



## TMC2211

65V 2A<sub>RMS</sub> のピン設定可能な  
スマート集積化ステッピング・モーター・ドライバ

## 概要

TMC2211 は、パッケージ・ピンによる設定オプションと追加の診断出力を備えた高性能ステッピング・モーター・ドライバ IC です。このデバイスは、256 マイクロステップの組み込みインデクサと 65V 3.0AMAX の全機能内蔵 Hブリッジ 2 個をベースとして、電力散逸のない内蔵電流検出 (ICS) 機能を組み込んだ、業界最先端のステッピング・モーター・ドライバです。

ADI-Trinamic の精巧な StealthChop2 チョッパにより、最大効率と最大モーター・トルクを両立した超低ノイズ動作が可能となります。

高集積、高エネルギー効率、小フォーム・ファクタという特長を備えているため、コスト効率の高いソリューション向けの小型でスケラブルなシステムを実現します。このフル機能ソリューションにより、学習曲線を最小限に抑えると共に、最高クラスの性能を可能にできます。Hブリッジ電界効果トランジスタ (FET) は、インピーダンスが非常に低いため、駆動効率が高く、発生する熱を最小限に抑えます。代表的な合計  $R_{ON}$  (ハイサイド+ローサイド) は 0.31Ω です。

PCB を 4 層とした場合、Hブリッジ 1 つあたりの最大実効値電流は、室温において電源電圧  $V_S = 24V$  のときに 2A、 $V_S = 48V$  のときに 1.7A です。

熱的な制約のために、使用可能な実効値電流は、周囲温度、デューティサイクル、およびアプリケーションの熱特性 (PCB グランド・プレーン、ヒートシンク、換気) に依存します。

Hブリッジあたりの最大フルスケール電流は  $IFS = 3.0AMAX$  で、 $I_{REF}$  に接続された外付け抵抗で設定できます。この電流は、エンベデッド電流駆動レギュレーション回路の最大電流設定値として定義されます。

Hブリッジ 1 つあたりの最大出力電流は、過電流保護 (OCP) 機能によって、ピーク電流設定を十分に上回る安全な値に制限されます。

電力散逸のない ICS を備えていることから大きな外付け電力抵抗が不要となり、外部センス抵抗を用いる主流のアプリケーションと比べて、同じ全体精度を実現しながらスペースと消費電力を大幅に削減できます。

TMC2211 は、豊富な診断機能と、短絡保護/OCP、サーマル・シャットダウン、低電圧ロックアウト (UVLO) などの保護機能を備えています。

サーマル・シャットダウン・イベントと UVLO イベントの際には、ドライバはディスエーブルされます。

TMC2211 は、露出パッド付き 5mm × 7mm 小型 TQFN38 パッケージを採用しています

## アプリケーション

- テキスタイル、ミシン、編み機
- ラボ・オートメーションおよびファクトリ・オートメーション
- ID プリンタ/カード・プリンタ
- リキッド・ハンドリング、医療用アプリケーション
- オフィス・オートメーションおよびペーパー・ハンドリング
- POS、マッサージ・チェア
- ATM、現金回収機、紙幣識別機、現金自動支払機
- CCTV、セキュリティ
- ポンプおよびバルブ制御
- ヘリオスタットやアンテナのポジショニング
- 舞台照明

## 機能と利点

- 電圧範囲：4.5V~65V DC
- 低  $R_{ON}$  (HS + LS)：0.31Ω (代表値、 $T_A = 25^\circ C$ )
- Hブリッジあたりの電流定格 (25°C での代表値)：  
2A<sub>RMS</sub> (2.8A サイン波ピーク)、 $V_S = 24V$   
1.7A<sub>RMS</sub> (2.4A サイン波ピーク)、 $V_S = 48V$
- 全機能内蔵無損失電流検出
- MicroPlyer ステップ補間機能を備えたステップ/方向 (S/D) インターフェース
- 最大分解能：フルステップあたり 256 マイクロステップ
- StealthChop2 によるサイレント・モーター動作
- SpreadCycle 高ダイナミック・モーター制御チョッパ
- すべてを網羅する保護および診断機能
- 過電圧保護出力
- 5mm × 7mm の小型 TQFN38 パッケージ

※こちらのデータシートには正誤表が付属しています。当該資料の最終ページ以降をご参照ください。

目次

概要.....	1
アプリケーション.....	1
機能と利点.....	1
パッケージ.....	6
絶対最大定格.....	6
電気的特性.....	6
端子説明.....	9
ピン配置.....	10
機能図.....	11
詳細説明.....	12
動作原理.....	12
ピン設定可能なステップおよび方向ドライバ.....	12
主要コンセプト.....	13
StealthChop2 および SpreadCycle ドライバ.....	13
利点.....	13
ステップ/方向インターフェース.....	13
タイミング.....	13
MicroPlyer ステップ・インターポレータおよび停止検出.....	14
注意：MicroPlyer は、安定した STEP 周波数でのみ完全に機能します。.....	15
ピン設定オプション.....	15
注意：StealthChop2 による最初の動作は、静止時のみイネーブルできます。これは、内蔵の電流スケーリング・アルゴリズムを調整できるようにするためです。.....	16
StealthChop2.....	16
注意：.....	16
SpreadCycle.....	17
内蔵電流検出機能.....	18
フルスケール電流レンジの設定.....	18
診断出力.....	19
リセット、ディスエーブル/停止、パワー・ダウン.....	21
外部リセットおよびスリープ・モード.....	21
保護およびドライバ診断.....	21
過電流保護.....	21
過熱保護およびサーマル・シャットダウン.....	21
過電圧保護と OV ピン.....	21
短絡保護（GND への短絡および V <sub>S</sub> への短絡）.....	22
低電圧ロックアウト保護.....	22
静電放電（ESD）保護.....	23

標準アプリケーション回路 .....	23
標準的なアプリケーション回路 .....	23
大モーター電流 .....	23
ドライバ保護および EME 回路 .....	24
型番 .....	25

図一覧

図 1. 簡略ブロック図 .....	11
図 2. ブロック図 .....	12
図 3. STEP/DIR 信号のタイミング .....	14
図 4. STEP/DIR 信号の入力フィルタ構造 .....	14
図 5. 立上がり STEP 周波数での MicroPlyer マイクロステップ補間 (例: 16~256) .....	15
図 6. 代表的なチョッパ減衰フェーズ .....	17
図 7. 1 チョッパ・サイクルの間のコイル電流を示す、SpreadCycle チョッパの概略図 .....	17
図 8. 診断出力構成のオプション .....	20
図 9. コイル B マイクロステップ波の正のゼロ遷移におけるインデックス信号パルス .....	20
図 10. ブレーキ・チョッパ回路の例 .....	22
図 11. 標準的なアプリケーション回路 .....	23
図 12. 簡単な ESD 対策 .....	24
図 13. モーター出力保護の強化 .....	25

表一覧

表 1. ステップ入力のマイクロステップ分解能の設定 .....	15
表 2. 動作電流 (IRUN) の設定 .....	15
表 3. デジタル電流スケールの設定 .....	16
表 4. チョッパ・モードの選択 .....	16
表 5. 保持電流 (IHOLD) 低減の設定 .....	16
表 6. StealthChop2 の PWM 周波数 .....	16
表 7. SpreadCycle のパラメータ .....	17
表 8. I <sub>FS</sub> フルスケール・ピーク・レンジの設定値 (R <sub>REF</sub> = 12kΩ の場合の例) .....	19
表 9. CFG3/CFG2 ピン設定と様々な R <sub>REF</sub> に基づくフルスケール実効値電流 I <sub>FS</sub> (A <sub>RMS</sub> 、アンペア単位) .....	19
表 10. フルスケール電流設定に基づく過電流保護スレシヨルド .....	22

パッケージ

TQFN38 5mm x 7mm	
Package Code	T3857+1C
Outline Number	<a href="#">21-0172</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0076</a>
Thermal Resistance, Single Layer Board:	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	38°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1°C/W
Thermal Resistance, Four Layer Board:	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	28°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1°C/W

最新のパッケージ外形図とランド・パターン（フットプリント）に関しては、<https://www.analog.com/jp/design-center/packaging-quality-symbols-footprints/package-index.html> で確認してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は RoHS 対応状況のみを示します。パッケージ図面は異なる末尾記号が示されている場合がありますが、図面は RoHS 状況に関わらず該当のパッケージについて図示しています。

パッケージの熱抵抗は、JEDEC 規格 JESD51-7 に記載の方法で 4 層基板を使用して求めたものです。パッケージの熱に対する考慮事項の詳細については、<https://www.analog.com/jp/technical-articles/thermal-characterization-of-ic-packages.html> を参照してください。

絶対最大定格

V <sub>S</sub> ~GND	-0.3V~70V	I <sub>REF</sub> , AIN~GND	-0.3V~Min. (2.2, V <sub>DDIV8</sub> + 0.3)V
V <sub>DDIV8</sub> ~GND	-0.3V~Min. (2.2, V <sub>S</sub> + 0.3)V	V <sub>CC_IO</sub> ~GND	-0.3V~6V
AGND~GND	-0.3V~+0.3V	ロジック入力/出力電圧~GND	-0.3V~V <sub>CC_IO</sub> + 0.3V
OUT1A, OUT2A, OUT1B, OUT2B	-0.3V~V <sub>S</sub> + 0.3V	OV~GND	-0.3V~6V
V <sub>CP</sub> ~GND	V <sub>S</sub> - 0.3V~Min. (74, V <sub>S</sub> + 6)V	動作温度範囲	-40°C~125°C
CPO~GND	V <sub>S</sub> - 0.3V~V <sub>CP</sub> + 0.3V	ジャンクション温度	+165°C
CPI~GND	-0.3V~V <sub>S</sub> + 0.3V	保管温度範囲	-65°C~+150°C
SLEEPN~GND	-0.3V~V <sub>S</sub> + 0.3V	ハンダ付け処理温度 (リフロー)	+260°C

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

電気的特性

(V<sub>S</sub> = 4.5V~65V, V<sub>CC\_IO</sub> = 2.2V~5.5V, R<sub>REF</sub> = 12kΩ~24kΩ。代表値は T<sub>A</sub> = +25°C および V<sub>S</sub> = 48V を前提としています。限界値は、T<sub>A</sub> = +25°C で 100%テストされています。動作温度範囲および対応する電源電圧範囲にわたる限界値は、設計と特性評価によって裏付けられています。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY</b>						
Supply Voltage Range	V <sub>S</sub>		4.5		65	V
Sleep Mode Current Consumption	I <sub>VS</sub>	V(SLEEPN) = 0		4	25	μA
Quiescent Current Consumption	I <sub>VS</sub>	V(SLEEPN) = 1, V(DRV_ENN) = 1		3.5	6	mA
1.8V Regulator Output Voltage	V <sub>VDD</sub>	V <sub>S</sub> = 4.5V		1.8		V

# 65V 2A<sub>RMS</sub> のピン設定可能な スマート集積化ステップング・モーター・ドライバ

TMC2211

( $V_S = 4.5V \sim 65V$ 、 $V_{CC\_IO} = 2.2V \sim 5.5V$ 、 $R_{REF} = 12k\Omega \sim 24k\Omega$ 。代表値は  $T_A = +25^\circ C$  および  $V_S = 48V$  を前提としています。限界値は、 $T_A = +25^\circ C$  で 100%テストされています。動作温度範囲および対応する電源電圧範囲にわたる限界値は、設計と特性評価によって裏付けられています。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>DD</sub> Current Limit	IV18LIM		20			mA
Charge Pump Voltage	V <sub>CP</sub>			$V_S + 2.7$		V
Logic I/O Supply Voltage Range	V <sub>CC\_IO</sub>		2.2		5.5	V
Sleep Mode Current Consumption	IV <sub>CC\_IO</sub>	V(SLEEPN) = 0		5	10	μA
Quiescent Current Consumption	IV <sub>CC\_IO</sub>	V(SLEEPN) = 1		35	60	μA
<b>LOGIC LEVEL INPUTS-OUTPUTS</b>						
Input Voltage Level - High	V <sub>IH</sub>		$0.7 \times V_{CC\_IO}$			V
Input Voltage Level - Low	V <sub>IL</sub>				$0.3 \times V_{CC\_IO}$	V
Input Hysteresis	V <sub>HYS</sub>			$0.15 \times V_{CC\_IO}$		V
Internal Pullup/Pulldown Resistance	R <sub>PULL</sub>	To GND or to V <sub>CC\_IO</sub>	60	100	140	kΩ
Input Leakage	I <sub>nLeak</sub>	Inputs without pullup/pulldown resistance	-1		+1	μA
Output Logic-Low Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>LOAD</sub> = 5mA			0.4	V
Push-Pull Output LogicHigh Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>LOAD</sub> = 5mA	$V_{CC\_IO} - 0.4V$			
Open-Drain Output Logic High Leakage Current	I <sub>OH</sub>	V(PIN) = 5.5V	-1		+1	μA
SLEEPN Voltage Level High	V <sub>IHSLEEPN</sub>		0.9			V
SLEEPN Voltage Level Low	V <sub>ILSLEEPN</sub>				0.6	V
SLEEPN Pulldown Input Resistance	R <sub>PDSLEEPN</sub>		0.8	1.5		MΩ
<b>OUTPUT SPECIFICATIONS</b>						
Output ON-Resistance Low Side	R <sub>ONLS</sub>	CFG3/CFG2 = 10		0.15	0.3	Ω
		CFG3/CFG2 = 01		0.21	0.4	
Output ON-Resistance Low Side	R <sub>ONLS</sub>	CFG3/CFG2 = 00		0.37	0.75	Ω
Output ON-Resistance High Side	R <sub>ONLS</sub>			0.16	0.3	Ω
Output Leakage	I <sub>LEAK</sub>		-10		+10	μA
Output Slew Rate	SR			400		V/μs
<b>PROTECTION CIRCUITS</b>						
Overcurrent Protection Threshold	OCP	CFG3/CFG2 = 10		5.0		A
		CFG3/CFG2 = 01		3.33		
		CFG3/CFG2 = 00		1.67		
Overcurrent Protection Blanking Time	TOCP		0.9	1.5	2.3	μs
UVLO Threshold on V <sub>S</sub>	UVLO	V <sub>S</sub> falling	3.75	3.9	4.05	V

# 65V 2A<sub>RMS</sub> のピン設定可能な スマート集積化ステッピング・モーター・ドライバ

TMC2211

( $V_S = 4.5V \sim 65V$ 、 $V_{CC\_IO} = 2.2V \sim 5.5V$ 、 $R_{REF} = 12k\Omega \sim 24k\Omega$ 。代表値は  $T_A = +25^\circ C$  および  $V_S = 48V$  を前提としています。限界値は、 $T_A = +25^\circ C$  で 100%テストされています。動作温度範囲および対応する電源電圧範囲にわたる限界値は、設計と特性評価によって裏付けられています。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
UVLO Threshold on $V_S$ Hysteris	UVLOHYS			0.12		V
UVLO Threshold on $V_{CC\_IO}$	UVLO	$V_{CC\_IO}$ falling	0.9	1.5	1.95	
$V_{CC\_IO}$ UVLO Hysteresis	UVLOVCH			100		mV
Thermal Protection Threshold Temperature	TSD			165		$^\circ C$
Thermal Protection Temperature Hysteresis				20		$^\circ C$
<b>CURRENT REGULATION</b>						
IREF Pin Resistor Range	$R_{REF}$		12		60	k $\Omega$
IREF Output Voltage	$V_{REF}$		0.882	0.9	0.918	V
Full-Scale Current Constant	KIFS	IFS = 1A	11.75			A $\times$ k $\Omega$
		IFS = 2A	24			
		IFS = 3A	36			
Regulation Accuracy	DITRIP1	Output current from 7% to 100% FS, $R_{REF} = 12k\Omega$	-7		+7	%
Phase-to-Phase Current Regulation Mismatch	IMATCH	Output currents from 7% to 100% FS, $R_{REF} = 12k\Omega$ One Sigma		0.7		%
<b>FUNCTIONAL TIMINGS</b>						
SLEEP Time	$t_{SLEEP}$	SLEEPN = 0 to OUT_ three state			50	$\mu s$
Wake-Up Time from Sleep	$T_{WAKE}$	SLEEPN = 1 to normal operation			2.5	ms
Enable Time	$T_{EN}$	Time from DRV_ENN pin falling edge to driver on			1.5	$\mu s$
Disable Time	$T_{EN}$	Time from DRV_ENN pin rising edge to driver off			6	$\mu s$
<b>CLOCK</b>						
Internal Clock Frequency	$f_{CLK}$		11.9	12.5	13.2	MHz
<b>STEP/DIR TIMINGS</b>						
Step Frequency	$f_{STEP}$				$f_{CLK}/8$	
Fullstep Frequency	$f_{FS}$				$f_{CLK}/512$	
STEP High Time	$t_{SH}$		$t_{CLK} + 20$			ns
STEP Low Time	$t_{SL}$		$t_{CLK} + 20$			ns
DIR to STEP Setup Time	$t_{SU}$		20			ns
DIR to STEP Hold Time	$T_H$		20			ns

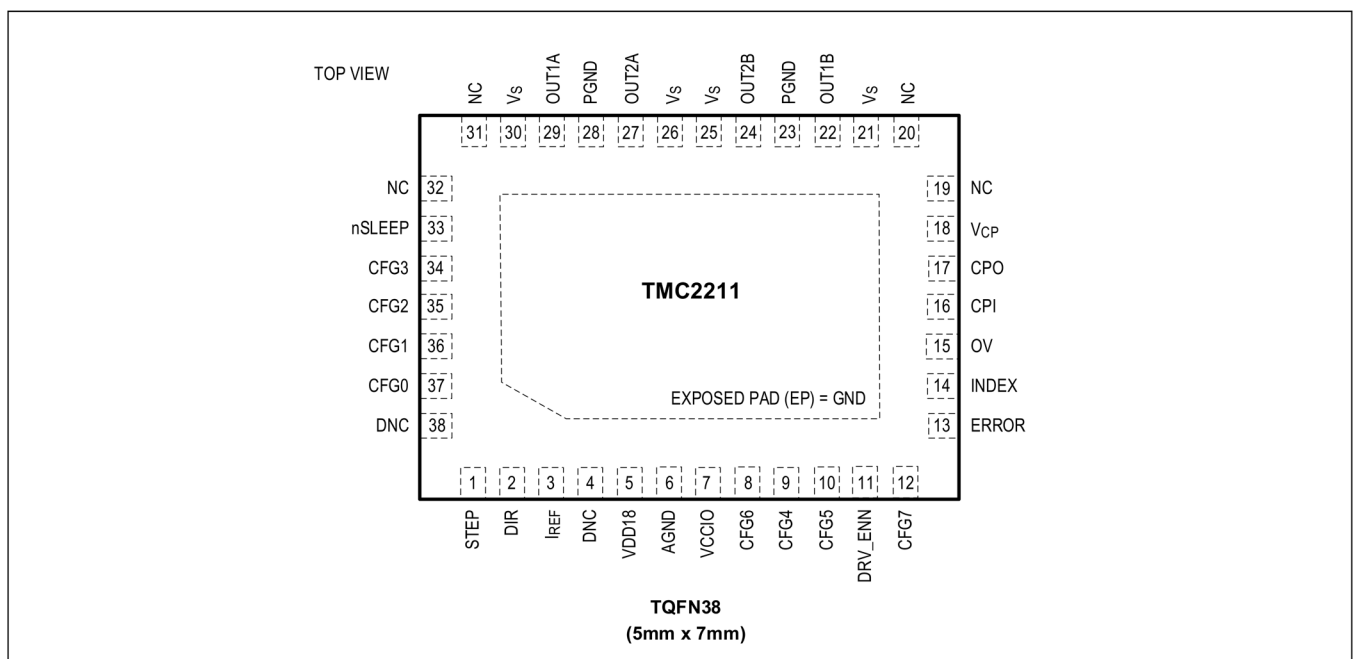
端子説明

ピン	名称	機能	リファレンス電源	タイプ
6	AGND	アナログ・グラウンド。グラウンド・プレーンに接続します。		GND
23, 28	PGND	電源グラウンド。グラウンド・プレーンに接続します。		GND
21, 25, 26, 30	V <sub>S</sub>	モーターの電源電圧。GND プレーン／露出パッドへ最短のループを形成してピン近くでのフィルタによる除去機能を提供します。		Supply
5	V <sub>DD1V8</sub>	内蔵 1.8V レギュレータの出力。最高性能を発揮させるには、AGND との間のピン近くに 2.2μF 以上のセラミック・コンデンサを接続します。		Supply
18	V <sub>CP</sub>	チャージ・ポンプ電圧。1.0μF のコンデンサを用いて V <sub>S</sub> に接続します。誘導性ピークを避けるために、コンデンサの正側端子を V <sub>S</sub> ピンの近くに接続します。		Analog Output
7	V <sub>CC_IO</sub>	回路の IO レベルを定義するために外部電源から供給されるデジタル IO 電源電圧。出力ピンに適切な電圧レベルを設定するために必要です。		Supply
17	CPO	チャージ・ポンプ・コンデンサ出力。		Analog Output
16	CPI	チャージ・ポンプ・コンデンサ入力。定格 V <sub>S</sub> の 22nF コンデンサを用いて CPO に接続します。		Analog Output
1	STEP	ステップ入力。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input
2	DIR	方向入力。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input
34	CFG3	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
35	CFG2	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
36	CFG1	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
37	CFG0	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Output
3	I <sub>REF</sub>	電流スケール用のアナログ・リファレンス電流。外付け抵抗を介して GND に接続します。	V <sub>DD_18</sub>	Analog Input
12	CFG7	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pulldown)
9	CFG4	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
10	CFG5	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
8	CFG6	設定入力、設定オプションの詳細については表 1～表 5 を参照。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
11	DRV_ENN	イネーブル入力。このピンがハイ・レベルに駆動されると、電力段のスイッチがオフ（すべてのモーター出力がフロート状態）になります。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Input (Pullup)
13	ERROR	エラー出力。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Output (open drain)
14	INDEX	コイル B のマイクロステップ 0 位置を示すオープン・ドレイン・インデックス・パルス出力。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Output (open drain)

33	nSLEEP	ロー・アクティブのパワー・ダウン入力/リセット入力。 デバイスをスリープ・モードにするには、連続的なロー・レベルを印加します。 SLEEPNはブルダウンを内蔵しています。 使用しない場合は、V <sub>S</sub> またはV <sub>CC_IO</sub> （これは高電圧ピンです）に接続します。 ICがスリープ・モード/リセットから回復した後は、再度使用する前に再設定を行う必要があります。 ICの再設定の間、DRV_ENNを用いてブリッジ・ドライバをディスエーブルしたままにすることを推奨します。 モーター速度が高い場合には決して使用しないでください。	V <sub>S</sub>	Analog Input (Pulldown)
24	OUT2B	モーター・コイルBの出力2。	V <sub>S</sub>	Analog Output
22	OUT1B	モーター・コイルBの出力1。	V <sub>S</sub>	Analog Output
27	OUT2A	モーター・コイルAの出力2。	V <sub>S</sub>	Analog Output
29	OUT1A	モーター・コイルAの出力1。	V <sub>S</sub>	Analog Output
EP	GND	露出ダイ・パッド。露出ダイ・パッドはGNDプレーンに接続します。GNDプレーンとの間には熱伝導のためにできるだけ多くのビアを使用してください。電力段および内部回路にはGNDピンとして機能します。		GND
19, 20, 31, 32	N.C.	内部接続なし。このピンは開放のままにするか、冷却効率を向上するためにGNDに接続します。		N.C.
15	OV	過電圧インジケータ出力（オープン・ドレイン）。電源電圧を>68.4Vに制限するために、外部 MOSFET を負荷抵抗と共に接続します。外部プルアップ抵抗が必要です。 ADCにより f <sub>CLK</sub> /2048 のレートで更新されます。	V <sub>CC_IO</sub>	Digital Output (Open-Drain)
4, 38	DNC	接続しないでください。このピンは未接続のままにしておく必要があります。内部で使われることがあります。		

## ピン配置

### TMC2211 TQFN のピン配置



機能図

TMC2211

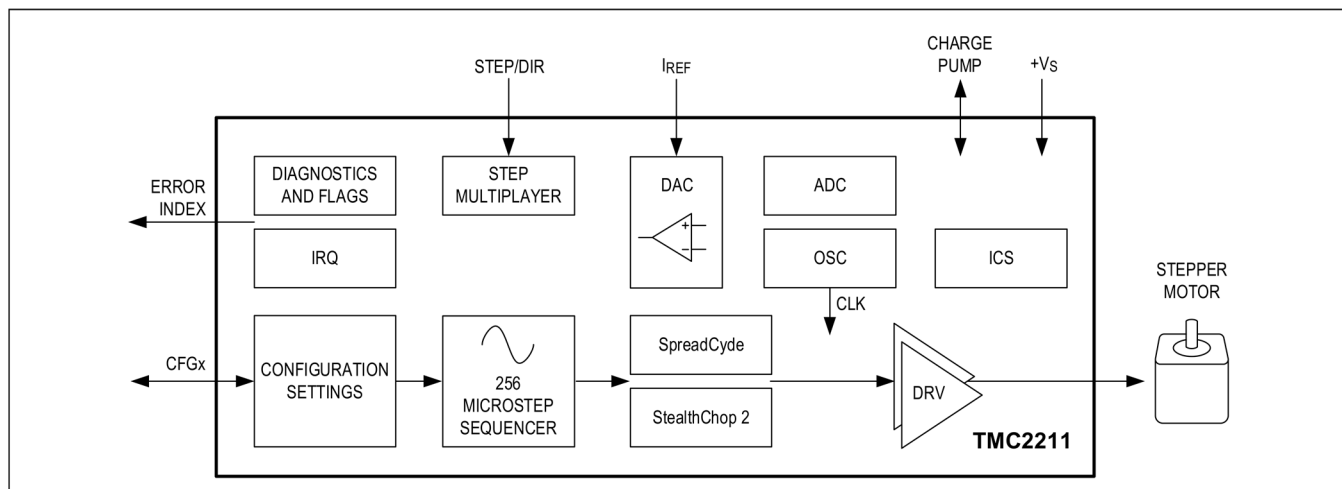


図 1. 簡略ブロック図

詳細説明

動作原理

ピン設定可能なステップおよび方向ドライバ

TMC2211 はステップおよび方向方式のステッピング・モーター・ドライバで、ピンによる設定が可能です。必要な場合は、オプションの帰還信号 (ERROR と INDEX) を使用してエラーの検出と動作の同期を行うことができます。TMC2211 は、ADI-Trinamic 製品独自の高度な機能を各種備えています。これらの機能は、精度、エネルギー効率、信頼性、動作の静粛性と滑らかさの向上に貢献しています。

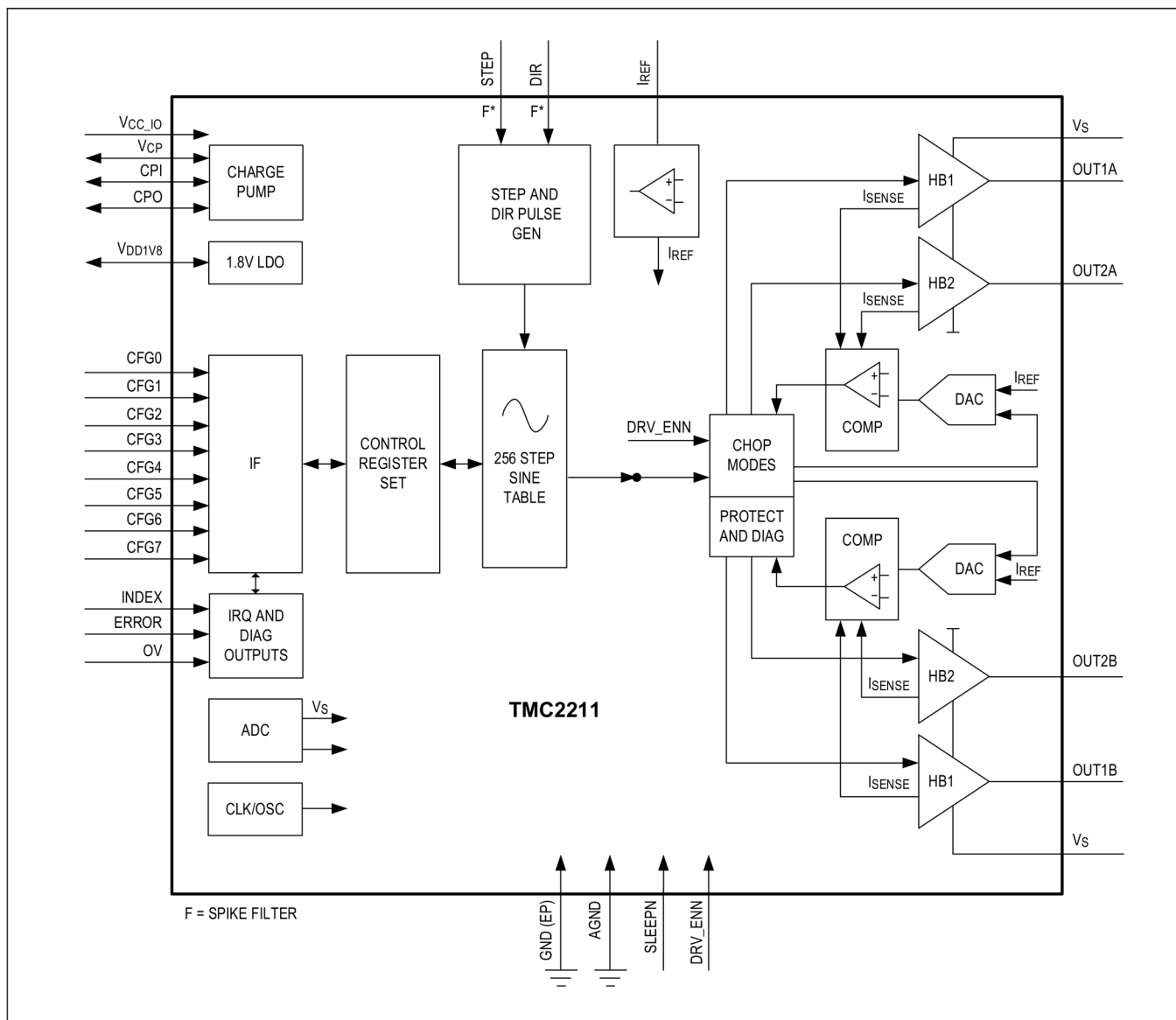


図 2. ブロック図

## 主要コンセプト

TMC2211 は、ADI-Trinamic 製品独自の高度な機能を各種備えています。これらの機能は、多くのステッピング・モーター・アプリケーションにおいて、精度、エネルギー効率、信頼性、動作の滑らかさを向上することや、動作による温度上昇を抑えることに貢献しています。

StealthChop2	モーターの無音動作および無音停止を実現する、無騒音高精度チョッパー・アルゴリズム。 StealthChop より急速なモーター加減速を可能にし、StealthChop を小さい停止モーター電流まで拡張します。
SpreadCycle	動的動作を最大限に高める、サイクルごとの高精度な電流制御。
MicroPlyer	低分解能のステップ入力で最大 256 のマイクロステップ動作を実現するマイクロステップ・インターポレータ。

これらの性能向上機能に加え、ADI-Trinamic のモーター・ドライバは、短絡出力、出力オープンサーキット、低電圧などの状態を検出して保護するための防護機能を備え、安全性および機器の誤動作からの回復をより確実なものにします。

## StealthChop2 および SpreadCycle ドライバ

StealthChop2 の原理は電圧チョッパーに基づいています。停止時および低速動作時には、ボール・ベアリングで発生するノイズを除き、モーターに絶対的な静音性が確保されます。

他の電圧モード・チョッパーとは異なり、StealthChop2 はいかなる設定も不要です。起動後最初の動作時に最適設定を自動的に学習し、その後の動作を通じて更に設定を最適化します。

学習には最初のホーミング・シーケンスで十分です。StealthChop2 では、モーター速度の変化に対し一度の応答で高いモーター運動性能を実現できます。

更に速度の高いアプリケーションに対しては、SpreadCycle が StealthChop2 に替わるオプションとなります。StealthChop2 および SpreadCycle は、組み合わせることで以下の両者の利点をどちらも生かすことが可能です。StealthChop2 は無騒音の停止、静音、円滑な性能を実現するのに適しており、SpreadCycle はより高い速度で用いた場合に高運動性能と最高ピーク速度を低振動で実現するのに適しています。

SpreadCycle はサイクルごとの高度なチョッパー・モードです。広い速度範囲および負荷範囲にわたり、円滑な動作と良好な共振減衰が可能です。SpreadCycle のチョッパー方式では、高速減衰サイクルを自動的に統合・調整できるため、滑らかなゼロ交差性能を確実に実現します。

## 利点

- 低コスト・モーターでのマイクロステッピング性能が大幅に向上。
- モーターは滑らかで静かに動作。
- スタンバイ時のノイズを完全に除去。
- 機械的な共振が抑えられているためトルク出力が向上。

## ステップ/方向インターフェース

STEP入力およびDIR入力は、既存の多くのモーション・コントローラに対応できる、単純で標準的なインターフェースを備えています。MicroPlyer ステップ・パルス・インターポレータは、元来は粗いステッピング用に設計されたアプリケーションに対して、高分解能マイクロステッピングの滑らかなモーター動作を可能にします。

## タイミング

図 3 に、STEP 信号と DIR 信号のタイミング・パラメータを示します。STEP および DIR は、システム・クロックに対応してサンプリングと同期を行います。約 10ns の内蔵アナログ・フィルタが、長い PCB パターンによるグリッチなどの信号に存在するグリッチを除去します。信号源がチップから離れた場所にある場合、特に信号がケーブルを通じて伝送される場合は、信号を差動でフィルタリングまたは伝送する必要があります。タイミング・パラメータの仕様については、[電気的特性](#)の表を参照してください。

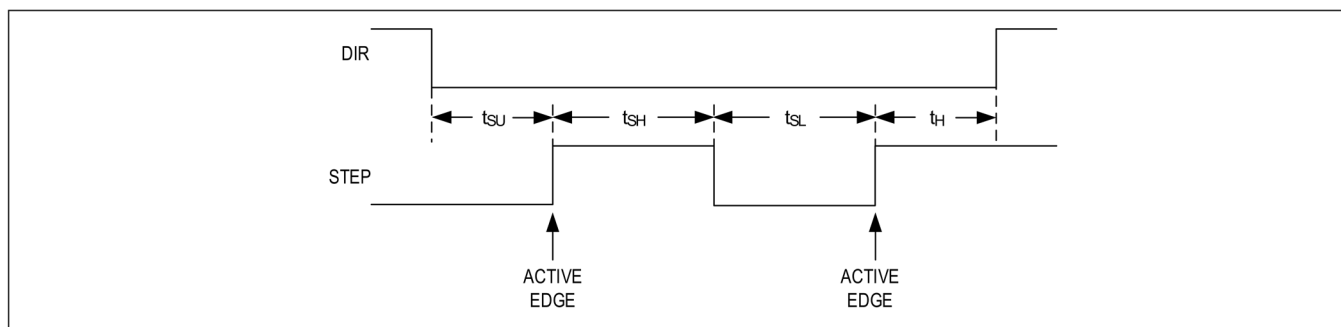


図 3. STEP/DIR 信号のタイミング

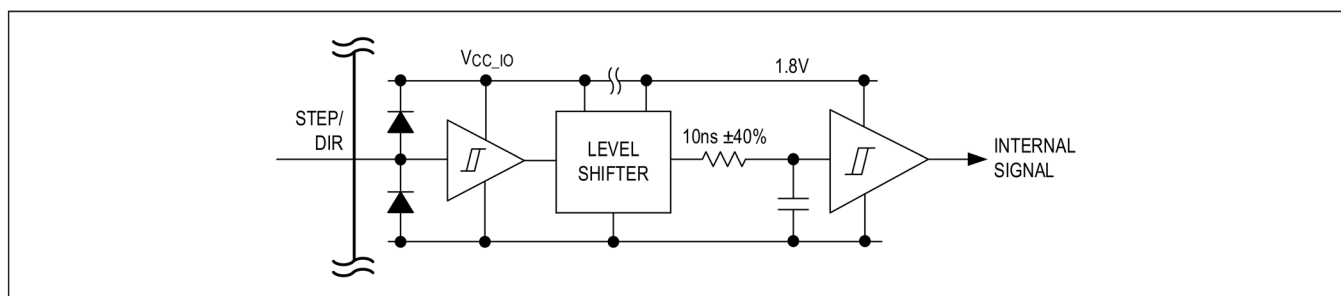


図 4. STEP/DIR 信号の入力フィルタ構造

### MicroPlyer ステップ・インターポレータおよび停止検出

STEP の各アクティブ・エッジにおいて、MicroPlyer は 256x の分解能でマイクロステップを生成します。この機能は、最後のステップ間隔に基づき、ステップ入力の 2 つのステップ・インパルス間の時間を補間します。したがって、4 マイクロステップ (256 マイクロステップに対して 64 マイクロステップの補間) から 32 マイクロステップ (256 マイクロステップに対して 8 マイクロステップの入力) が単一ステップ・パルスに対して駆動されます。

MicroPlyer は常時イネーブルされています。補間された 2 マイクロステップ～256 マイクロステップに対するステップ・レートは、直前のステップ期間の時間間隔を測定し、それを最大 256 等分することで求められます。256 個のマイクロステップが均等に分布している場合、2 つのマイクロステップ間の最大時間は  $2^{20}$  (およそ 100 万システム・クロック・サイクル) に相当します。その結果、システム・クロック周波数が 12.5MHz の場合、MicroPlyer 動作の最小ステップ入力周波数は 12Hz になります。ステップ・レートがこれより低いと静止イベントが検出されます。この周波数では、(システム・クロック周波数)/ $2^{16}$  (約 256Hz) のレートでマイクロステップが生じます。停止が検出されると、ドライバはモーター電流を自動的に保持電流 I<sub>HOLD</sub> に切り替えます。

注意：MicroPlyer は、安定した STEP 周波数でのみ完全に機能します。

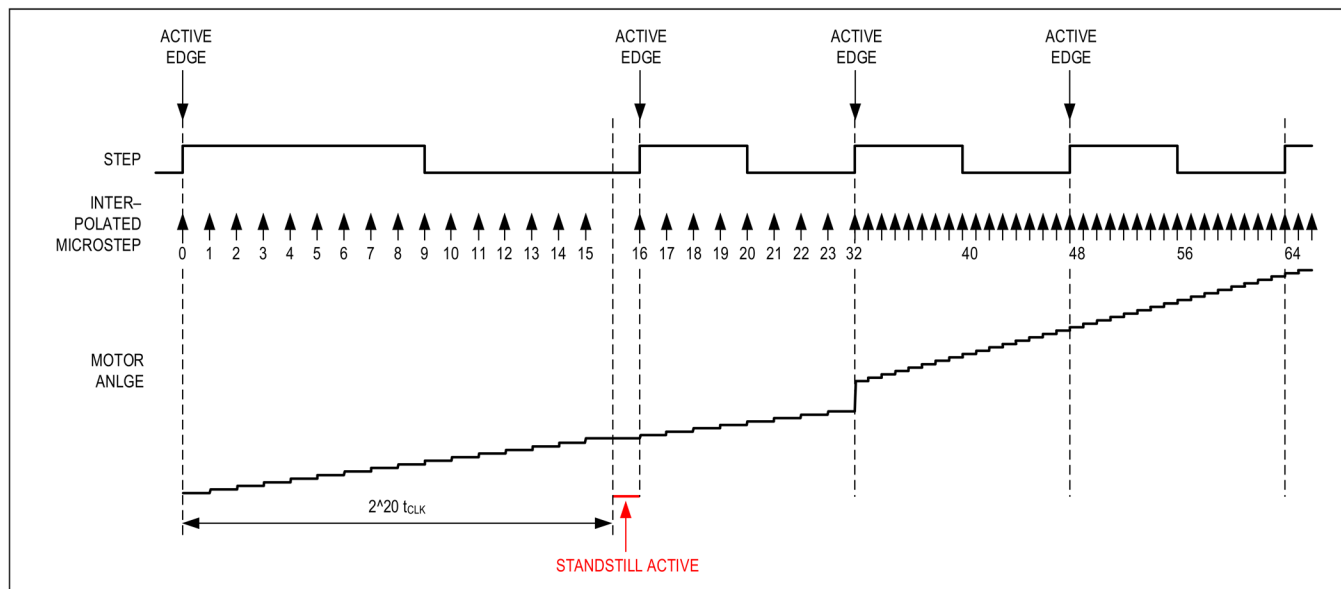


図 5. 立上がり STEP 周波数での MicroPlyer マイクロステップ補間 (例：16~256)

0では、最初のSTEPサイクルが静止ビット stst を設定するのに十分な長さになっています。このビットは、STEPの次のアクティブ・エッジでクリアされます。次に、外部 STEP 周波数が増加します。高いレートで1サイクルが経過した後、MicroPlyer は補間されたマイクロステップ・レートをこのより高い周波数に適用します。より低いレートの最後のサイクルでは MicroPlyer が 16 個のマイクロステップすべてを生成するわけではないので、レートが高くなったときの最初のサイクルと 2 番目のサイクルの間でモーター角にわずかな跳びが生じます。

## ピン設定オプション

以下の設定は CFGx ピンを使って調整できます。

表 1. ステップ入力のマイクロステップ分解能の設定

CFG0/CFG1: CONFIGURATION OF MICROSTEP RESOLUTION FOR STEP INPUT		
CFG1	CFG0	MICROSTEP SETTING
GND	GND	8 microsteps
GND	VCC_IO	16 microsteps
VCC_IO	GND	32 microsteps
VCC_IO	VCC_IO	64 microsteps

表 2. 動作電流 (IRUN) の設定

CFG3/CFG2: CONFIGURATION OF RUN CURRENT IRUN (ALONG WITH IREF RESISTOR), DO NOT CHANGE DURING OPERATION		
CFG3	CFG2	CURRENT RANGE SETTING
GND	GND	Current scaling = 1A peak
GND	VCC_IO	Current scaling = 2A peak
VCC_IO	GND	Current scaling = 3A peak
VCC_IO	VCC_IO	Not used (3A peak)

表 3. デジタル電流スケールの設定

CFG4: DIGITAL CURRENT SCALE (MAY BE CHANGED DURING OPERATION)	
CFG4	CURRENT SCALE
GND	I = 75% of full scale current IRUN
VCC_IO	I = 100% of full scale current IRUN

表 4. チョッパー・モードの選択

CFG5: SELECTION OF CHOPPER MODE	
CFG5	CHOPPER MODE
GND	SpreadCycle operation
VCC_IO	StealthChop2 operation

**注意：** StealthChop2 による最初の動作は、静止時のみイネーブルできます。これは、内蔵の電流スケールリング・アルゴリズムを調整できるようにするためです。

表 5. 保持電流 (IHOLD) 低減の設定

CFG7/CFG6: CONFIGURATION OF HOLD CURRENT REDUCTION		
CFG7	CFG6	HOLD CURRENT REDUCTION
GND	GND	No hold current reduction. IHOLD = IRUN
GND	VCC_IO	Reduction to 50%. IHOLD = 1/2 IRUN
VCC_IO	GND	Reduction to 25%. IHOLD = 1/4 IRUN
VCC_IO	VCC_IO	Reduction to 12.5%. IHOLD = 1/8 IRUN

表 6. StealthChop2 の PWM 周波数

CLOCK FREQUENCY fCLK	PWM FREQUENCY fPWM = 2/1024 fCLK
12.5 MHz (internal)	24.4 kHz

## StealthChop2

StealthChop2 は、ステッピング・モーター用の極めて静かな動作モードです。これは電圧モードのパルス幅変調 (PWM) をベースとします。停止時や低速時、モーターは絶対的に無雑音です。したがって、StealthChop2 で動作するステッピング・モーター・アプリケーションは、屋内や家庭での使用に最適です。モーターは、低速時にはまったくの無振動で動作します。StealthChop を用いる場合には、電圧モードの PWM を用いて特定の実効電圧をコイルに印加することでモーター電流を供給します。機能強化された StealthChop2 では、ドライバはアプリケーションが最高性能を発揮できるように自動的に適応します。新たな設定は不要です。

モーター電流を特定のレベルに一致させるために、実際のモーター速度に応じて実効的な PWM 電圧がスケールリングされます。目標電流でモーターを駆動するのに必要な電圧レベルには、モーター抵抗、その逆起電力 (つまり、その速度に正比例)、電源電圧の実際のレベルといった、いくつかの要素が影響します。StealthChop2 の PWM 周波数は、内部クロック周波数に依存します。

StealthChop2 を使用した動作を開始する前に、モーターが 100ms 以上動作を停止するようにしてください。これにより、電流レギュレーションによる初期のモーター電流設定が可能になります。高速駆動時は、SpreadCycle を StealthChop2 と組み合わせることを検討する必要があります。これは、CFG5 ピンを使って 2つのモードを切り替えることによっても行います。両方のモードの間で切り替えを行うと、電圧と電流間の位相シフトのためにわずかなジャークが生じることがあります。

**注意：** StealthChop2 での動作時にモーターのストールあるいは動作の突然の停止が生じると、過電流状態になる場合があります。直前のモーター速度、およびモーターのコイル抵抗に応じて、モーター電流は 10ms~100ms にわたって大きく増加します。低速時、逆起電力は電源電圧に比べてごくわずかにすぎないため、短絡検出がトリガされるおそれはありません。

### SpreadCycle

StealthChop2 は電圧モード PWM 制御のチョッパーであるのに対して、SpreadCycle はサイクルごとに電流制御を行うチョッパーです。そのため、モーター速度やモーター負荷の変化に対して、極めて高速に反応します。両方のモーター・コイルを流れる電流は専用のチョッパー回路を用いて制御されます。これらのチョッパー回路は互いに独立に動作します。図 6 に様々なチョッパー・フェーズを示します。図 6 のセンス抵抗は、説明を分かりやすくするために示したものです。TMC2211 の電流検出機能はすべて内蔵されています。

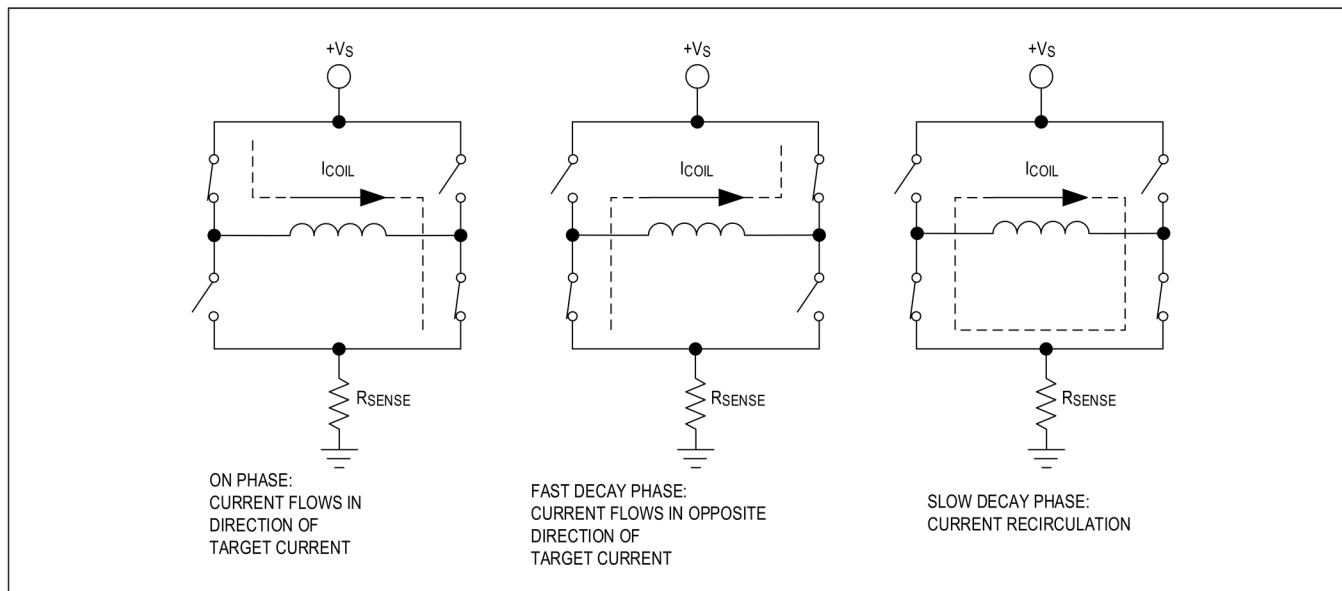


図 6. 代表的なチョッパー減衰フェーズ

表 7. SpreadCycle のパラメータ

パラメータ	説明	設定
TOFF	低速減衰時間（オフ時間）は 120 t <sub>CLK</sub> に設定されます。	120t <sub>CLK</sub>
TBL	コンパレータのブランキング時間は、R <sub>DS(ON)</sub> 測定時のスイッチング・イベントとリンギングの時間を確実にカバーします。	36t <sub>CLK</sub>

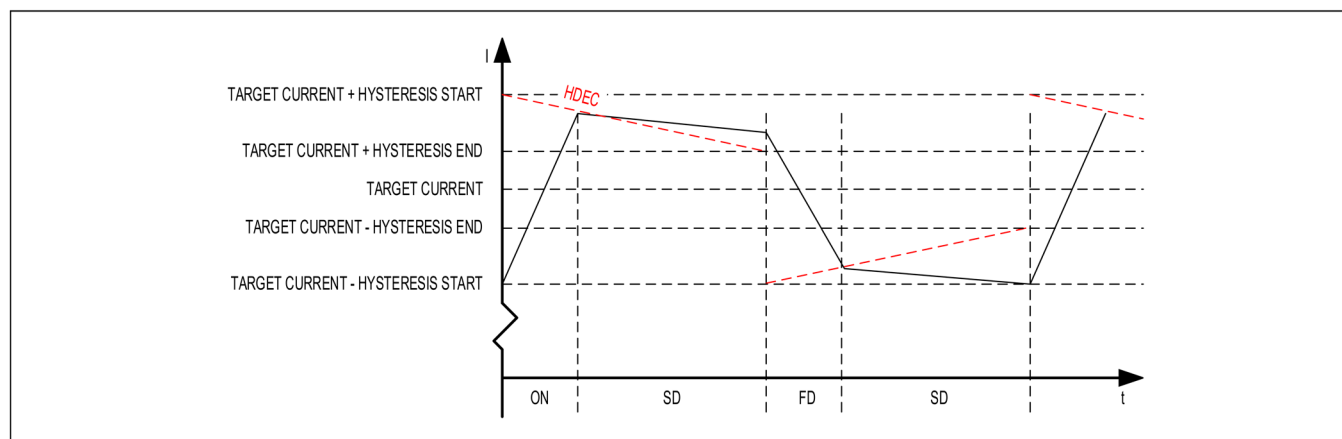


図 7. 1 チョッパー・サイクルの間のコイル電流を示す、SpreadCycle チョッパーの概略図

## スマート集積化ステップング・モーター・ドライバ

電流はオン (ON) フェーズと高速減衰 (FD) フェーズのみを用いて安定化できますが、低速減衰 (SD) フェーズを挿入することは、モーターの電氣的な損失や電流リップルを低減する上で重要です。電流コンパレータは、電流が厳密に 1 個のローサイド・トランジスタを流れるようなフェーズにあるときにはコイル電流を測定できますが、SD フェーズ時には測定できません。したがって、SD フェーズはタイマーによって終了します。オン・フェーズの終了は、コイルを流れる電流が、目標電流にある程度のヒステリシスを加えた値に達したときにコンパレータが行います。FD フェーズの終了は、コンパレータまたは別のタイマーのどちらかによって行われます。

コイル電流の切り替わり時、寄生容量の充放電により  $R_{DS(ON)}$  ベースの電流測定でスパイクが生じます。

この期間 (通常 1~2 マイクロ秒)、電流は測定できません。ブランキングとは、これらのスパイクをブロックするためにコンパレータへの入力マスクされている時間のことです。

SpreadCycle と呼ばれる高性能チョッパー・アルゴリズムは、オン、低速減衰、高速減衰、第二低速減衰の 4 つのフェーズを順番に繰り返します。

## 内蔵電流検出機能

TMC2211 には、電力散逸のない電流検出機能が内蔵されています (ICS)。この機能により、外部電流検出機能を用いる場合に通常必要になる大きな外付け電力抵抗が不要になります。そのため、外付け検出抵抗に基づく主流のアプリケーションと比較して、ICS は大幅な省スペースと省電力を実現できます。最適性能を実現するために、ICS では各パワー MOSFET の  $R_{DS(ON)}$  を個別に測定し、最良の結果が得られるよう個々の MOSFET の温度を考慮します。

## フルスケール電流レンジの設定

フルスケール電流  $I_{FS}$  は、ピーク電流の設定値です。これは、外部リファレンス抵抗と、2 本の設定ピン CFG2 と CFG3 で選択します (ピン設定オプションのセクションの表 2 も参照)。

様々なモーター・サイズやアプリケーションに適応できるように、これらのピンと同じリファレンス抵抗を通じて 3 種類のフルスケール電流レンジを設定可能です。これは、できる限り最高の電流制御分解能を活用するために必要です。

リファレンス抵抗  $R_{REF}$  は、 $I_{REF}$  と GND の間に接続してください。フルスケール電流レンジ  $I_{FS}$  は、ピン CFG3 と CFG2、および外部抵抗に基づいて設定します。

下記の式は、フルスケール電流  $I_{FS}$  を、 $I_{REF}$  ピンに接続された  $R_{REF}$  ショント抵抗と、設定ピンによる設定の関数として表したものです。比例定数  $K_{IFS}$  は、CFG2 と CFG3 の設定によって決定します。外付け抵抗  $R_{REF}$  の範囲は 12k $\Omega$ ~60k $\Omega$  です。

$$I_{FS} (RMS) = \frac{K_{IFS}(CFG2, CFG3)}{R_{REF} [k\Omega]} \times C_s \times \frac{248}{256} / \sqrt{2}$$

$$\text{While motor running: } C_s = \frac{CFG4 \times 25 + 75}{100}$$

$$\text{While motor standstill: } C_s = \frac{\frac{CFG4 \times 25 + 75}{100}}{2 \times (CFG7 + CFG6)}$$

この式からコイルあたりのモーター電流の実効値が得られます。

- $C_s$  はそれぞれ、IRUN または IHOLD です。
- 248/256 はデフォルト・マイクロステップ・テーブルの大きさです。
- $1/\sqrt{2}$  は、サイン波の実効値を計算するための係数です。

表 8. I<sub>FS</sub> フルスケール・ピーク・レンジの設定値 (R<sub>REF</sub> = 12kΩ の場合の例)

CFG3/CFG2	K <sub>I<sub>FS</sub></sub> (A × kΩ)	MAX. FS SETTING (PEAK)	TYPICAL R <sub>DS(ON)</sub> (HS + LS)	NOTES
1/1	36	3A	0.31Ω	Optimized efficiency and extended operating range up to 3A (FS).
1/0	36	3A	0.31Ω	Optimized efficiency and extended operating range up to 3A (FS).
0/1	24	2A	0.37Ω	Reduced operating range up to 2AFS. When high accuracy at lower current is required.
0/0 (default)	11.75	1A	0.53Ω	Reduced operating range up to 1AFS. When high accuracy at low current is required.

表 9 に、(I<sub>REF</sub> ピンでの) 様々なリファレンス抵抗値とフルスケール電流用ピン設定の関係を示します。各セルにはそれぞれの場合の最大実効値電流を示しています。

表 9. CFG3/CFG2 ピン設定と様々な R<sub>REF</sub> に基づくフルスケール実効値電流 I<sub>FS</sub> (A<sub>RMS</sub>、アンペア単位)

R <sub>REF</sub> (kΩ)	MAX. FULL SCALE CURRENT (A <sub>RMS</sub> ) BASED ON CFG3/CFG2 PIN SETTING AND K <sub>I<sub>FS</sub></sub> (A × kΩ)			
	CFG3/CFG2 = 1/1	CFG3/CFG2 = 1/0	CFG3/CFG2 = 0/1	CFG3/CFG2 = 0/0
	K <sub>I<sub>FS</sub></sub> = 36	K <sub>I<sub>FS</sub></sub> = 36	K <sub>I<sub>FS</sub></sub> = 24	K <sub>I<sub>FS</sub></sub> = 11.75
12	2.05	2.05	1.37	0.67
15	1.65	1.65	1.09	0.53
18	1.37	1.37	0.91	0.45
22	1.12	1.12	0.75	0.37
27	0.91	0.91	0.61	0.30
33	0.75	0.75	0.49	0.24
39	0.63	0.63	0.43	0.20
47	0.52	0.52	0.35	0.17
56	0,44	0,44	0,29	0,15

## 診断出力

外部モーション・コントローラによる動作では、多くの場合、特定のステップ・モーター・ドライバ状態に対して迅速に反応することが求められます。したがって、診断出力 ERROR と INDEX は、STEP/DIR インターフェースを補完する一定のリアルタイム情報セットを提供します。

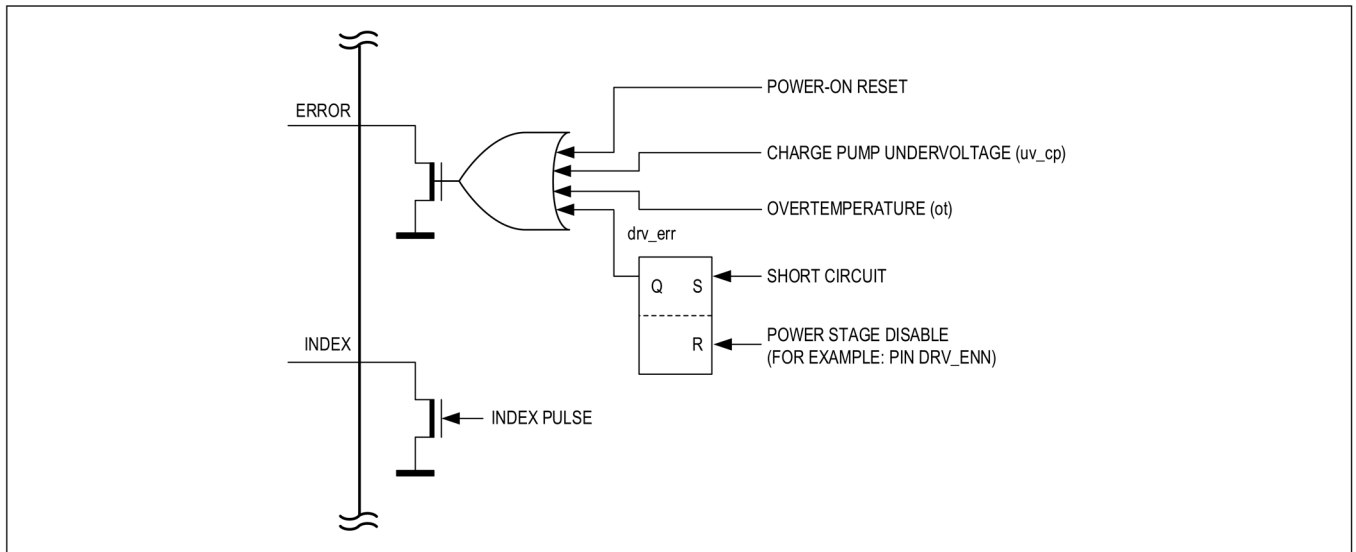


図 8. 診断出力構成のオプション

ERROR は、チップの動作を妨げるすべてのドライバ・エラーを示します。これはオープン・ドレイン出力です。ドライバのリセットを決定するために、リセット状態時の ERROR は、ローにプルダウンすることによって常にパワーオン・リセット状態を示します。アクティブ INDEX 出力は、モーター・コイル B のコサイン曲線が正のゼロ遷移位置にあることを示します。インデックス・パルス幅はマイクロステップの幅に対応しています。インデックス出力は、1 つの電気波形内、つまり 4 フルステップの範囲内におけるマイクロステップ位置の正確な検出を可能にします。これにより、廉価なホーム・スイッチを使用している場合でも、ホーミングの精度と再現性をマイクロステップの精度まで向上させることができます。したがって、INDEX 信号はロー・アクティブのオープン・ドレイン出力です。アクティブ・パルスはロー・パルスです。

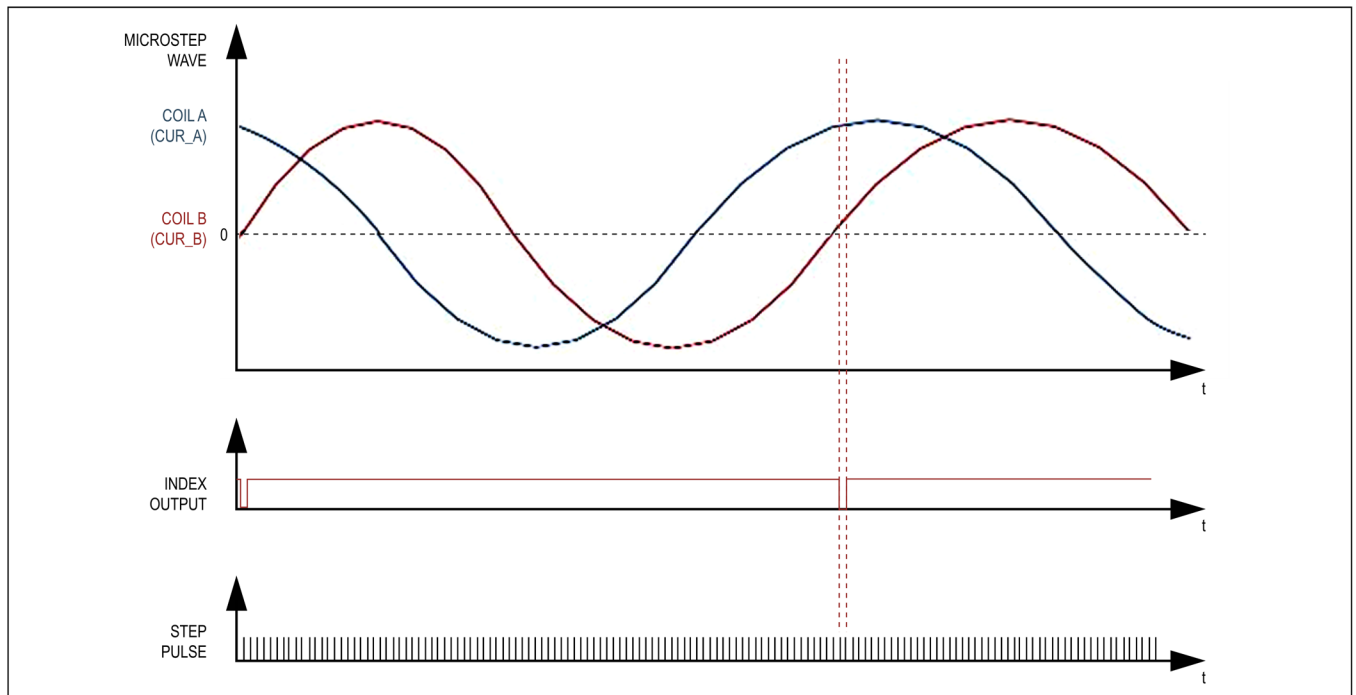


図 9. コイル B マイクロステップ波の正のゼロ遷移におけるインデックス信号パルス

## リセット、ディスエーブル/停止、パワー・ダウン 外部リセットおよびスリープ・モード

リセットおよびスリープ・モードは SLEEPN ピンで制御されます。

持続時間が 30 $\mu$ s を超える短パルスを SLEEPN に印加すると、チップ・リセットが生じます。30 $\mu$ s 未満の非常に短いパルスはフィルタ除去され、動作には影響しません。

SLEEPN が GND に維持されている場合は、IC は低消費電力のスタンバイ状態（スリープ・モード）になります。内部電源およびブリッジ・ドライバはすべてスイッチ・オフされます。

パワー・アップ後、あるいはスリープ・モードやリセット状態からの解放後は設定ピンが読み出され、それに応じて内部レジスタが設定されます。パワーアップ・サイクル・リセットを完了させるには、DRV\_ENN をローに設定します。

ウェイクアップ時間は電気的特性の表に示されています。

使用しない場合は、Vs または V<sub>CC10</sub>（これは高電圧ピンです）に接続します。DRV\_ENN ピンをハイにすると、ブリッジ・ドライバをディスエーブルしてモーターをフリーホイーリング状態にすることができます。

モーターからのエネルギー帰還によりチップが損傷する可能性があるため、モーター速度が高いときにこれらのピンを使用する場合は注意が必要です。

## 保護およびドライバ診断

### 過電流保護

過電流保護（OCP）は、レール（電源電圧とグラウンド）への短絡と出力（OUT1A、OUT2A、OUT1B、OUT、2B）間の短絡からデバイスを保護します。

OCP 閾値は、選択したフルスケール電流範囲に依存します。また、それぞれの閾値については電気的特性の表を参照してください。

フルスケール・レンジは、CFG3/CFG2 ピンで選択します（表 9 を参照）。

デグリッチ時間（ブランキング時間）より長い間にわたって出力電流が OCP 閾値を上回る場合、OCP イベントが検出されます。

OCP イベントが検出されると、Hブリッジが直ちにディスエーブルされます。

短絡保護が 3 回行われると、ERROR ピンのフォルトがセットされ、ブリッジはディスエーブルされたままになります。デバイスは依然として動作しており、ピンによる設定が可能です。

電源ブリッジを再度イネーブルするには、DRV\_ENN ピンをローにして再度ハイにする必要があります。

### 過熱保護およびサーマル・シャットダウン

TMC2211 は過熱保護機能を内蔵しています。

ダイ温度が 165°C（代表値）を超過した場合、フォルト・フラグによってフォルト指示がセットされ、ドライバはジャンクション温度が約 145°C（代表値）未満に低下するまでスリーステートとなります。その後、ドライバは再度イネーブルされます。

熱は主としてモーター・ドライバ段で生成され、電圧が増加すると内部電圧レギュレータによって生成されます。ドライバ MOSFET が過熱するような重大な状況のほとんどは、GND への短絡保護機能を有効化していれば回避できます。多くのアプリケーションでは、過熱事前警告は異常な動作状況にあることを示すもので、これを用いて、ユーザ警告を発したり、モーター電流低減などの電力低減措置を開始したりできます。サーマル・シャットダウンは単なる緊急措置であり、シャットダウン・レベルまで温度が上昇することは、設計によって回避しなくてはなりません。

### 過電圧保護と OV ピン

ステッピング・モーター・アプリケーションでは、特にモーターが高速状態から短時間で減速する場合やモーターがストールする場合に、大きな過電圧が発生します。

この電圧は、ドライバ出力段で電源レールに帰還されます。

代表的な NEMA17 やそれより大型のモーター、および十分な慣性重量を持つ小型のモーターでは、帰還されるエネルギーは相当な量となるため、電源コンデンサや回路でのエネルギー消費では、電源をその制限値以内に保持するには不十分です。

ドライバや接続回路を保護するために、TMC2211 では、過電圧の検出および保護のための機構を備えています。

OV 出力を用いることで、NPN または MOSFET に電力抵抗（ブレーキ抵抗）を取り付けて過剰なエネルギーを抵抗に送り出すことができます。

トランジスタは約 3kHz~4kHz (クロック周波数に依存) でチョッピングされ、電源を制限範囲内に維持します。

電源電圧は内蔵 ADC で常にモニタされています。

電源電圧の上限は 68.4V に設定されます。

OV 出力ピンは、過電圧モニタの実際の状態を示します。

$V_s > 68.4V$  になるとすぐに、またその状態である限り、OV 出力ピンがスリーステートの高インピーダンス状態に変化します。

OV 出力ピンはオープンドレイン・ピンです。図 10 にブレーキ・チョッパー回路の例を示します。

デバイスをスリープ・モード (SLEEPN = LOW) にする場合は、特に注意が必要です。この場合、OV はフロート状態です。

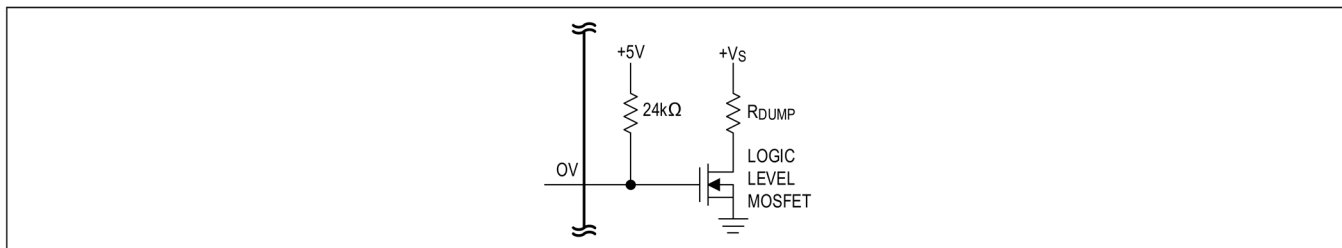


図 10. ブレーキ・チョッパー回路の例

## 短絡保護 (GND への短絡および $V_s$ への短絡)

TMC2211 の電力段は、ハイサイド MOSFET を流れる電流を追加測定することで、回路の短絡状態に対し保護されます。大半の短絡状態は、システムのグラウンドに導電素子が接触した場合など、モーター・ケーブルの絶縁不良が原因です。短絡検出は、3 度再試行してからモーターをスイッチ・オフすることで、静電気放電 (ESD) などによる誤トリガから保護されます。

短絡状態が確実に検出されると、対応するドライバ・ブリッジがスイッチ・オフされて、ERROR ピンがアクティブになります (レジスタ・マップ内にフラグなし)。モーターを再始動するには、DRV\_ENN をトグルすることにより、ドライバを一度ディスエーブルして再度イネーブルする操作が必要です。短絡イベントは様々であり、また、外部コンポーネントの複合的なネットワークが影響を受ける可能性があるため、GND 短絡保護では、必ずしも起こり得るすべての短絡イベントからシステムと電力段を保護できるとは限らない点に注意が必要です。そのため、基本的に短絡を回避する必要があります。

フルスケール電流設定に応じて、様々な過電流保護閾値でローサイドの短絡保護がトリガします。

表 10. フルスケール電流設定に基づく過電流保護閾値

FULL-SCALE CURRENT SETTING (CFG3/CFG2)	OVERCURRENT PROTECTION THRESHOLD [A]
10 (and 11)	5.0
01	3.33
00	1.67

## 低電圧ロックアウト保護

TMC2211 は、 $V_s$ 、 $V_{CC10}$ 、チャージ・ポンプに対する UVLO 保護機能を備えています。

$V_s$  の UVLO 条件は 4.05V (最大値) 未満でトリガされます。

$V_{CC10}$  の UVLO 条件は 1.95V (最大値) 未満でトリガされます。

チャージ・ポンプの UVLO 条件は、コンデンサ値が不適切である場合など、チャージ・ポンプのエラー条件が生じた場合にトリガされません。

$V_{CC10}$  の UVLO 時には、IC との通信は不可能で、ドライバはディスエーブルされます。ERROR ピンはアクティブ・ロー (オープンドレイン) です。

## 静電放電 (ESD) 保護

チップには、ピンごとに ESD 保護機能が内蔵されています。

TMC2211 のモーター位相出力ピンは、正電圧電源 (V<sub>S</sub> ピン) に 1μF 以上のバイパス・コンデンサを用いたアプリケーションで、最大 8kV の人体モデル (HBM) に対して保護されています。

これはモーターのホット・プラグに対する保護ではありません。

## 標準アプリケーション回路

### 標準的なアプリケーション回路

標準的なアプリケーション回路では、最低限のセットの追加コンポーネントを使用します。電源をフィルタにより除去するには、低 ESR の電解コンデンサを使用します。コンデンサは、チョップ動作によって生じる電流リップルを処理する必要があります。最適な性能を得るために、V<sub>S</sub> に最小 100μF のコンデンサを用いることを推奨します。電源コンデンサの電流リップルは、電源の内部抵抗とケーブル長にも依存します。V<sub>CC\_IO</sub> は、低ドロップアウト 3.3V レギュレータなどの外部電源から供給する必要があります。

すべてのフィルタ・コンデンサは、関連する IC ピンのできるだけ近くに配置してください。すべての GND 接続には、ベタ膜の共通ランド・プレーンを用います。V<sub>DD1V8</sub> フィルタリング・コンデンサは、V<sub>DD1V8</sub> ピンに直接接続します。

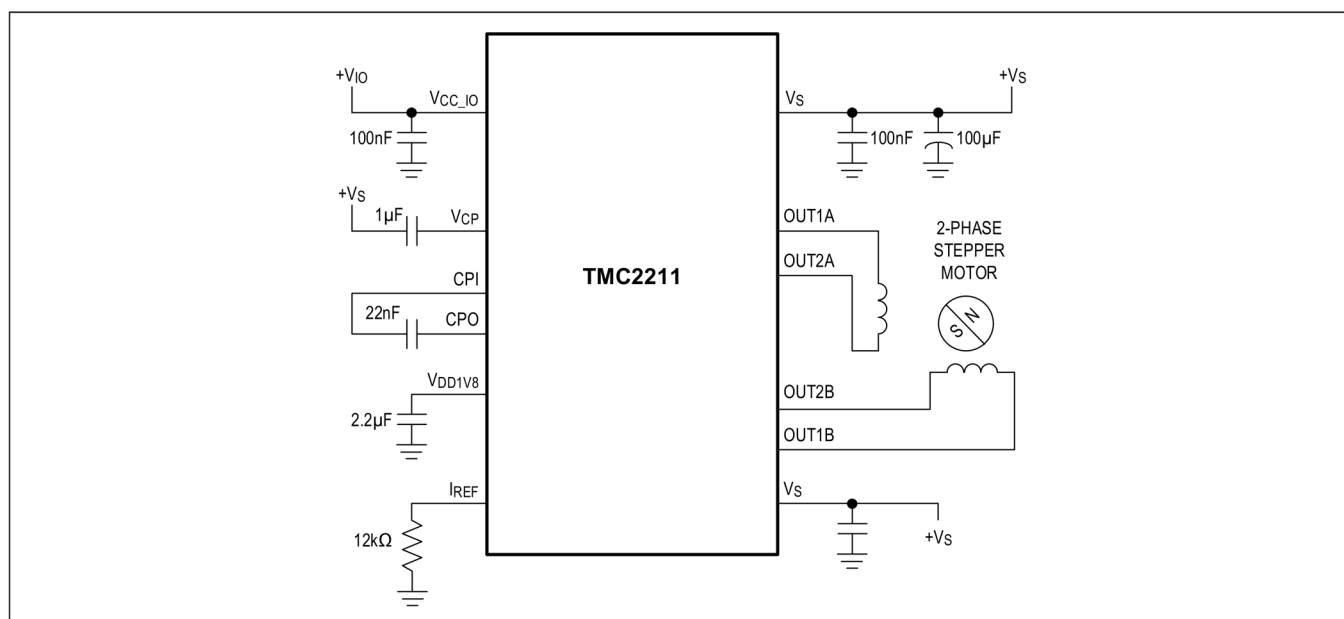


図 11. 標準的なアプリケーション回路

## 大モーター電流

大モーター電流での動作時、MOSFET のスイッチオン抵抗によるドライバの消費電力が、ドライバの温度を著しく上昇させます。大きなデューティサイクルで動作している場合、この消費電力により、PCB の冷却機構も過熱します。これがドライバの更なる温度上昇につながります。温度が約 100°C 上昇すると、MOSFET の抵抗が約 50% 増加します。これは MOSFET スイッチの代表的な挙動です。そのため、デューティサイクルが大きく高負荷条件の場合は、特に、周囲温度の上昇が見込まれる際には、熱特性に特別な注意を払う必要があります。熱特性についてはパッケージのセクションを、レイアウト例についてはオンライン評価用キットの情報を参照してください。

おおよその目安として、PCB 設計の熱的性質は、24V を超える電源電圧の場合、またはモーター電流が長時間にわたり 1.5A<sub>RMS</sub> を超える場合には、非常に重要になる可能性があります。抵抗による消費電力はモーター電流の 2 乗に比例して増加することに注意してください。一方、このことは、モーター電流をわずかに減らすだけでも、大幅に放熱を減らしエネルギーを節約できることを意味します。

## ドライバ保護および EME 回路

アプリケーションによっては、モーター動作または外部の影響による ESD イベントに対応する必要があります。ドライバ・チップは ESD 回路を内蔵していますが、動作時に発生する ESD イベントは、エネルギーによっては、リセットの原因となったり、モーター・ドライバの破壊を引き起こしたりする可能性があります。特に、プラスチックのハウジングやベルト・ドライブ・システムは、数 kV にも及ぶ重大な ESD イベントを引き起こす傾向にあります。モーター自体を PCB グラウンドに取り付けたり、導電性プラスチック部品を用いたりするなど、取り付け部品にはすべて導電体で構成されたものを用いることで、ESD イベントを防止するのがベスト・プラクティスです。更に、ドライバは、ESD イベントまたは、モーター・コネクタ端子に高電圧大電流が供給される原因にもなるモーターの活線挿抜に対して、ある程度までは保護可能です。

簡単な方法は、ドライバ出力にコンデンサを用いて ESD イベントによる  $dV/dt$  を低減することです。コンデンサの値が大きいほど、ESD 抑制に関する利点は大きくなりますが、各チョッパー・サイクルに流れる電流増加の原因となり、それによって特に高電源電圧時にドライバの消費電力が大きくなります。以下に示す値は例です（100pF~1nF の範囲で変動する場合があります）。また、コンデンサは、アプリケーションの PCB 回路のデジタル部分から注入される高周波ノイズを緩和し、それによって電磁放射を減少させます。

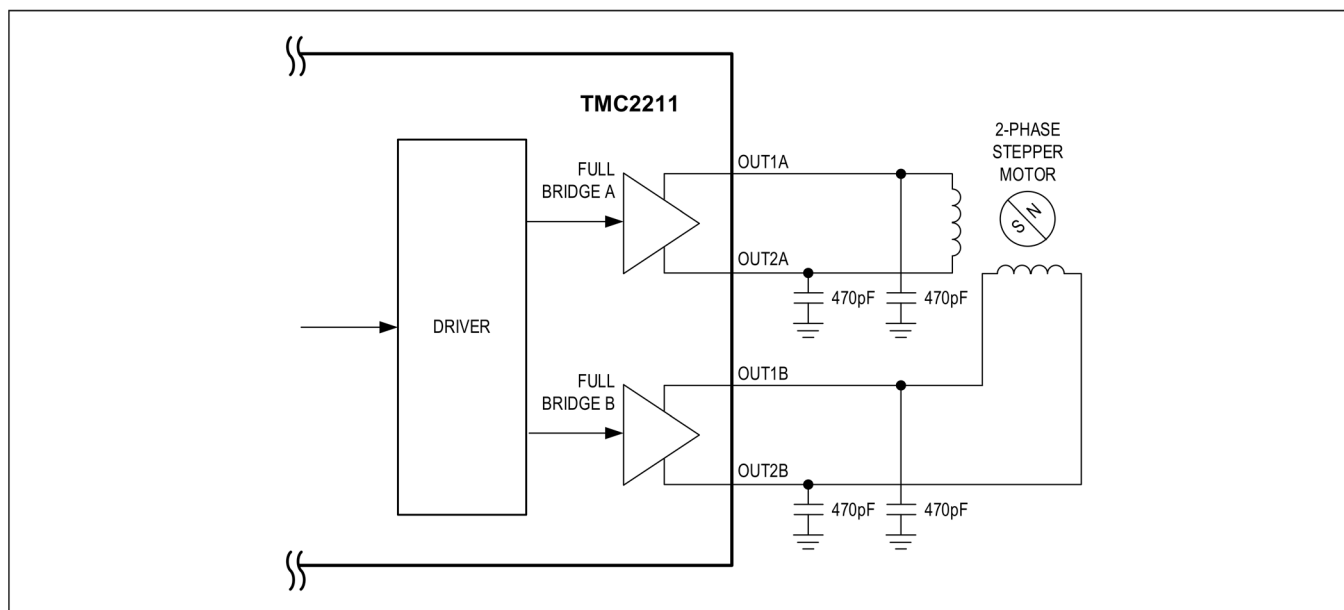


図 12. 簡単な ESD 対策

より精巧な方法は、LC フィルタを用いてドライバ出力をモーター・コネクタとデカップリングすることです。コイル端子間のバリスタ V1 および V2 は、活線接続に起因するコイルの過電圧をなくします。オプションで、バリスタ (V1A、V1B、V2A、および V2B) により、すべての出力を ESD 電圧から保護します。バリスタは電源電圧の定格に合わせてください。表面実装デバイス (SMD) インダクタはモーターの全コイル電流を導通するため、それに応じたものを選択する必要があります。

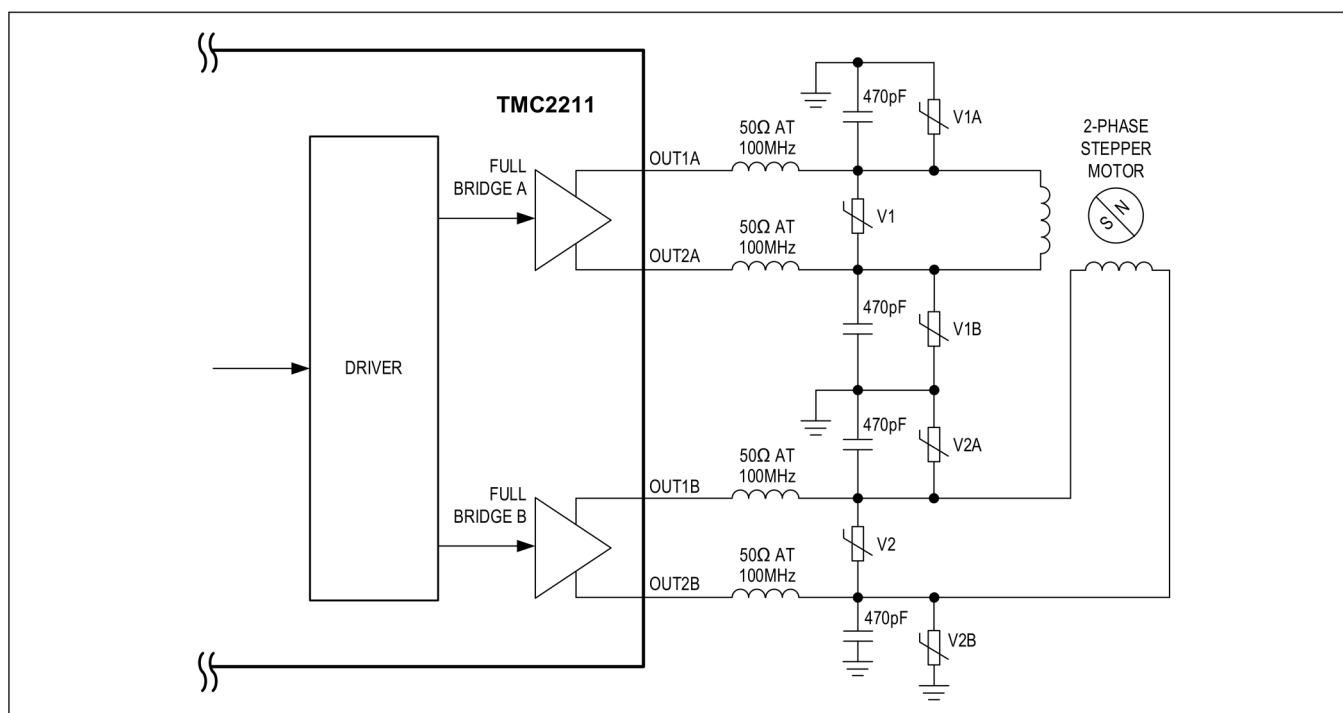


図 13. モーター出力保護の強化

## 型番

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PIN-PACKAGE
TMC2211ATU+	-40°C to +125°C	38 TQFN - 5mm x 7mm
TMC2211ATU+T	-40°C to +125°C	38 TQFN - 5mm x 7mm

+は鉛 (Pb) フリー/ROHS 適合のパッケージであることを示します。

Tはテープのリール巻きを示します。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	01/26	初版発行	-

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2026年5月14日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2026年5月14日

製品名： TMC2211

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所： 15頁、Figure 5 の下の最初の行

**【誤】**

「0では、最初の STEP サイクルが静止ビット `stst` を設定するのに十分な長さになってい  
ます。」

**【正】**

「最初の STEP サイクルでは、静止ビット `stst` を1にセットするのに十分な長さがありま  
す。」