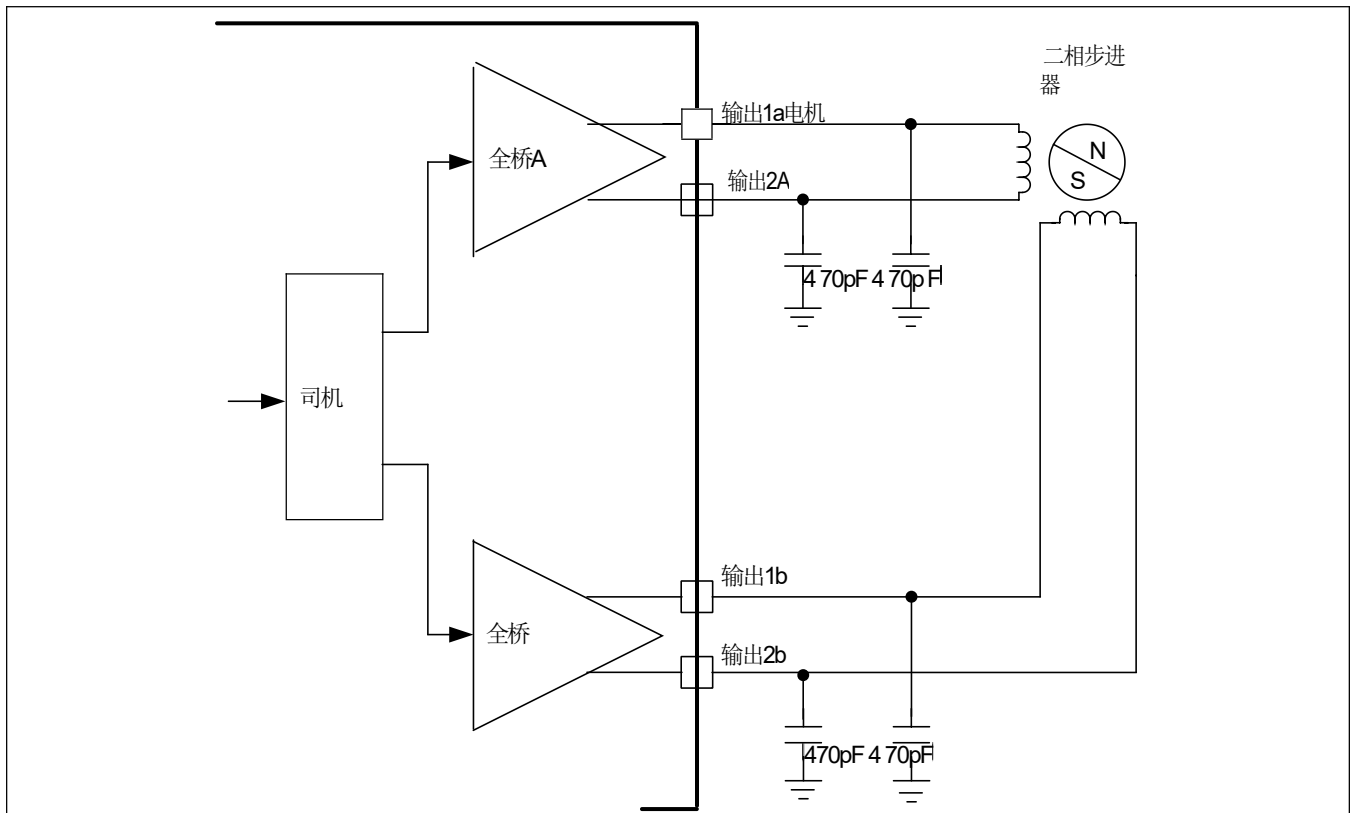


图36. 简单的ESD增强

一个更复杂的方案使用LC滤波器来解耦驱动器输出从电机连接器。位于线圈端子之间的变敏电阻器V1和V2可以消除由带电堵塞引起的线圈过电压。可选择通过变速器（V1A、V1B、V2A、V2B）保护所有输出不受ESD电压的影响。将阀门安装到电源电压表上。SMD

电感率传导全电机线圈电流，需要进行相应的选择。

典型应用电路（相关）

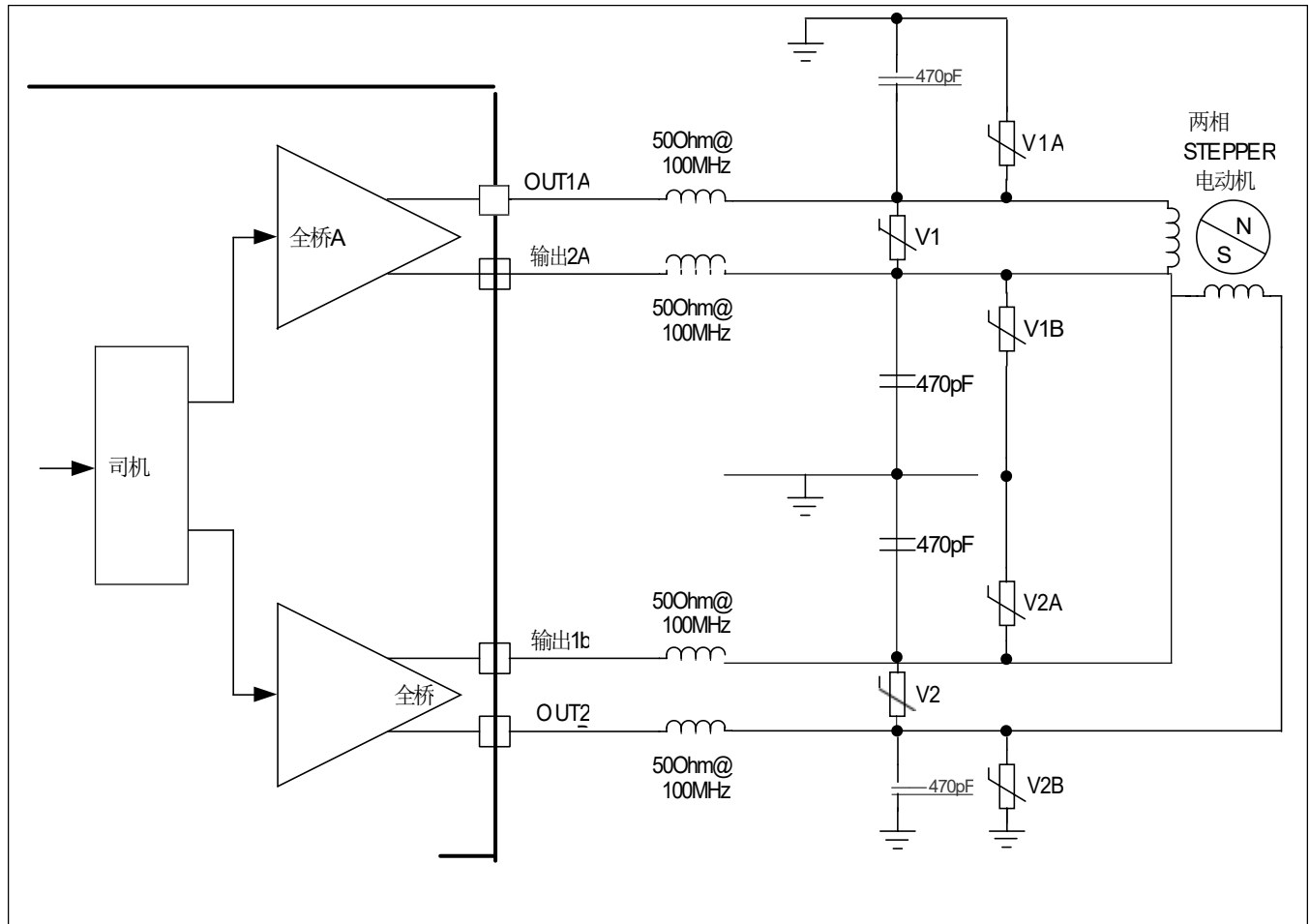


图37. 扩展电机输出保护

订购信息

零件号	温度范围	销包
TMC2240ATJ+	-40°C to +125°C	32 TQFN -5mm x 5mm
tmc2240atj+	-40°C to +125°C	32 TQFN -5mm x 5mm
TMC2240AUU+	-40°C to +125°C	38 TSSOP-EP4.4mmx9.7毫米
tmc2240auu+	-40°C to +125°C	38 TSSOP-EP4.4mmx9.7毫米

+表示无铅（Pb）/符合RoHs标准的产品包。

T表示磁带和卷轴。

TMC2240 36V 2A RMS+智能集成步进驱动器，具有S/D和SPI

修订历史记录

修订编号	修订日期	描述	页 已更改
0	7/22	为市场发布	—
1	2/23	电气特性的变化、销说明、登记图、订购信息。 Updated Figures 2, 9, 12, 22 更新表11-16和18-22 更新了SteealthChop2，设置全规模电流范围，静态保护4负载 测量、冷却级负载自适应电流比例、过电压保护和OV销；典型应用电路的变化。 新的部分外部模拟输入监控，快速配置指南添加。	9-13, 15-17, 75-123, 126 19, 32, 34, 53 32, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 51, 53, 55 30-41, 47-48, 52-57, 66, 124 67-68, 68-73
2	11/23	更新了打开的加载标志部分-增加了其他解释；更新的表 18和表23；在冷却阶段部分增加的注释；更新过电压 保护和OV销部分更新图33更新的冷却器寄存器	39, 48, 56, 57, 66, 72, 113