



## MAX22204

電流検出と 128 マイクロステップ・インデクサを内蔵した  
65V、3.8A ステッピング・モーター・ドライバ

## 概要

MAX22204 は 2 相ステッピング・モーター・ドライバで、65V、3.8A<sub>MAX</sub> の Hブリッジを 2 つ内蔵しています。Hブリッジ 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  $0.3\Omega$  です。MAX22204 は、高精度の電流駆動レギュレーション回路と、STEP/DIR インターフェースで制御される 128 マイクロステップ組み込みインデクサを内蔵しています。高いマイクロステップ分解能と高度な制御技術により、滑らかで静かな動作が可能です。

ローサイドの 2 つの FET に流入する電流は、非散逸性の内蔵電流検出 (ICS) によって検出され、次いで、目的のステップ・スレッシュホルド電流と比較されます。ブリッジ電流がスレッシュホルド ( $I_{TRIP}$ ) を超えると直ちに、デバイスは固定オフ時間 ( $t_{OFF}$ ) の間、強制的に減衰を行います。

非散逸性の ICS は、この機能に通常必要となる大きな外付け電力抵抗が不要になるため、外付け検出抵抗をベースとする主流のアプリケーションと比較して、スペースおよび電力の大幅な節減を実現します。内部で検出されたブリッジ電流に比例する電流が ISENA ピンおよび ISENB ピンに出力されます。これらのピンに外付け抵抗を接続すると、ブリッジ電流に比例した電圧が発生します。この電圧は診断目的に使用できます。

Hブリッジごとの最大出力電流は  $I_{MAX} = 3.8A_{MAX}$  で、過電流保護 (OCP) によって制限されます。このデバイスは、適切な PCB グランド・プレーンにより放熱が確保された状態で、 $V_M = +24V$ 、 $T_A = 25^\circ C$  の場合に、位相あたり最大  $2A_{RMS}$  を供給できます。電流能力は、PCB の熱特性 (PCB グランド・プレーン、ヒートシンク、空冷など) によって異なります。Hブリッジごとの最大フルスケール電流は  $I_{FS} = 2.8A$  で、REF ピンと GND の間に接続する外付け抵抗によって設定できます。この電流は、内蔵の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。

1 つのロジック入力 (TRQ) によって電流設定を 2 つの異なる値の間で迅速に変更できるため、高速トルク制御を実現できます。

MAX22204 は、過電流保護 (OCP)、サーマル・シャットダウン (TSD)、低電圧ロックアウト (UVLO) の各機能を備えています。オープン・ドレイン、アクティブ・ローの FAULT ピンは、フォルト状態が検出されるたびにアクティブになります。サーマル・シャットダウンと低電圧ロックアウト時には、通常動作に復帰するまでドライバはディスエーブルされます。

MAX22204 は、小型の TQFN38 パッケージ (5mm × 7mm) または TSSOP38 パッケージ (9.7mm × 4.4mm) で提供されます。

型番はデータシート末尾に記載されています。

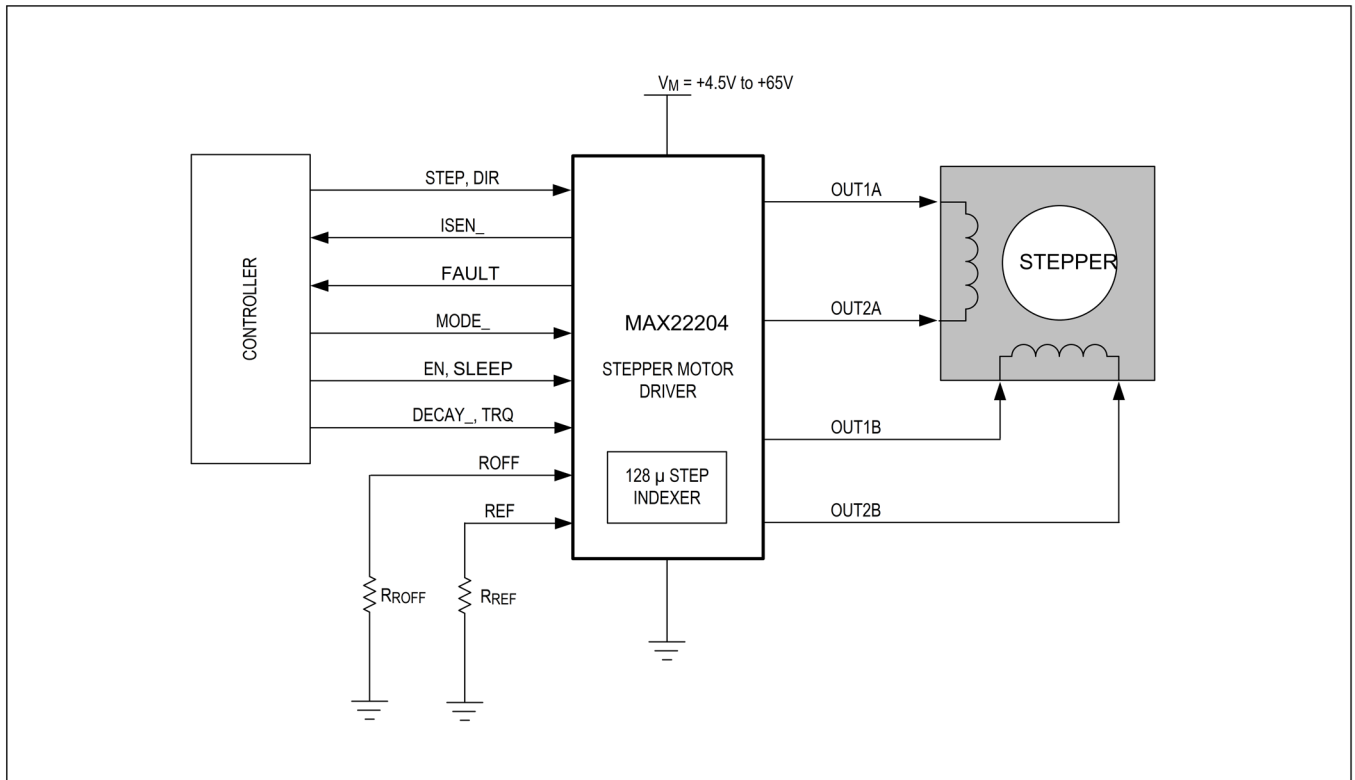
## アプリケーション

- ステッピング・モーター・ドライバ

## 利点および特長

- 電圧定格が +65V の 2 つの Hブリッジ
  - 合計  $R_{dson}$  (ハイサイド+ローサイド) :  $300m\Omega$  (代表値、 $T_A = 25^\circ C$ )
- Hブリッジあたりの電流定格 (代表値、 $T_A = 25^\circ C$ ) :
  - $I_{MAX} = 3.8A_{MAX}$  (容量性負荷を駆動するためのインパルス電流)
  - $I_{FS(MAX)} = 2.8A$  (内部電流駆動レギュレーション用の最大フルスケール電流設定値)
  - $I_{RMS} = 2A_{RMS}$  (位相あたりの値、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_M = +24V$ )
- 内蔵電流制御
  - 外付け抵抗で設定可能なフルスケール DAC 電流
  - 1 つのロジック入力 (TRQ) によってトルクを 2 つのレベル間で迅速に変更可能
  - 内蔵電流検出機能 (ICS) により、大きな外付け抵抗が不要になり、効率が向上
  - 128 マイクロステップ・インデクサによる組み込み制御
    - STEP/DIR インターフェース
    - マイクロステッピング用の DAC とシーケンサを内蔵
  - 複数の減衰モード (低速減衰、混合減衰、適応減衰)
  - 外付け抵抗で設定可能な固定オフ時間
- 電流検出出力 (ISENA、ISENB) 電流モニタ
- フォルト・インジケータ・ピン (FAULT)
- 保護機能
  - チャンネルごとの過電流保護 (OCP)
  - 低電圧ロックアウト (UVLO)
  - サーマル・シャットダウン  $T_J = 155^\circ C$  (TSD)
- TQFN38 パッケージ (5mm × 7mm) および TSSOP38 パッケージ (9.7mm × 4.4mm) で提供

## 簡略化したブロック図



## 目次

概要	1
アプリケーション	1
利点および特長	1
簡略化したブロック図	2
絶対最大定格	6
パッケージ情報	6
38 ピン TSSOP (9.7mm × 4.4mm)	6
38 ピン TQFN (5mm × 7mm)	6
電気的特性	7
ピン配置	10
TQFN のピン配置	10
TSSOP のピン配置	11
端子説明	11
機能図	13
詳細	14
スリープ・モード (SLEEP ピン)	14
イネーブル機能 (EN ピン)	14
インデクサ制御モード	14
電流検出出力 (CSO) – 電流モニタ	15
電流駆動レギュレーション	16
内蔵電流検出 (ICS)	17
フルスケール電流の設定 – ピン REF	17
ブリッジ電流制御 – インデクサ	17
固定オフ時間 (toff) の設定	18
動作モード	19
減衰モードの設定	19
適応減衰モード	20
フォルト保護	23
過電流保護 (OCP)	23
サーマル・シャットダウン	23
低電圧ロックアウト保護 (UVLO)	23
標準アプリケーション回路	24
アプリケーション構成図	24
型番	25
改訂履歴	26

## 図一覧

図 1. ISEN 電流 .....	16
図 2. オンおよび減衰の各モードでの電流経路 .....	19
図 3. 適応減衰ステップ・アップ .....	21
図 4. 適応減衰 - アルゴリズム#1 .....	22
図 5. 適応減衰ステップ・アップ - アルゴリズム#2 .....	23

## 表一覧

表 1. ステップ・モードの選択 .....	15
表 2. トルク TRQ の真理値表 .....	17
表 3. 最大 32 マイクロステップのルックアップ・テーブル .....	17
表 4. 減衰モードの真理値表 .....	19

## 絶対最大定格

$V_M \sim GND$ .....	-0.3V ~ +70V	$ISEN\_ \sim GND$ .....	-0.3V ~ min (+2.2V, $V_{DD} + 0.3V$ )
$V_{DD} \sim GND$ .....	-0.3V ~ min (+2.2V, $V_M + 0.3V$ )	$EN \sim GND$ .....	-0.3V ~ 6V
$PGND \sim GND$ .....	-0.3V ~ +0.3V	STEP, DIR, MODE_ $\sim GND$ .....	-0.3V ~ 6V
OUT_ .....	-0.3V ~ ( $V_M + 0.3V$ )	TRQ $\sim GND$ .....	-0.3V ~ 6V
$V_{CP} \sim GND$ .....	( $V_M - 0.3V$ ) ~ min (+74V, $V_M + 6V$ )	DECAY_ $\sim GND$ .....	-0.3V ~ 6V
$C_{P2} \sim GND$ .....	( $V_M - 0.3V$ ) ~ ( $V_{CP} + 0.3V$ )	SLEEP $\sim GND$ .....	-0.3V ~ min (+70V, $V_M + 0.3V$ )
$C_{P1} \sim GND$ .....	-0.3V ~ ( $V_M + 0.3V$ )	動作温度範囲 .....	-40°C ~ +125°C
FAULT $\sim GND$ .....	-0.3V ~ 6V	ジャンクション温度 .....	+150°C
REF $\sim GND$ .....	-0.3V ~ min (+2.2V, $V_{DD} + 0.3V$ )	保存温度範囲 .....	-65°C ~ +150°C
ROFF $\sim GND$ .....	-0.3V ~ min (+2.2V, $V_{DD} + 0.3V$ )	はんだ付け処理温度 (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。

## パッケージ情報

## 38 ピン TSSOP (9.7mm × 4.4mm)

Package Code	U38E+3C
Outline Number	<a href="#">21-0714</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0435</a>
<b>Thermal Resistance, Four-Layer Board:</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	45°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1°C/W

## 38 ピン TQFN (5mm × 7mm)

Package Code	T3857-1C
Outline Number	<a href="#">21-0172</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0076</a>
<b>Thermal Resistance, Single-Layer Board:</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	38°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	1°C/W
<b>Thermal Resistance, Four-Layer Board:</b>	
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、[パッケージ索引](#)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、[IC パッケージの熱特性評価](#)を参照してください。

## 電气的特性

( $V_M = +4.5V \sim +65V$ 、 $R_{ROFF} = 15k\Omega \sim 120k\Omega$ 、 $R_{REF} = 13k\Omega \sim 60k\Omega$ 、制限値は  $T_A = +25^\circ C$  で 100%テストされています。動作温度範囲における制限値は、設計と特性評価によって裏付けられています。代表値は  $V_M = 36V$  および  $T_A = +25^\circ C$  での値です。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY</b>						
Supply Voltage Range	$V_M$		4.5		65	V
Sleep-Mode Current Consumption	$I_{VM}$	$\overline{SLEEP} = \text{logic low}$			20	$\mu A$
Quiescent Current Consumption	$I_{VM}$	$\overline{SLEEP} = \text{logic high}$			5	mA
1.8V Regulator Output Voltage	$V_{VDD}$	$V_M = +4.5V$ , $I_{LOAD} = 20mA$		1.8		V
$V_{DD}$ Current Limit	$I_{VDD(LIM)}$	$V_{DD}$ shorted to GND	18			mA
Charge-Pump Voltage	$V_{CP}$			$V_M + 2.7$		V
<b>LOGIC LEVEL INPUTS/OUTPUTS</b>						
Input Voltage Level—High	$V_{IH}$		1.2			V
Input Voltage Level—Low	$V_{IL}$				0.65	V
Input Hysteresis	$V_{HYS}$			110		mV
Pull-Down Current	$I_{PD}$	Logic supply ( $V_L$ ) = +3.3V	16	34	60	$\mu A$
Open-Drain Output Logic-Low Voltage	$V_{OL}$	$I_{LOAD} = 5mA$			0.4	V
Open-Drain Output Logic-High Leakage Current	$I_{OH}$	$V_{PIN} = +3.3V$	-1		+1	$\mu A$
SLEEP Voltage Level High	$V_{IH(SLEEP)}$		0.9			V
SLEEP Voltage Level Low	$V_{IL(SLEEP)}$				0.6	V
SLEEP Pull-Down Input Resistance	$R_{PD(SLEEP)}$		0.8	1.5		M $\Omega$
<b>OUTPUT SPECIFICATIONS</b>						
Output On-Resistance Low-Side	$R_{ON(LS)}$			150	270	m $\Omega$
Output On-Resistance High-Side	$R_{ON(HS)}$			150	300	m $\Omega$
Output Leakage	$I_{LEAK}$	Driver off	-12		+12	$\mu A$
Dead Time	$t_{DEAD}$			100		ns
Output Slew Rate	SR			300		V/ $\mu s$
<b>PROTECTION CIRCUITS</b>						
Overcurrent Protection Threshold	$I_{OCP}$		3.8			A
Overcurrent Protection Blanking Time	$t_{OCP}$			0.8	2	$\mu s$
Autoretry OCP Time	$t_{RETRY}$			3		ms
UVLO Threshold on $V_M$	$V_{UVLO}$	$V_M$ rising	3.75	4	4.25	V

## 電气的特性 (続き)

( $V_M = +4.5V \sim +65V$ 、 $R_{ROFF} = 15k\Omega \sim 120k\Omega$ 、 $R_{REF} = 13k\Omega \sim 60k\Omega$ 、制限値は  $T_A = +25^\circ C$  で 100%テストされています。動作温度範囲における制限値は、設計と特性評価によって裏付けられています。代表値は  $V_M = 36V$  および  $T_A = +25^\circ C$  での値です。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
UVLO Threshold on $V_M$ Hysteresis	$V_{UVLOHYS}$				0.12		V
Thermal-Protection Threshold Temperature	$T_{SD}$	Temperature rising until $\overline{FAULT}$ pin goes low			+155		$^\circ C$
Thermal-Protection Temperature Hysteresis	$T_{SD\_HYST}$	Temperature falling until $\overline{FAULT}$ pin goes high			20		$^\circ C$
<b>CURRENT REGULATION</b>							
REF Pin Resistor Range	$R_{REF}$			12		60	k $\Omega$
REF Output Voltage	$V_{REF}$				900		mV
Full-Scale Current Constant	KIFS				36		KV
Current Regulation Accuracy ( <i>Note 1</i> )	DITRIP1	$I_{FS} = 2.8A$	$I_{TRIP}$ from 1.75A to $I_{FS}$	-5		+5	%
	DITRIP2		$I_{TRIP}$ from 500mA to 1.75A	-10		+10	
	DITRIP3		$I_{TRIP}$ from 250mA to 500mA	-15		+15	
Fixed OFF – Time Interval	$t_{OFF}$	$R_{OFF}$ shorted to $V_{DD}$		16	20	24	$\mu s$
Fixed OFF – Time Constant	$K_{TOFF}$	$R_{ROFF}$ from 15K $\Omega$ to 120K $\Omega$			0.667		$\mu s/k\Omega$
PWM Blanking Time	$t_{BLK}$				1.5		$\mu s$
<b>CURRENT-SENSE MONITOR</b>							
ISEN_ Voltage Range	$V_{ISEN}$	Voltage range at ISEN_ pin		0		1.1	V
Current-Monitor Scaling Factor	KISEN	Set the $I_{ISEN}$ output-current equation in the <a href="#">Current-Sense Output (CSO)—Current Monitor</a> section			7500		A/A
Current Monitor Accuracy ( <i>Note 1</i> )	DKISEN <sub>1</sub>	$I_{FS} = 2.8A$	$I_{TRIP}$ from 1.1A to $I_{FS}$	-5		+5	%
	DKISEN <sub>2</sub>		$I_{TRIP}$ from 500mA to 1.1A	-10		+10	
	DKISEN <sub>3</sub>		$I_{TRIP}$ from 250mA to 500mA	-15		+15	
Settling Time	$t_s$	$I_{FS} = I_{MAX}$			0.5		$\mu s$
<b>FUNCTIONAL TIMING</b>							
Sleep Time	$t_{SLEEP}$	$\overline{SLEEP} = \text{logic 1 to logic 0 for } OUT_ \text{ to become three-state}$			40		$\mu s$
Wake-Up Time from Sleep	$t_{WAKE}$	$\overline{SLEEP} = \text{logic 0 to logic 1 to resume normal operation}$				2.7	ms
Enable Time	$t_{EN}$	Time from EN pin rising edge to driver on				0.6	$\mu s$
Disable Time	$t_{DIS}$	Time from EN pin falling edge to driver off				1.4	$\mu s$
<b>INDEXER TIMING</b>							
STEP High Time	$t_{STH}$			1			$\mu s$



## 電气的特性（続き）

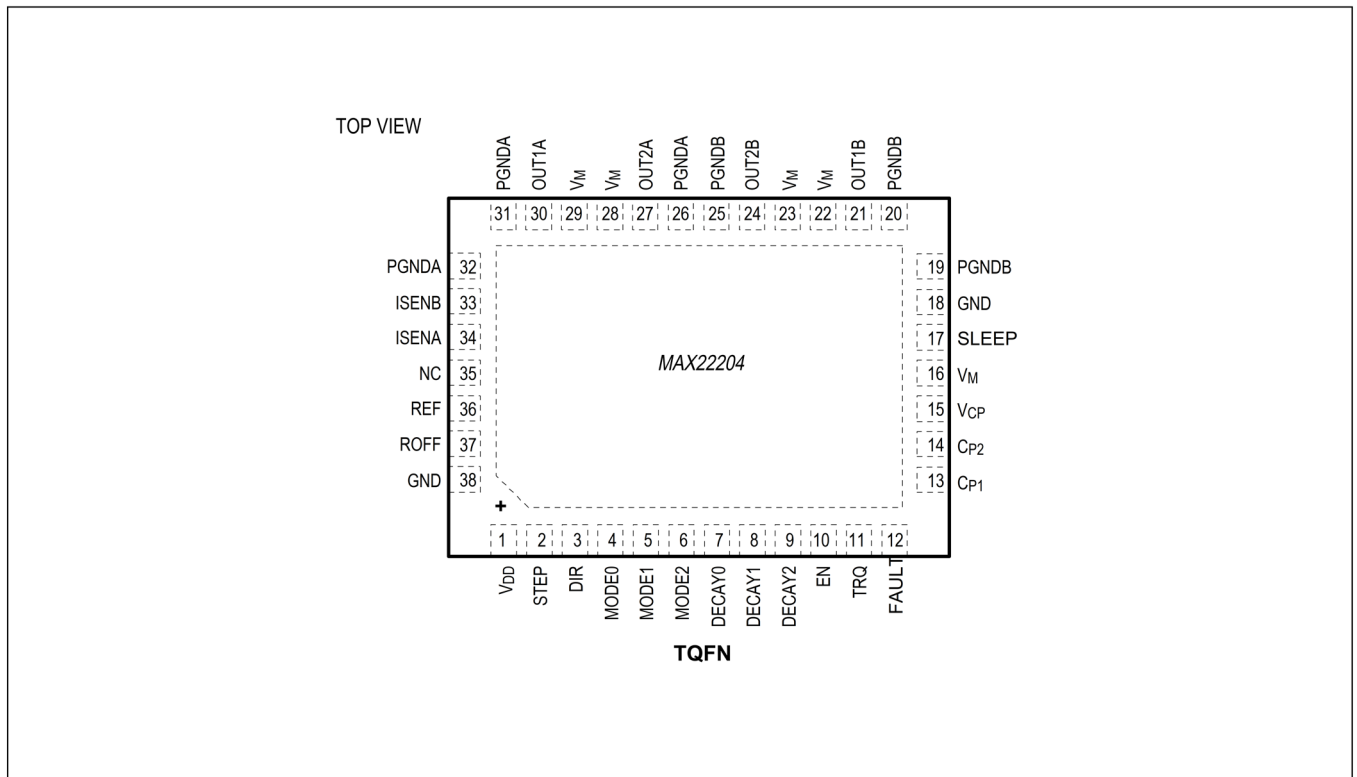
( $V_M = +4.5V \sim +65V$ 、 $R_{ROFF} = 15k\Omega \sim 120k\Omega$ 、 $R_{REF} = 13k\Omega \sim 60k\Omega$ 、制限値は  $T_A = +25^\circ C$  で 100%テストされています。動作温度範囲における制限値は、設計と特性評価によって裏付けられています。代表値は  $V_M = 36V$  および  $T_A = +25^\circ C$  での値です。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STEP Low Time	$t_{STL}$		1			us
Setup Time MODE, DIR to STEP	$t_{SETUP}$		200			ns
Hold Time MODE, DIR to STEP	$t_{HOLD}$		200			ns

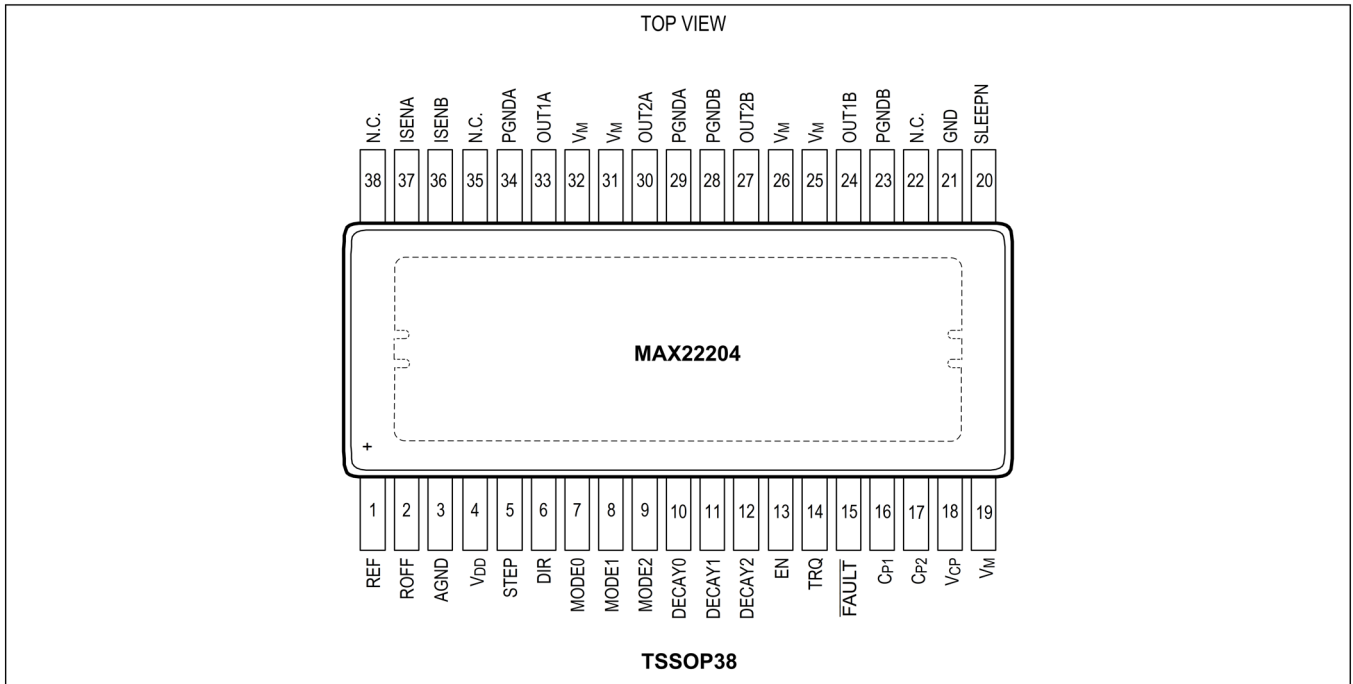
**Note 1 :** これらの仕様については出荷テストを行っていませんが、設計により裏付けられています。

## ピン配置

## TQFN のピン配置



## TSSOP のピン配置



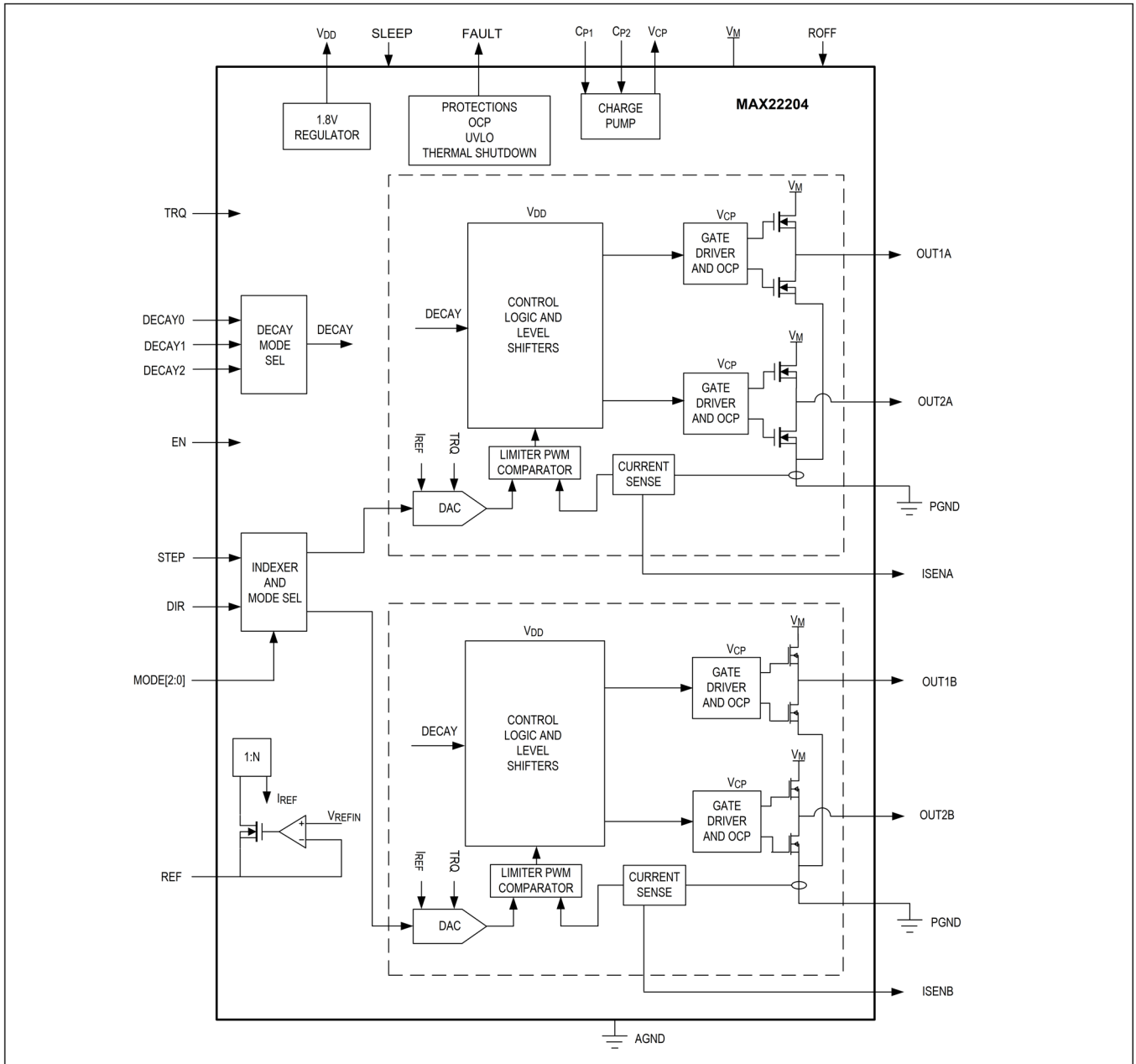
## 端子説明

ピン		名称	機能	タイプ
TQFN	TSSOP			
16, 22, 23, 28, 29	19, 25, 26, 31, 32	$V_M$	電源電圧入力。1 $\mu$ F以上の表面実装コンデンサと10 $\mu$ F以上の電解バイパス・コンデンサをGNDとの間に接続します。アプリケーションの条件に応じて、数値のより高いものを使用できます。	Supply
15	18	$V_{CP}$	チャージ・ポンプ出力。5V、1 $\mu$ Fのコンデンサを、 $V_{CP}$ と $V_M$ の間でデバイスにできるだけ近付けて接続します。	Output
13	16	$C_{P1}$	チャージ・ポンプ・フライング・コンデンサの1番ピン。 $V_M$ 定格の22nFのコンデンサを $C_{P1}$ と $C_{P2}$ の間でデバイスにできるだけ近付けて接続します。	Output
14	17	$C_{P2}$	チャージ・ポンプ・フライング・コンデンサの2番ピン。 $V_M$ 定格の22nFのコンデンサを $C_{P1}$ と $C_{P2}$ の間でデバイスにできるだけ近付けて接続します。	Output
1	4	$V_{DD}$	1.8Vリニア・レギュレータ出力。5V、2.2 $\mu$ Fのコンデンサをデバイスの近くに接続して、 $V_{DD}$ をGNDにバイパスします。	Analog Output
17	20	$\overline{SLEEP}$	アクティブ・ロー・スリープ・ピン。	Logic Input
21, 24, 27, 30	24, 27, 30, 33	OUT1B, OUT2B, OUT2A, OUT1A, respectively	ドライバ出力。	Output
12	15	$\overline{FAULT}$	アクティブ・ロー、オープン・ドレインの出力フォルト・インジケータ。 $\overline{FAULT}$ がローになることで、少なくとも1つの保護メカニズムが作用したことを示します。 $\overline{FAULT}$ とマイクロコントローラ電源電圧の間に、2k $\Omega$ のプルアップ抵抗を接続します。	Open-Drain Output

## 端子説明 (続き)

ピン		名称	機能	タイプ
TQFN	TSSOP			
33, 34	36, 37	ISEN_	電流検出出力モニタ。GND との間に抵抗を接続します (電流検出出力 (CSO) - 電流モニタのセクションを参照)。	Output
10	13	EN	ロジック入力ピン。イネーブル・ピン	Logic Input
7, 8, 9	10, 11, 12	DECAY_	ロジック入力。減衰モードを設定します。	Logic Input
11	14	TRQ	ロジック入力。出力電流のフルスケール (トルク) を設定します。	Logic Input
2	5	STEP	ロジック入力。インデクサ・ステップ・ロジック入力。インデクサは、STEP ピンの立上がりエッジで進みます。	Logic Input
3	6	DIR	ロジック入力。方向ピン。	Logic Input
4, 5, 6	7, 8, 9	MODE_	ロジック入力ピン。電流駆動レギュレーション回路の減衰モードを設定します。	Logic Input
36	1	REF	プログラマブル電流アナログ入力。REF と GND の間に抵抗を接続して、フルスケール電流を設定します。	Analog Input
37	2	ROFF	$t_{OFF}$ プログラマブル・オフ時間ピン。ROFF を $V_{DD}$ に接続すると、内部の固定 $t_{OFF}$ 時間を使用できます。抵抗 $R_{ROFF}$ を ROFF と GND の間に接続すると、固定オフ時間を目的の値に設定できます。	Analog Input
18, 38	3, 21	GND	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
19, 20, 25, 26, 31, 32	23, 28, 29, 34	PGND	電源 GND。グラウンド・プレーンに接続します。	GND
EP	EP	EP	露出パッド。GND に接続します。	GND

機能図



## 詳細

MAX22204 は 2 相ステッピング・モーター・ドライバで、65V、3.8A<sub>MAX</sub> の Hブリッジを 2 つ内蔵しています。

Hブリッジ 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 0.3Ω です。

MAX22204 は、高精度の電流駆動レギュレーション回路と、STEP/DIR インターフェースで制御される 128 マイクロステップ組込みインデクサを内蔵しています。高いマイクロステップ分解能と高度な制御技術により、滑らかで静かな動作が可能です。

ブリッジ出力電流は、非散逸性の内蔵電流検出機能 (ICS) によって検出され、次いで、目的のステップ・スレッシュホールド電流と比較されます。ブリッジ電流がスレッシュホールド ( $I_{TRIP}$ ) を超えると直ちに、デバイスは固定オフ時間 ( $t_{OFF}$ ) の間、強制的に減衰を行います。非散逸性の ICS は、この機能に通常必要となる大きな外付け電力抵抗が不要になるため、外付け検出抵抗をベースとする主流のアプリケーションと比較して、スペースおよび電力の大幅な節減を実現します。

内部で検出されたブリッジ電流に比例した電流が ISENA ピンおよび ISENB ピンに出力されます。これらのピンに外付け抵抗を接続すると、ブリッジ電流に比例した電圧が発生します。この電圧は、診断目的に使用できます。

Hブリッジごとの最大出力電流は  $I_{MAX} = 3.8A_{MAX}$  で、過電流保護 (OCP) によって制限されます。このデバイスは、適切な PCB グランド・プレーンにより放熱が確保された状態で、 $V_M = +24V$ 、 $T_A = 25^\circ C$  の場合に、位相あたり最大  $2A_{RMS}$  を供給できます。電流能力は、PCB の熱特性 (PCB グランド・プレーン、ヒートシンク、空冷など) によって異なります。

Hブリッジごとの最大フルスケール電流は  $I_{FS} = 2.8A$  で、REF ピンと GND の間に接続する外付け抵抗によって設定できます。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。

1 つのロジック入力 (TRQ) によって電流設定を 2 つの異なる値の間で迅速に変更できるため、高速トルク制御を実現できます。

MAX22204 は、過電流保護 (OCP)、サーマル・シャットダウン (TSD)、低電圧ロックアウト (UVLO) の機能を備えています。オープン・ドレイン、アクティブ・ローの FAULT ピンは、フォルト状態が検出されるたびにアクティブになります。

サーマル・シャットダウンと低電圧ロックアウト時には、通常動作に復帰するまでドライバはディスエーブルされます。

MAX22204 は、小型の TQFN38 パッケージ (5mm × 7mm) または TSSOP38 パッケージ (9.7mm × 4.4mm) で提供されます。

## スリープ・モード (SLEEP ピン)

SLEEP ピンをローに駆動すると、すべての出力がスリーステート、内部回路のバイアスがオフ、チャージ・ポンプがディスエーブルになり、デバイスを可能な限り低消費電力のモードにすることができます。このピンがアクティブに駆動されていないときは必ずデバイスがディスエーブルになるよう、SLEEP と GND の間にプルダウン抵抗を接続する必要があります。SLEEP ピンをハイに駆動すると、デバイスはウェイク・アップし、通常動作モードに復帰します。t<sub>WAKE</sub> は 2.7ms (最大値) です。

## イネーブル機能 (EN ピン)

このロジック入力は、出力 FET をイネーブル/ディスエーブルにします。EN をローにすると、2 つのフルブリッジがスリーステートになります。EN をハイにすると、出力がイネーブルになります。EN がローに設定されていても、内部シーケンサ (インデクサ) はアクティブのままです。

## インデクサ制御モード

MAX22204 は、複数の異なるステップ・モードに対応したインデクサを内蔵しています。ロジック入力 MODE[2:0] は、表 1 に示すステップ・モードを選択します。

表 1. ステップ・モードの選択

MODE2	MODE1	MODE0	STEP MODE
0	0	0	Full Step (71% current)
0	0	1	1/2 Step
0	1	0	1/4 Step
0	1	1	1/8 Step
1	0	0	1/16 Step
1	0	1	1/32 Step
1	1	0	1/64 Step
1	1	1	1/128 Step

### 電流検出出力 (CSO) - 電流モニタ

Hブリッジ A の ISENA ピンと Hブリッジ B の ISENB ピンには、内部で検出されたモーター電流に比例する電流が出力されます。この電流は、ローサイドの 2 つの FET のうち 1 つが出力電流をシンクするときに検出されます。このため、通電 (toN) フェーズ中と低速減衰フェーズ (ブレーキ) 中の両方で重要です。高速減衰では電流はモニタされず、ISEN\_ はゼロ電流を出力します。

次の式は、ISEN に供給される電流と出力電流の関係を示しています。

$$I_{\text{ISEN}}(A) = \frac{I_{\text{OUT}}(A)}{K_{\text{ISEN}}}$$

式 - ISEN 出力電流

ここで、 $K_{\text{ISEN}}$  は、出力電流と ISEN ピンにおけるそのレプリカとの間の電流スケール係数を表します。通常、 $K_{\text{ISEN}}$  は 7500A/A です。例えば、瞬時出力電流が 2A の場合、ISEN に供給される電流は 266 $\mu$ A です。

図 1 に、低速減衰または高速減衰を用いた場合の ISEN 電流の理想的な挙動を示します。ブランキング時間、遅延、立上がり／立下がりエッジは無視されています。

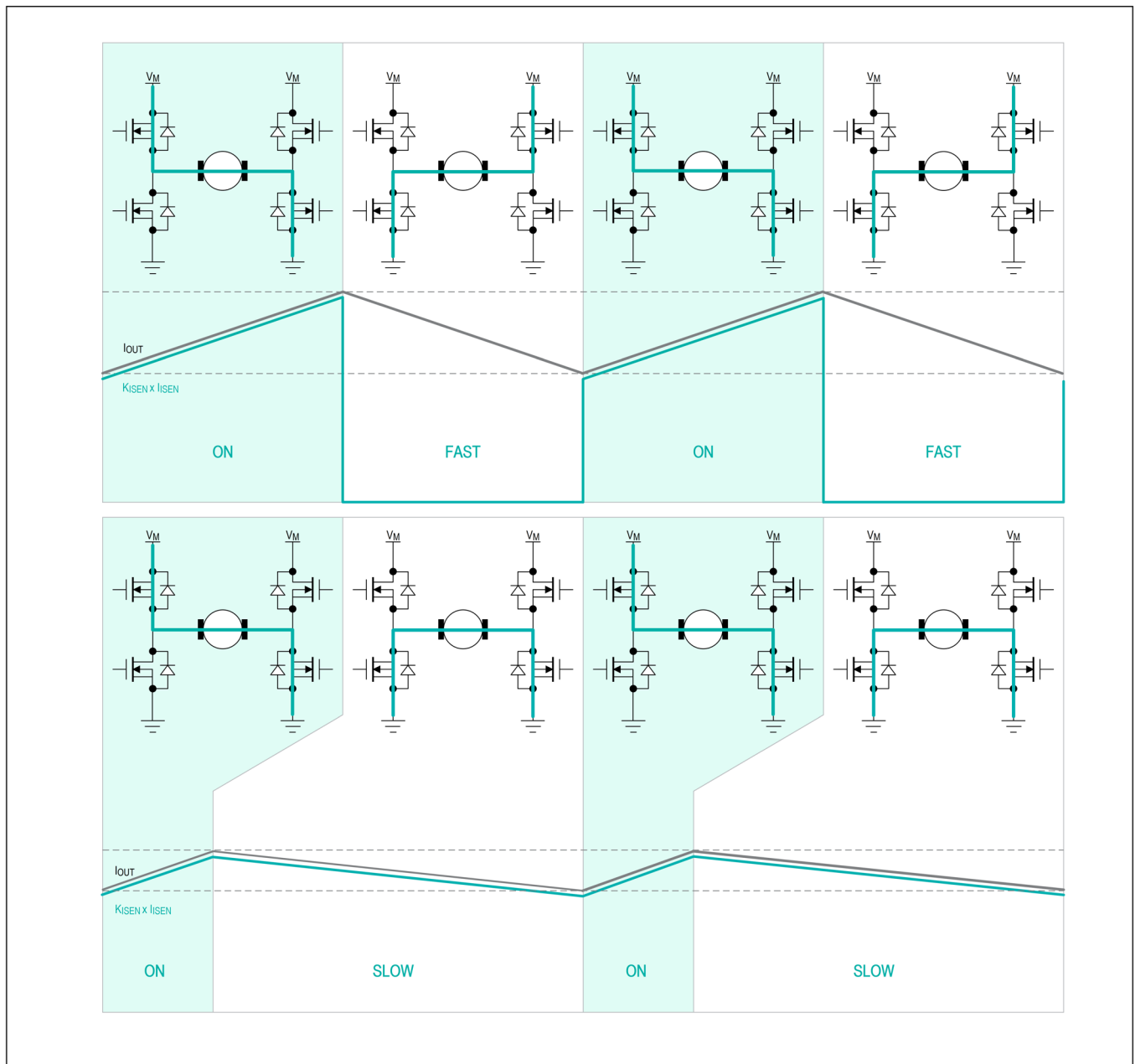


図 1. ISEN 電流

外付けの信号抵抗  $R_{ISEN}$  を ISEN と GND の間に接続すると、モータ電流に比例した電圧が発生します。 $R_{ISEN}$  に発生した電圧は、診断目的に使用できます。

### 電流駆動レギュレーション

MAX22204 には、電流駆動レギュレーション (CDR) 機能が組み込まれています。

この組み込み電流駆動レギュレーションは、モータ巻線に流れ込む電流を正確に制御します。



ブリッジ電流は、非散逸性の内蔵電流検出 (ICS) 回路で検出され、次に、スレッシュホールド電流 ( $I_{TRIP}$ ) と比較されます。ブリッジ電流がスレッシュホールドを超えると直ちに、デバイスは固定オフ時間 ( $t_{OFF}$ ) の間、強制的に減衰を行います。デバイスは、次の段落で説明するように、様々な減衰モードをサポートしています。

$t_{OFF}$  が経過すると、ドライバは次の PWM サイクルのために再度イネーブルになります。電流レギュレーション中、PWM のデューティ・サイクルおよび周波数は、電源電圧、モーター・インダクタンス、更にはモーターの速度と負荷条件に依存します。

$t_{OFF}$  の継続時間は、ROFF ピンに外付け抵抗を接続することにより設定可能です。

## 内蔵電流検出 (ICS)

非散逸性の電流検出機能が内蔵されています。そのため、この機能に通常必要となる大きな外付け電力抵抗が不要になります。それにより、外付け検出抵抗をベースとする主流のアプリケーションと比較して、スペースおよび電力を大幅に節減できます。

## フルスケール電流の設定 - ピン REF

REF と GND の間に抵抗を接続して、フルスケールのチョッピング電流  $I_{FS}$  を設定します。

下記の式は、フルスケール電流を、ピン REF に接続されたシャント抵抗  $R_{REF}$  の関数として示したものです。比例定数  $K_{IFS}$  は、通常 36kV です。外付け抵抗  $R_{REF}$  の範囲は 13k $\Omega$ ~60k $\Omega$  で、これは約 2.8A~0.6A の  $I_{FS}$  設定範囲に対応しています。

$$I_{FS} = \frac{K_{IFS}(KV)}{R_{REF}(K\Omega)} \times TRQ(\%)$$

電流のスカラー・ファクタ TRQ (%) は、表 2 に示すようにロジック入力 TRQ のステータスに依存します。

TRQ はロジック入力ピンで、これによりデジタル IO を使用してトルクを迅速に変更することができます。

表 2. トルク TRQ の真理値表

TRQ	TRQ (%)
0	100%
1	50%

## ブリッジ電流制御 - インデクサ

ステップ・モードは、ロジック入力の MODE[2:0] によって決まります (表 1 を参照)。

MAX22204 は、最大 128 マイクロステップをサポートするインデクサを内蔵しています。インデクサは、ステップ・モードごとにブリッジ電流を 2 つの位相で設定します。

STEP ピンに印加される各パルスにおいて、デバイスのシーケンサが増加 (DIR 入力ハイ) または減少 (DIR 入力ロー) します。

表 3 に、32 マイクロステップまでの各ステップ・モードのルックアップ・テーブルを示します。64 マイクロステップや 128 マイクロステップなど、更に高いマイクロステッピング・モードがサポートされており、より高いステップ角分解能で同様のパターンに従います。

ドライバがイネーブル (EN ピン) になった場合、またはスリープ・モードを終了した後、インデクサは「ホーム状態」に初期化されます。この状態は、45° の角度に対応しています。インデクサは、STEP 入力の各立上がりエッジで、DIR = 1 の場合はテーブル中の次の状態に、DIR = 0 の場合はテーブル中の前の状態に移動します。

ステップ・モードの変更後、STEP ロジック入力の立上がりエッジは、新しいステップ・モードの最初の有効な状態が見つかるまで、インデクサを前のステップ・モードに従って進行させます。その時点から、インデクサは新しいステップ・モードに従ってステップを開始します。

表 3. 最大 32 マイクロステップのルックアップ・テーブル

1/32 STEPPING	1/16 STEPPING	1/8 STEPPING	1/4 STEPPING	1/2 STEPPING	FULL STEPPING	COIL A	COIL B	STEP ANGLE
1	1	1	1	1		100.0%	0.0%	0
2						99.9%	4.9%	3
3	2					99.5%	9.8%	6

表 3. 最大 32 マイクロステップのルックアップ・テーブル (続き)

1/32 STEPPING	1/16 STEPPING	1/8 STEPPING	1/4 STEPPING	1/2 STEPPING	FULL STEPPING	COIL A	COIL B	STEP ANGLE
4						98.9%	14.7%	8
5	3	2				98.1%	19.5%	11
6						97.0%	24.3%	14
7	4					95.7%	29.0%	17
8						94.2%	33.7%	20
9	5	3	2			92.4%	38.3%	23
10						90.4%	42.8%	25
11	6					88.2%	47.1%	28
12						85.8%	51.4%	31
13	7	4				83.1%	55.6%	34
14						80.3%	59.6%	37
15	8					77.3%	63.4%	39
16						74.1%	67.2%	42
17	9	5	3	2	1	70.7%	70.7%	45
18						67.2%	74.1%	48
19	10					63.4%	77.3%	51
20						59.6%	80.3%	53
21	11	6				55.6%	83.1%	56
22						51.4%	85.8%	59
23	12					47.1%	88.2%	62
24						42.8%	90.4%	65
25	13	7	4			38.3%	92.4%	68
26						33.7%	94.2%	70
27	14					29.0%	95.7%	73
28						24.3%	97.0%	76
29	15	8				19.5%	98.1%	79
30						14.7%	98.9%	82
31	16					9.8%	99.5%	84
32						4.9%	99.9%	87
32	17	9	5			0.0%	100.0%	90

## 固定オフ時間 (t<sub>OFF</sub>) の設定

電流レギュレーション回路は、t<sub>OFF</sub>が一定のPWM制御に基づいています。ブリッジ電流が目標の I<sub>TRIP</sub>電流を超えると、オフ・フェーズが始まり、減衰モードが有効化します。オフ・フェーズには、固定継続時間 (t<sub>OFF</sub>)があります。t<sub>OFF</sub>は、ROFFピンに外付け抵抗 (R<sub>ROFF</sub>)を接続することで目的の値に設定できます。ROFFピンがV<sub>DD</sub>に短絡されていると、t<sub>OFF</sub>時間は内部で、固定値 (20μs、代表値)に設定されます。

ROFFピンに外付け抵抗を接続することにより、t<sub>OFF</sub>を次式のように設定できます。ここで、R<sub>ROFF</sub>はROFFピンに接続される外付け抵抗 (単位: kΩ)、K<sub>T<sub>OFF</sub></sub>は0.667μs/kΩに等しい内部定数です。

$$t_{\text{OFF}}(\mu\text{s}) = R_{\text{ROFF}} \times K_{\text{TOFF}}$$

t<sub>OFF</sub>は10μs~80μsの範囲内でプログラム可能です。

## 動作モード

PWM チョッピングの間、ドライバの出力は通電（オン）フェーズと減衰フェーズを交互に繰り返します。MAX22204 は、低速減衰モード、高速減衰モード、および低速と高速を様々な組み合わせたモード、の複数の減衰モードをサポートしています。

図 2 に、3 種の動作モードの電流経路を示します。

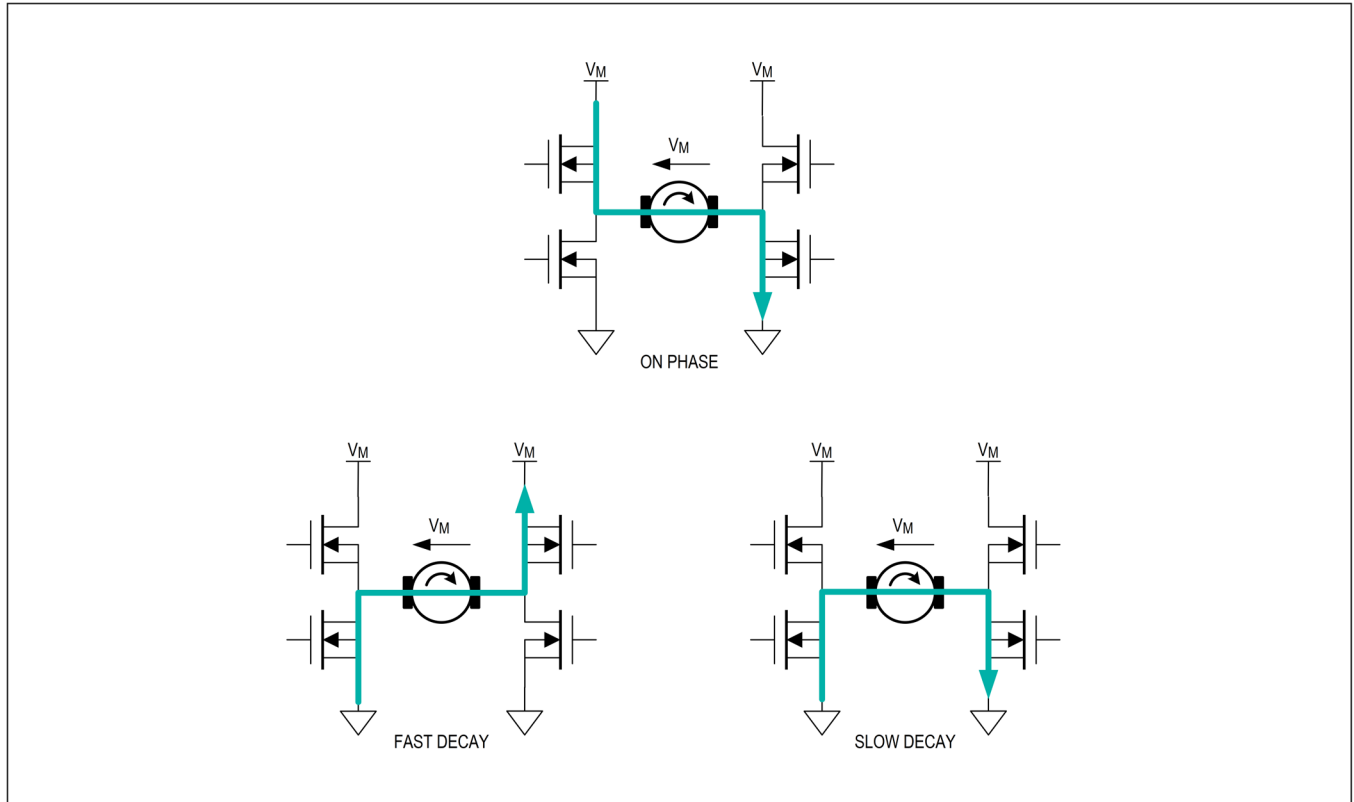


図 2. オンおよび減衰の各モードでの電流経路

## 減衰モードの設定

3 つのロジック入力ピンにより、 $t_{OFF}$  中の減衰モードを設定します。MAX22204 は、低速減衰モード、高速減衰モード、混合減衰モードをサポートしています。適応減衰モードも提供されています。適応減衰モードは、適応減衰モードの段落で説明されているように、低速減衰と高速減衰の最適な比率を自動計算します。

表 4 に、減衰モードを選択するための真理値表を示します。

表 4. 減衰モードの真理値表

DECAY2	DECAY1	DECAY0	INCREASING STEPS	DECREASING STEPS
0	0	0	Slow	Mixed 30% Fast
0	0	1	Mixed 30% Fast	Mixed 30% Fast
0	1	0	Mixed 60% Fast	Mixed 60% Fast
0	1	1	Slow	Slow
1	0	0	Fast	Fast
1	0	1	Adaptive 1	Adaptive 1
1	1	0	Adaptive 2	Adaptive 2
1	1	1	Adaptive 3	Adaptive 3

## 適応減衰モード

MAX22204 は、3つの適応減衰モードを備えています。

適応減衰モードを使用すると、MAX22204 は低速減衰と高速減衰の比率を動的に決定します。コントローラは、消費電力を削減し制御精度を向上させるためリップルを最小限に抑える、擬似正弦波の電流波形歪みを低く抑えることと高速の応答時間を両立させる、可聴範囲まで低下する可能性のある低調波の発生を防ぐ、といった様々な要求、そしてしばしば相反する要求を満足しなければなりません。

3つの適応減衰アルゴリズムによって、様々な最適化が可能です。一般に、リップルを最小限に抑える必要のある低速度のアプリケーションには、1番目と3番目のアルゴリズムが適しています。高速のアプリケーションには、高速トラッキングと安定した特性を備えた2番目のアルゴリズムを推奨します。

3つのアルゴリズムはすべて、通電フェーズ (ton) 中と低速減衰フェーズ (tslow) 中の電流測定に基づいています。

アルゴリズムは、次の3つの動作条件を区別します。

**トラッキング・アップ・フェーズ**：STEP コマンドの結果、電流を新しい上位目標レベル (STEP UP) まで短時間で増加させる必要があります。

**トラッキング・ダウン・フェーズ**：STEP コマンドの結果、電流を新しい下位目標レベル (STEP DW) まで短時間で減少させる必要があります。

**安定/定常状態フェーズ**：電流目標レベルに到達すると、電流は安定します。リップルは必ず、最小限に抑える必要があります。

トラッキング・アップ・フェーズ中は、3つのアルゴリズムはすべて同じように動作します。ステップ・アップ・コマンドを受信すると、前のサイクルが完了し、電流が新しい目標レベルに達するまでオン時間 (ton) が適用されます。[図3](#)を参照してください。

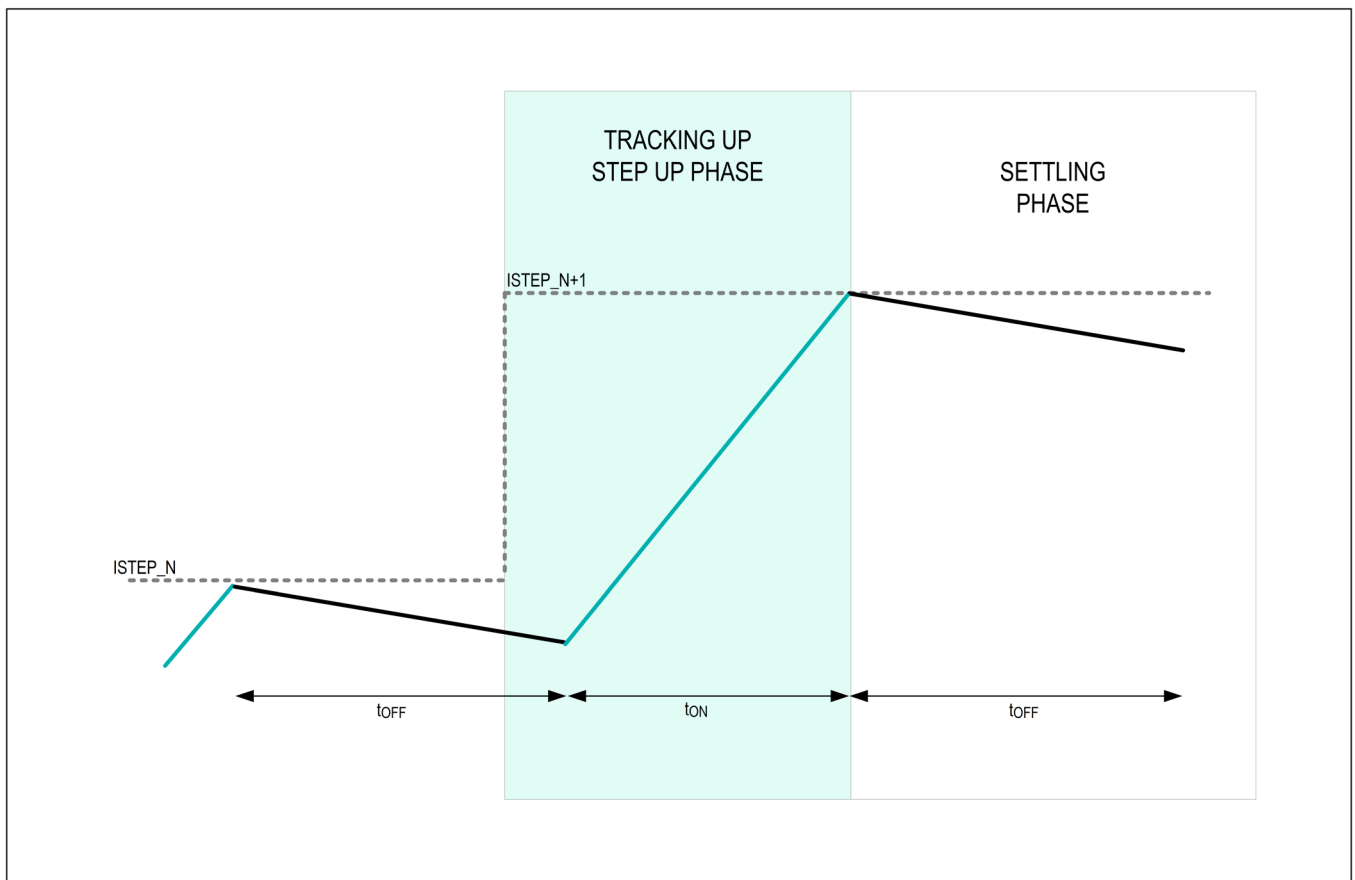


図 3. 適応減衰ステップ・アップ

アルゴリズム#1 – DECA[2:0] = 101、

1 番目のアルゴリズムは、安定/定常状態フェーズの間、リップルを最小限に抑えます。

- 1) **トラッキング・ダウン・フェーズ (ステップ・ダウン)** : 高速減衰 30%、低速減衰 70%の混合モードが使用されます。低速減衰インターバル中に電流が新しい目標値よりも低いと判明すると、 $t_{ON}$  フェーズが適用され、電流が目的のレベルに到達します。
- 2) **安定/定常状態フェーズ** : リップルを最小限に抑えるため、可変の固定低速減衰比が使用されます。最初に、固定オフ時間中 ( $t_{OFF}$ ) は、低速減衰が適用されます。その後のサイクルでは、サイクルごとにオン時間インターバル ( $t_{ON}$ ) がモニタされます。 $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  に等しいと判明した場合、高速減衰 10%の混合減衰モードが次のチョッピング・サイクルに適用されます。

前のサイクルの  $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  に等しいと判明した場合、高速減衰率は+10%ステップで動的に増加します。

前のサイクルの  $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  より長いと判明した場合、高速減衰率は-10%ステップで動的に減少します。

アルゴリズムを収束しやすくするため、高速減衰率を 10%より下げることはできません。

図 4 に、この挙動をグラフ化して示します。

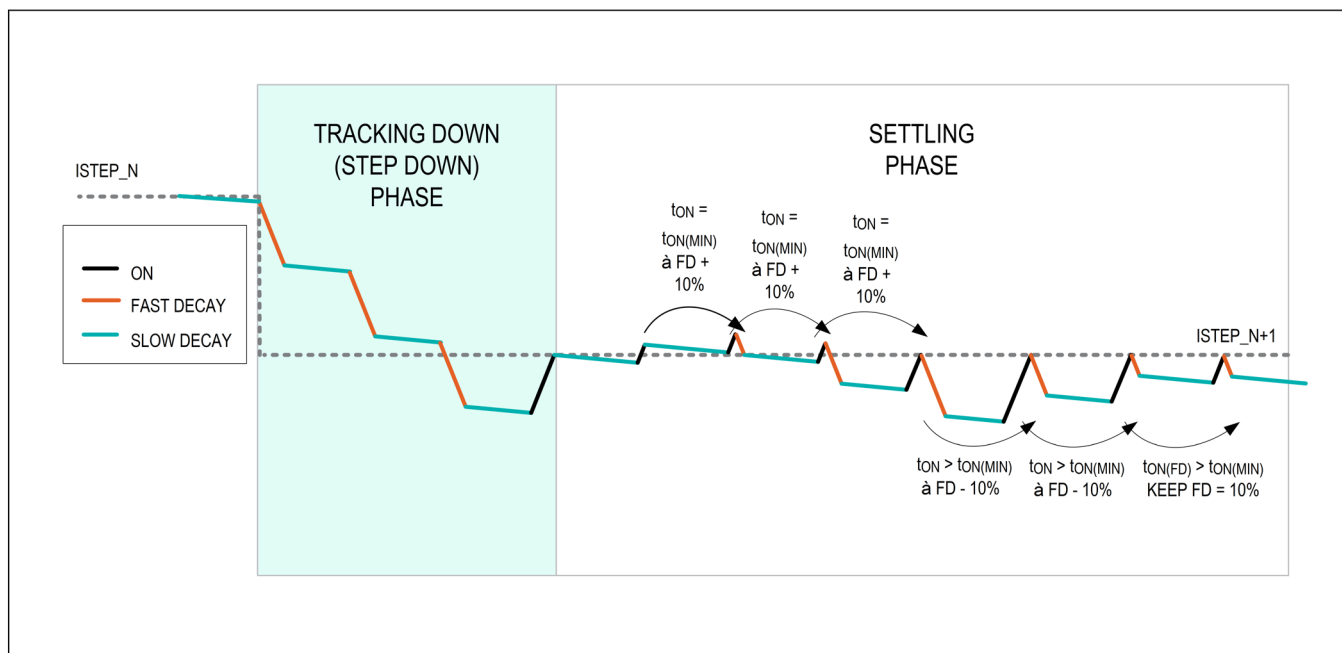


図 4. 適応減衰 – アルゴリズム#1

アルゴリズム#2 – DECAY[2:0] = 110、

2番目のアルゴリズムは、リップルより動的応答を重視しています。1番目のアルゴリズムと比較して、高い高速減衰率を使用します。安定/定常状態フェーズの間、高速減衰率は1番目のアルゴリズムと同じように増加します。アルゴリズム#1との違いは、高速減衰率は増加するのみで減少しない点です。アルゴリズム#1と比較すると、この方法はリップルが高くなってしまふものの短いセトリング・タイムを実現できます。

- 1) **トラッキング・ダウン・フェーズ (ステップ・ダウン)** : 高速減衰 60%、低速減衰 40%の混合モードが使用されます。低速減衰インターバル中に電流が新しい目標値よりも低いと判明すると、 $t_{ON}$  フェーズが適用され、電流が目的のレベルに到達します。
- 2) **安定/定常状態フェーズ** : リップルを最小限に抑えるため、可変の固定低速減衰比が使用されます。最初に、固定オフ時間中 ( $t_{OFF}$ ) は、低速減衰が適用されます。その後のサイクルでは、サイクルごとにオン時間インターバル ( $t_{ON}$ ) がモニタされます。 $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  に等しいと判明した場合、高速減衰 10%の混合減衰モードが次のチョッピング・サイクルに適用されます。

前のサイクルの  $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  に等しいと判明した場合、高速減衰率は+10%ステップで動的に増加します。

前のサイクルの  $t_{ON}$  が  $t_{ON(MIN)}$  より長いと判明した場合、高速減衰率は変化せずそのまま保たれます。

図 5 に、この挙動をグラフ化して示します。

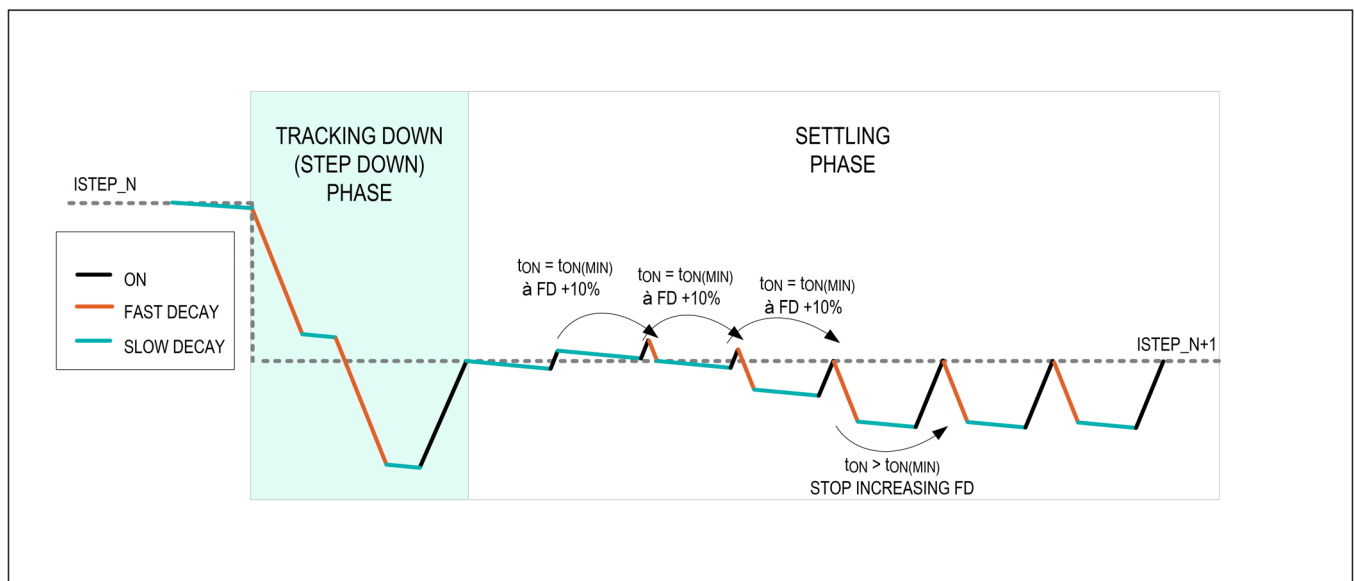


図 5. 適応減衰ステップ・アップ・アルゴリズム#2

アルゴリズム#3 – DECAY[2:0] = 111、

アルゴリズム#3 はアルゴリズム#1 と似ていますが、唯一の違いは、トラッキング・ダウン・フェーズ（ステップ・ダウン）の間、混合減衰率が一定には保たれずステップの大きさに応じて変化するという点です。ステップが小さい場合は、低い高速減衰率が使用されます。比較的大きなステップの場合は、高い高速減衰率が使用されます。

マイクロステップ制御を使用している場合、正弦波の電流波形のピークに近いステップは振幅が小さいので、低い高速減衰率となり、波形のゼロ交差に近いステップは振幅が大きいため、高い高速減衰率となります。アルゴリズム#1 と比較した場合、この方法によりステップ・ダウン時のアンダーシュートを最小限に抑えることができます。

## フォルト保護

### 過電流保護（OCP）

OCP は、レール（電源電圧およびグランド）への短絡、および負荷端子間の短絡からデバイスを保護します。OCP スレッシュホールドは、最小値が 3.8A に設定されています。OCP ブランキング時間より長い時間にわたり出力電流が OCP スレッシュホールドを上回ると、OCP イベントが検出されます。OCP イベントが検出されると、直ちに Hブリッジがディスエーブルされて、FAULTピンにフォルト表示が出力されます。Hブリッジは 3ms の間、高インピーダンス・モードに維持されます（tr\_RETRY の仕様を参照）。その後、Hブリッジは現在の状態に従って再度イネーブルされます。短絡状態がまだ存在する場合はこのサイクルが繰り返され、それ以外の場合は、通常動作が再開されます。長期にわたる OCP 自動再試行はデバイスの信頼性に影響するため、短絡故障モードでの長時間の動作は避けてください。

### サーマル・シャットダウン

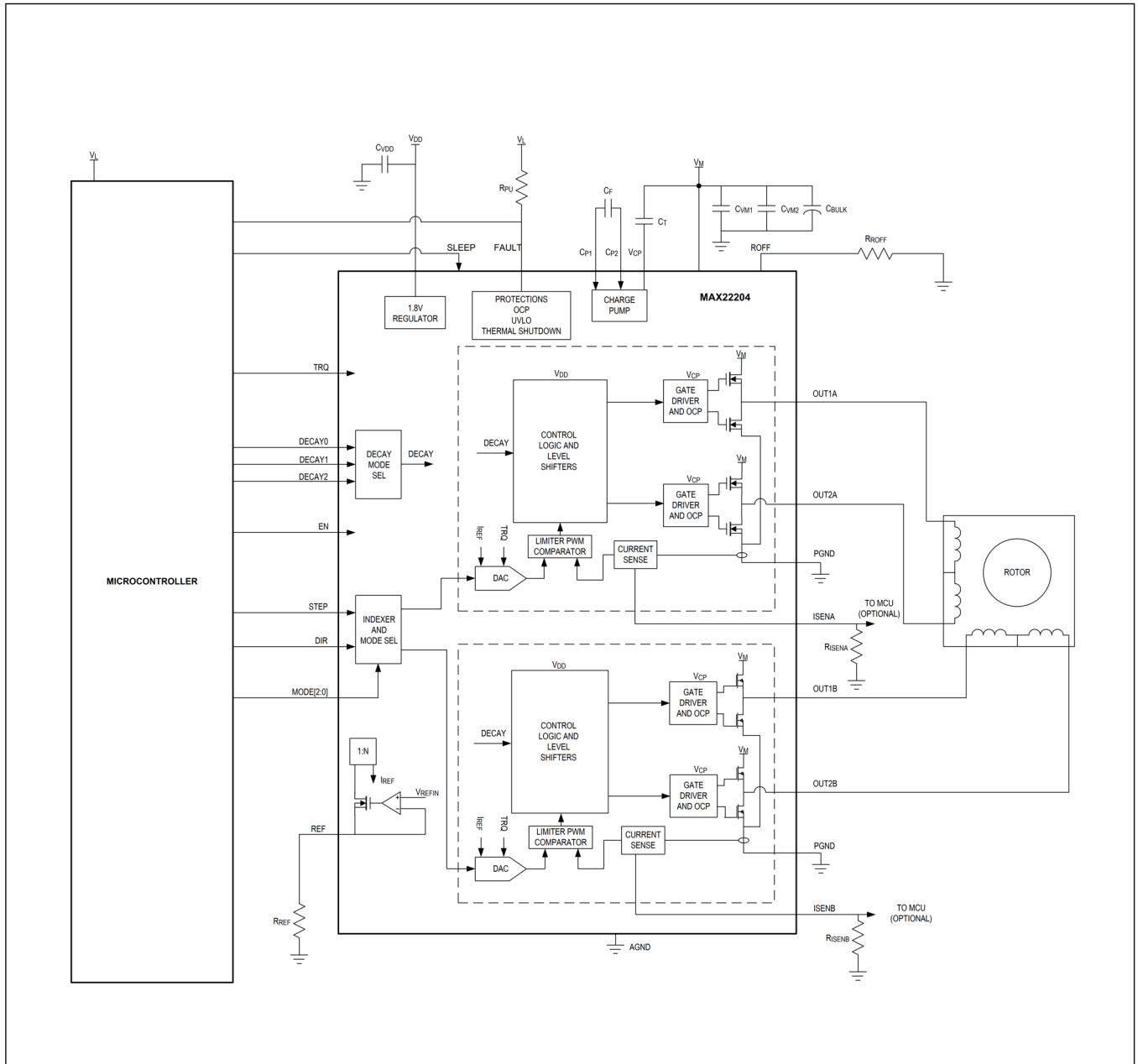
ダイ温度が  $T_{SD} = +155^{\circ}\text{C}$ （代表値）を超えると、すべての出力ピン（OUT1A、OUT2A、OUT1B、OUT2B）はスリープモードとなり、FAULTピンはローになります。ダイ温度が  $20^{\circ}\text{C}$ （代表値）のヒステリシス量分だけ低下するまで、FAULTピンはローを維持し、出力はスリープモード・モードとなります。その後、FAULTピンはハイに駆動され、出力が再びイネーブルされます。

### 低電圧ロックアウト保護（UVLO）

$V_M$  電源電圧が UVLO スレッシュホールドを下回ると、すべての OUT\_出力はスリープモードとなり、FAULTピンはローに駆動されます。 $V_M$  電源電圧が UVLO スレッシュホールド（最大値）を超えた場合、OUT\_出力は現在の状態（EN で定義）に自動的に戻り、FAULTピンはハイに駆動されます。

標準アプリケーション回路

アプリケーション構成図





MAX22204

電流検出と 128 マイクロステップ・インデクサを内蔵した  
65V、3.8A ステッピング・モーター・ドライバ

型番

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PIN-PACKAGE
MAX22204ATU+	-40°C to +125°C	38-TQFN
MAX22204ATU+T	-40°C to +125°C	38-TQFN
MAX22204AUU+	-40°C to +125°C	38-TSSOP
MAX22204AUU+T	-40°C to +125°C	38-TSSOP

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠のパッケージであることを示します。  
T=テープ&リール。

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	8/21	初版発行	-
1	5/24	概要、利点および特長、絶対最大定格、パッケージ情報、電気的特性、ピン配置、端子説明、詳細、型番の各セクションを更新	1, 6-12, 14-15, 17-18, 23, 25