

## TMC2210

36V 2ARMS+独立集成S/D步进驱动器

### 总体描述

TMC2210是一款高性能步进电机驱动IC，通过封装引脚和额外的诊断输出提供配置选项。

它结合了业界最先进的基于256个微步的步进电机驱动器、内置索引器和两个完全集成的36V、3.0A MAX H桥以及非耗散性集成电流感应（ICS）。

ADI-Trinamic的StealthChop2斩波器确保了绝对无噪音的运行，并结合最大的效率和最佳的电机扭矩。

高集成度、高能效和小尺寸使小型化和可扩展的系统能够提供具有成本效益的解决方案，同时提供一流的性能。

H桥场效应管具有非常低的阻抗，因此驱动效率高，产生的热量最小。典型的总RON（高压侧+低压侧）为0.23Ω。

集成的过流保护（OCP）适应选定的电机电流范围。

假设四层PCB，每个H桥的最大有效值电流在室温下为IRMS=2.1ARMS。

由于该电流受到热考虑的限制，实际的最大有效值电流将取决于应用的热特性（PCB地平面、散热器、通风等）。

每个H桥的最大满量程电流是IFS=3.0A，可以通过连接到IREF的外部电阻来设置。这个电流被定义为嵌入式电流驱动调节电路的最大电流设置。

非耗散型ICS消除了笨重的外部电源电阻，与基于外部感应电阻的主流应用相比，大大节省了空间和功率。

TMC2210具有诊断输出和保护功能，如短路保护/OCP、热关断、欠压锁定（UVLO）。

在热关断和UVLO事件中，驱动器被禁用。

TMC2210采用小型TQFN32 5mm x 5mm封装，以及热优化的TSSOP38 9.7mm x 4.4mm带裸露焊盘。

### 应用领域

- 纺织品、缝纫机、针织机
- 3D打印机、身份证打印机/卡片打印机

- 办公自动化、打印机、扫描器、复印机
- 自动取款机、现金回收机、票据验证器、现金机
- 销售点（POS）设备
- 泵和阀门控制

### 优点和特点

- 电压范围4.5V至36V DC
- 低RDS(ON) (HS + LS) : 230mΩ (TA = 25°C)
- 每个H桥的额定电流（典型值为25°C）：
  - I<sub>MAX</sub> = 5.0A (电桥峰值电流)
  - I<sub>RMS</sub> = 2.1ARMS (3A正弦波峰值)
- 完全集成的无损电流感应
- 带有MicroPlyer阶梯插值的阶梯/方向（S/D）接口
- 最高分辨率 每满步有256个微步
- StealthChop2静音电机操作
- 高动态电流控制的SpreadCycle
- 完整的保护和诊断功能
- 过电压保护输出
- 紧凑型5mm x 5mm TQFN32封装或9.7mm x 4.4mm TSSOP38封装

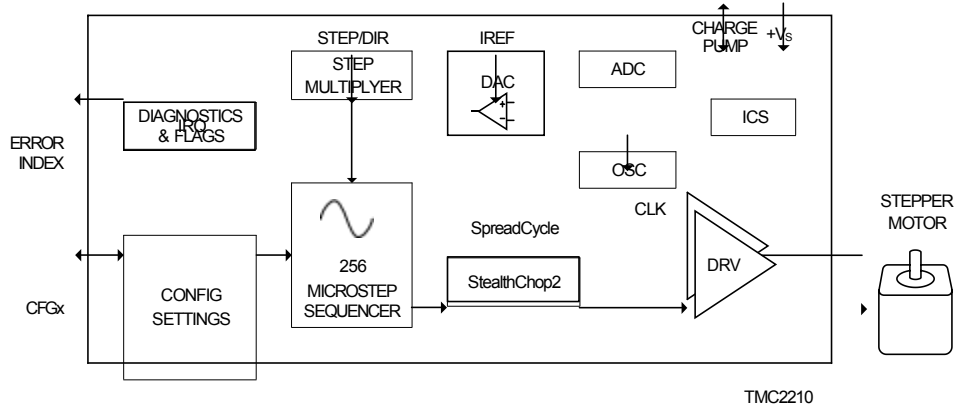
[Ordering Information](#) appears at end of data sheet.

19-101595; Rev 1; 1/23

© 2023 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Analog Way, Wilmington, MA 01887 U.S.A. | Tel: 781.329.4700 | © 2023 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

简化方框图



---

 目录
 

---

总体描述 .....	1
应用领域 .....	1
优点和特点 .....	1
简化方框图 .....	2
绝对最大额定值 .....	6
封装信息 .....	6
TQFN32 5mm x 5mm .....	6
TSSOP38 9.7mm x 4.4mm EP .....	6
电气特性 .....	6
引脚配置 .....	10
TMC2210 TQFN 引脚配置 .....	10
TMC2210 TSSOP 引脚配置 .....	10
引脚描述 .....	11
功能图示 .....	13
TMC2210 .....	13
详细说明 .....	15
引脚可配置的脉冲和方向驱动器 .....	15
步进/方向接口 .....	16
时序 .....	16
MicroPlyer步骤插值器和静止检测 .....	17
引脚配置选项 .....	18
StealthChop2 .....	19
SpreadCycle .....	20
集成式电流检测 .....	21
设置满刻度电流范围 .....	21
诊断输出 .....	22
外部复位、睡眠模式和桥接三态 .....	23
保护和驱动诊断 .....	23
过电流保护 .....	23
热保护和关机 .....	24
过电压保护和引脚OV .....	24
对GND短路保护 .....	25
欠压闭锁保护 .....	25
ESD保护 .....	25
典型应用电路 .....	26
标准应用电路 .....	26
过高电机电流 .....	26
驱动器保护和EME电路 .....	27
订购信息 .....	28
修订历史 .....	29

---

**LIST OF FIGURES**

---

Figure 1. Block Diagram .....	14
Figure 2. Block Diagram with Typical External Components .....	16
Figure 3. STEP/DIR Signal Timing .....	17
Figure 4. STEP/DIR Signal Internal Input Filter Structure .....	17
Figure 5. MicroPlyer Microstep Interpolation with Rising STEP Frequency (Example: 16 to 256) .....	18
Figure 6. SpreadCycle Chopper Decay Phases .....	20
Figure 7. Phase Current Profile during one SpreadCycle Chopper Cycle .....	20
Figure 8. Diagnostic Outputs INDEX and ERROR .....	22
Figure 9. Index Signal Pulse at Positive Zero Transition of the Coil B Microstep Wave .....	23
Figure 10. Brake Chopper Circuit Example .....	25
Figure 11. Standard Application Circuit .....	26
Figure 12. Simple ESD Enhancement .....	27
Figure 13. Extended Motor Output Protection .....	28

---

**LIST OF TABLES**

---

Table 1. TMC2210 Advanced Features .....	15
Table 2. Microstep Resolution Configuration for the Step Input .....	18
Table 3. Run Current (IRUN) Configuration .....	18
Table 4. Digital Current Scale Configuration .....	19
Table 5. Chopper Mode Selection .....	19
Table 6. Hold Current (I HOLD) Reduction Configuration .....	19
Table 7. StealthChop2 PWM Frequency .....	19
Table 8. SpreadCycle Parameters .....	21
Table 9. IFS Full Scale Current Range Settings (Example for RREF = 12K $\Omega$ ) .....	21
Table 10. IFS Full Scale RMS Current in Ampere (A RMS) based on CFG2/CFG3 Pin Settings and different RREF . .	22

## 绝对最大额定值

VS to GND .....	-0.3V to 41V	IREF to GND .....	-0.3V to min (2.2, VDD1V8 + 0.3)V
VDD1V8 to GND .....	-0.3V to min (2.2, VS + 0.3)V	VCC_IO to GND .....	-0.3V to 5.5V
AGND to GND .....	-0.3V to +0.3V	Logic Input/Output Voltage to GND .....	-0.3V to VCC_IO + 0.3V
OUT1A, OUT2A, OUT1B, OUT2B .....	-0.3V to VS + 0.3V	OV to GND .....	-0.3V to 6V
VCP to GND .....	VS - 0.3V to min (44, VS + 6)V	Operating Temperature Range .....	-40°C to 125°C
CPO to GND .....	VS - 0.3V to min (44, VS + 6)V	Junction Temperature .....	+165°C
CPI to GND .....	-0.3V to min (41, VS + 0.3)V	Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
SLEEPN to GND .....	-0.3V to VS + 0.3V	Soldering Temperature (reflow) .....	+260°C

超过“绝对最大额定值”所列压力可能会对设备造成永久性损坏。这些仅为压力额定值，并不意味着设备在这些条件或规范操作部分所示条件以外的任何其他条件下的功能操作。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。

## 封装信息

### TQFN32 5mm x 5mm

封装代码	T3255+5C
Outline Number	<a href="#">21-0140</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0013</a>
热阻，单层板：	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	47°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1.7°C/W
热阻，四层板：	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	29°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1.7°C/W

### TSSOP38 9.7mm x 4.4mm EP

Package Code	U38E+3C
Outline Number	<a href="#">21-0714</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0435</a>
热阻，四层板：	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	25°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1°C/W

有关最新的封装外形信息和焊盘图案（封装外形），请访问 [www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages)。请注意，封装代码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。包装图纸可能显示不同的后缀字符，但无论RoHS状态如何，该图纸都属于包装。

使用JEDEC规范JESD51-7中描述的方法，使用四层板获得封装热阻。有关封装热注意事项的详细信息，请参阅 [www.maximintegrated.com-thermal-tutorial](http://www.maximintegrated.com-thermal-tutorial)。

## 电气特性

（VS=4.5V至36V，RREF=12kΩ至24kΩ，典型值假设TA=25°C，VS=24V，在TA=+25°C条件下100%测试限值。设计和特性保证了工作温度范围和相关电源电压范围内的限值。）

参数	符号	最小值	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
电源电压范围	VS		4.5		36	V
睡眠模式的电流消耗	IVS	V(SLEEPN) = 0	4		18	μA

## 电气特性 (续)

( $V_S=4.5V$ 至 $36V$ ,  $R_{REF}=12k\Omega$ 至 $24k\Omega$ , 典型值假设 $T_A=25^\circ C$ ,  $V_S=24V$ , 极限值在 $T_A=+25^\circ C$ 下进行100%测试。工作温度范围和电源电压范围的极限值由设计和特性保证。

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
静态电流消耗	$I_{VS}$	$V(SLEEPN) = 1, V(DRV\_ENN) = 1$		3.5	5	mA
1.8V 稳压器输出电压	$V_{VDD}$	$V_S = 4.5V$		1.8		V
VDD电流限制	$I_{V18LIM}$		20			mA
电荷泵电压	$V_{CP}$			$V_S + 2.7$		V
逻辑I/O电源电压范围	$V_{CC\_IO}$		2.2		5.5	V
睡眠模式的电流消耗	$I_{VCC\_IO}$	$V(SLEEPN) = 0$		5	10	$\mu A$
静态电流消耗	$I_{VCC\_IO}$	$V(SLEEPN) = 1$		35	60	$\mu A$
逻辑电平输入 - 输出						
输入电压电平 - 高	$V_{IH}$		$0.7 \times V_{CC\_IO}$			V
输入电压电平 - 低	$V_{IL}$				$0.3 \times V_{CC\_IO}$	V
输入滞后	$V_{HYS}$			$0.15 \times V_{CC\_IO}$		V
内部上拉/下拉电阻	$R_{PULL}$	到GND或到 $V_{CC\_IO}$	60	100	140	k $\Omega$
输入漏电流	$I_{nLeak}$	无上拉/下拉电阻的输入	-1		+1	$\mu A$
输出逻辑低电压	$V_{OL}$	$I_{LOAD} = 5mA$			0.4	V
推挽输出逻辑高电压	$V_{OH}$	$I_{LOAD} = 5mA$			$V_{CC\_IO} - 400mV$	
开漏输出逻辑高漏电流	$I_{OH}$	$V(PIN) = 5.5V$	-1		+1	$\mu A$
SLEEPN电压电平高	$V_{IH_{SLEEPN}}$		0.9			V
SLEEPN电压电平低	$V_{IL_{SLEEPN}}$				0.6	V
SLEEPN下拉输入电阻	$R_{PD_{SLEEPN}}$		0.8	1.5		M $\Omega$
输出规格						
输出导通电阻低侧	$R_{ONLS}$	CFG3/CFG2 = 10		0.11	0.2	$\Omega$
		CFG3/CFG2 = 01		0.15	0.28	
		CFG3/CFG2 = 00		0.28	0.54	
输出漏电流	$R_{ONHS}$			0.12	0.22	$\Omega$
输出漏电流	$I_{LEAK}$		-5		+5	$\mu A$
输出转换速率	SR			400		V/ $\mu s$

## 电气特性（续）

（VS=4.5V至36V，RREF=12kΩ至24kΩ，典型值假设TA=25°C，VS=24V，极限值在TA=+25°C下进行100%测试。工作温度范围和相关电源电压范围的极限值由设计和特性保证。

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>保护电路</b>						
过电流保护阈值	OCP	CFG3/CFG2 = 10	5.0			A
		CFG3/CFG2 = 01	3.33			
		CFG3/CFG2 = 00	1.67			
过电流保护消隐时间	TOCP		0.9	1.5	2.3	μs
VS上的UVLO阈值	UVLO	VS falling	3.75	3.9	4.05	V
VS滞后的UVLO阈值	UVLOHYS			0.12		V
VCC_IO上的UVLO阈值	UVLO	VCC_IO falling	0.9	1.5	1.95	
VCC_IO UVLO滞后	UVLOVCCH			100		mV
热保护阈值温度	TSD			165		°C
热保护温度滞后				20		°C
<b>电流调节</b>						
IREF引脚电阻范围	RREF		12		60	kΩ
IREF输出电压	VREF		0.882	0.9	0.918	V
满刻度电流常数	KIFS	IFS = 1A		11.75		A x kΩ
满刻度电流常数	KIFS	IFS = 2A		24		A x kΩ
满刻度电流常数	KIFS	IFS = 3A		36		A x kΩ
调节精度	DITRIP1	输出电流从7%到100%FS, RREF=12kΩ	-5		+5	%
<b>功能时序</b>						
睡眠时间	tSLEEP	SLEEPN = 0 to OUT_three state			50	μs
从睡眠中醒来的时间	TWAKE	SLEEPN = 1 to normal operation			2.5	ms
使能时间	TEN	从DRV_ENN引脚下降沿到驱动器开启的时间			1.5	μs
禁用时间	TEN	从DRV_ENN引脚上升沿到驱动器关闭的时间			6	μs
<b>时钟</b>						
内部时钟频率	fCLK	最小/最大值考虑温度系数	11.9	12.5	13.2	MHz
<b>STEP/DIR计时</b>						
脉冲频率	fSTEP				fCLK/4	
满步频率	fFS				fCLK/512	



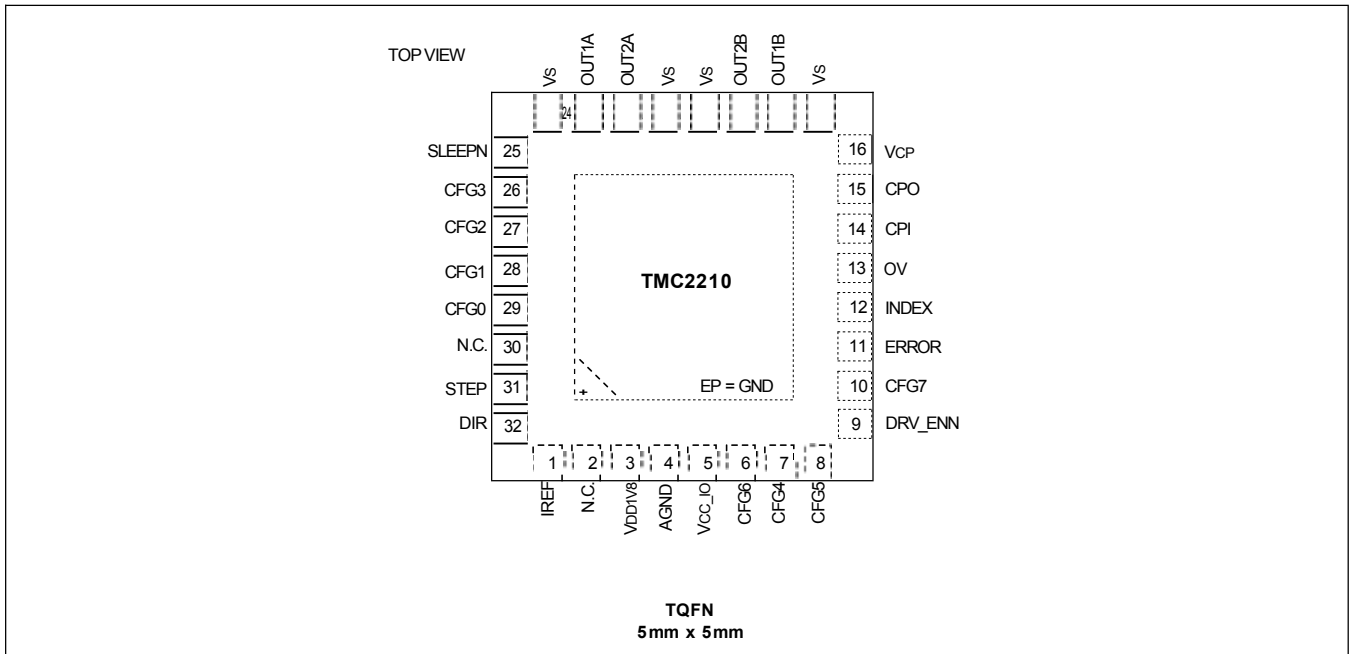
### Electrical Characteristics (continued)

(VS = 4.5V to 36V, RREF = from 12kΩ to 24kΩ , Typical Values assume TA = 25°C and VS = 24V, Limits are 100% tested at TA = +25°C. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage range are guaranteed by design and characterization.)

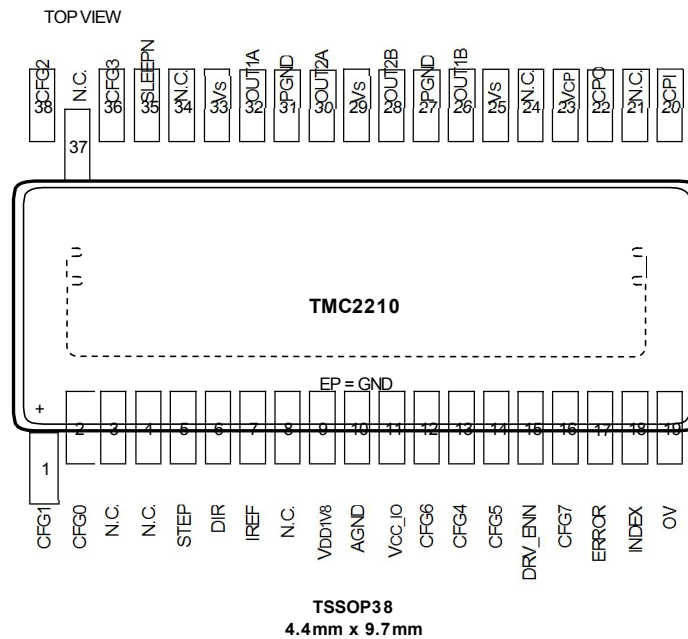
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
STEP高时间	tSH		tCLK+ 20			ns
STEP低时间	tSL		tCLK+ 20			ns
DIR到STEP设置时间	tSU		20			ns
DIR到STEP保持时间	tH		20			ns

引脚配置

TMC2210 TQFN 引脚配置



TMC2210 TSSOP 引脚配置



## 引脚描述

PIN		NAME	FUNCTION	REF SUPPLY	TYPE
TQFN32	TSSOP38				
4	10	AGND	模拟地。连接到地平面。		GND
—	27, 31	PGND	电源地。连接到地平面。		GND
17, 20, 21, 24	25, 29, 33	VS	电机电源电压。在引脚附近提供滤波能力，与GND平面/裸露焊盘的回路最短。		Supply
3	9	VDD1V8	内部1.8V稳压器的输出。将2.2 $\mu$ F或更大的陶瓷电容连接到引脚附近的AGND，以获得最佳性能。		Supply
16	23	VCP	充电泵电压。使用1.0 $\mu$ F的电容与VS相连。将电容的正端靠近VS引脚，以避免出现电感峰值。		Analog Output
5	11	VCC_IO	数字IO电源电压由外部来源提供，以定义电路IO水平。需要在输出引脚上进行适当的电压水平设置。	VCC_IO	Analog Input
15	22	CPO	充电泵电容输出。		Analog Output
14	20	CPI	充电泵电容输入。使用22nF 50V的电容与CPO连接。		Analog Output
31	5	STEP	脉冲输入	VCC_IO	Digital Input
32	6	DIR	方向输入	VCC_IO	Digital Input
1	7	IREF	用于电流缩放的模拟参考电流。提供外部电阻到GND。	VCC_IO	Analog Input
9	15	DRV_ENN	使能输入。当这个引脚被驱动到高电平时，功率级将被关闭（所有的电机输出都是浮动的）。	VCC_IO	Digital Input (pull up)
11	17	ERROR	开漏错误输出。使用外部上拉电阻。 在系统复位状态下，该引脚被主动拉低，向外部控制器指示复位条件。	VCC_IO	Digital Output (open drain)
12	18	INDEX	开漏指数脉冲输出，指示线圈B的微步0位置。	VCC_IO	Digital Output (open drain)

## 引脚描述 (续)

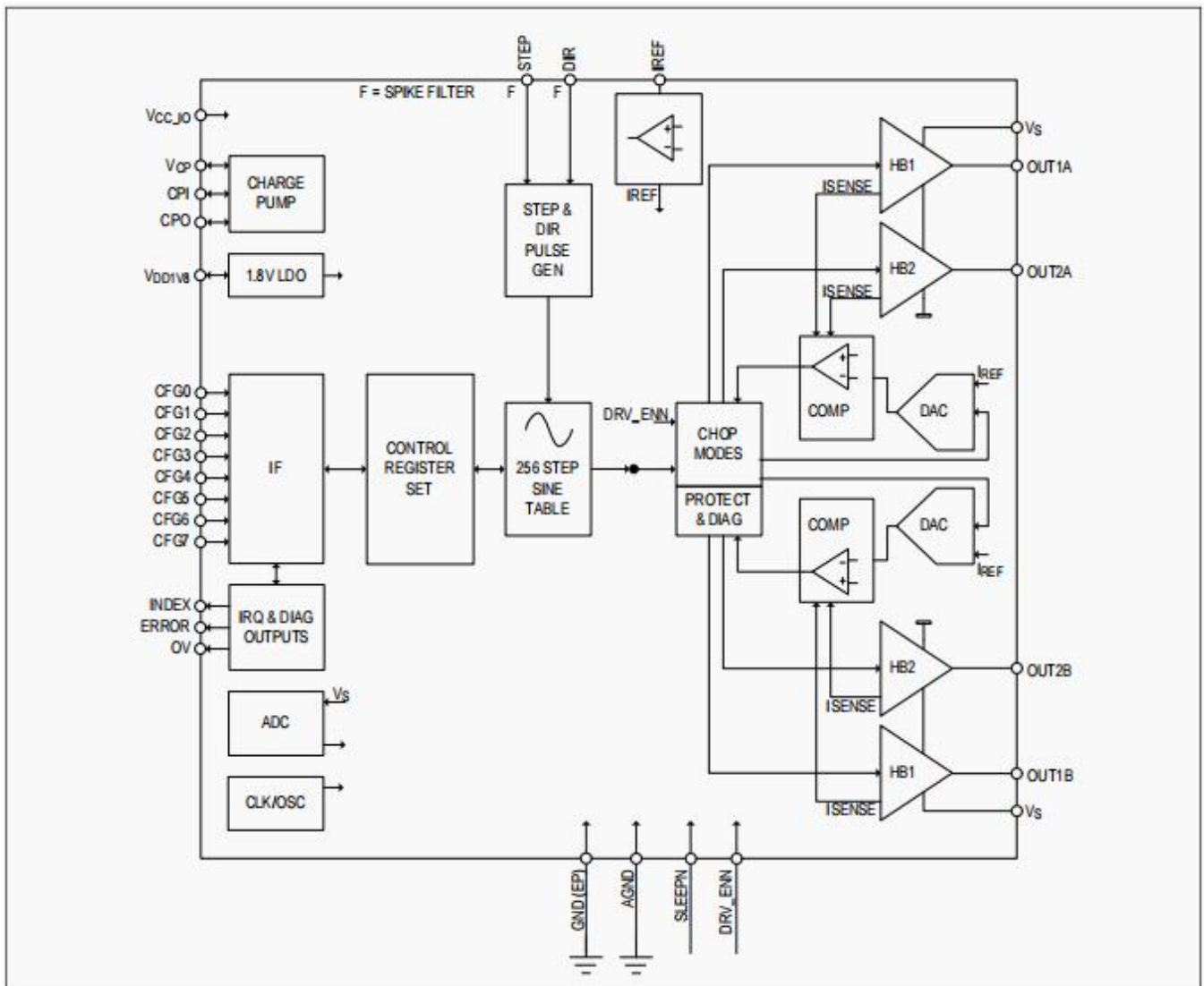
PIN		NAME	FUNCTION	REF SUPPLY	TYPE
TQFN32	TSSOP38				
25	35	SLEEPN	<p>低电平有效断电输入/复位输入。 应用一个连续的低电平，使器件进入睡眠模式。 SLEEPN有一个内部的下拉电阻。 如果不使用，请连接到VS或VCC_IO（这是一个高电压引脚）。 一旦IC从睡眠模式/复位返回，配置输入就会被读取，内部寄存器也会相应地被设置。 在电机高速运转时，请不要进行切换</p>	VS	Analog Input (pull down)
19	28	OUT2B	电机线圈B输出2	VS	Analog Output
18	26	OUT1B	电机线圈B输出1	VS	Analog Output
22	30	OUT2A	电机线圈A输出2	VS	Analog Output
23	32	OUT1A	电机线圈A输出1	VS	Analog Output
EP	EP	GND	<p>裸露的芯片焊盘。 将裸露的芯片焊盘连接到GND平面。提供尽可能多的通孔，以便将热量传递到GND平面。作为功率级和内部电路的GND引脚</p>		GND
2, 30	3, 4, 8, 21, 24, 34, 37	N.C.	未连接，保持开放或连接到GND以获得额外冷却		N.C.
29	2	CFG0	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input
28	1	CFG1	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
27	38	CFG2	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
26	36	CFG3	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
7	13	CFG4	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
8	14	CFG5	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
6	12	CFG6	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull up)
10	16	CFG7	配置输入，配置选项的详情见表1至表5	VCC_IO	Digital Input (pull down)

Pin Description (continued)

PIN		NAME	FUNCTION	REF SUPPLY	TYPE
TQFN32	TSSOP38				
13	19	OV	过电压指示器输出（漏极开路），具有固定的阈值电压，用于器件的最大额定电压。连接外部MOSFET与负载电阻，以限制电源电压。需要外部上拉电阻。	VCC_IO	Digital Input (pull up)

功能图示

TMC2210



---

# TMC2210

36V 2ARMS+独立集成S/D步进驱动器



*Figure 1. Block Diagram*

## 详细说明

### 引脚可配置的脉冲和方向驱动器

TMC2210是一个具有引脚可配置设置的步进和定向步进电机驱动器。可选的反馈信号（ERROR和INDEX）允许在需要进行错误检测和运动同步。TMC2210实现了ADI-Trinamic产品独有的先进功能。这些特性有助于实现更高的精度、更高的能源效率、更高的可靠性以及更安静、更平稳的运动。

**Table 1. TMC2210高级功能**

<i>StealthChop2</i>	无噪音、高精度的斩波器算法，使电机的运动和静止听不到声音。
<i>SpreadCycle</i>	高精度的逐周期电流控制，实现最高的动态运动。
<i>MicroPlyer</i>	微步插值器，以低分辨率的步长输入实现全256微步的平滑度。

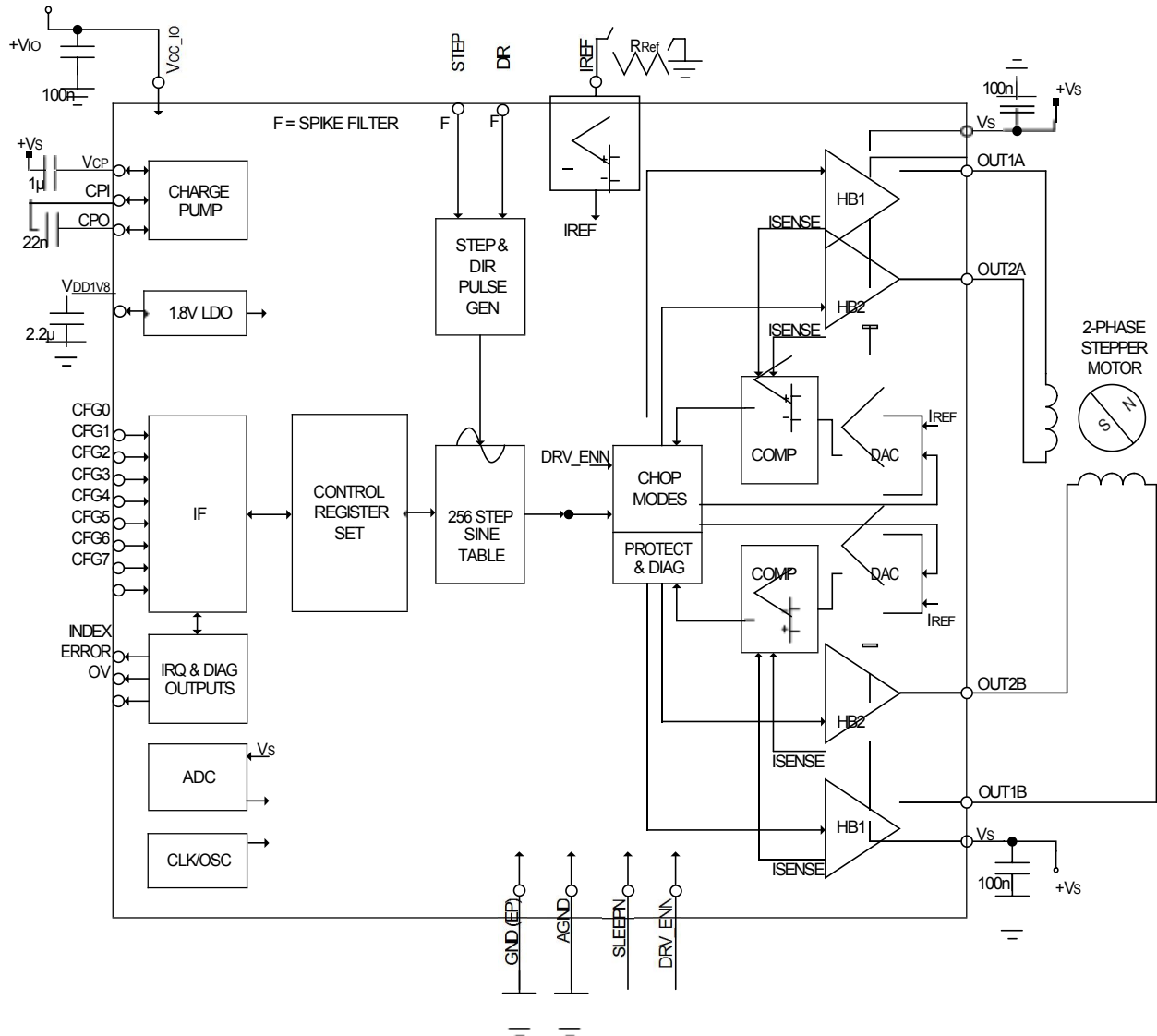


图2:带有典型外部组件的框图

## 步进/方向接口

STEP和DIR输入提供了与许多现有运动控制器兼容的简单标准接口。MicroPlyer步进脉冲内插器将高分辨率微步进的平稳电机操作带到了最初为粗步进设计的应用中。

## 时序

下图显示了STEP和DIR信号的时序参数。

只有上升沿是有效的，并导致新的步进。STEP和DIR被采样并与内部系统时钟同步。大约10ns的内部模拟滤波器可以消除信号上的毛刺，例如由长PCB迹线引起的毛刺。如果信号源远离芯片，特别是如果信号通过电缆传输，则应对信号进行滤波或差分传输。

关于指定的时序参数，见电气特性表。



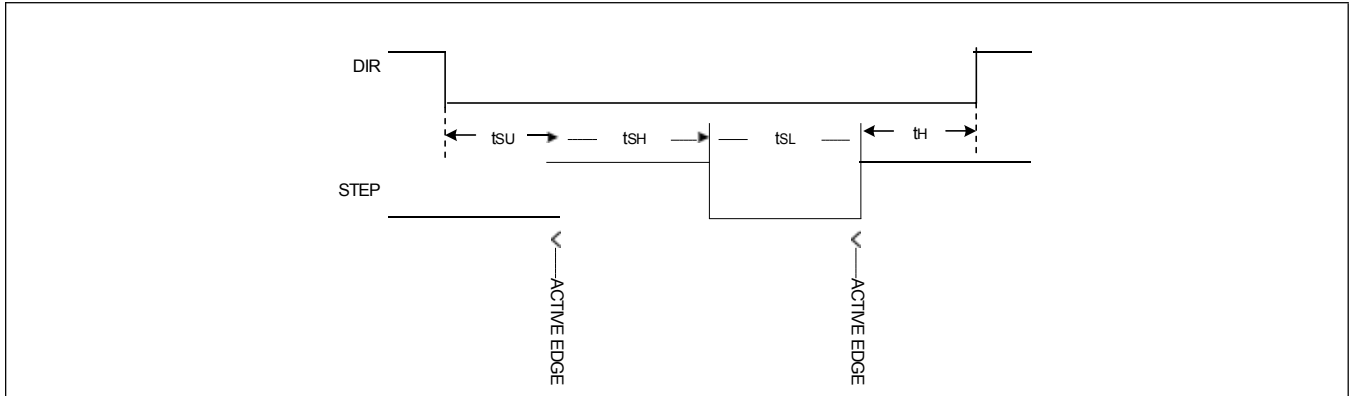


图3. STEP/DIR信号时序

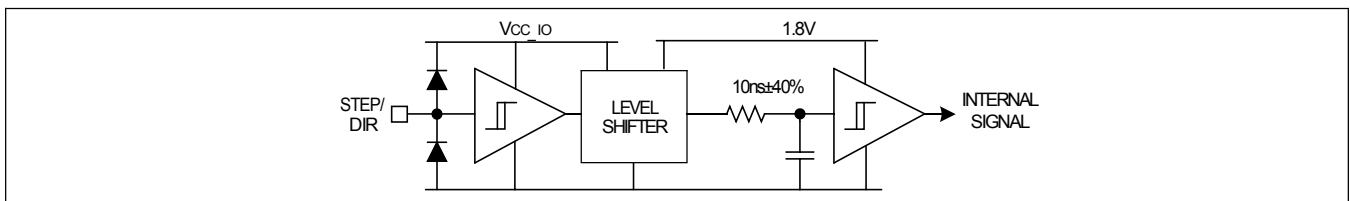


图4. STEP/DIR信号内部输入滤波器结构

### MicroPlyer步骤插值器和静止检测

对于STEP输入的每个有效边沿，MicroPlyer以每全步256微步的分辨率产生微步。它根据最后的步长间隔，对STEP输入的两个步长脉冲之间的时间进行插值。这样，从4个微步（64个微步输入到256个微步插值）到32个微步（8个微步输入到256个微步插值）都可以驱动一个单步脉冲。这就实现了无缝插入的微步能力，而不需要调整步进源。

TMC2210允许配置四个不同的输入分辨率：8、16、32和64微步。在TMC2210中，MicroPlyer总是被启用。

插值到256微步的步进频率是通过测量前一步周期的时间间隔并将其划分为多达256个相等部分来确定的。对于256个微步的均匀分布，两个微步之间的最大时间对应于220（大约一百万个系统时钟周期）。较低的步进率导致静止检测和状态。当检测到静止时，驱动器会自动将电机切换到保持电流IHOLD。

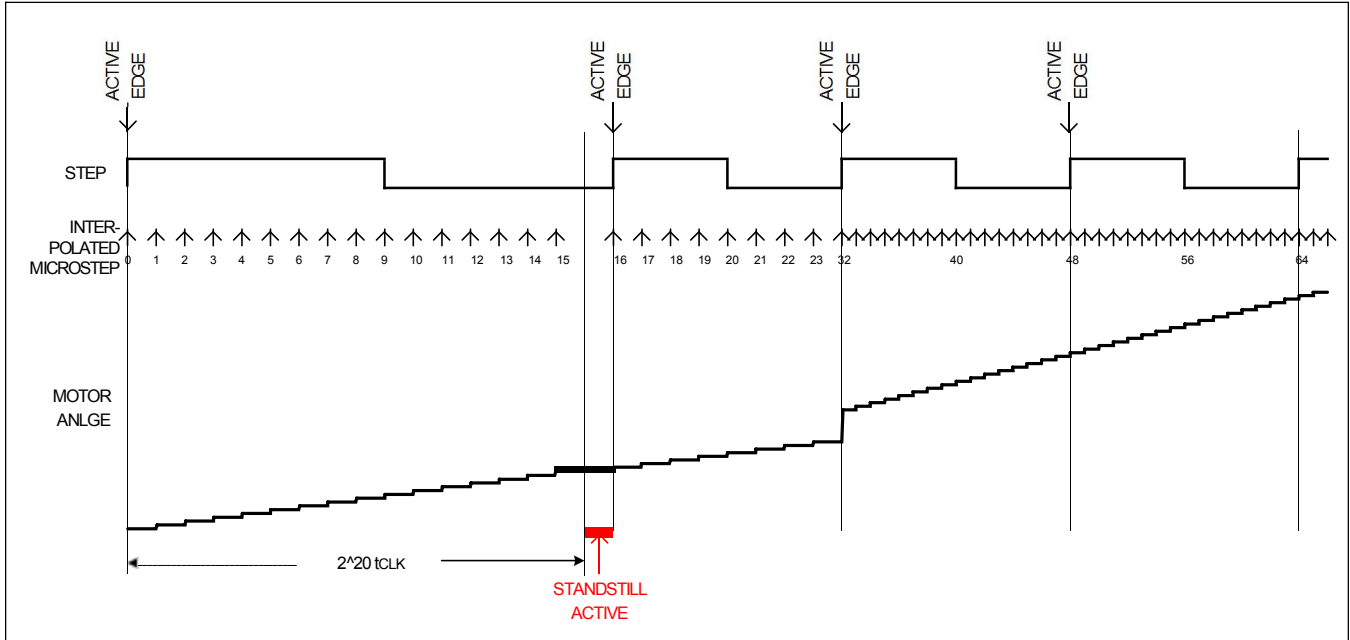


图5. MicroPlyer微步插值与上升的STEP频率（例如：16到256）。

在上图中，第一个STEP周期长到足以设置内部静止位stst。这位在下一个STEP有效边沿被清除。然后，外部STEP频率增加。在以较高频率的一个周期后，MicroPlyer将插值微步速率调整为较高的频率。在慢速的最后一个周期中，MicroPlyer没有产生全部16个微步，因此在以较高频率进行的第一次和第二次周期之间，电机角度有一个小的跳跃。

## 引脚配置选项

以下设置可以通过CFGx引脚来调整：

### 表2. 步进输入的微步分辨率配置

CFG0/CFG1: 步进输入的微步分辨率配置		
CFG1	CFG0	细分设置
GND	GND	8 细分
GND	VCC_IO	16 细分
VCC_IO	GND	32 细分
VCC_IO	VCC_IO	64 细分

提示：除非在同一时刻调整步进频率，否则电机旋转过程中的变化将导致速度突变。

### 表3. 运行电流(IRUN)配置

CFG3/CFG2: 运行电流IRUN的配置（与IREF电阻一起），在运行期间不改变		
CFG3	CFG2	电流范围设置
GND	GND	电流标度=1A峰值
GND	VCC_IO	电流标度=2A峰值
VCC_IO	GND	电流标度=3A峰值
VCC_IO	VCC_IO	未使用（3A峰值）

表4. 数字电流标度配置

CFG4: 数字电流标度 (可在运行过程中更改)	
CFG4	CURRENT SCALE
GND	I = 75% of full scale current IRUN
VCC_IO	I = 100% of full scale current IRUN

表5. 斩波模式选择

CFG5: 斩波模式的选择	
CFG5	斩波模式
GND	SpreadCycle operation
VCC_IO	StealthChop2 operation

提示: 使用StealthChop2的第一次操作只能在静止状态下启用, 以便对集成电流缩放算法进行调整。

表6. 保持电流(IHOLD)减少配置

CFG7/CFG6: 降低保持电流的配置		
CFG7	CFG6	保持电流减少
GND	GND	不减少保持电流。IHOLD = IRUN
GND	VCC_IO	降低到50%。IHOLD=1/2 IRUN
VCC_IO	GND	降低至25%。IHOLD=1/4 IRUN
VCC_IO	VCC_IO	降低至12.5%。IHOLD=1/8 IRUN

## StealthChop2

StealthChop2是步进电机的一种极其安静的运行模式。它是基于电压模式的PWM。在静止和低速的情况下, 电机是绝对没有噪音。因此, StealthChop2操作的步进电机应用非常适用于室内或家庭使用。电机在低速运行时绝对没有振动。使用StealthChop2, 电机电流是通过驱动一定的有效电压进入线圈, 使用电压模式PWM。通过增强的StealthChop2, 驱动器自动适应应用, 以获得最佳性能。不需要更多的配置。

为了使电机电流达到一定的水平, 有效的PWM电压会根据实际的电机速度进行调整。有几个额外的因素影响到在目标电流下驱动电机所需的电压水平: 电机的电阻, 它的反电动势 (即直接与它的速度成正比) 以及电源电压的实际水平。

StealthChop2的PWM频率取决于内部时钟频率。

在使用StealthChop2开始运动之前, 一定要让电机休息至少100ms。这允许电流调节设置初始的电机电流。

对于高速度的使用情况, 应该考虑将SpreadCycle与StealthChop2结合起来, 通过使用引脚CFG5在两种模式之间切换。当在两种模式之间切换时, 由于电压和电流之间的相位变化, 可能会出现一个小的抖动。

**注意:** 在StealthChop2中运行期间, 电机失速或运动突然停止可能会触发过电流情况。根据之前的电机速度和电机的线圈电阻, 它会在10ms至100ms的时间内显著增加电机电流。在低速情况下, 反电动势仅为电源电压的一小部分, 不存在触发短路检测的危险。

表7. StealthChop2的PWM频率

时钟频率fCLK	PWM频率 fPWM=2/1024 fCLK
12.5MHz (内部)	24.4kHz

## SpreadCycle

StealthChop2是一种电压模式PWM控制斩波器，SpreadCycle是一种逐周期电流控制斩波器。因此，它可以对电机速度或电机负载的变化做出极快的反应。通过两个电机线圈的电流由专用斩波电路控制。斩波电路相互独立工作。下图显示了不同的斩波器相位。下图中的专用感测电阻器仅用于更好的解释。TMC2210具有完全内部电流感应功能。

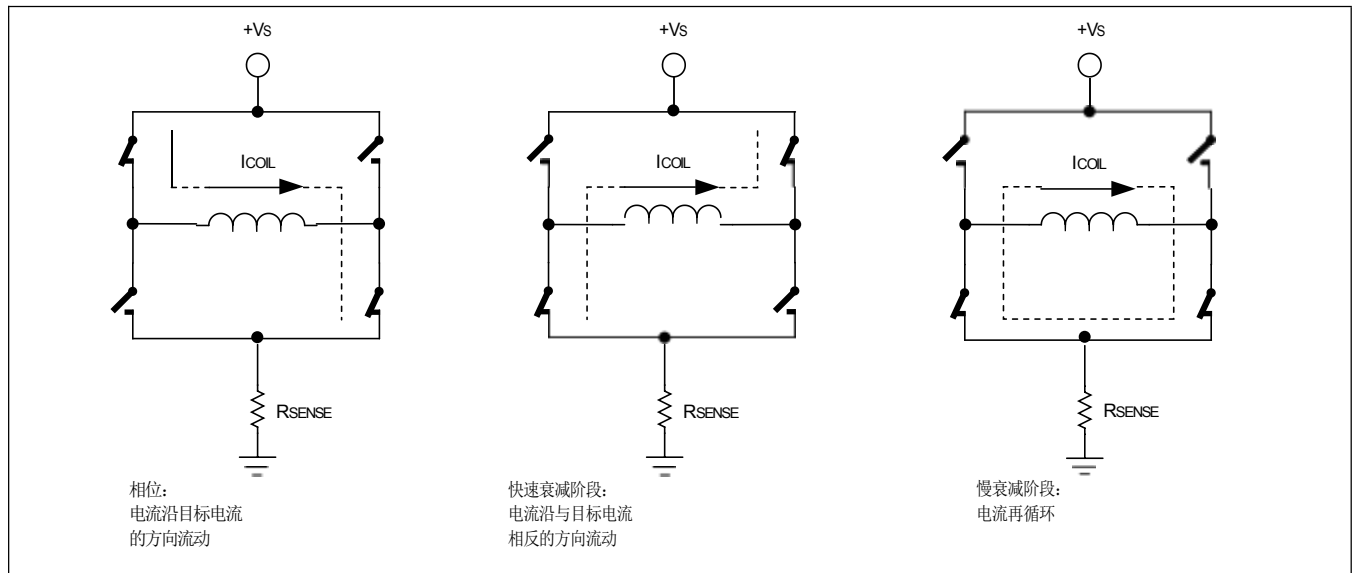


图6. SpreadCycle斩波器的衰减阶段

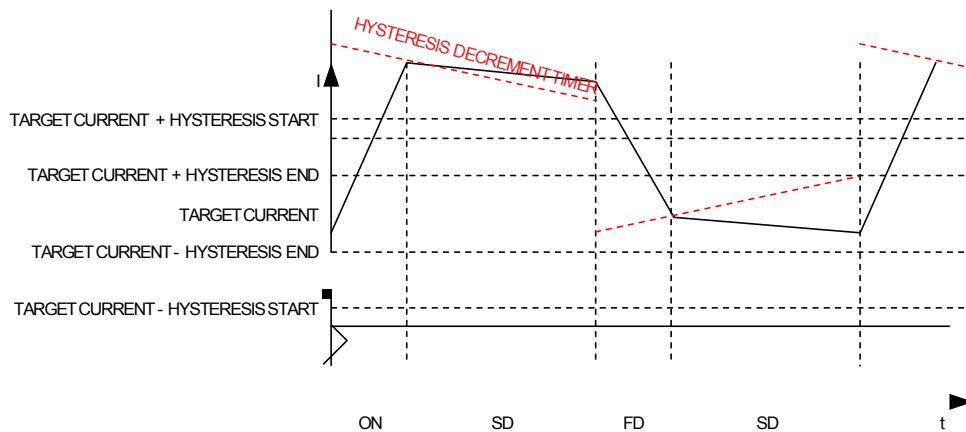


图7. 一个展转周期内的相位电流曲线

尽管可以仅使用接通相位（on）和快速衰减（FD）相位来调节电流，但是插入慢速衰减（SD）相位对于减少电机中的电损耗和电流纹波是重要的。电流比较器可以在电流正好流过一个低侧晶体管的阶段期间测量线圈电流，但不能在SD阶段期间测量，因此SD阶段由计时器终止。当通过线圈的电流达到目标电流加上一些滞后时，比较器终止导通相位。FD阶段可以由比较器或另一计时器终止。

当切换线圈电流时，由于充电和放电寄生电容，基于RDS（ON）的电流测量中会出现尖峰。

在这段时间内，通常为一到两微秒，无法测量电流。消隐是指比较器的输入被屏蔽以阻止这些尖峰的时间。被称为SpreadCycle的高性能斩波器算法通过四个阶段循环：开启、慢速衰减、快速衰减和第二次慢速衰减。

**表8. SpreadCycle参数**

参数	描述	设置
TOFF	缓慢的衰减时间（关闭时间）被设定为120 t <sub>CLK</sub> 。	120 t <sub>CLK</sub>
TBL	比较器空白时间安全地涵盖开关事件和RDS(on)测量上的振铃持续时间。	36 t <sub>CLK</sub>

### 集成式电流检测

TMC2210（ICS）集成了非耗散电流传感。此功能消除了外部电流感应通常需要的体积庞大的外部功率电阻器。与基于外部感测电阻器的主流应用相比，ICS显著节省了空间和功率。为了获得最佳性能，ICS在考虑单个MOSFET温度的情况下，单独测量每个功率MOSFET的RDS（ON），以产生最佳结果。

### 设置满刻度电流范围

满刻度电流IFS是一个峰值电流设置。它是通过一个外部参考电阻和两个配置引脚CFG2和CFG3来选择的（另见[引脚配置选项](#)部分的表2）。

可以通过具有相同参考电阻器的引脚配置三个不同的满刻度电流范围，以适应不同的电机尺寸和应用。这是从尽可能好的电流控制分辨率中获益所必需的

将参考电阻器RREF从IREF连接到GND。与引脚CFG3和CFG2一起，全刻度电流范围IFS是基于外部电阻器设置的。

下面的公式显示了满量程电流IFS是连接到引脚IREF的RREF分流电阻和配置引脚设置的函数。比例常数KIFS由CFG2和CFG3的设置定义。外部电阻RREF的范围在12kΩ和60kΩ之间。

$$I_{FS} = K_{IFS}(KV)/R_{REF}(k\Omega)$$

**表9. IFS满刻度电流范围设置（以RREF=12KΩ为例）**

独立模式下 的引脚配置		KIFS (A x kΩ)	最大FS设置	典型RDS(ON) (HS+LS)	注释
CFG3	CFG3				
1	1	36	3A	0.23 Ω	为额定功率达2.1A rms的电机和应用优化了效率。
1	0	36	3A	0.23 Ω	为额定功率达2.1A rms的电机和应用优化了效率。
0	1	24	2A	0.27 Ω	对额定电流高达1.4A rms的电机和应用进行了效率优化。
0	0	11.75	1A	0.40 Ω	对额定电流达0.7A rms的电机和应用进行了效率优化。

下表是满刻度电流的不同参考电阻值（引脚IREF处）与不同引脚配置的矩阵。在每个单元中给出所得到的最大RMS电流

**表10. 基于CFG2/CFG3引脚设置和不同RREF的IFS满刻度有效值电流 (A RMS)**

RREF (kΩ)	基于CFG引脚设置和KIFS的最大满刻度电流 (A RMS) (A x kΩ)。			
	CFG3/CFG2 = 1/1	CFG3/CFG2 = 1/0	CFG3/CFG2 = 0/1	CFG3/CFG2 = 0/0
	KIFS = 36	KIFS = 36	KIFS = 24	KIFS = 11.75
12	2,12	2,12	1,41	0,69
15	1,70	1,70	1,13	0,55
18	1,41	1,41	0,94	0,46
22	1,16	1,16	0,77	0,38
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
56	0,45	0,45	0,30	0,15

缩放和调整电机运行和保持电流的其他选项是使用配置引脚的数字电流缩放配置和保持电流减小配置。

另见[引脚配置选项](#)部分的表3和表5。

## 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做出快速反应。因此，诊断输出ERROR和INDEX提供了一组固定的实时信息，以补充STEP/DIR接口。

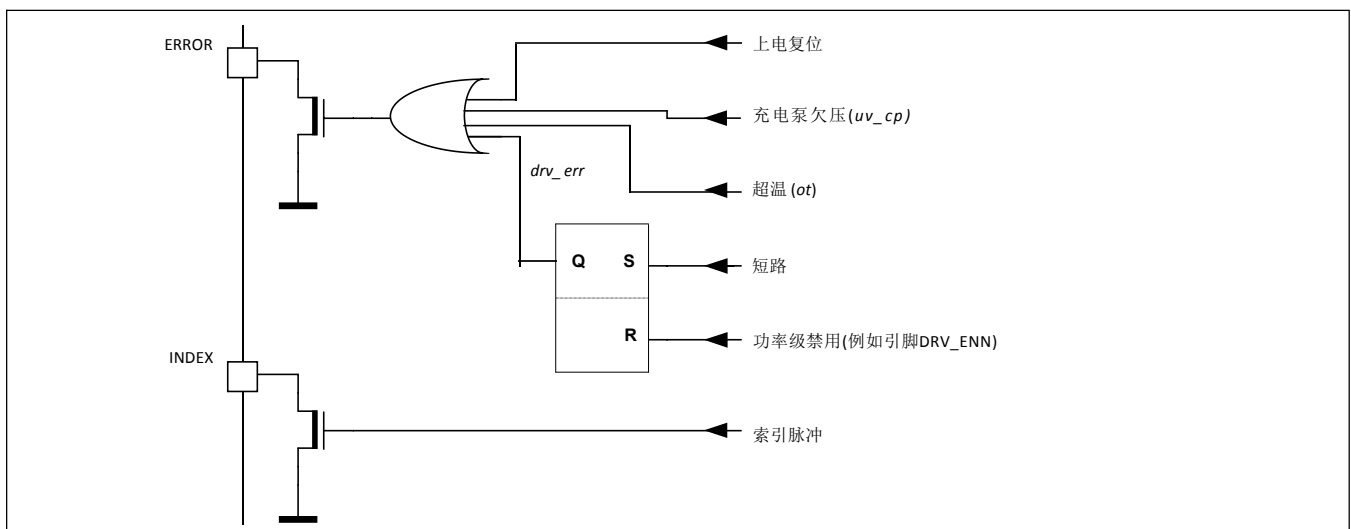


图8. 诊断输出 INDEX 和 ERROR

ERROR显示阻止芯片运行的任何驱动程序错误。这是一个开漏输出。为了确定驱动器的复位，ERROR（错误）总是通过在复位条件下拉低来显示通电复位条件。

一个有效的INDEX输出信号表明电机线圈B的余弦曲线处于其正零点过渡。索引脉冲的持续时间对应于微步的持续时间。索引输出允许精确检测一个电波内的微步位置，即在四个全步的范围内。这样，即使使用廉价的归位开关，也可以将归位精度和再现性提高到微步精度。因此，INDEX信号是低电平有效开漏输出。激活脉冲是一个低电平脉冲。

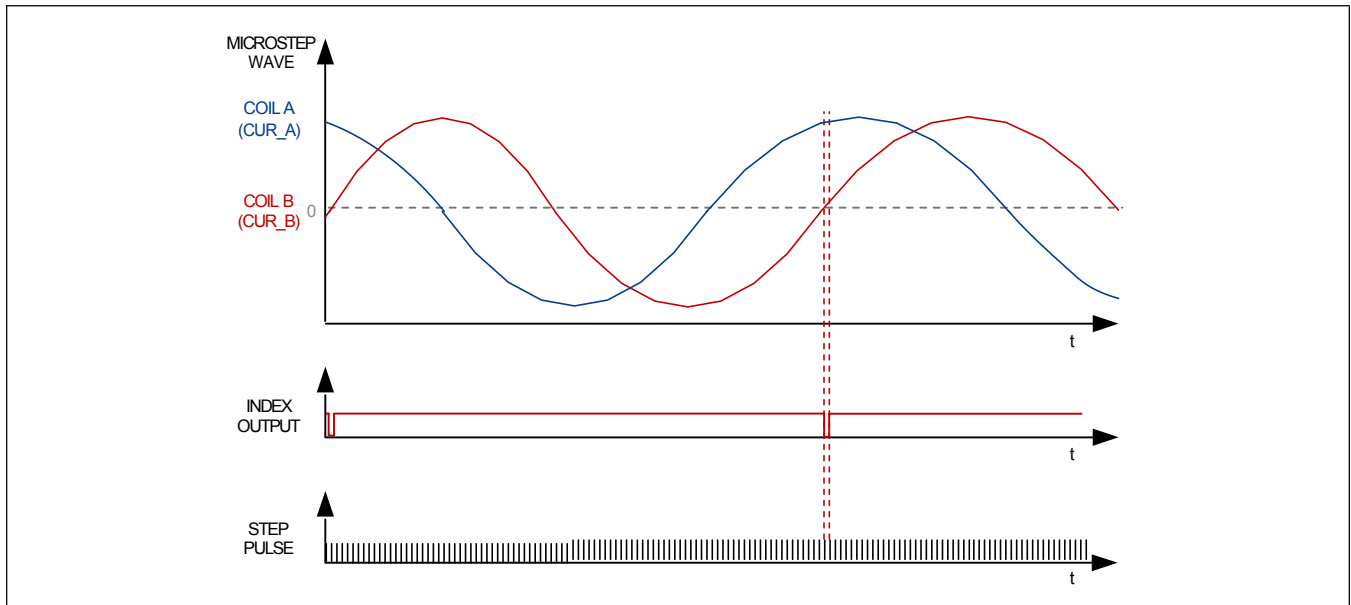


图9. 线圈B微步波正零转换时的指数信号脉冲

## 外部复位、睡眠模式和桥接三态

复位和睡眠模式由SLEEPN引脚控制。

SLEEPN上持续时间 $>30\mu\text{s}$ 的短脉冲会导致芯片复位。

$<30\mu\text{s}$ 的极短脉冲被过滤掉，不会对操作产生影响。

如果SLEEPN保持在GND，则IC进入低功率待机状态（睡眠模式）。所有内部电源和桥接驱动器都已关闭。

在上电或离开睡眠模式和复位条件后，读取配置引脚并相应地设置内部寄存器。

唤醒时间在EC表中给出。

如果未使用，则连接到VS或VCC\_IO（这是一个高电压引脚）。

将DRV\_ENN引脚驱动到高电平时，TMC2210的桥接驱动器可以禁用，并且电机自由转动。

在电机高速运行时要小心使用这些引脚，因为电机反馈的能量可能会损坏芯片！

## 保护和驱动诊断

### 过电流保护

过电流保护(OCP)保护器件不受轨道(电源电压和地)和输出(OUT1A、OUT2A、OUT1B、OUT2B)之间短路的影响。

OCP阈值取决于所选的满量程电流范围（通过配置引脚选择）/参见电气特性表中的各自阈值。

如果输出电流大于OCP阈值的时间长于去阈值时间（消隐时间），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ERROR输出和禁用桥接器之前，短路保护尝试了三次。

要重新启用H桥，必须循环DRV\_ENN引脚。

## 热保护和关机

TMC2210有一个内部热保护。

如果局部模具温度超过165°C（典型值），驱动器为三态，直到结温度降至约145°C（标准值）以下。之后，驱动程序将重新启用。

只要超温条件持续存在，ERROR输出就被设置为高电平。

TMC2210具有内部热保护。

如果局部模具温度超过165°C（典型值），则驱动器为三态，直到结温度降至约145°C（标准值）以下。之后，驱动程序将重新启用。

只要过热情况持续存在，ERROR（错误）输出就会设置为高电平。

热量主要由电机驱动器级产生，在电压升高时，由内部电压调节器产生。当启用对地短路保护时，可以避免驱动器MOSFET可能过热的大多数关键情况。热关闭是一种紧急措施，应通过设计防止温度上升到关闭水平。

## 过电压保护和引脚OV

步进电机应用可能会产生显著的过电压，尤其是当电机从高速快速减速时，或者当电机失速时。

该电压通过驱动器输出级反馈到电源轨。

对于典型的NEMA17或更大的电机，以及具有足够飞轮质量的更小的电机，反馈的能量可能很大，因此功率电容器和电路消耗不足以将电源保持在其限制范围内。

为了保护驱动器以及连接的电路，TMC2210具有过电压检测和保护机制。

OV输出允许连接带有功率电阻器（制动电阻器）的NPN或MOSFET，以将多余的能量转储到电阻器中。

晶体管的开关频率约为3kHz至4kHz（取决于时钟频率），以将电源保持在限制范围内。

这种过电压保护机制无法捕捉到非常快的瞬态。

电源电压由内部ADC永久监控（睡眠模式下除外）。

电源电压的上阈值电平被设置为38V，并与电源电压的实际测量值进行比较。

OV输出引脚显示过电压监测的实际状态。

只要电源电压大于或等于38V，OV输出引脚就激活（拉低）。

OV输出引脚为开漏引脚。下图显示了制动斩波器电路的示例：



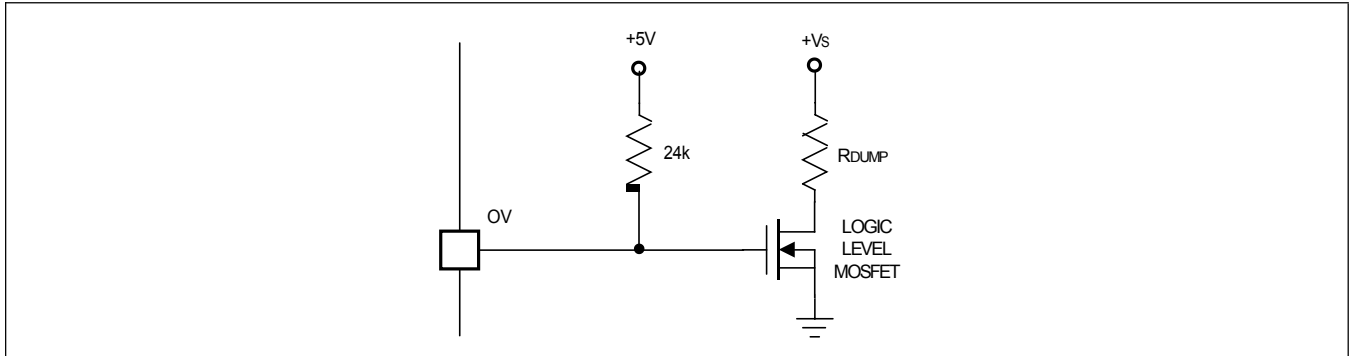


图10. 制动斩波器电路示例

### 对GND短路保护

TMC2210功率级通过对流过高侧MOSFET的电流的额外测量来防止短路条件。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引起的，例如，当接触到连接到系统接地的导电部件时。短路检测通过在关闭电机之前重试三次来防止杂散触发，例如通过ESD放电。

一旦安全地检测到短路情况，相应的驱动器桥将关闭，错误情况将显示在**error**引脚上。为了重新启动电机，用户必须使用**DRV\_ENN**引脚禁用并重新启用驱动器。应该注意的是，对地短路保护不能针对所有可能的短路事件保护系统和功率级，因为短路事件是相当不确定的，并且可能涉及外部组件的复杂网络。因此，基本上应避免短路。

### 欠压闭锁保护

TMC2210具有VS、VCC\_IO和电荷泵的UVLO保护功能。

- VS上的UVLO设置为4.5V（最大值）
- VCC\_IO上的UVLO条件在低于1.95V（最大值）时触发。
- 在电荷泵的错误状况的情况下，例如由于错误的电容器值，触发电荷泵上的UVLO状况。

所有UVLO条件导致芯片复位，**ERROR**引脚为低电平激活（开漏）

### ESD保护

TMC2210在每个引脚上都有内部ESD保护。

当在正电压电源（**VS**引脚）上使用至少1uF的旁路电容器时，电机相位输出引脚在应用中受到高达8kV HBM的保护。

无论如何，这并不能防止电机热插拔。有关其他外部保护选项，请参阅“[典型应用电路](#)”部分。

## 典型应用电路

### 标准应用电路

标准应用电路使用一组最小的附加元件。使用低ESR电解电容器对电源进行滤波。电容器需要应对由斩波器操作引起的电流纹波。为了获得最佳性能，建议在VS下的最小容量为100 $\mu$ F。电源电容器中的电流纹波也取决于电源内阻和电缆长度。VCC\_IO必须由外部电源提供，例如低压降3.3V调节器

将所有滤波电容器尽可能靠近相关的IC引脚。对所有GND连接使用坚固的公共接地平面。将VDD1V8滤波电容器直接连接到VDD1V8引脚。

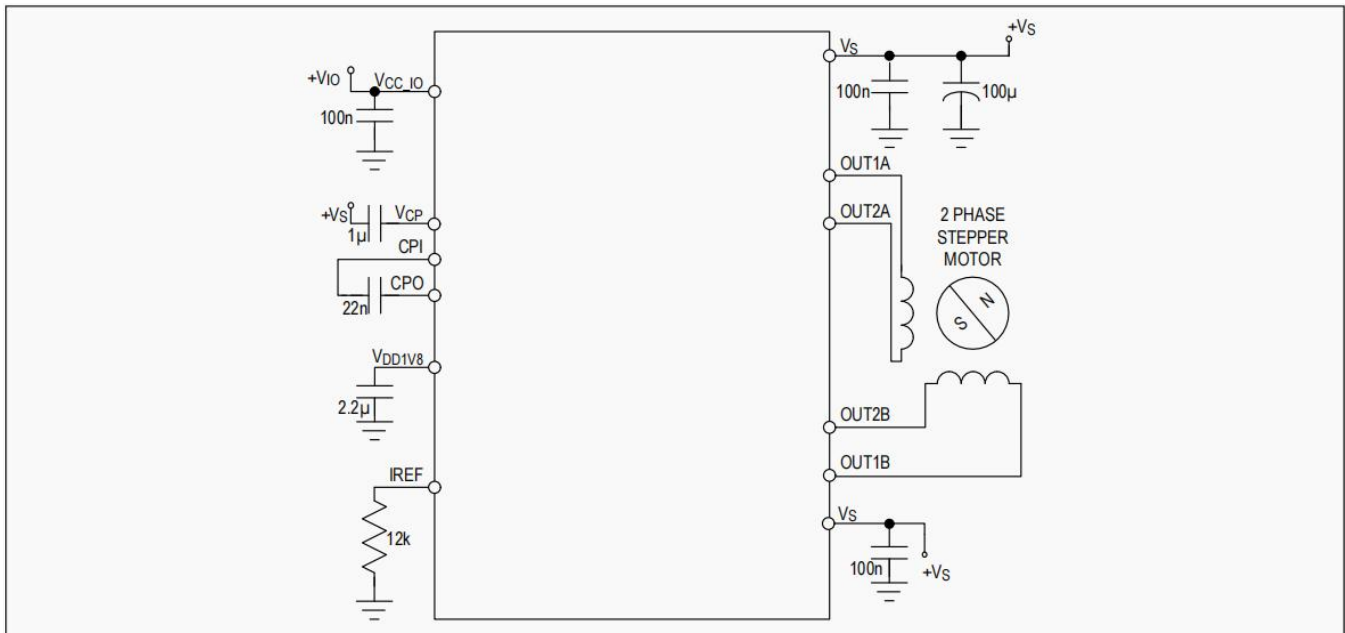


图11. 标准应用电路

### 过高电机电流

当在高电机电流下工作时，由于MOSFET开关电阻引起的驱动器功率耗散会使驱动器明显发热。如果在增加占空比的情况下运行，这种功率耗散也会使PCB的冷却基础设施发热。这反过来又导致了驱动器温度的进一步上升。温度增加约100 $^{\circ}$ C，MOSFET的电阻就会增加约50%。这是MOSFET开关的一个典型行为。因此，在高占空比、高负载的条件下，必须仔细考虑热特性，特别是当需要支持增加环境温度时。也请参考评估套件中的热特性和布局实例部分。

作为一个经验法则，当电机电流达到或超过1.5A RMS时，PCB设计的热性能可能会变得非常关键。请注意，电阻性功率耗散随着电机电流的平方而增加。另一方面，这意味着小幅降低电机电流就可以大大节省散热和能量。

## 驱动器保护和EME电路

一些应用必须应对由电机操作或外部影响引起的ESD事件。尽管驱动器芯片内有ESD电路，但在操作期间发生的ESD事件可能会导致电机驱动器的重置甚至破坏，这取决于它们的能量。特别是，塑料外壳和皮带驱动系统往往会导致数kV的ESD事件。最佳做法是通过将所有导电部件，尤其是电机本身连接到PCB接地，或使用导电塑料部件来避免ESD事件。此外，可以在一定程度上保护驱动器免受ESD事件或带电插拔电机的影响，这也会导致高电压和高电流进入电机连接器端子。

一个简单的方案是在驱动器输出端使用电容来减少ESD事件引起的 $dV/dt$ 。较大的电容会带来更多关于ESD抑制的好处，但在每个斩波周期中会导致额外的电流流动，从而增加驱动器的功率耗散，特别是在高电源电压下。显示的值是示例值--它们可以在100pF和1nF之间变化。电容还可以抑制从应用PCB电路的数字部分注入的高频噪声，从而减少电磁辐射。

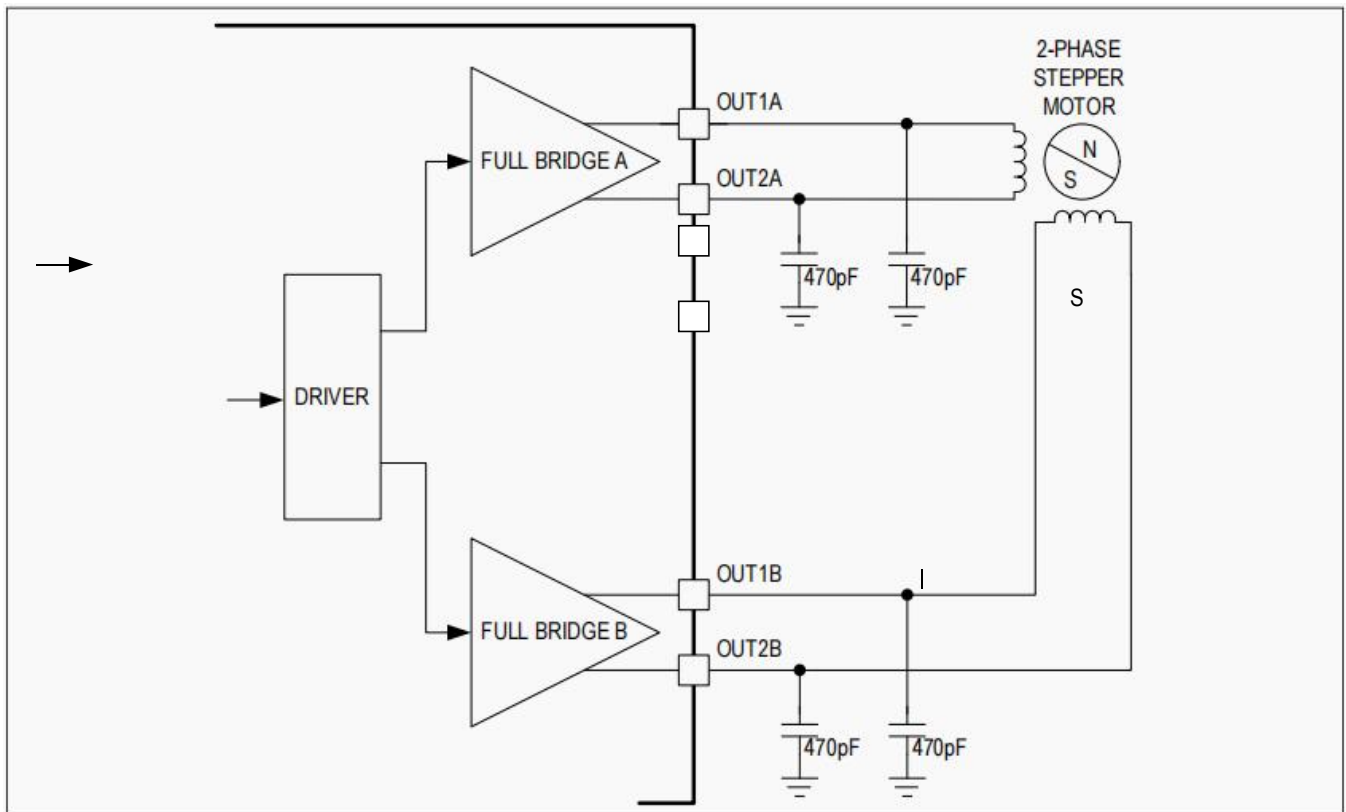


图12. 简单的ESD增强

一个更复杂的方案使用LC滤波器将驱动器输出与电机连接器去耦。线圈终端之间的变阻器V1和V2消除了由带电插接引起的线圈过电压。可以选择用变阻器（V1A、V1B、V2A、V2B）来保护所有的输出，防止ESD电压。将变阻器与电源额定电压相匹配。SMD电感能传导全部的电机线圈电流，需要相应地选择。

典型应用电路（续）

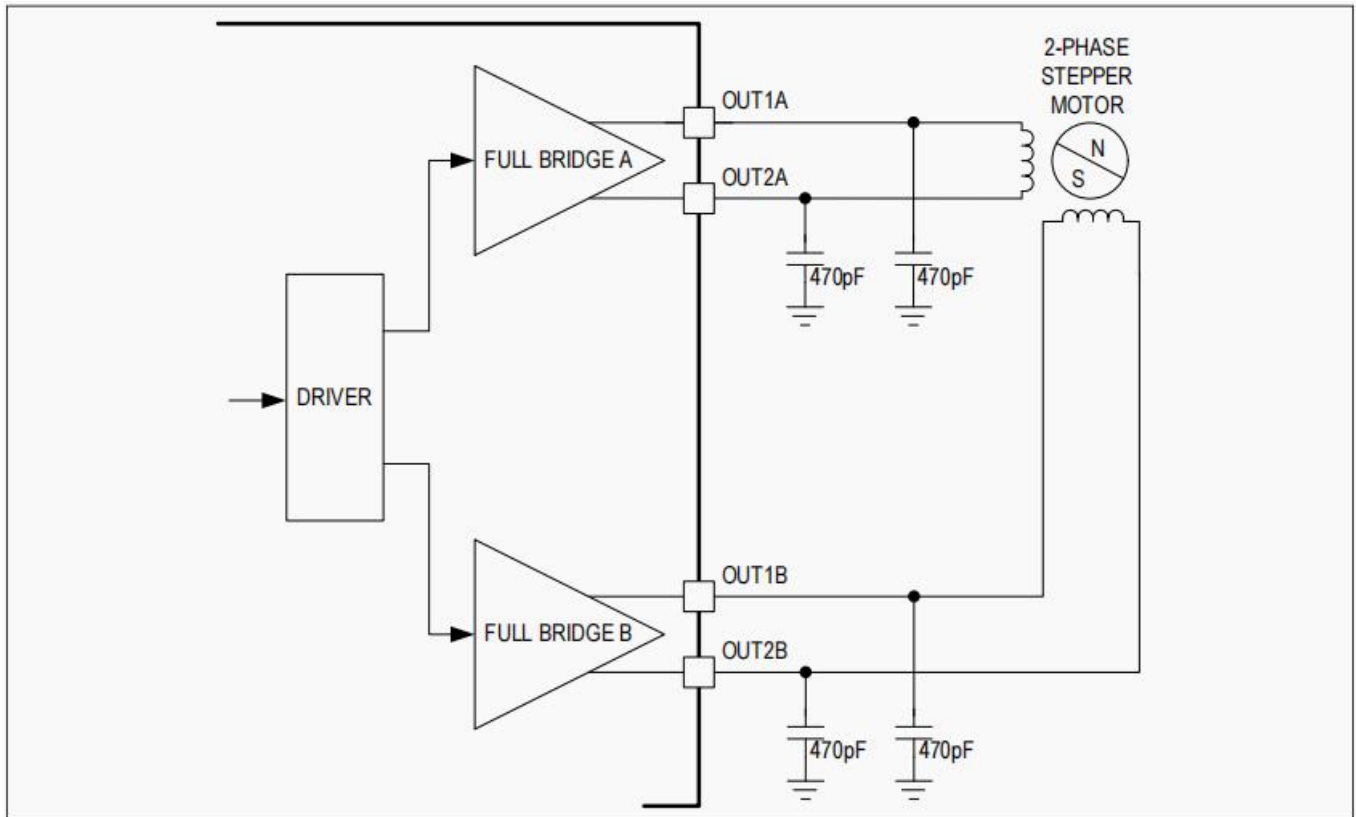


图13. 扩展的电机输出保护

订购信息

型号	温度区间	引脚封装
TMC2210ATJ+	-40°C to +125°C	32 TQFN - 5mm x 5mm
TMC2210ATJ+T	-40°C to +125°C	32 TQFN - 5mm x 5mm
TMC2210AUU+	-40°C to +125°C	38 TSSOP-EP 4.4mm x 9.7mm
TMC2210AUU+T	-40°C to +125°C	38 TSSOP-EP 4.4mm x 9.7mm

+ 表示无铅/符合RoHS标准的封装。

T 表示卷带包装

## 修订历史

修订号	修订日期	描述	改变的页面
0	9/22	发布市场简介	-
1	1/23	在引脚描述中进行了更改。更新了订购信息	13, 28