

MCF8329HS-Q1 車載 センサレス フィールド オリエンテッド制御 (FOC) 3 相 BLDC ゲート ドライバ

1 特長

- 車載アプリケーション向けに AEC-Q100 認証済み
 - 温度グレード 1: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 125^{\circ}\text{C}$
- センサレス モーター制御アルゴリズムを統合した 3 相 BLDC モーター ドライバ
 - コード フリー フィールド オリエンテッド コントロール (FOC)
 - 最大 2.5 kHz (電氣的周波数) をサポート
 - 速度、電流、電力、または電圧制御モード
 - 順方向および逆方向の巻線のサポート
 - 設定可能な電力と速度制限
 - アナログ、PWM、周波数、または I^2C ベースの制御入力
 - 設定可能なポンプのドライ ラン検出
 - 外部マイコン ウォッチドッグ監視(リンプ ホーム モードとリセット信号を使用)
 - オプションの 1 ホール入力サポート
 - 構成可能な 5 点リファレンス プロファイルをサポート
 - 電圧サージ防止機能とアクティブ ブレーキ機能により、DC バスの過電圧を防止
 - 高速動作のためのフラックス減衰
 - 高い効率を目的とした、アンペアあたりの最大トルク (MTPA)
- 65V 三相ハーフブリッジゲートドライバ
 - 3 個のハイサイドおよび 3 個のローサイド N チャネル MOSFET を駆動、動作電圧 4.5 ~ 60V
 - 100% の PWM デューティ サイクルをサポート
 - ブートストラップ ベースのゲートドライバアーキテクチャ
 - 1A/2A のピークソース/シンク電流
- 電流検出アンプを内蔵
 - 可変ゲイン (5、10、20、40V/V)
- 低消費電力スリープ モード
 - 5 μ A (最大値) ($V_{PVDD} = 24V$ 、 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$)
- 速度ループの精度: 内部クロックの場合に 3% 未満
- R/W セキュリティ機能搭載、構成可能な EEPROM
- 最大 80kHz PWM のスイッチング周波数をサポート
- 構成可能な LDO: (3.3V または 5V) $\pm 3\%$ 、50mA
- 独立したドライバ シャットダウンパス (DRVOFF)
- 拡散スペクトルと PWM ディザリングは EMI 低減に貢献
- 各種保護機能を内蔵
 - すべての電源レールの低電圧保護

- 位相消失情報を含む位相消失 (モーターなし) の検出
- 6 つの FET すべてを対象にした短絡保護 (VDS)
- モーター ロック検出
- サーマル シャットダウン (TSD)
- nFAULT ピンまたは FG ピンによる通知
- I^2C インターフェイスによるフォルト診断 (オプション)

2 アプリケーション

- クーラント ポンプとウォーター ポンプ
- 燃料とオイルポンプ
- HVAC ブロワ
- エンジンとおよびバッテリー冷却ファン
- サンルーフ モジュール、ワイパ モジュール
- ゾーン型モジュール

3 説明

MCF8329HS-Q1 は、12V または 24V の車載用ブラシレス DC モーター (BLDC) または永久磁石同期モーター (PMSM) を最大 2.5kHz 電気速度で駆動するための、シングルチップでコードフリーのセンサレス FOC ソリューションを提供します。MCF8329HS-Q1 には 3 つのハーフブリッジゲートドライバがあり、それぞれがハイサイドとローサイドの N チャネル パワー MOSFET を駆動できます。100% デューティ サイクルをサポートするためにトリクルチャージポンプを備えています。MCF8329HS-Q1 は、単一電源から動作できます。

アルゴリズム構成は、不揮発性 EEPROM に保存されるため、構成後はデバイスをスタンドアロンで動作できます。MCF8329HS-Q1 は、本デバイス自身、モーター、システムをフォルト イベントから保護するための多くの保護機能を内蔵しています。

MCF8329HS-Q1 は、32 ピン、0.5mm ピンピッチ、6 x 4mm、ウェットアブル フランク WQFN パッケージ (RRY) で供給されます。

製品情報 (1)

部品番号	パッケージ	本体サイズ (公称)
MCF8329HSIQRYYRQ1	WQFN (32)	6.00mm x 4.00mm

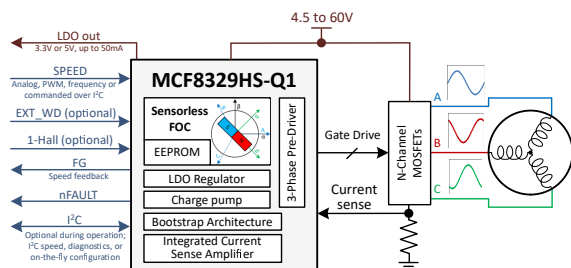
- (1) 利用可能なすべてのパッケージについては、データシートの末尾にある注文情報を参照してください。

参考用のドキュメント:

- MCF8329HS-Q1 EVM を参照してください



- MCF8329HS-Q1 GUI (MOTORSTUDIO) を参照してください



概略回路図

目次

1 特長.....	1	8.1 Algorithm_Configuration レジスタ.....	92
2 アプリケーション.....	1	8.2 Fault_Configuration レジスタ.....	114
3 説明.....	1	8.3 Hardware_Configuration レジスタ.....	121
4 改訂履歴.....	3	8.4 Internal_Algorithm_Configuration レジスタ.....	131
5 ピン構成および機能.....	4	9 RAM (揮発性) レジスタ マップ.....	136
6 仕様.....	7	9.1 Fault_Status レジスタ.....	137
6.1 絶対最大定格.....	7	9.2 System_Status レジスタ.....	141
6.2 ESD 定格 (車載機器).....	8	9.3 Algorithm_Control レジスタ.....	144
6.3 推奨動作条件.....	8	9.4 Device_Control レジスタ.....	150
6.4 熱に関する情報.....	8	9.5 Algorithm_Variables レジスタ.....	152
6.5 電気的特性.....	9	10 代表的なアプリケーション.....	169
6.6 標準モードとファースト モードの SDA および SCL バスの特性.....	15	10.1 アプリケーション情報.....	174
6.7 代表的特性.....	17	10.2 代表的なアプリケーション.....	174
7 詳細説明.....	18	10.3 電源に関する推奨事項.....	180
7.1 概要.....	18	10.4 レイアウト.....	181
7.2 機能ブロック図.....	19	11 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	184
7.3 機能説明.....	20	11.1 ドキュメントのサポート.....	184
7.4 デバイスの機能モード.....	80	11.2 サポート・リソース.....	184
7.5 外部インターフェイス.....	81	11.3 商標.....	184
7.6 EEPROM アクセスと I ² C インターフェイス.....	84	11.4 静電気放電に関する注意事項.....	184
8 EEPROM (不揮発性) レジスタ マップ.....	91	11.5 用語集.....	184
		12 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	184

4 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (March 2025) to Revision A (March 2025)	Page
• デバイスのステータスを「量産データ」に更新.....	1

5 ピン構成および機能

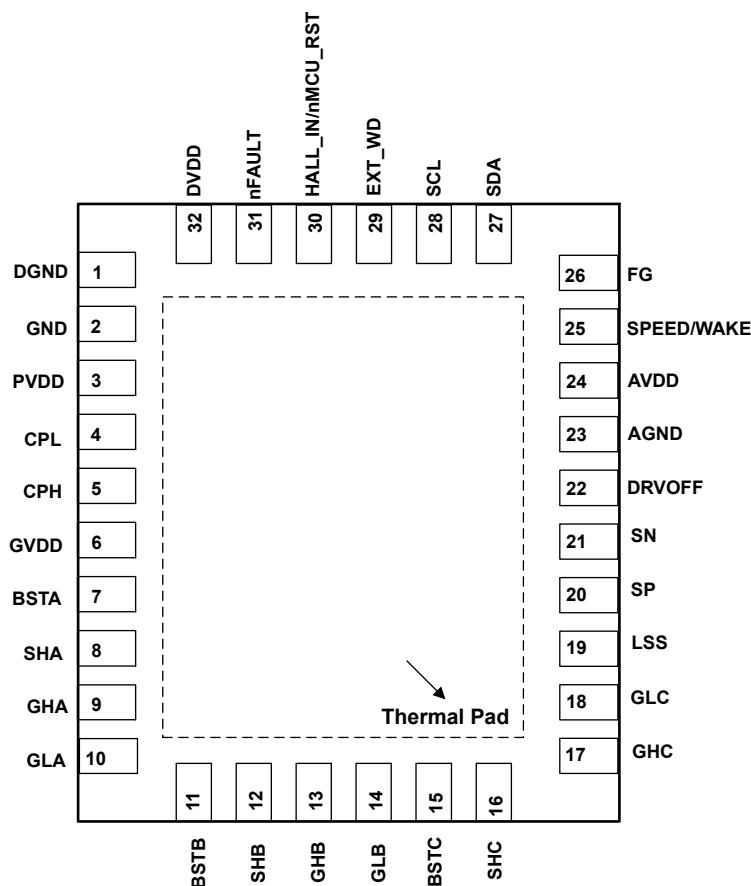


図 5-1. MCF8329HS-Q1 32 ピン WQFN (露出サーマルパッド付き) 上面図

表 5-1. ピンの機能

ピン 名称	32 ピン パッケージ MCF8329HS-Q1	タイプ ⁽¹⁾	説明
AGND	23	GND	デバイスのアナログ グランド。
AVDD	24	PWR	3.3 または 5V レギュレータ出力。X7R、1 μ F または 2.2 μ F、10V セラミック コンデンサを AVDD ピンと AGND ピンの間に接続します。このレギュレータは最大 50mA を外部回路に供給できます。AVDD コンデンサは、動作電圧 (AVDD) および温度ディレーティング後の 0.5 μ F と 2.8 μ F の間に実効容量を持つ必要があります。
BSTA	7	O	ブートストラップ出力ピン。X7R、1 μ F、25V セラミック コンデンサを BSTA と SHA の間に接続します。
BSTB	11	O	ブートストラップ出力ピン。X7R、1 μ F、25V セラミック コンデンサを BSTB と SHB の間に接続します。
BSTC	15	O	ブートストラップ出力ピン。X7R、1 μ F、25V セラミック コンデンサを BSTC と SHC の間に接続します。
CPH	5	PWR	チャージ ポンプのスイッチング ノード。X7R、PVDD 定格セラミック コンデンサを CPH ピンと CPL ピンの間に接続します。コンデンサの電圧定格を、ピンの通常動作電圧の 2 倍以上とすることを推奨します。
CPL	4	PWR	
DGND	1	GND	デバイス デジタル グランド
DRVOFF	22	I	独立したドライバ シャットダウン パス。DRVOFF を High にプルすると、ゲートドライバをプルダウン状態にすることで、すべての外部 MOSFET がターンオフされます。この信号は、デジタルおよび制御コアをバイパスおよびオーバーライドします。

表 5-1. ピンの機能 (続き)

ピン 名称	32 ピン パッケージ MCF8329HS-Q1	タイプ ⁽¹⁾	説明
DVDD	32	PWR	1.5V 内部レギュレータ出力。X7R、1 μ F または 2.2 μ F、10V セラミック コンデンサを DVDD ピンと DGND ピンの間に接続します。DVDD コンデンサは、動作電圧 (DVDD) および温度ディレーティング後の 0.5 μ F と 2.8 μ F の間に実効容量を持つ必要があります。
EXT_WD	29	I	外部 MCU 監視用のウォッチ ドッグ入力
FG	26	O	モーター速度インジケータ: 1.8V~5V へのプルアップ抵抗を必要とするオープンドレイン出力。PULLUP_ENABLE を 1b に設定すると、AVDD へのオプションの内部プルアップ抵抗を有効にできます。内部プルアップ抵抗が有効な場合は、外付けプルアップ抵抗を使用しません。
GHA	9	O	ハイサイド ゲートドライバ出力。ハイサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GHB	13	O	ハイサイド ゲートドライバ出力。ハイサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GHC	17	O	ハイサイド ゲートドライバ出力。ハイサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GLA	10	O	ローサイド ゲートドライバ出力。ローサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GLB	14	O	ローサイド ゲートドライバ出力。ローサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GLC	18	O	ローサイド ゲートドライバ出力。ローサイド パワー MOSFET のゲートに接続します。
GND	2	GND	デバイスの電源グラウンド
GVDD	6	PWR	ゲートドライバの電源出力。X7R、10 μ F 以上の 30V 定格セラミック ローカル コンデンサを GVDD ピンと GND ピンの間に接続します。C _{BSTx} の 10 倍を上回る容量値と、ピンの通常動作電圧の 2 倍以上の電圧定格を推奨します。
HALL_IN/ nMCU_RST	30	I/O	多用途ピン。モーター ロック検出の冗長性確保のための、単一のデジタル ホール ラッチ 入力 (3.3V または 5V、オプション) として使用できます。または、ウォッチドッグ タイムアウト 故障発生時に外部マイコンに送られるアクティブ Low のリセット信号 (内部プルアップは AVDD 接続) として使用されます。
LSS	19	PWR	ローサイド ソース ピン。外部ローサイド MOSFET のすべてのソースをここに接続します。このピンはローサイド ゲートドライバのシンク パスであり、ローサイド MOSFET の VDS 電圧と VSEN_OCP 電圧を監視するための入力として機能します。
nFAULT	31	O	フォルト インジケータ。故障条件時にロジック Low にプルされます。1.8V~5V への外プルアップ抵抗が必要なオープンドレイン出力です。PULLUP_ENABLE を 1b に設定すると、AVDD へのオプションの内部プルアップ抵抗を有効にできます。内部プルアップ抵抗が有効な場合は、外付けプルアップ抵抗を使用しません
PVDD	3	PWR	ゲートドライバの電源入力。ブリッジ電源に接続します。X7R、0.1 μ F、PVDD の 2 倍を超える定格のセラミック コンデンサと 10 μ F を超えるローカル コンデンサを PVDD ピンと GND ピンの間に接続します。コンデンサの電圧定格を、ピンの通常動作電圧の 2 倍以上とすることを推奨します。
SCL	28	I	I ² C クロック入力
SDA	27	I/O	I ² C データライン
SHA	8	I/O	ハイサイド ソース ピン。ハイサイド パワー MOSFET ソースに接続します。このピンは VDS 監視用入力であり、ハイサイド ゲートドライバのシンクのための出力です。
SHB	12	I/O	ハイサイド ソース ピン。ハイサイド パワー MOSFET ソースに接続します。このピンは VDS 監視用入力であり、ハイサイド ゲートドライバのシンクのための出力です。
SHC	16	I/O	ハイサイド ソース ピン。ハイサイド パワー MOSFET ソースに接続します。このピンは VDS 監視用入力であり、ハイサイド ゲートドライバのシンクのための出力です。
SN	21	I	電流検出アンプ入力。電流シャント抵抗の低電位側に接続します。
SP	20	I	ローサイド電流シャント アンプ入力。ローサイド パワー MOSFET のソースと電流シャント抵抗の高電位側に接続します。
SPEED/ WAKE	25	I	マルチファンクション入力。 デバイス スリープ / ウェーク入力。 デバイス速度入力。アナログ、PWM、周波数方式のリファレンス (速度、電流、電力、電圧) 入力をサポートしています。

表 5-1. ピンの機能 (続き)

ピン 名称	32 ピン パッケージ MCF8329HS-Q1	タイプ ⁽¹⁾	説明
サーマル パ ッド	-	PWR	GND に接続する必要があります。

(1) I = 入力、O = 出力、GND = グランド ピン、PWR = 電源、NC = 未接続

6 仕様

6.1 絶対最大定格

動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
電源ピン電圧	PVDD	-0.3	65	V
ブートストラップ ピン電圧	BSTx	-0.3	80	V
ブートストラップ ピン電圧	SHx を基準とした BSTx	-0.3	20	V
ブートストラップ ピン電圧	GHx を基準とした BSTx	-0.3	20	V
チャージ ポンプ ピン電圧	CPL, CPH	-0.3	V _{GVDD}	V
グランド ピン間の電圧差	GND, DGND, AGND	-0.3	0.3	V
ゲートドライバレギュレータピン電圧	GVDD	-0.3	20	V
デジタルレギュレータピン電圧	DVDD	-0.3	1.7	V
アナログレギュレータピン電圧	AVDD	-0.3	6	V
ロジックピン電圧	DRVOFF, EXT_WD, HALL_IN, SCL, SDA, SPEED/WAKE	-0.3	6	V
オープンドレイン ピン出力電圧	nFAULT, FG, nMCU_RST	-0.3	6	V
ハイサイドゲートドライブピン電圧	GHx	-8	80	V
過渡 500ns ハイサイドゲート駆動ピン電圧	GHx	-10	80	V
ハイサイドゲートドライブピン電圧	SHx を基準とした GHx	-0.3	20	V
ハイサイドソースピン電圧	SHx	-8	70	V
過渡 500ns ハイサイドソースピン電圧	SHx	-10	72	V
ローサイドゲートドライブピン電圧	LSS を基準とした GLx	-0.3	20	V
過渡 500ns ローサイドゲート駆動ピン電圧 ⁽²⁾	LSS を基準とした GLx	-1	20	V
ローサイドゲートドライブピン電圧	GVDD を基準とした GLx		0.3	V
過渡 500ns ローサイドゲート駆動ピン電圧	GVDD を基準とした GLx		1	V
ローサイドソース検出ピン電圧	LSS	-1	1	V
過渡 500ns ローサイドソース検出ピン電圧	LSS	-10	8	V
ゲート駆動電流	GHx, GLx	内部的に制限	内部的に制限	A
シャントアンプ入力ピン電圧	SN, SP	-1	1	V
過渡 500ns シャントアンプ入力ピン電圧	SN, SP	-10	8	V
周囲温度、T _A		-40	125	°C
接合部温度、T _J		-40	150	°C
保管温度、T _{stg}		-65	150	°C

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを意味するものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用方法、本デバイスは完全に機能するとは限りません。またその結果、本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります
- (2) GLx - LSS が負である場合、500ns の間、最大 5A に耐えます。

6.2 ESD 定格 (車載機器)

			値	単位
$V_{(ESD)}$	静電放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 ⁽¹⁾ HBM ESD 分類レベル 2 準拠	±2000	V
		角のピン	±750	
		その他のピン	±750	

(1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI / ESDA / JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

6.3 推奨動作条件

動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

			最小値	公称値	最大値	単位
V_{PVDD}	電源電圧	PVDD	4.5		60	V
V_{PVDD_RAMP}	電源投入時の電源電圧ランプレート	PVDD			30	V/μs
V_{BST}	SHx を基準とするブートストラップ ピンの電圧	SPEED/WAKE = High、出力はスイッチング	4		20	V
I_{AVDD} ⁽¹⁾	レギュレータの外部負荷電流	AVDD			50	mA
$I_{TRICKLE}$	トリクル チャージ ポンプの外部負荷電流	BSTx			2	μA
V_{IN}	ロジック入力電圧	DRVOFF、EXT_WD、HALL_IN、SCL、SDA、SPEED/WAKE	0		5.5	V
f_{PWM}	PWM 周波数		0		80	kHz
V_{OD}	オープンドレイン プルアップ電圧	FG、nFAULT、nMCU_RST			5.5	V
I_{OD}	オープンドレイン出力電流	nFAULT			-10	mA
I_{GS} ⁽¹⁾	総平均ゲート駆動電流 (ローサイドとハイサイドを合わせて)	I_{GHx} 、 I_{GLx}			30	mA
V_{SHSL}	SHx ピンのスルー レート				4	V/ns
C_{BOOT}	BSTx と SHx との間のコンデンサ				4.7 ⁽²⁾	μF
C_{GVDD}	GVDD と GND との間のコンデンサ				130	μF
T_A	動作時周囲温度		-40		125	°C
T_J	動作時接合部温度		-40		150	°C

(1) 消費電力および温度の制限に従う必要があります。

(2) $C_{BSTx} > 4.7\mu F$ については、ブートダイオード (DBOOT) を流れる電流を制限する必要があります。

6.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		MCF8329HS -Q1	単位
		RRY (WQFN)	
		32 ピン	
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	31.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	19.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	10.7	°C/W
Ψ_{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	0.6	°C/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	10.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	接合部からケース (底面) への熱抵抗	3.7	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』アプリケーション レポートを参照してください。

6.5 電気的特性

4.5 V ≤ V_{PVDD} ≤ 60 V、-40°C ≤ T_J ≤ 150°C (特に記述のない限り)。標準値には T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
電源 (PVDD、GVDD、AVDD、DVDD)						
I _{PVDDQ}	PVDD スリープ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} = 0、T _A = 25 °C		3	5	μA
		V _{SPEED/WAKE} = 0、T _A = 125 °C		3.5	6	μA
I _{PVDDS}	PVDD スタンバイ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、T _A = 25°C、CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
		V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
I _{PVDDS}	PVDD スタンバイ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、T _A = 25°C、CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
		V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
I _{PVDDS}	PVDD スタンバイ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、T _A = 25°C、CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
		V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SB} 、DRVOFF = LOW、CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
I _{PVDD}	PVDD アクティブ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、T _J = 25°C、FET もモーターも未接続、CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
		V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、FET もモーターも未接続、CLOCK_FREQUENCY = 0x0		28	30	mA
I _{PVDD}	PVDD アクティブ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、T _J = 25°C、FET もモーターも未接続、MAX_SPEED < 0x1		24	26	mA
		V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、FET もモーターも未接続、CLOCK_FREQUENCY = 0x1		24	26	mA
I _{PVDD}	PVDD アクティブ モード電流	V _{PVDD} = 12V、V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、T _J = 25°C、FET もモーターも未接続、CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
		V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、FET もモーターも未接続、CLOCK_FREQUENCY = 0x2		20	22	mA
I _{LBsx}	ブートストラップ ピンのリーク電流	V _{BSTx} = V _{SHx} = 60V、V _{GVDD} = 0V、V _{SPEED/WAKE} = Low	5	10	16	μA
I _{LBs_TRAN}	ブートストラップ ピンのアクティブ モードの過渡リーク電流	GLx = GHx = 20kHz でスイッチング、FET 未接続	60	115	300	μA

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V ≤ V_{PVDD} ≤ 60 V、-40°C ≤ T_J ≤ 150°C (特に記述のない限り)。標準値には T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V _{GVDD_RT}	GVDD ゲートドライバ レギュレータ電圧 (室温)	V _{PVDD} ≥ 40V、I _{GS} = 10mA、T _J = 25°C	11.8	13	15	V
		22V ≤ V _{PVDD} ≤ 40V、I _{GS} = 30mA、T _J = 25°C	11.8	13	15	V
		8V ≤ V _{PVDD} ≤ 22V、I _{GS} = 30mA、T _J = 25°C	11.8	13	15	V
		6.75V ≤ V _{PVDD} ≤ 8V、I _{GS} = 10mA、T _J = 25°C	11.8	13	14.5	V
		4.5V ≤ V _{PVDD} ≤ 6.75V、I _{GS} = 10mA、T _J = 25°C	2 * V _{PVDD} - 1		13.5	V
V _{GVDD}	GVDD ゲートドライバ レギュレータ電圧	V _{PVDD} ≥ 40V、I _{GS} = 10mA	11.5		15.5	V
		22V ≤ V _{PVDD} ≤ 40V、I _{GS} = 30mA	11.5		15.5	V
		8V ≤ V _{PVDD} ≤ 22V、I _{GS} = 30mA	11.5		15.5	V
		6.75V ≤ V _{PVDD} ≤ 8V、I _{GS} = 10mA	11.5		14.5	V
		4.5V ≤ V _{PVDD} ≤ 6.75V、I _{GS} = 10mA	2 * V _{PVDD} - 1.4		13.5	V
V _{AVDD_RT}	AVDD アナログ レギュレータ電圧 (室温)、 AVDD_VOL_SEL = 0b	V _{PVDD} ≥ 6 V、0 mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50 mA、 T _J = 25°C	3.2	3.3	3.34	V
		4.5 ≤ V _{PVDD} < 6 V、0 mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50 mA、T _J = 25°C	3.13	3.3	3.46	V
V _{AVDD_RT}	AVDD アナログ レギュレータ電圧 (室温)、 AVDD_VOL_SEL = 1b	V _{PVDD} ≥ 6 V、0 mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50 mA、 T _J = 25°C	4.85	5	5.15	V
V _{AVDD}	AVDD アナログレギュレータ電圧、 AVDD_VOL_SEL = 0b	V _{PVDD} ≥ 6V、0mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50mA	3.2	3.3	3.4	V
		4.5 ≤ V _{PVDD} < 6 V、0 mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50 mA	3.125	3.3	3.5	V
V _{AVDD}	AVDD アナログレギュレータ電圧、 AVDD_VOL_SEL = 1b	V _{PVDD} ≥ 6V、0mA ≤ I _{AVDD} ≤ 50mA	4.85	5	5.15	V
V _{DVDD}	デジタル レギュレータ電圧		1.52	1.62	1.7	V
ゲートドライバ (GHx, GLx, SHx, SLx)						
V _{GSHx_LO}	ハイサイド ゲート駆動の Low レベル電圧	I _{GHx} = -100mA、V _{GVDD} = 12V、FET 未接 続	0.05	0.11	0.24	V
V _{GSHx_HI}	ハイサイド ゲート駆動の High レベル電圧 (V _{BSTx} - V _{GHx})	I _{GHx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V、FET 未接 続	0.28	0.44	0.82	V
V _{GSLx_LO}	ローサイド ゲート駆動の Low レベル電圧	I _{GLx} = -100mA、V _{GVDD} = 12V、FET 未接 続	0.05	0.11	0.27	V
V _{GSLx_HI}	ローサイド ゲート駆動の High レベル電圧 (V _{GVDD} - V _{GLx})	I _{GLx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V、FET 未接 続	0.28	0.44	0.82	V
R _{DS(ON)_PU_HS}	ハイサイド ブルアップ スイッチ抵抗	I _{GHx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V	2.7	4.5	8.4	Ω
R _{DS(ON)_PD_HS}	ハイサイド ブルダウン スイッチ抵抗	I _{GHx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V	0.5	1.1	2.4	Ω
R _{DS(ON)_PU_LS}	ローサイド ブルアップ スイッチ抵抗	I _{GLx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V	2.7	4.5	8.3	Ω
R _{DS(ON)_PD_LS}	ローサイド ブルダウン スイッチ抵抗	I _{GLx} = 100mA、V _{GVDD} = 12V	0.5	1.1	2.8	Ω
I _{DRIVEP_HS}	ハイサイド ピーク ソース ゲート電流	V _{GSHx} = 12V	550	1000	1575	mA
I _{DRIVEN_HS}	ハイサイド ピーク シンク ゲート電流	V _{GSHx} = 0V	1150	2000	2675	mA

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V $\leq V_{PVDD} \leq 60$ V、 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 150^{\circ}\text{C}$ (特に記述のない限り)。標準値には $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{PVDD} = 12\text{V}$ が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
I _{DRIVE_LS}	ローサイド ピーク ソース ゲート電流	V _{GSLx} = 12V	550	1000	1575	mA
I _{DRIVEN_LS}	ローサイド ピーク シンク ゲート電流	V _{GSLx} = 0V	1150	2000	2675	mA
R _{PD_LS}	ローサイド パッシブ ブルダウン	GLx から LSS	80	100	120	kΩ
R _{PDSA_HS}	ハイサイド セミアクティブ ブルダウン	GHx から SHx、V _{GSHx} = 2V	8	10	12.5	kΩ
ブートストラップ ダイオード						
V _{BOOTD}	ブートストラップ ダイオードの順方向電圧	I _{BOOT} = 100 μA			0.8	V
		I _{BOOT} = 100 mA			1.6	V
R _{BOOTD}	ブートストラップの動的抵抗 (ΔV _{BOOTD} /ΔI _{BOOT})	I _{BOOT} = 100mA および 50mA	4.5	5.5	9	Ω
ロジックレベル入力 (SCL、SDA、SPEED/WAKE、EXT_WD、HALL_IN)						
V _{IL}	入力ロジック Low 電圧	AVDD = 3.3V、5V			0.25*AV _{DD}	V
V _{IH}	入力ロジック High 電圧	AVDD = 3.3V、5V	0.65*AV _{DD}			V
V _{HYS}	入力ヒステリシス		50	500	800	mV
I _{IL}	入力ロジック Low 電流	AVDD = 3.3V、5V	-0.15		0.15	μA
I _{IH}	入力ロジック High 電流	AVDD = 3.3V、5V	-0.3		0.1	μA
R _{PD_SPEED}	入力ブルダウン抵抗	SPEED/WAKE ピンから GND に対して	0.6	1	1.4	MΩ
ロジック レベル入力 (DRVOFF)						
V _{IL}	入力ロジック Low 電圧				0.8	V
V _{IH}	入力ロジック High 電圧		2.2			V
V _{HYS}	入力ヒステリシス		200	400	650	mV
I _{IL}	入力ロジック Low 電流	ピン電圧 = 0V	-1	0	1	μA
I _{IH}	入力ロジック High 電流	ピン電圧 = 5V	7	20	35	μA
R _{PD_DRVOFF}	入力ブルダウン抵抗	DRVOFF から GND に対して	100	200	300	kΩ
オープンドレイン出力 (nFAULT、FG、nMCU_RST)						
V _{OL}	出力ロジック Low 電圧	I _{OD} = -5mA			0.4	V
I _{OZ}	出力ロジック High 電流	V _{OD} = 3.3 V	0		0.5	μA
SPEED 入力 - アナログ モード						
V _{ANA_FS}	アナログ フルスピード電圧		2.95	3	3.05	V
V _{ANA_RES}	アナログ電圧分解能			732		μV
SPEED 入力 - PWM モード						
f _{PWM}	PWM 入力周波数		0.01		100	kHz
Res _{PWM}	PWM 入力分解能	f _{PWM} = 0.01~0.35kHz	11	12	13	ビット
		f _{PWM} = 0.35~2kHz	12	13	14	ビット
		f _{PWM} = 2~3.5kHz	11	11.5	12	ビット
		f _{PWM} = 3.5~7kHz	13	13.5	14	ビット
		f _{PWM} = 7~14kHz	12	12.5	13	ビット
		f _{PWM} = 14~29.2kHz	11	11.5	12	ビット
		f _{PWM} = 29.3~60kHz	10	10.5	11	ビット
		f _{PWM} = 60~95kHz	8	9	10	ビット
SPEED 入力 - 周波数モード						

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V \leq V_{PVDD} \leq 60 V、-40°C \leq T_J \leq 150°C (特に記述のない限り)。標準値には T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
f _{PWM_FREQ}	PWM 入力周波数範囲	デューティ サイクル = 50%	3		32767	Hz
スリープ モード						
V _{EN_SL}	スリープ モードに移行するためのアナログ電圧	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード)			40	mV
V _{EX_SL}	スリープ モードを終了するためのアナログ電圧		2.6			V
t _{DET_ANA}	SPEED/WAKE ピンでウェークアップ信号を検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード)、V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL}	0.5	1	1.5	μs
t _{WAKE}	スリープ モードからのウェークアップ時間	V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} から DVDD 電圧利用可能まで、SPEED_MODE = 00b (アナログ モード)		3	5	ms
t _{EX_SL_DR_A} NA	スリープ モードから復帰後、モーターを駆動するために必要な時間	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード) V _{SPEED/WAKE} > V _{EX_SL} 、ISD 検出は無効化			30	ms
t _{DET_PWM}	SPEED ピンでウェークアップ信号を検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、V _{SPEED/WAKE} > V _{IH}	0.5	1	1.5	μs
t _{WAKE_PWM}	スリープ モードからのウェークアップ時間	V _{SPEED/WAKE} > V _{IH} から DVDD 電圧利用可能かつ nFault 解放まで、SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)		3	5	ms
t _{EX_SL_DR_P} WM	スリープ状態から復帰後、モーターを駆動するために必要な時間	SPEED_MODE = 01b (PWM モード) V _{SPEED/WAKE} > V _{IH} 、ISD 検出は無効化			30	ms
t _{DET_SL_ANA}	スリープ コマンドを検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード) V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SL} 、SLEEP_ENTRY_TIME = 00b または 01b	0.5	1	2	ms
t _{DET_SL_PWM}	スリープ コマンドを検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{IL} (PWM モードおよび周波数モード)、SLEEP_ENTRY_TIME = 00b	0.035	0.05	0.065	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{IL} (PWM モードおよび周波数モード)、SLEEP_ENTRY_TIME = 01b	0.14	0.2	0.26	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード) または 00b (アナログ モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{IL} (PWM モードおよび周波数モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SL} (アナログ モード)、SLEEP_ENTRY_TIME = 10b	14	20	26	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード) または 00b (アナログ モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{IL} (PWM モードおよび周波数モード)、V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SL} (アナログ モード)、SLEEP_ENTRY_TIME = 11b	140	200	260	ms
t _{EN_SL}	スリープ コマンドの検出後、モーターの駆動を停止するために必要な時間	V _{SPEED/WAKE} < V _{EN_SL} (アナログ モード) または V _{SPEED/WAKE} < V _{IL} (PWM および周波数モード)		1	2	ms
スタンバイ モード						

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V \leq V_{PVDD} \leq 60 V、-40°C \leq T_J \leq 150°C (特に記述のない限り)。標準値には T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
t _{EX_SB_DR_A} NA	スタンバイ モードを終了した後、モーターを駆動するために必要な時間	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード) V _{SPEED} > V _{EN_SB} , ISD 検出は無効化			6	ms
t _{EX_SB_DR_P} WM	スタンバイ モードを終了した後、モーターを駆動するために必要な時間	SPEED_MODE = 01b (PWM モード) V _{SPEED} > V _{IH} , ISD 検出は無効化			6	ms
t _{DET_SB_ANA}	スタンバイ モードを検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 00b (アナログ モード) V _{SPEED} < V _{EN_SB}	0.5	1	2	ms
t _{EN_SB_PWM}	スタンバイ コマンドを検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、 V _{SPEED} < V _{IL} , SLEEP_ENTRY_TIME = 00b	0.035	0.05	0.065	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、 V _{SPEED} < V _{IL} , SLEEP_ENTRY_TIME = 01b	0.14	0.2	0.26	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、 V _{SPEED} < V _{IL} , SLEEP_ENTRY_TIME = 10b	14	20	26	ms
		SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード)、 V _{SPEED} < V _{IL} , SLEEP_ENTRY_TIME = 11b	140	200	260	ms
t _{EN_SB_DIG}	スタンバイ モードを検出するために必要な時間	SPEED_MODE = 10b (I2C モード)、 SPEED_CMD = 0		1	2	ms
t _{EN_SB}	スタンバイ コマンドの検出後、モーターの駆動を停止するために必要な時間	V _{SPEED} < V _{EN_SL} (アナログ モード) または V _{SPEED} < V _{IL} (PWM モード) または SPEED コマンド = 0 (I2C モード)		1	2	ms
保護回路						
V _{AVDD_UVLO}	レギュレータの低電圧誤動作防止 (AVDD-UVLO)	電源立ち上がり	2.6	2.7	2.8	V
		電源立ち下がり	2.6	2.7	2.8	V
V _{AVDD_UVLO_HYS}	レギュレータ UVLO ヒステリシス	立ち上がりから立ち下がりへのスレッシュホールド	150	190	240	mV
t _{AVDD_UVLO_DEG}	レギュレータ UVLO グリッチ除去時間			5		μs
V _{DVDD_UVLO}	デジタル レギュレータ低電圧誤動作防止 (DVDD-UVLO)	電源立ち上がり	1.2	1.28	1.32	V
V _{DVDD_UVLO}	デジタル レギュレータ低電圧誤動作防止 (DVDD-UVLO)	電源立ち下がり	1.18	1.23	1.3	V
V _{PVDD_UV}	PVDD 低電圧誤動作防止スレッシュホールド	V _{PVDD} 立ち上がり	4.3	4.4	4.5	V
		V _{PVDD} 立ち下がり	4	4.1	4.25	
V _{PVDD_UV_HYS}	PVDD 低電圧誤動作防止ヒステリシス	立ち上がりから立ち下がりへのスレッシュホールド	225	265	325	mV
t _{PVDD_UV_DG}	PVDD 低電圧グリッチ除去時間		10	20	30	μs
V _{AVDD_POR}	AVDD 電源 POR スレッシュホールド	AVDD 立ち上がり	2.7	2.85	3.0	V
		AVDD 立ち下がり	2.5	2.65	2.8	
V _{AVDD_POR_HYS}	AVDD POR ヒステリシス	立ち上がりから立ち下がりへのスレッシュホールド	170	200	250	mV
t _{AVDD_POR_DG}	AVDD POR グリッチ除去時間		7	12	22	μs

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V $\leq V_{PVDD} \leq 60$ V、 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 150^{\circ}\text{C}$ (特に記述のない限り)。標準値には $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{PVDD} = 12\text{V}$ が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V_{GVDD_UV}	GVDD 低電圧スレッシュホールド	V_{GVDD} 立ち上がり	7.3	7.5	7.8	V
		V_{GVDD} 立ち下がり	6.4	6.7	6.9	V
$V_{GVDD_UV_HYS}$	GVDD 低電圧ヒステリシス	立ち上がりから立ち下がりへのスレッシュホールド	800	900	1000	mV
$t_{GVDD_UV_DG}$	GVDD 低電圧グリッチ除去時間		5	10	15	μs
V_{BST_UV}	ブートストラップ低電圧スレッシュホールド	$V_{BSTx} - V_{SHx}$ 、 V_{BSTx} の立ち上がり	3.9	4.45	5	V
		$V_{BSTx} - V_{SHx}$ 、 V_{BSTx} の立ち下がり	3.7	4.2	4.8	V
$V_{BST_UV_HYS}$	ブートストラップ低電圧ヒステリシス	立ち上がりから立ち下がりへのスレッシュホールド	150	220	285	mV
$t_{BST_UV_DG}$	ブートストラップ低電圧グリッチ除去時間		2	4	6	μs
V_{DS_LVL}	V_{DS} 過電流保護スレッシュホールド リファレンス	SEL_VDS_LVL = 0000	0.04	0.06	0.08	V
		SEL_VDS_LVL = 0001	0.09	0.12	0.15	V
		SEL_VDS_LVL = 0010	0.14	0.18	0.23	V
		SEL_VDS_LVL = 0011	0.19	0.24	0.29	V
		SEL_VDS_LVL = 0100	0.23	0.3	0.37	V
		SEL_VDS_LVL = 0101	0.3	0.36	0.43	V
		SEL_VDS_LVL = 0110	0.35	0.42	0.5	V
		SEL_VDS_LVL = 0111	0.4	0.48	0.56	V
		SEL_VDS_LVL = 1000	0.5	0.6	0.7	V
		SEL_VDS_LVL = 1001	0.65	0.8	0.9	V
		SEL_VDS_LVL = 1010	0.85	1	1.15	V
		SEL_VDS_LVL = 1011	1	1.2	1.34	V
		SEL_VDS_LVL = 1100	1.2	1.4	1.58	V
		SEL_VDS_LVL = 1101	1.4	1.6	1.78	V
		SEL_VDS_LVL = 1110	1.6	1.8	2	V
		SEL_VDS_LVL = 1111	1.7	2	2.2	V
V_{SENSE_LVL}	V_{SENSE} 過電流保護スレッシュホールド	LSS から GND ピン = 0.5V	0.48	0.5	0.52	V
t_{DS_BLK}	V_{DS} 過電流保護ブランキング時間		0.5	1	2.7	μs
t_{DS_DG}	V_{DS} および V_{SENSE} 過電流保護グリッチ除去時間		1.5	3	5	μs
$t_{SD_SINK_DIG}$	DRVOFF ピークシンク電流の継続時間		3	5	7	μs
t_{SD_DIG}	DRVOFF デジタル シャットダウン遅延		0.5	1.5	2.2	μs
t_{SD}	DRVOFF アナログ シャットダウン遅延		7	14	21	μs
T_{OTSD}	サーマル シャットダウン温度	T_J 立ち上がり	160	170	187	$^{\circ}\text{C}$
T_{HYS}	サーマル シャットダウン ヒステリシス		16	20	23	$^{\circ}\text{C}$
I²C シリアル インターフェイス						
V_{I2C_L}	Low レベル入力電圧		-0.5	$0.3 \cdot AVD_D$		V
V_{I2C_H}	High レベル入力電圧		$0.7 \cdot AVD_D$		5.5	V
V_{I2C_HYS}	ヒステリシス		$0.05 \cdot AV_{DD}$			V
V_{I2C_OL}	Low レベル出力電圧	オープンドレイン (2mA のシンク電流)	0		0.4	V
I_{I2C_OL}	Low レベル出力電流	$V_{I2C_OL} = 0.6\text{V}$			6	mA

6.5 電気的特性 (続き)

4.5 V \leq V_{PVDD} \leq 60 V、-40°C \leq T_J \leq 150°C (特に記述のない限り)。標準値には T_A = 25°C、V_{PVDD} = 12V が適用されます。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
I _{I2C_IL}	SDA と SCL の入力電流		-10 ⁽¹⁾		10 ⁽¹⁾	μA
C _i	SDA と SCL の容量				10	pF
t _{of}	出力立ち下がり時間 (V _{I2C_H(min)} から V _{I2C_L(max)} まで)	スタンダード モード			250 ⁽²⁾	ns
		ファースト モード			250 ⁽²⁾	ns
t _{SP}	入力フィルタにより抑制されるスパイクのバ ルス幅	ファースト モード	0		50 ⁽³⁾	ns
EEPROM						
EE _{Prog}	プログラミング電圧		1.35	1.5	1.65	V
EE _{RET}	保持	T _A = 25°C		100		年
		T _J = -40 ~ 150°C	10			年
EE _{END}	耐久性	T _J = -40 ~ 150°C	1000			サイクル
		T _J = -40 ~ 85°C	20000			サイクル

- (1) AVDD がオフの場合、I/O ピンが SDA および SCL ラインを妨げないようにする必要があります。
- (2) SDA および SCL バスラインの tf の最大値 (300ns) は、出力段の tof の最大値の規定値 (250ns) より大きいです。そのため、SDA/SCL ピンと SDA/SCL バスラインとの間に直列保護抵抗 (Rs) を接続しても、tf の最大値の規定値を超えません。
- (3) SDA および SCL 入力の入力フィルタは 50ns 未満のノイズ スパイクを抑制します。

6.6 標準モードとファースト モードの SDA および SCL バスの特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	公称値	最大値	単位
スタンダード モード						
f _{SCL}	SCL クロック周波数		0		100	kHz
t _{HD_STA}	(繰り返し) START 条件のホールド時間	この時間が経過すると、最初のクロック パルスが生成されます	4			μs
t _{LOW}	SCL クロック Low 期間		4.7			μs
t _{HIGH}	SCL クロックの High の時間		4			μs
t _{SU_STA}	繰り返し START 条件のセットアップ時間		4.7			μs
t _{HD_DAT}	データ ホールド時間 ⁽¹⁾	I2C バス デバイス	0 ⁽²⁾		⁽³⁾	μs
t _{SU_DAT}	データ セットアップ時間		250			ns
t _r	SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち上がり時間				1000	ns
t _f	SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち下がり時間 ^{(2) (5) (6) (7)}				300	ns
t _{SU_STO}	STOP 条件のセットアップ時間		4			μs
t _{BUF}	STOP 条件と START 条件の間のバス解放時間		4.7			μs
C _b	各バスラインの容量性負荷 ⁽⁸⁾				400	pF
t _{VD_DAT}	データ有効時間 ⁽⁹⁾				3.45 ⁽³⁾	μs
t _{VD_ACK}	データ有効アクリッジ時間 ⁽¹⁰⁾				3.45 ⁽³⁾	μs
V _{nL}	Low レベルでのノイズ マージン	接続された各デバイスに対して (ヒステリシスを含む)	0.1*AVD D			V
V _{nh}	High レベルでのノイズ マージン	接続された各デバイスに対して (ヒステリシスを含む)	0.2*AVD D			V
ファースト モード						

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	公称値	最大値	単位
f _{SCL}	SCL クロック周波数		0		400	KHz
t _{HD_STA}	(繰り返し) START 条件のホールド時間	この時間が経過すると、最初のクロック パルスが生成されます	0.6			μs
t _{LOW}	SCL クロック Low 期間		1.3			μs
t _{HIGH}	SCL クロックの High の時間		0.6			μs
t _{SU_STA}	繰り返し START 条件のセットアップ時間		0.6			μs
t _{HD_DAT}	データ ホールド時間 (1)		0 (2)		(3)	μs
t _{SU_DAT}	データ セットアップ時間		100 (4)			ns
t _r	SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち上がり時間		20		300	ns
t _f	SDA 信号と SCL 信号の両方の立ち下がり時間 (2) (5) (6) (7)		20 x (AVDD / 5.5V)		300	ns
t _{SU_STO}	STOP 条件のセットアップ時間		0.6			μs
t _{BUF}	STOP 条件と START 条件の間のバス解放時間		1.3			μs
C _b	各バス ラインの容量性負荷 (8)				400	pF
t _{VD_DAT}	データ有効時間 (9)				0.9 (3)	μs
t _{VD_ACK}	データ有効アクノリッジ時間 (10)				0.9 (3)	μs
V _{nL}	Low レベルでのノイズ マージン	接続された各デバイスに対して (ヒステリシスを含む)	0.1*AVD D			V
V _{nh}	High レベルでのノイズ マージン	接続された各デバイスに対して (ヒステリシスを含む)	0.2*AVD D			V

- (1) t_{HD_DAT} は、SCL の立ち下がりエッジから測定されたデータ ホールド時間であり、送信中のデータとアクノリッジに適用されます。
- (2) SCL 信号の立ち下がりエッジの未定義領域をブリッジするため、デバイスは SDA 信号のために (SCL 信号の V_{IH(min)} を基準として) 300ns 以上のホールド時間を内部的に確保する必要があります。
- (3) t_{HD_DAT} の最大値は、スタンダード モードで 3.45μs、ファースト モードで 0.9μs ですが、t_{VD_DAT} と t_{VD_ACK} の大きい方より遷移時間の分だけ小さくする必要があります。この最大値を満たす必要があるのは、SCL 信号の Low 期間 (t_{LOW}) を本デバイスがストレッチ (延長) しない場合に限られます。クロックが SCL をストレッチした場合、クロックが解放される時からセットアップ時間の分だけ前に、データが有効になっている必要があります。
- (4) ファースト モード I2C バス デバイスは、スタンダード モード I2C バス システムでも使えますが、その場合、t_{SU_DAT} 250ns の要件を満たす必要があります。本デバイスが SCL 信号の Low 期間をストレッチしない場合、これは自動的に当てはまります。そのようなデバイスが SCL 信号の Low 期間を延長する場合、SCL ラインが解放されるより 1250ns (t_{r(max)} + t_{SU_DAT} = 1000ns + 250ns) だけ前に、次のデータ ビットを SDA ラインに出力する必要があります (スタンダード モード I2C バス仕様に従って)。アクノリッジのタイミングもこのセットアップ時間を満たす必要があります。
- (5) HS モード デバイスと混在させる場合、より速い立ち下がり時間 (表 10 を参照) が許容されます。
- (6) SDA および SCL バス ラインの立ち下がり時間 (t_f) の最大値は 300ns と規定されています。SDA 出力段の立ち下がり時間 (t_f) の最大値は 250ns と規定されています。そのため、SDA/SCL ピンと SDA/SCL バス ラインとの間に直列保護抵抗 (Rs) を接続しても、t_f の最大値の規定値を超えません。
- (7) ファースト モード プラスでは、出力段とバス タイミングの立ち下がり時間が同じに規定されています。直列抵抗を使用する場合、バスのタイミングを検討する際に設計者はこのことを見込む必要があります。
- (8) 許容される最大バス容量は、そのアプリケーションの実際の動作電圧および周波数に応じて、規定値と異なる場合があります。
- (9) t_{VD_DAT} = データ信号が必要とする SCL Low から SDA 出力 (High または Low、どちらか長い方) までの時間。
- (10) t_{VD_ACK} = アクノリッジ信号が必要とする SCL Low から SDA 出力 (High または Low、どちらか長い方) までの時間。

6.7 代表的特性

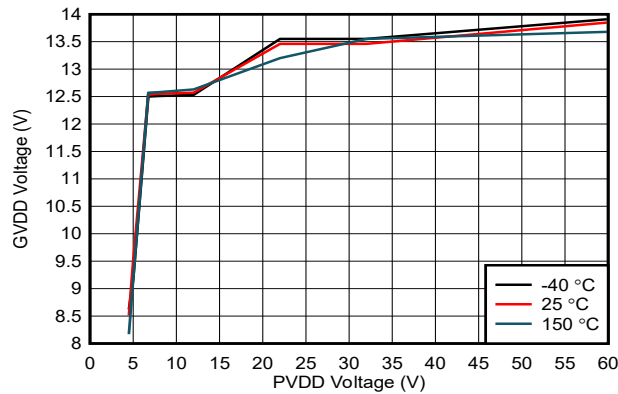


図 6-1. GVDD 電圧と PVDD 電圧との関係

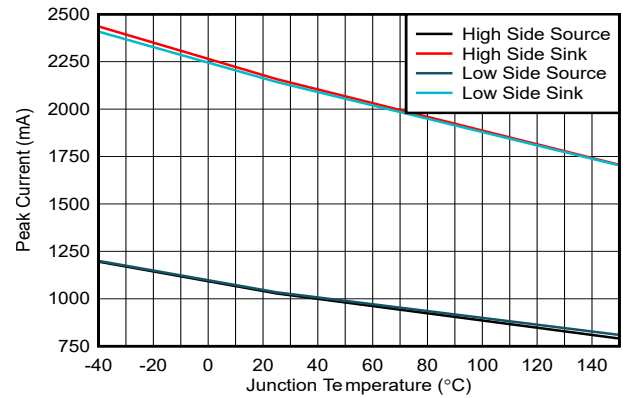


図 6-2. ドライバ ピーク電流と接合部温度との関係

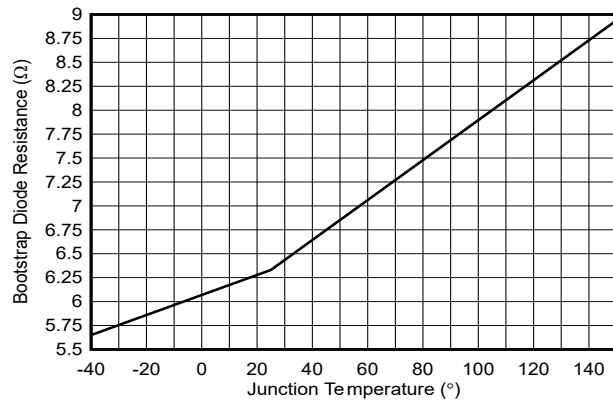


図 6-3. ブートストラップ ダイオード抵抗と接合部温度との関係

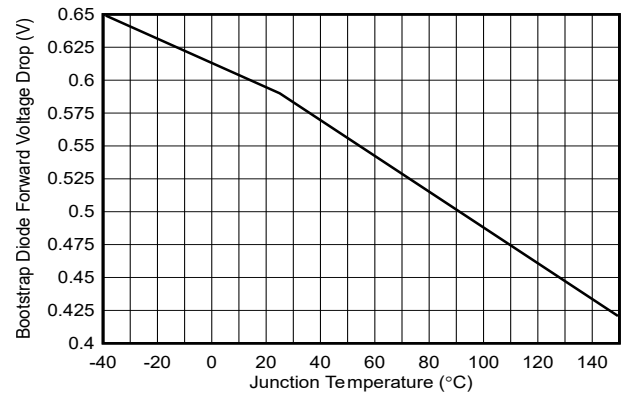


図 6-4. ブートストラップ ダイオード順方向電圧降下と接合部温度との関係

7 詳細説明

7.1 概要

MCF8329HS-Q1 は、高速ブラシレス DC モーターを駆動するための 3 相ゲートドライバを内蔵した、コード作成不要のセンサレス FOC ソリューションを提供します。モーター電流は、内蔵の電流検出アンプ (シングル シャントと 1 つの外付け検出抵抗) を使用して検出されます。本デバイスは単一電源で動作できます。本デバイスに必要な電圧レールを生成し、また外部回路に電力を供給できる LDO を内蔵しています。

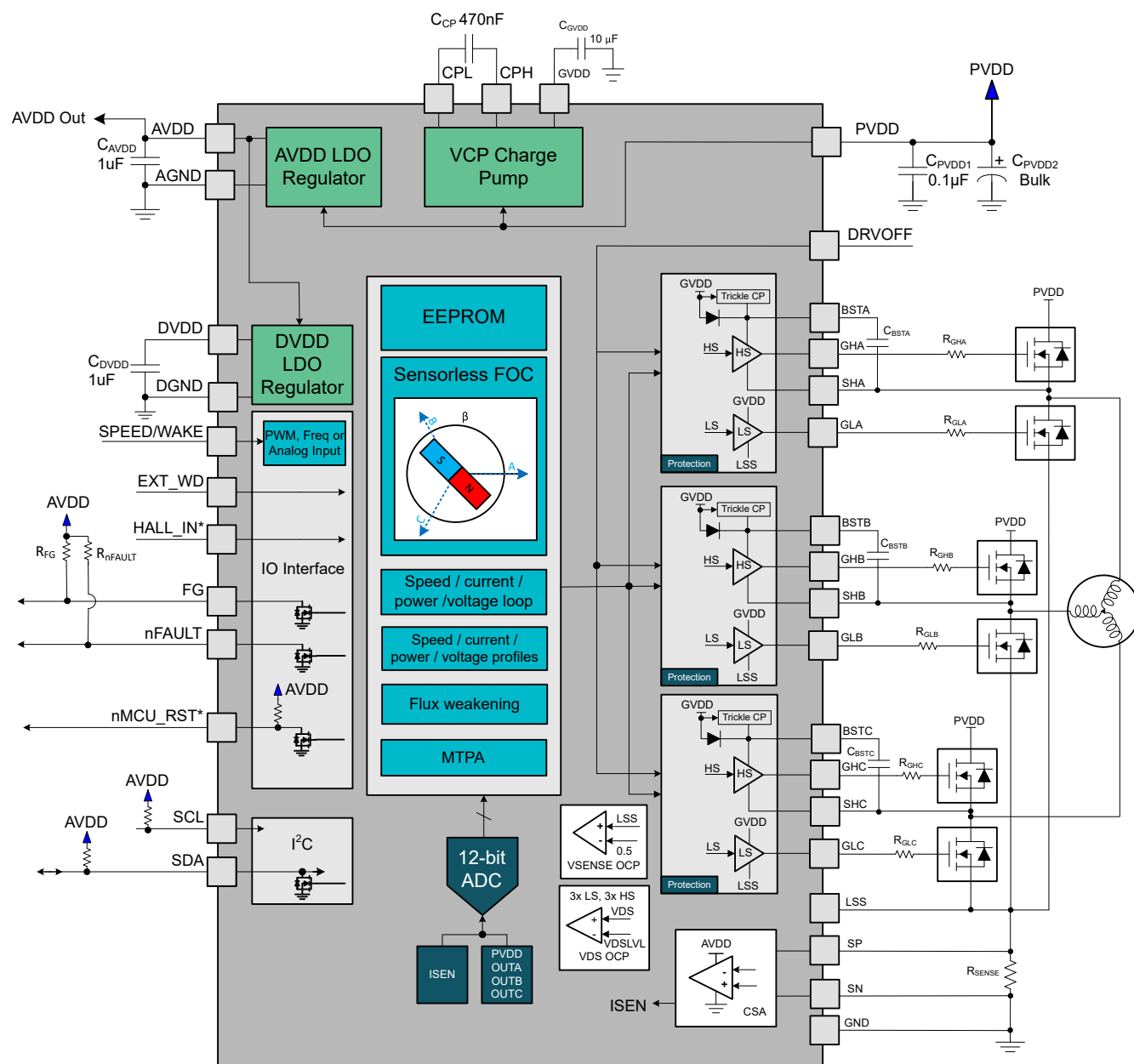
MCF8329HS-Q1 はシングル シャント センサレス FOC を実装しているため、ブラシレス DC モーターを回転させるのに外部マイコンは不要です。このアルゴリズムは固定機能のステート マシンとして実装されているため、コードを作成する必要はありません。このアルゴリズムは、モーター起動動作から閉ループ動作まで、レジスタ設定によって詳細に設定できます。これらのレジスタ設定は不揮発性 EEPROM に保存されるため、設定後は本デバイスをスタンドアロンで動作させることができます。本デバイスは、PWM 入力、アナログ電圧、周波数入力、I²C コマンドによってリファレンス コマンドを受信します。本デバイスは、モーター速度 (速度制御)、DC 入力電力 (電力制御)、横 (Q) 軸電流 (電流制御)、または直接モーターへの印加電圧 (vq と vd) (変調インデックス制御または開ループ電圧制御) を制御するように構成できます。

内蔵保護機能には、電源低電圧誤動作防止 (PVDD_UVLO)、レギュレータ低電圧誤動作防止 (GVDD_UV)、ブートストラップ低電圧誤動作防止 (BST_UV)、VDS 過電流保護 (OCP)、検出抵抗過電流保護 (SEN_OCP)、モーター ロック検出、過熱シャットダウン (OTSD) が含まれます。フォルト イベントは nFAULT ピンにより通知され、ステータスレジスタで詳細なフォルト情報を取得できます。

標準の I²C を使うと、デバイスの各種設定とフォルト診断情報の読み出しを外部コントローラから簡単に行うことができます。

MCF8329HS-Q1 デバイスは、0.5mm ピン ピッチ、ウェットブル フランク WQFN 表面実装パッケージで供給されます。WQFN パッケージのサイズは 6mm × 4mm、高さは 0.8mm です。

7.2 機能ブロック図



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

図 7-1. MCF8329HS-Q1 機能ブロック図

7.3 機能説明

表 7-1 に、ドライバの外付け部品の推奨値を示します。

表 7-1. MCF8329HS-Q1 の外付け部品

部品	ピン 1	ピン 2	推奨
C _{PVDD1}	PVDD	GND	X7R、0.1μF、PVDD の 2 倍を超える定格
C _{PVDD2}	PVDD	GND	10μF 以上、PVDD の 2 倍を超える上回る定格
C _{CP}	CPH	CPL	X7R、470nF、PVDD 定格
C _{AVDD}	AVDD	AGND	X7R、1μF、または 2.2μF、10V
C _{GVDD}	GVDD	GND	X7R、10uF 以上、30V
C _{DVDD}	DVDD	DGND	X7R、1μF、10V
C _{BSTx}	BSTx	SHx	X7R、1μF、25V
R _{nFAULT}	1.8～5V の電源	nFAULT	5.1kΩ、プルアップ抵抗
R _{FG}	1.8～5V の電源	FG	5.1kΩ、プルアップ抵抗
R _{SDA}	1.8～5V の電源	SDA	5.1kΩ、プルアップ抵抗
R _{SCL}	1.8～5V の電源	SCL	5.1kΩ、プルアップ抵抗

注

1. AVDD コンデンサと DVDD コンデンサは、動作電圧 (AVDD または DVDD) 温度ディレーティングの後で、0.5μF と 2.8μF の間に実効的な容量を持つ必要があります。
2. FG ピンと nFAULT ピンの内部プルアップ抵抗 (対 AVDD) はどちらも、PULLUP_ENABLE を 1b に設定することで有効化できます。このビットに対するすべての変更は、EEPROM に書き込む必要があります。その後、その変更を有効にするため、電源を入れ直す必要があります。PULLUP_ENABLE が 1b に設定されている場合、外部プルアップ抵抗を接続しないでください。
3. SPEED/WAKE ピンには、1MΩ の内部プルダウン抵抗があります。アナログ速度入力モードでは、ノイズを低減するため、適切な R-C フィルタを外部に追加できます。PWM 速度入力モードでは、グリッチ除去するため、SPEED_PIN_GLITCH_FILTER を適切に設定できます。

7.3.1 3 相 BLDC ゲート ドライバ

MCF8329HS-Q1 デバイスは 3 つのハーフ ブリッジ ゲートドライバを内蔵しており、それぞれがハイサイドとローサイドの N チャネル パワー MOSFET を駆動できます。広い動作電圧範囲にわたって適切なゲート バイアス電圧を供給する GVDD を生成するため、チャージ ポンプが使われます。ローサイド ゲート出力は GVDD から直接駆動されるのに対して、ハイサイド ゲート出力はダイオード内蔵ブートストラップ回路を使って駆動されます。また、内部トリクル チャージ ポンプは 100% デューティサイクル動作をサポートしています。

7.3.2 ゲート ドライブアーキテクチャ

本ドライバ デバイスは、ハイサイドとローサイド両方のドライバに対して、相補型のプッシュプルトポロジが使用されています。このトポロジにより、外部 MOSFET ゲートのプルアップとプルダウンが両方とも強化できます。ローサイド ゲートドライバには、GVDD レギュレータ電源から直接電力が供給されます。ハイサイド ゲートドライバ用には、ブートストラップ ダイオードとブートストラップ コンデンサを使ってフローティング ハイサイド ゲート電源電圧を生成します。ブートストラップ ダイオードは内蔵されており、BSTx ピンに外付けのブートストラップ コンデンサを使います。100% デューティ サイクル制御をサポートするため、トリクル チャージ ポンプが本デバイスに内蔵されています。ドライバと外部 MOSFET のリーク電流による電圧降下を防止するため、トリクル チャージ ポンプが BSTx ノードに接続されています。

スリープ状態中または電源が切り離された際に外部 MOSFET がターンオンするのを防止するため、ハイサイド ゲートドライバはセミアクティブ プルダウンを備えており、ローサイド ゲートはパッシブ プルダウンを備えています。

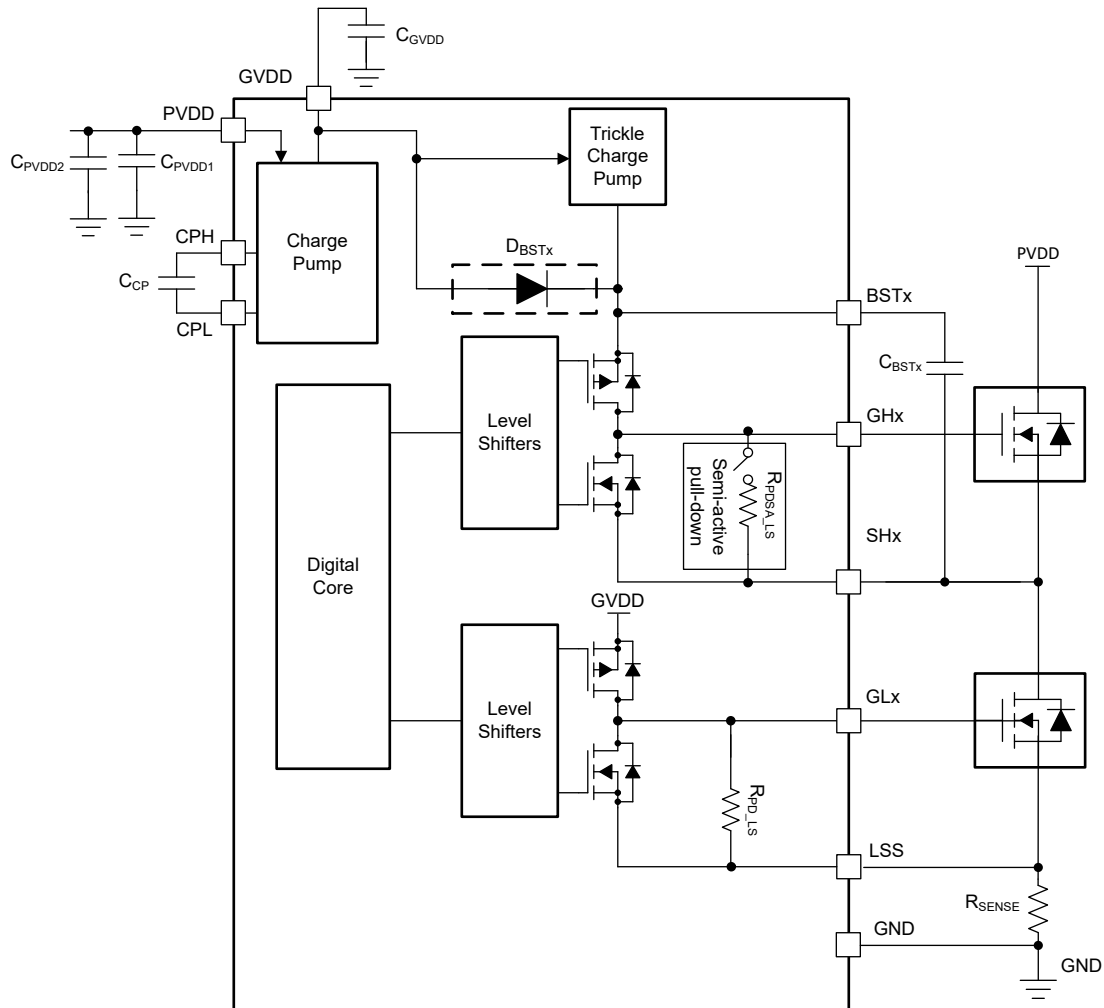


図 7-2. ゲート ドライバ ブロック図

7.3.2.1 デッドタイムによるクロス導通の防止

MCF8329HS-Q1 は、各ハーフブリッジの外部 MOSFET の両方が同時にオンに切り換わるのを防止するため、ハイサイドとローサイドの PWM 信号の間にデジタル デッドタイムを挿入する機能を備えています。デジタル デッドタイムは、EEPROM レジスタ DIG_DEAD_TIME を設定することで、の範囲で調整できます。

適用されるデッドタイムは、CLOCK_FREQUENCY によって設定された内部クロック周波数によって決まります。詳細については、「デッドタイムとクロック周波数との関係」の表を参照してください。

7.3.3 AVDD リニア電圧レギュレータ

MCF8329HS-Q1 には 3.3V または 5V (AVDD_VOL_SEL で設定)、50mA のリニアレギュレータが内蔵されており、外部回路から使用できます。このレギュレータは、低消費電力 MCU やその他の低電源電流要件のある回路用に電源電圧を供給できます。AVDD レギュレータの出力は、X7R、1μF または 2.2μF、10V のセラミックコンデンサを使用して AVDD ピンの近くで AGND ピンにバイパスされます。

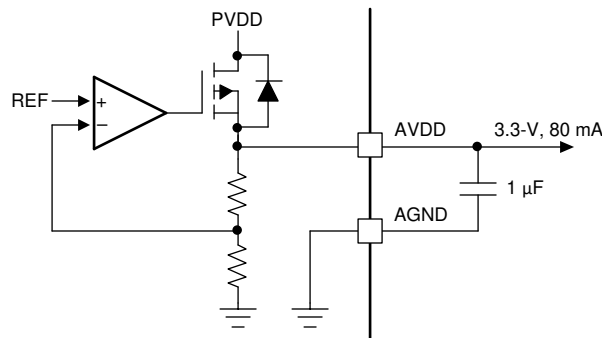


図 7-3. AVDD リニア レギュレータのブロック図

AVDD リニア レギュレータが本デバイス内で消費する電力は、次の 式 1 に示すように計算できます。

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

例えば、 $V_{PVDD} = 24V$ の場合、AVDD (3.3V で出力) から 20mA の電流が流れると、消費電力は 式 2 のようになります。

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

7.3.4 ローサイド電流検出アンプ

MCF8329HS-Q1 は、ローサイド シャント抵抗を使った電流測定のための高性能ローサイド電流検出アンプを内蔵しています。ローサイド電流測定は、MCF8329HS-Q1 の各種制御機能および保護のために使用されます。この電流検出アンプは、EEPROM 設定によりゲイン (5V/V、10V/V、20V/V、40V/V) を設定できます。この電流検出アンプは、ローサイド シャント抵抗を流れる双方向の電流を検出できます。

MCF8329HS-Q1 は、両方向の電流測定の分解能を最大限に高めるため、 $V_{REF}/2$ のコモンモード電圧を内部で生成します。 V_{REF} は、内部で生成される基準電圧 (標準値は 3V) です。

cSP と SN の間に接続されたシャント抵抗 (R_{SENSE}) の値を設計するには、式 3 を使います。ここで、ローサイド シングル シャントを流れる電流を I 、EEPROM ビットを設定することで選択された電流検出アンプ ゲインを CSA_GAIN とします。

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

注

1. TI は選択されたゲイン (CSA_GAIN) において、ローサイド シングル シャント抵抗電流 (I) の動作範囲全体にわたって、電流検出アンプの出力電圧 (V_{SO}) が 0.25V と 3V の間に制限されるようにシャント抵抗 (R_{SENSE}) の値を設計することを推奨します。 $I^2 R_{SENSE}$ 損失に基づき、十分なマージンを確保した上でシャント抵抗の電力定格を適切に選択します。
2. **SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME** は、PWM エッジ直後から、検出電流がノイズのない安定した値に落ち着くまでの電流サンプリング用ブランキング期間を設定するために使用できます。**SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME** を長くすると、検出電流のノイズは減りますが、その分、適用できる最大変調指数が低下します。そのため **SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME** は、最大変調指数 (= モーター速度) と、電流検出時のノイズ低減とのバランスが最適になるように適切に設定する必要があります。
3. **DYNAMIC_SAMPLING_EN** を 1b に設定すると、ブランキング時間によって生じる電流の高調波を減らすための動的電流サンプリングを有効にできます。ただし、動的電流サンプリングを有効にすると、モーター一相電流に DC オフセットが発生する場合があります。

7.3.5 デバイス インターフェイス モード

MCF8329HS-Q1 は、柔軟性と単純性のどちらに適した最終アプリケーションの設計にも使えるように、I²C インターフェイスをサポートしています。I²C インターフェイスに加えて、本デバイスは FG、nFAULT、EXT_WD、HALL_IN、nMCU_RST、SPEED/WAKE、DRVOFF など他の I/O ピンをサポートしています。

7.3.5.1 インターフェイス - 制御と監視

- **DRVOFF**: DRVOFF ピンを「High」に駆動すると、MCF8329HS-Q1 はゲートドライバをプルダウン状態にすることで、すべての外部 MOSFET をターンオフします。DRVOFF を「Low」に駆動すると、モーターを再始動させる場合と同様に、MCF8329HS-Q1 は通常の動作状態に戻ります。DRVOFF は、本デバイスがスリープ モードにもスタンバイ モードにも移行する原因にはなりません (デジタル コアはアクティブに維持されます)。
- **SPEED/WAKE**: SPEED/WAKE ピンは、モーター速度 (または電力または電流または変調インデックス) を制御し、MCF8329HS-Q1 をスリープ モードから復帰させるために使われます。SPEED/WAKE ピンは、PWM、周波数、アナログ制御入力信号を入力するように設定できます。このピンはスリープおよびスタンバイ モードの開始と終了に使われます。
- **EXT_WD**: EXT_WD ピンを使用して、外部 MCU からウォッチドッグ信号入力を行い、MCU 動作を監視できます。
- **nMCU_RST**: ウォッチドッグ フォルトが発生した場合、nMCU_RST ピンはアクティブ LOW 信号を供給して外部の MCU をリセットします。
- **HALL_IN**: HALL_IN ピン (nMCU_RST と多重化) は、モーター ロック検出の冗長性確保のためにデジタル ホール入力信号を与える用途に使用できます。
- **FG**: FG ピンは、モーター速度に比例するパルスを出力します (セクション 7.3.22 を参照)。
- **nFAULT**: nFAULT ピンは、デバイスまたはモーター動作のフォルト ステータスを示します。

7.3.5.2 I²C インターフェイス

MCF8329HS-Q1 は、それによって外部コントローラがデータを送受信できる I²C シリアル通信インターフェイスをサポートしています。この I²C インターフェイスにより、外部コントローラは EEPROM を設定し、フォルトとモーターの状態の詳しい情報を読み出すことができます。I²C バスは、以下に説明するような、SCL および SDA ピンを使用する 2 線式インターフェイスです。

- SCL ピンはクロック信号入力です。
- SDA ピンはデータ入力および出力です。

7.3.6 モーター制御入力オプション

MCF8329HS-Q1 は、モーターを制御するための 4 つの方法を備えています。

1. 速度制御: 速度制御モードでは、入力リファレンスに応じた閉ループ PI 制御を使ってモーター速度が制御されます。
2. 電力制御: 電力制御モードでは、入力リファレンスに応じた閉ループ PI 制御を使ってインバータ出力段の DC 入力電力が制御されます。
3. 電流制御: 電流制御モードでは、入力リファレンスに応じた閉ループ PI 制御を使ってトルク制御電流 (iq) が制御されます。このモードでは、速度 / 電力制御ループは無効化されます。
4. 変調インデックス制御 (電圧制御): 電圧制御モードでは、入力リファレンスに応じてモーターの印加電圧が制御されます。

このデバイスは、SPEED_MODE の設定に従って、4 種類の入力リファレンス信号を受け取ることができます。

- SPEED/WAKE ピンの PWM 入力信号のデューティ サイクルを変化させることで制御
- SPEED/WAKE ピンの周波数を変化させることで制御
- 入力信号の振幅を変化させることによって、SPEED/WAKE ピン にアナログ入力します
- DIGITAL_SPEED_CTRL を設定することで、I²C を介して制御

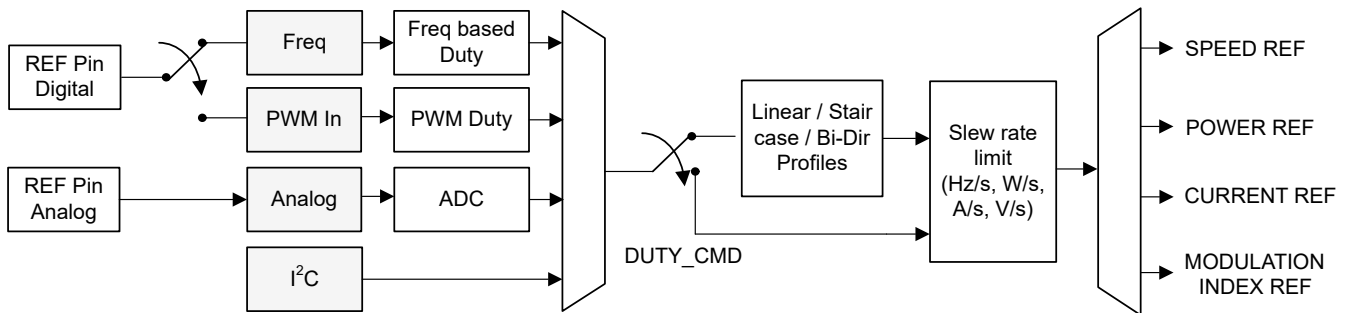


図 7-4. リファレンス入力コマンドの多重化

図 7-4 に、REF (SPEED/WAKE) ピン入力 (または I²C による入力) から出力リファレンス (SPEED REF、POWER REF、CURRENT REF、MODULATION INDEX REF) までの信号パスを示します。

7.3.6.1 アナログ モードのモーター制御

アナログ入力方式のモーター制御は、SPEED_MODE を 00b に設定することで有効化できます。このモードでは、デューティ コマンド (DUTY CMD) は、SPEED/WAKE ピンのアナログ電圧入力 (V_{SPEED}) によって変化します。 $0 < V_{\text{SPEED}} < V_{\text{EN_SB}}$ の場合、DUTY CMD は 0 に設定され、モーターは停止します。 $V_{\text{EN_SB}} < V_{\text{SPEED}} < V_{\text{ANA_FS}}$ の場合、DUTY CMD は V_{SPEED} に対して直線的に変化します (図 7-5 を参照)。 $V_{\text{SPEED}} > V_{\text{ANA_FS}}$ の場合、DUTY CMD は 100% にクランプされます。

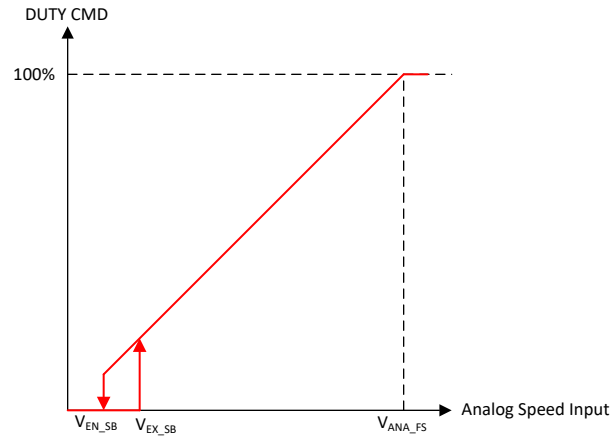


図 7-5. アナログ モード速度制御

7.3.6.2 PWM モード モーター制御

PWM 方式のモーター制御は、SPEED_MODE を 01b に設定することで有効化できます。このモードでは、SPEED/WAKE ピンに印加される PWM デューティ サイクルが 0 から 100% に変化し、印加される PWM デューティ サイクルに応じて、デューティ コマンド (DUTY_CMD) が直線的に変化します。0 ≤ DutySPEED ≤ DutyEN_SB の場合、DUTY_CMD は 0 に設定されます。DutyEX_SB ≤ DutySPEED ≤ 100% の場合、DUTY_CMD は DutySPEED に比例して変化します (図 7-6 を参照)。DutyEX_SB と DutyEN_SB はスタンバイ開始および終了スレッシュホールドです。DutyEX_SB と DutyEN_SB の詳細については、セクション 7.4.1.2 を参照してください。SPEED/WAKE ピンに印加される PWM 入力信号の周波数は f_{PWM} として定義され、この周波数の範囲は SPEED_RANGE_SEL によって設定できます。

注

1. f_{PWM} は、モーター速度を制御するために本デバイスが SPEED/WAKE ピンで受け取ることができる PWM 信号の周波数です。この値は、モーター位相に印加される PWM 出力周波数とは一致しません。PWM 出力周波数は PWM_FREQ_OUT によって設定できます (セクション 7.3.18 を参照)。
2. SLEEP_ENTRY_TIME は、最も小さいデューティ入力において、PWM 信号のオフ時間よりも長い値 (V_{SPEED} < V_{IL}) に設定する必要があります。たとえば、f_{PWM} が 10kHz、デューティ入力の最小値が 2% の場合、意図せずスリープ / スタンバイに入らないように、SLEEP_ENTRY_TIME は 98μs よりも大きい値にする必要があります。

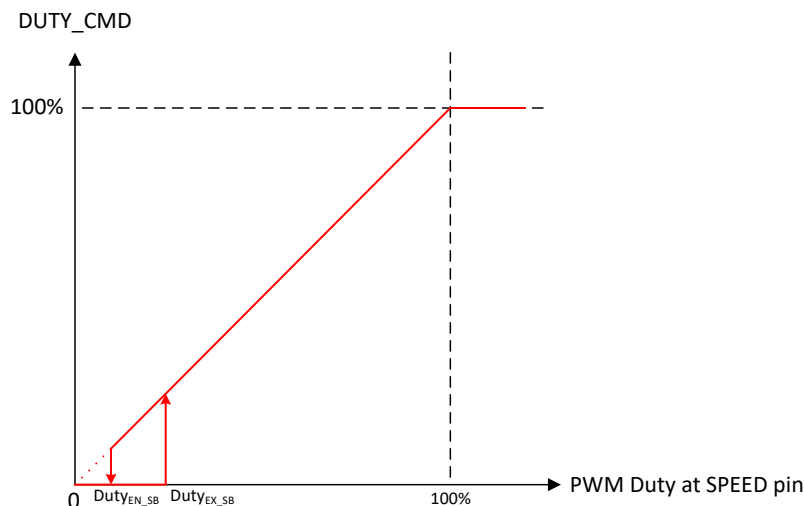


図 7-6. PWM モード モーター制御

7.3.6.3 周波数モード モーター制御

周波数方式のモーター制御は、SPEED_MODE を 11b に設定することで有効化されます。このモードでは、SPEED (SPEED/WAKE) ピンの方形波入力の周波数の関数として、デューティ コマンドは直線的に変化します。 $0 \leq \text{Freq}_{\text{SPEED}} \leq \text{Freq}_{\text{EN_SB}}$ の場合、DUTY_CMD はゼロに設定されます。 $\text{Freq}_{\text{EX_SB}} \leq \text{Freq}_{\text{SPEED}} \leq \text{INPUT_MAXIMUM_FREQ}$ の場合、DUTY_CMD は $\text{Freq}_{\text{SPEED}}$ に対して線形的に変化します (図 7-7 を参照)。 $\text{Freq}_{\text{EX_SB}}$ と $\text{Freq}_{\text{EN_SB}}$ はスタンバイ開始および終了スレッショルドです。 $\text{Freq}_{\text{EX_SB}}$ と $\text{Freq}_{\text{EN_SB}}$ の詳細については、セクション 7.4.1.2 を参照してください。入力周波数が INPUT_MAXIMUM_FREQ を超えると、DUTY_CMD は 100% にクランプされます。

注

周波数モード制御でのゼロのリファレンスとして、SPEED/WAKE ピンに論理 Low 信号を印加することを推奨します。

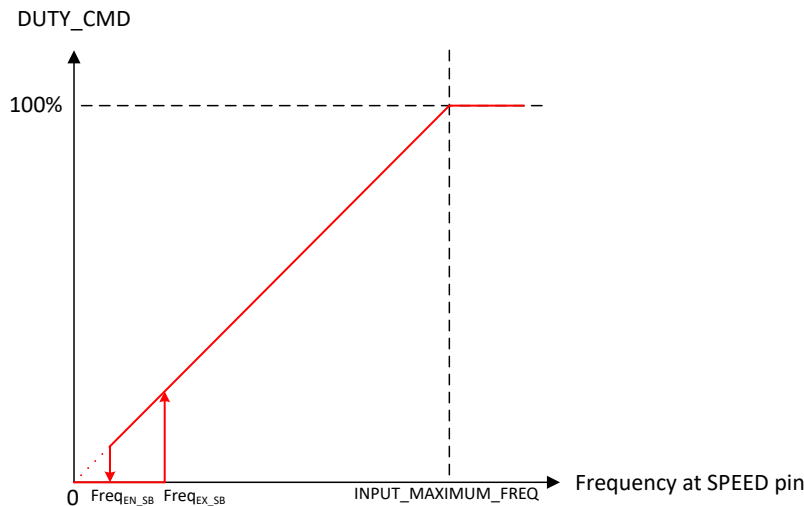


図 7-7. 周波数モード モーター制御

7.3.6.4 I²C 方式のモーター制御

SPEED_MODE を 10b に設定することで、I²C 方式のシリアル インターフェイスを使ってモーターを制御できます。このモードでは、デューティ コマンドを DIGITAL_SPEED_CTRL レジスタに直接書き込むことができます。スリープの開始と終了は SLEEP/WAKE によって制御されます (表 7-7 を参照)。

7.3.6.5 入力制御信号プロファイル

MCF8329HS-Q1 は、DUTY_CMD をリファレンス制御信号に変換するため、3 種類のプロファイル (リニア、階段、双方向) をサポートしています。入力制御リファレンス信号には、CTRL_MODE の設定に従い、モーター速度、DC 入力電力、モーター電流 (i_q)、モーター電圧 (変調インデックス制御) を使用できます。REF_PROFILE_CONFIG によって、各種プロファイルを設定できます。REF_PROFILE_CONFIG が 00b に設定されている場合、プロファイルは適用されず、入力リファレンスはセクション 7.3.6.5.5 に示すデューティ コマンドと同じになります。

速度制御モードでは、プロファイル出力 (REF_X) は最大速度のパーセンテージ (MAX_SPEED によって設定) に相当します (式 4 を参照)。電力制御モードでは、プロファイル出力 (REF_X) は最大電力のパーセンテージ (MAX_POWER によって設定) に相当します (式 5 を参照)。電流制御モード (i_q 制御) では、プロファイル出力 REF_X は ILIMIT のパーセンテージに対応します (式 6 を参照)。電圧制御モード (変調指数制御モード) では、式 7 に示されているように、REF_X はモーターへの V_d および V_q 変調インデックス印加電圧のパーセンテージに対応します。

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

$$\text{POWER REF(W)} = \frac{\text{REF_X}}{256} \times \text{Maximum Power (W)} \quad (5)$$

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

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

7.3.6.5.1 リニア制御プロファイル

注

3 種類のプロファイル (リニア、階段、双方向) のすべてにおいて、

- MCF8329HS-Q1 がスリープ デバイスとして構成されている場合、ゼロ入力リファレンス (アナログ モードの場合 0-V、PWM モードの場合 0% デューティ、I²C モードの場合 DIGITAL_SPEED_CTRL = 0b、周波数モードの場合 0-Hz) により、モーターは停止します。
- MCF8329HS-Q1 がスタンバイ デバイスとして構成されている場合、ゼロ入力コマンドにより、REF_OFF1 で設定されたリファレンス レベル (速度、電力、電流、または電圧) でモーターは動作します。

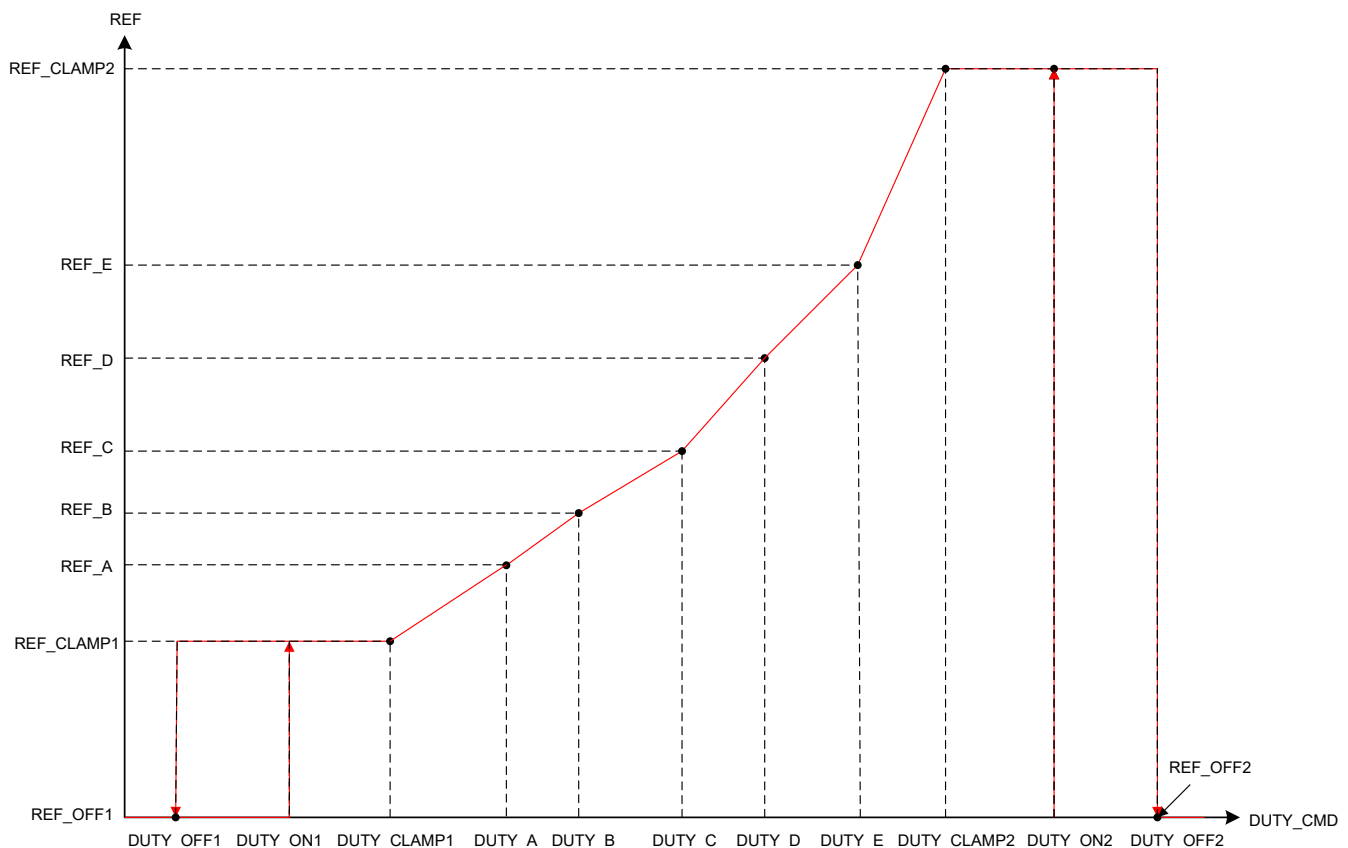


図 7-8. リニア制御プロファイル

リニア制御プロファイルは、REF_PROFILE_CONFIG を 01b に設定することで有効化できます。リニア プロファイルは、DUTY_x と REF_x の組み合わせによって設定できる各種スロープで REF_CLAMP1 と REF_CLAMP2 の間を直線的に変化する入力制御リファレンスを特長としています。

- DUTY_OFF1 は、それを下回るとリファレンスが REF_OFF1 になるデューティコマンドを設定します。
- DUTY_OFF1 と DUTY_ON1 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP1 および REF_OFF1 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-8 を参照)。

- DUTY_CLAMP1 は、そこまでリファレンスが一定の値 (REF_CLAMP1) に維持されるデューティコマンドを設定します。DUTY_CLAMP1 は、DUTY_OFF1 と DUTY_A の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_A は、リファレンス REF_A のデューティコマンドを設定します。DUTY_CLAMP1 と DUTY_A の間で、リファレンスは REF_CLAMP1 から REF_A まで直線的に変化します。DUTY_A から DUTY_E は、図 7-8 と同じ順序である必要があります。
- DUTY_B は、リファレンス REF_B のデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_A と DUTY_B の間を直線的に変化します。
- DUTY_C は、リファレンス REF_C のデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_B と DUTY_C の間を直線的に変化します。
- DUTY_D は、リファレンス REF_D のデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_C と DUTY_D の間を直線的に変化します。
- DUTY_E は、リファレンス REF_E のデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_D と DUTY_E の間を直線的に変化します。
- DUTY_CLAMP2 は、それを上回るとリファレンスが一定 (REF_CLAMP2) に維持されるデューティコマンドを設定します。REF_CLAMP2 は、DUTY_CLAMP2 と DUTY_OFF2 の間のこの一定のリファレンスを設定します。このリファレンスは、DUTY_E と DUTY_CLAMP2 の間を直線的に変化します。DUTY_CLAMP2 は、DUTY_E と DUTY_OFF2 の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_OFF2 と DUTY_ON2 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP2 および REF_OFF2 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-8 を参照)。
- DUTY_OFF2 は、それを上回るとリファレンスが REF_CLAMP2 から REF_OFF2 まで変化するデューティコマンドを設定します。

7.3.6.5.2 階段制御プロファイル

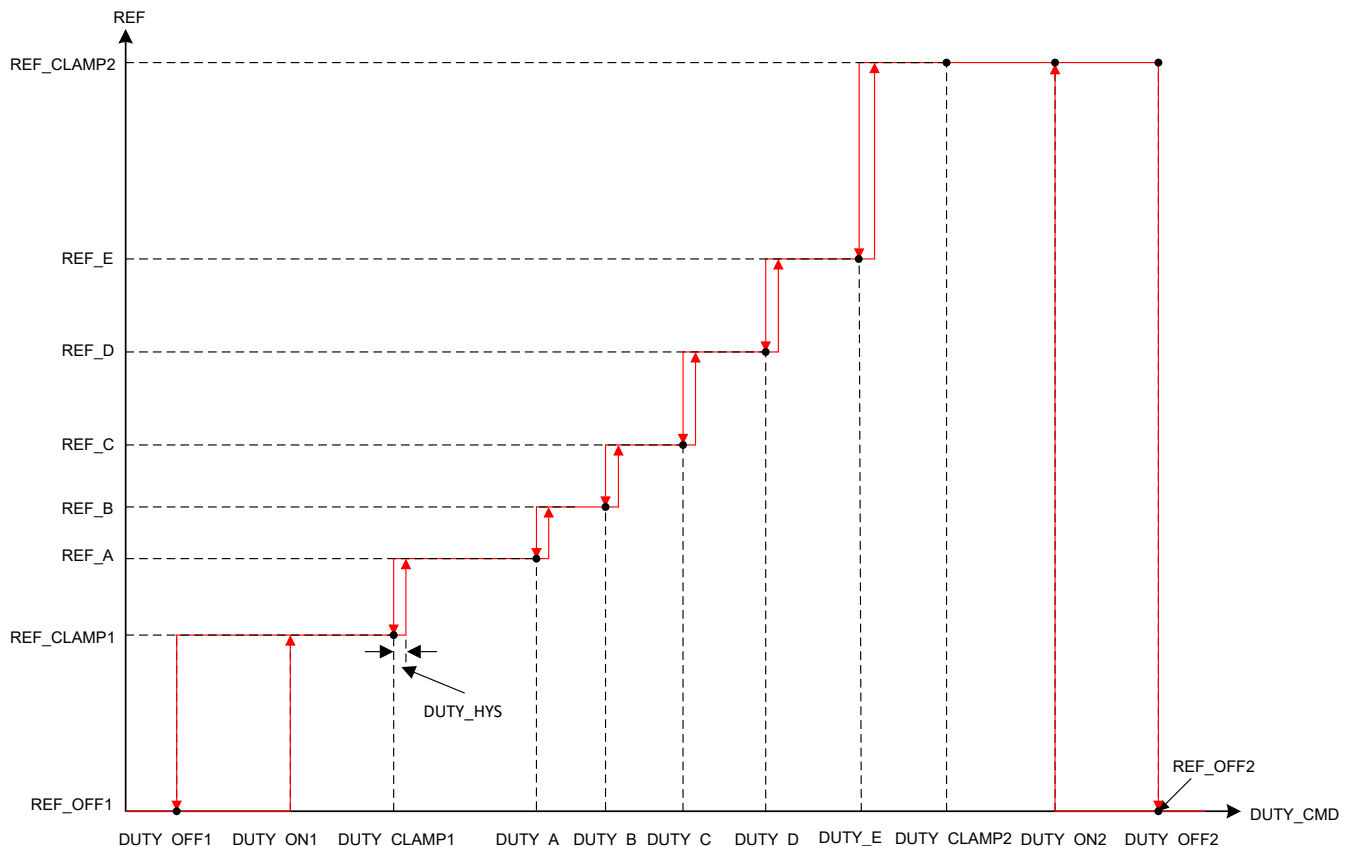


図 7-9. 階段制御プロファイル

階段制御プロファイルは、REF_PROFILE_CONFIG を 10b に設定することで有効化できます。階段プロファイルは、DUTY_x と REF_x を設定することで、入力制御リファレンスが REF_CLAMP1 と REF_CLAMP2 の間を階段状に変化することを特長としています。

- DUTY_OFF1 は、それを下回るとリファレンスが REF_OFF1 になるデューティ コマンドを設定します。
- DUTY_OFF1 と DUTY_ON1 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP1 および REF_OFF1 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-9 を参照)。
- DUTY_CLAMP1 は、そこまでリファレンスが一定に維持されるデューティ コマンドを設定します。REF_CLAMP1 は、DUTY_OFF1 と DUTY_CLAMP1 の間のこの一定のリファレンスを設定します。DUTY_CLAMP1 は、DUTY_OFF1 と DUTY_A の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_A は、リファレンス REF_A のデューティ コマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_CLAMP1 において REF_CLAMP1 から REF_A に階段的に変化します。DUTY_A から DUTY_E は、図 7-9 と同じ順序である必要があります。
- DUTY_B は、リファレンス REF_B のデューティ コマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_A において REF_A から REF_B に階段的に変化します。
- DUTY_C は、リファレンス REF_C のデューティ コマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_B において REF_B から REF_C に階段的に変化します。
- DUTY_D は、リファレンス REF_D のデューティ コマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_C において REF_C から REF_D に階段的に変化します。
- DUTY_E は、リファレンス REF_E のデューティ コマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_D において REF_D から REF_E に階段的に変化します。
- DUTY_CLAMP2 は、それを上回るとリファレンスが一定 (REF_CLAMP2) に維持されるデューティ コマンドを設定します。REF_CLAMP2 は、DUTY_CLAMP2 と DUTY_OFF2 の間のこの一定のリファレンスを設定します。このリファレンスは、DUTY_E において REF_E から REF_CLAMP2 に階段的に変化します。DUTY_CLAMP2 は、DUTY_E と DUTY_OFF2 の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_OFF2 と DUTY_ON2 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP2 および REF_OFF2 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-9 を参照)。
- DUTY_OFF2 は、それを上回るとリファレンスが REF_CLAMP2 から REF_OFF2 まで変化するデューティ コマンドを設定します。
- DUTY_HYS は、DUTY_CLAMP1、DUTY_A、DUTY_E.での各階段的变化時のヒステリシスを設定します。

7.3.6.5.3 双方向プロファイル

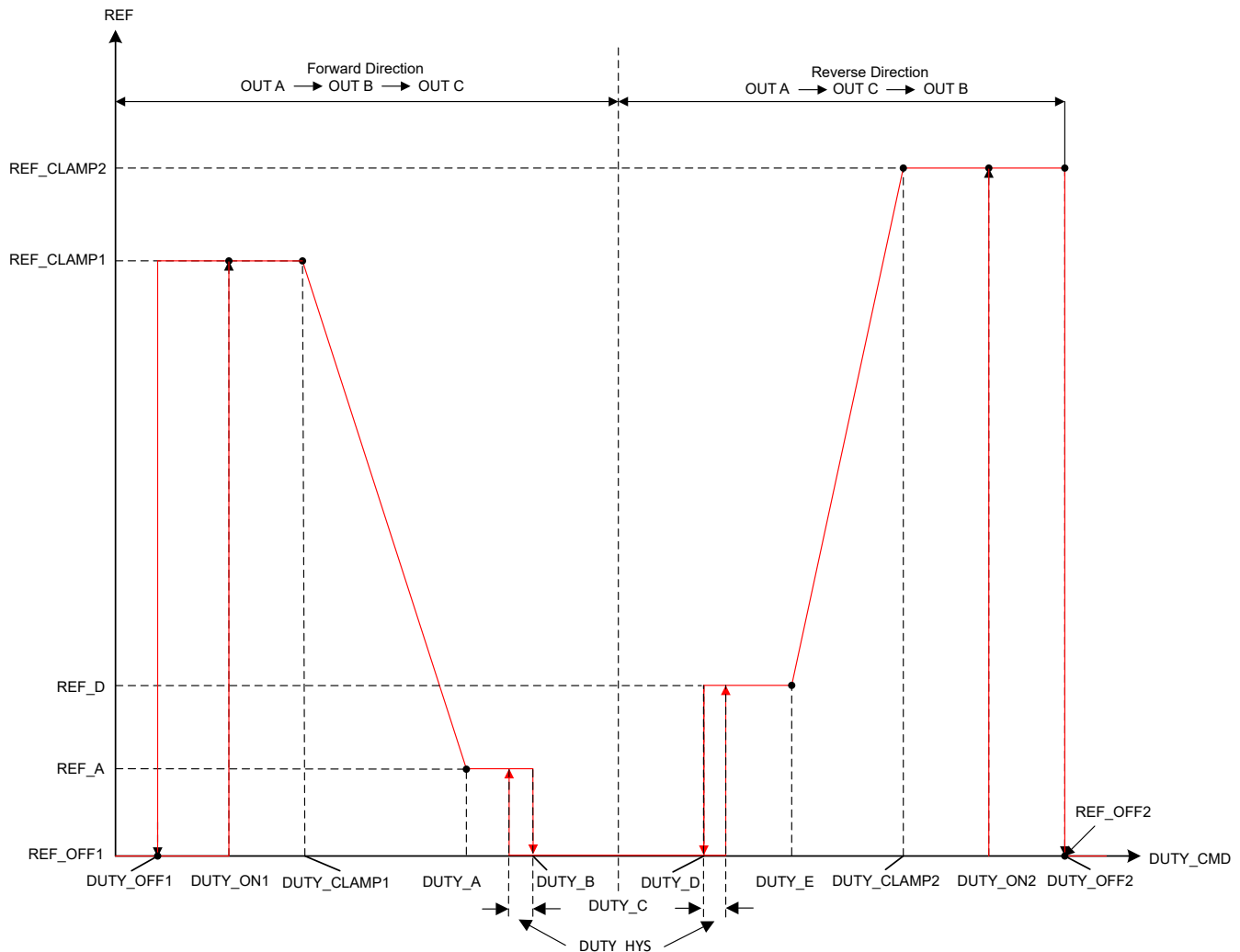


図 7-10. 双方向制御プロファイル

双方向制御プロファイルは、REF_PROFILE_CONFIG を 11b に設定することで有効化できます。双方向プロファイルは、デューティコマンドの調整によって方向を変える機能を持っています。DUTY_C は、そこで方向が変わるデューティコマンドを設定します。双方向速度プロファイルを使うと、個別の信号を使わなくてもモーターの方向を制御できます。

注

DIR_INPUT ビット 方向方法 変更機能は、双方向プロファイル モードでは無効化されます。

- DUTY_OFF1 は、それを下回るとリファレンスが REF_OFF1 になるデューティコマンドを設定します。
- DUTY_OFF1 と DUTY_ON1 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP1 および REF_OFF1 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-10 を参照)。
- DUTY_CLAMP1 は、そこまでリファレンスが一定に維持されるデューティコマンドを設定します。REF_CLAMP1 は、DUTY_OFF1 と DUTY_CLAMP1 の間のこの一定のリファレンスを設定します。DUTY_CLAMP1 は、DUTY_OFF1 と DUTY_A の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_A は、リファレンス REF_A のデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_CLAMP1 と DUTY_A の間を直線的に変化します。DUTY_A から DUTY_E は、図 7-10 と同じ順序である必要があります。

- DUTY_B は、それを上回ると MCF8329HS-Q1 がオフ状態になるデューティコマンドを設定します。このリファレンスは、DUTY_A と DUTY_B の間で一定 (REF_A) に維持されます。
- DUTY_C は、そこで方向が変わるデューティコマンドを設定します。
- DUTY_D は、それを上回ると MCF8329HS-Q1 が逆方向の動作状態になるデューティコマンドを設定します。REF_D は、DUTY_D と DUTY_E の間の一定のリファレンスを設定します。
- DUTY_E は、それを上回るとリファレンスが DUTY_E と DUTY_CLAMP2 の間を直線的に変化するデューティコマンドを設定します。
- DUTY_CLAMP2 は、それを上回るとリファレンスが一定 (REF_CLAMP2) に維持されるデューティコマンドを設定します。REF_CLAMP2 は、DUTY_CLAMP2 と DUTY_OFF2 の間のこの一定のリファレンスを設定します。DUTY_CLAMP2 は、DUTY_E と DUTY_OFF2 の間の任意の位置に配置できます。
- DUTY_OFF2 と DUTY_ON2 は、リファレンス制御入力 REF_CLAMP2 および REF_OFF2 間を遷移する際のヒステリシスを設定します (図 7-10 を参照)。
- DUTY_OFF2 は、それを上回るとリファレンスが REF_CLAMP2 から REF_OFF2 まで逆方向に変化するデューティコマンドを設定します。
- DUTY_HYS は、DUTY_B と DUTY_D で段階的に変化する際のヒステリシスを設定します。

7.3.6.5.4 マルチリファレンス モード動作

注

マルチリファレンス (混合) モード動作は、REF_PROFILE_CONFIG が 01b (リニア プロファイル) または 10b (階段プロファイル) に設定されているときのみ利用できます。

MIXED_MODE_CONFIG を 01b または 10b に設定すると、MCF8329HS-Q1 はマルチリファレンス モードでの動作を選択できるようになります。MIXED_MODE_CONFIG が 01b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 は、DUTY_CMD が DUTY_C に達するまで速度、電流、または電力リファレンス モードで動作し、その後、電圧リファレンス モードに切り替わって DUTY_C から 100% デューティコマンドまで動作します (図 7-11 を参照)。

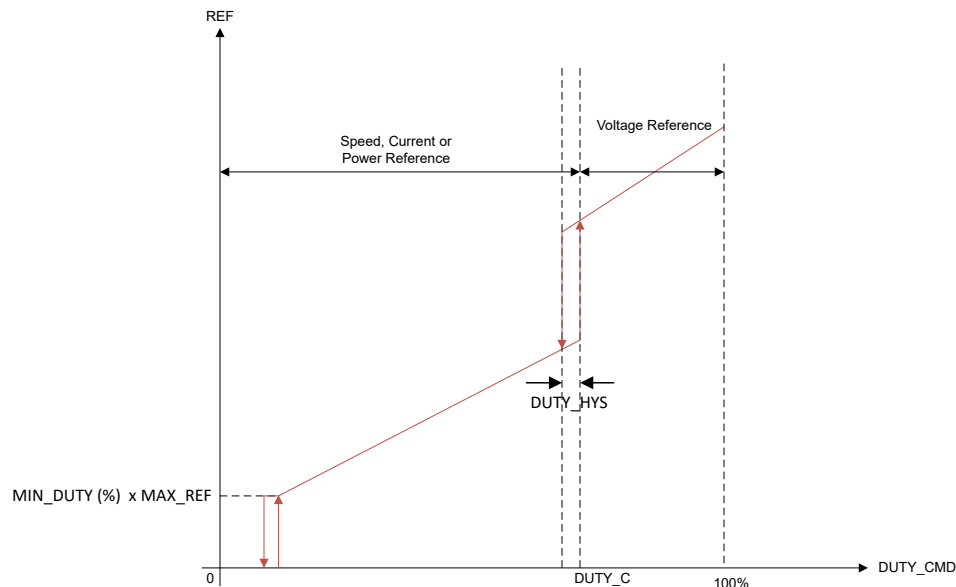


図 7-11. マルチリファレンス モード動作 (MIXED_MODE_CONFIG = 01b の場合)

逆に、MIXED_MODE_CONFIG が 10b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 は、DUTY_C まで電圧リファレンス モードで動作し、その後、速度、電流、または電力リファレンスに切り替わって DUTY_C から 100% デューティコマンドまで動作します (図 7-12 を参照)。

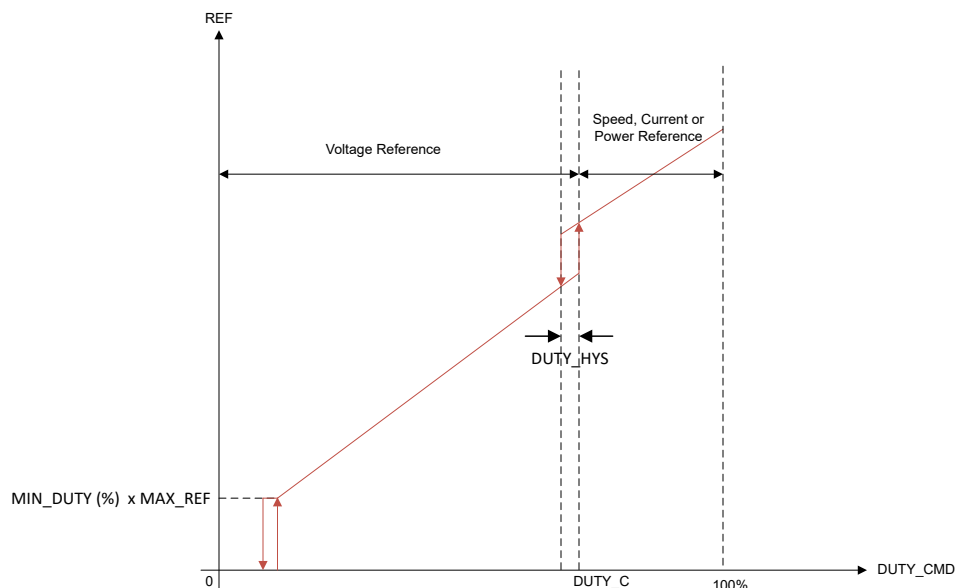


図 7-12. マルチリファレンス モード動作 (MIXED_MODE_CONFIG = 10b の場合)

7.3.6.5.5 プロファイラを使わない入力リファレンス伝達関数

入力リファレンスには、CTRL_MODE による設定に従って、速度、電力、電流、または電圧のコマンドを使用できます。

注

- このモードでは、MIN_DUTY < REF_CLAMP1 の場合、最小リファレンスは MIN_DUTY ではなく REF_CLAMP1 によって設定されます。たとえば、MIN_DUTY が 1%、REF_CLAMP1 が 5% に設定されている場合、リファレンスの最小値は REF_CLAMP1 x MAX_REFERENCE です。MAX_REFERENCE は、入力リファレンス モードに応じて、MAX_SPEED、MAX_POWER、ILIMIT、または 100% にすることができます。
- MIN_DUTY を使って基準の最小値を設定するためには、MIN_DUTY > REF_CLAMP1 と設定します。

速度リファレンスの伝達関数

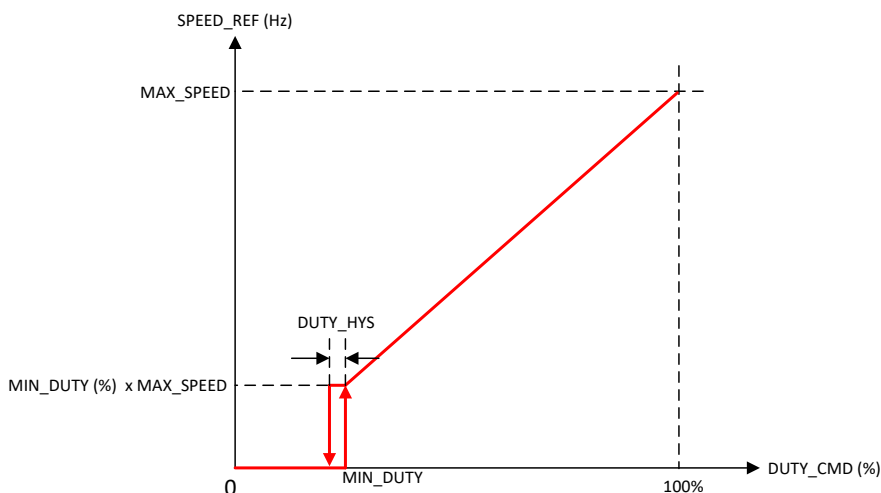


図 7-13. 速度リファレンスの伝達関数

図 7-13 に、DUTY_CMD と SPEED_REF との関係を示します。MAX_SPEED は、100% の DUTY_CMD での SPEED_REF を設定します。MIN_DUTY は、SPEED_REF の最小値 (MIN_DUTY x MAX_SPEED) を設定します。MAX_SPEED が 0Hz に設定されると、SPEED_REF は (DUTY_CMD に関係なく) 0 にクランプされ、モーターは停止状態になります。

電力リファレンスの伝達関数

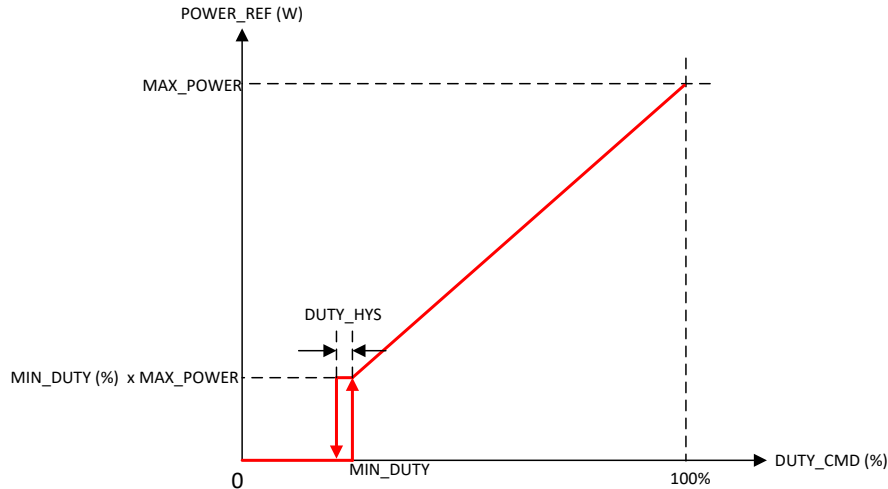


図 7-14. 電力リファレンスの伝達関数

図 7-14 に、DUTY_CMD と POWER_REF との関係を示します。MAX_POWER は、100% の DUTY_CMD での POWER_REF を設定します。MIN_DUTY は POWER_REF の最小値 (MIN_DUTY x MAX_POWER) を設定します。MAX_POWER が 0W に設定されている場合、POWER_REF は (DUTY_CMD に関係なく) 0 にクランプされ、モーターは停止状態になります。

電圧リファレンスの伝達関数

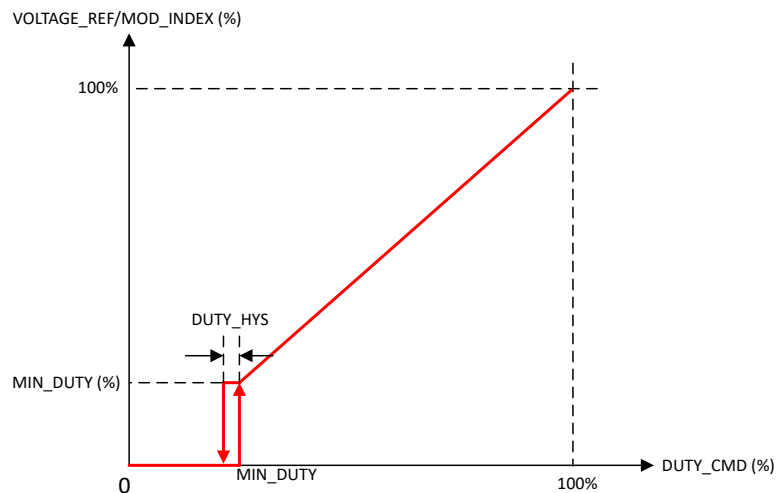


図 7-15. 電圧リファレンスの伝達関数

電圧制御モードでは、モーターに印加される相電圧は DUTY_CMD に比例します (MIN_DUTY から 100% まで) (図 7-15 を参照)。DUTY_CMD が MIN_DUTY より小さい場合、モーターに印加される電圧は 0 にクランプされます。

電流入力の伝達関数

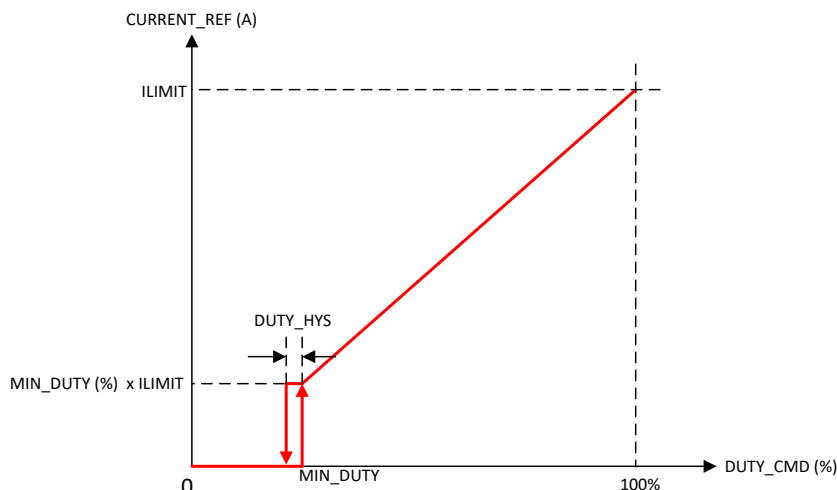


図 7-16. 電流リファレンスの伝達関数

図 7-16 に、DUTY_CMD と CURRENT_REF との関係を示します。ILIMIT は、100% の DUTY_CMD での CURRENT_REF を設定します。MIN_DUTY は CURRENT_REF の最小値 (MIN_DUTY x ILIMIT) を設定します。

7.3.7 ブートストラップコンデンサの初期充電

MCF8329HS-Q1 は、起動時にブートストラップコンデンサをプリチャージする機能を備えています。そのアルゴリズムでは、GLx ピンの PWM ターンオンパルスを使って外付けローサイド MOSFET をターンオンすることで、各相のブートストラップコンデンサを充電するシーケンスを使います (図 7-17 を参照)。その充電シーケンスの中で、ローサイド MOSFET は、PWM FREQUENCY で設定された周波数と $t_{LS_ON_BC}$ のオン時間 (5% のオン時間デューティサイクル) でスイッチングされます。各相は、BST_CHRG_TIME の 1/3 に等しい期間にわたって充電されます。

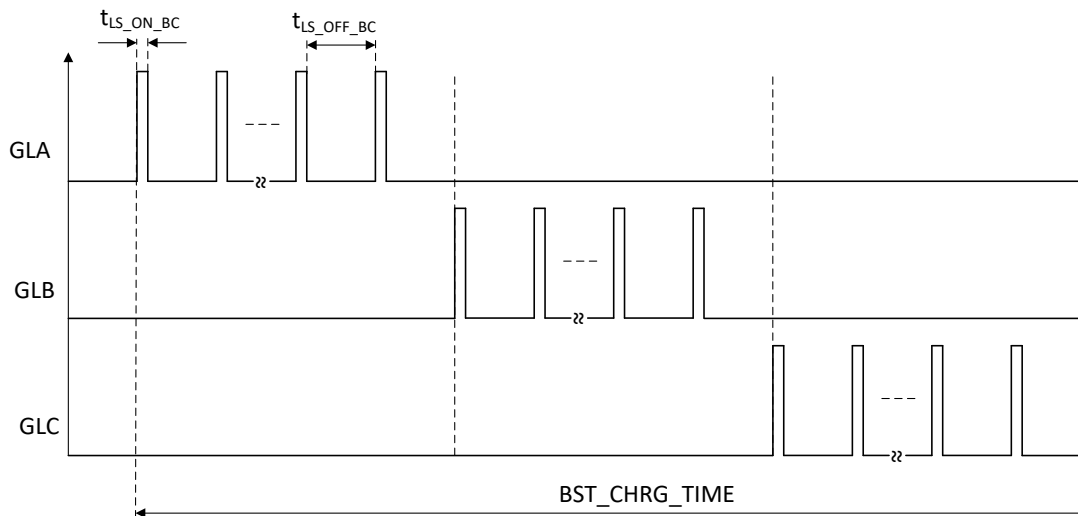


図 7-17. 起動時のブートストラップコンデンサのプリチャージ

7.3.8 異なる初期条件でのモータの起動

MCF8329HS-Q1 が起動プロセスを開始する際、モーターは 3 つの状態のいずれかになります。モーターの状態は、停止、正方向の回転、逆方向の回転のいずれかです。MCF8329HS-Q1 は、これらのすべての状態で確実にモーターを起動できるように、各種機能を備えています。図 7-18 に、モーターの 3 つの初期状態のそれぞれのモーター起動フローを示します。

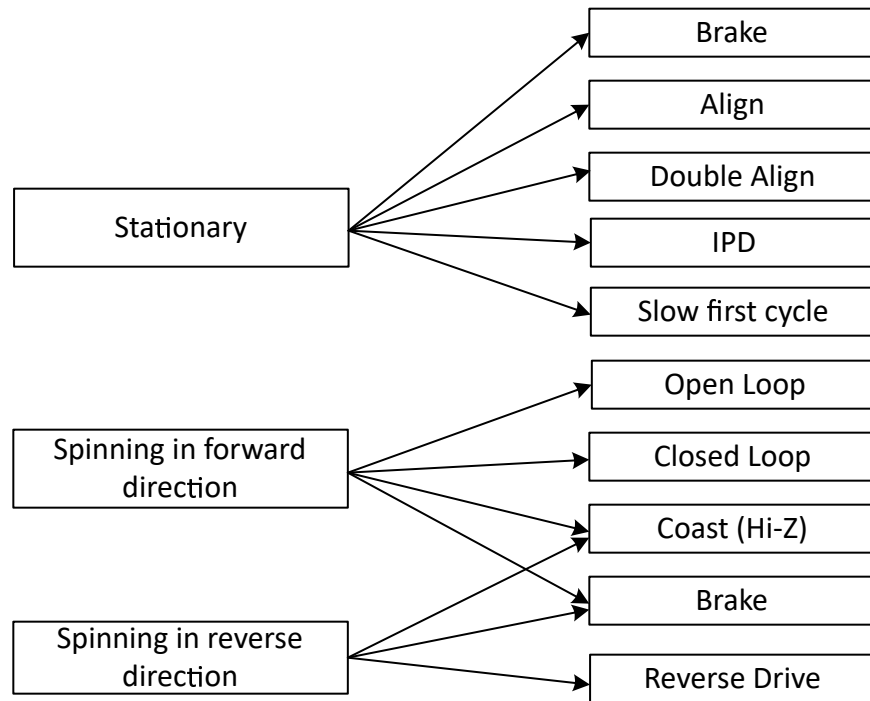


図 7-18. 異なる初期条件でのモーターの起動

注

「正方向」とは「命令された方向と同じ方向に回転すること」を意味し、「逆方向」とは「命令された方向と反対方向に回転すること」を意味します。

7.3.8.1 ケース 1 – モータが停止

モーターが停止している場合、モーターの位置と位相が一致するように整流を初期化する必要があります。MCF8329HS-Q1 は、モーター位置に対して整流ロジックを初期化し、モーターを確実に起動させるための各種機能を備えています。

- アラインおよびダブル アライン方式では、特定のモーター位相にわたって電圧を印加することで、この位相に合わせてモーターを強制的に回転させ、モーターを強制的に整列させます。
- 初期位置検出 (IPD) は、決定論的なインダクタンス変動に基づいてモーターの位置を決定します。この変動は BLDC モーターにしばしば存在するものです。
- スロー ファースト サイクル方式は、電気的な 1 回転が完了するまでに、印加される整流に対して回転子の位置が整列するように、低周波数のサイクルを印加することでモーターを起動します。

MCF8329HS-Q1 は、上記の起動方法の 1 つを開始する前にモーターが確実に停止するように、設定可能なブレーキ機能も備えています。本デバイスは、設定された起動方法を実行した後、開ループ加速に移行します。

7.3.8.2 ケース 2 – モータが順方向に回転

モーターが、十分な速度 (BEMF) で正方向 (命令された方向と同じ方向) に回転している場合、MCF8329HS-Q1 は回転するモーターに再同期し、閉ループ動作に直接移行することで整流を継続します。モーター速度が低すぎて閉ループ動作に入れない場合、MCF8329HS-Q1 は、閉ループ動作に入るのに十分な速度に達するまでモーターを加速するために、開ループ動作に移行します。回転するモーターに再同期することで、ユーザーはこの初期条件において可能な限り高速な起動時間を達成できます。この再同期機能は、RESYNC_EN によって有効化または無効化できます。MCF8329HS-Q1 では、再同期が無効化されている場合、モーターが惰性で回転して停止するまで待つように、またはブレーキをかけるように設定できます。モーターが回転を停止した後、モーターが停止していることを踏まえて、ケース 1 のようにモーター起動シーケンスが進行します。

7.3.8.3 ケース 3 – モーターが逆方向に回転

モーターが逆方向 (命令された方向とは反対の方向) に回転している場合、MCF8329HS-Q1 は、方向を変え、命令された方向の目標リファレンスまでモーターを駆動するための各種手段を備えています。

リバースドライブ方式を使うと、モーターがゼロ速度まで減速するようにモーターを駆動できます。逆方向に回転している場合、モーターは最短のスピンアップ時間を達成します。

MCF8329HS-Q1 では、リバースドライブが無効化されている場合、モーターが惰性で回転して停止するまで待つように、またはブレーキをかけるように設定できます。モーターが回転を停止した後、モーターが停止していることを踏まえて、ケース 1 のようにモーター起動シーケンスが進行します。

注

リバースドライブまたはブレーキ機能を使う際は、電流が許容レベルに制限されるように、また、エネルギーが電源に逆流することで電源電圧が急激に増加しないように注意します。

7.3.9 モータの起動シーケンス (MSS)

図 7-19 に、MCF8329HS-Q1 デバイスに実装されているモーター起動シーケンスを示します。

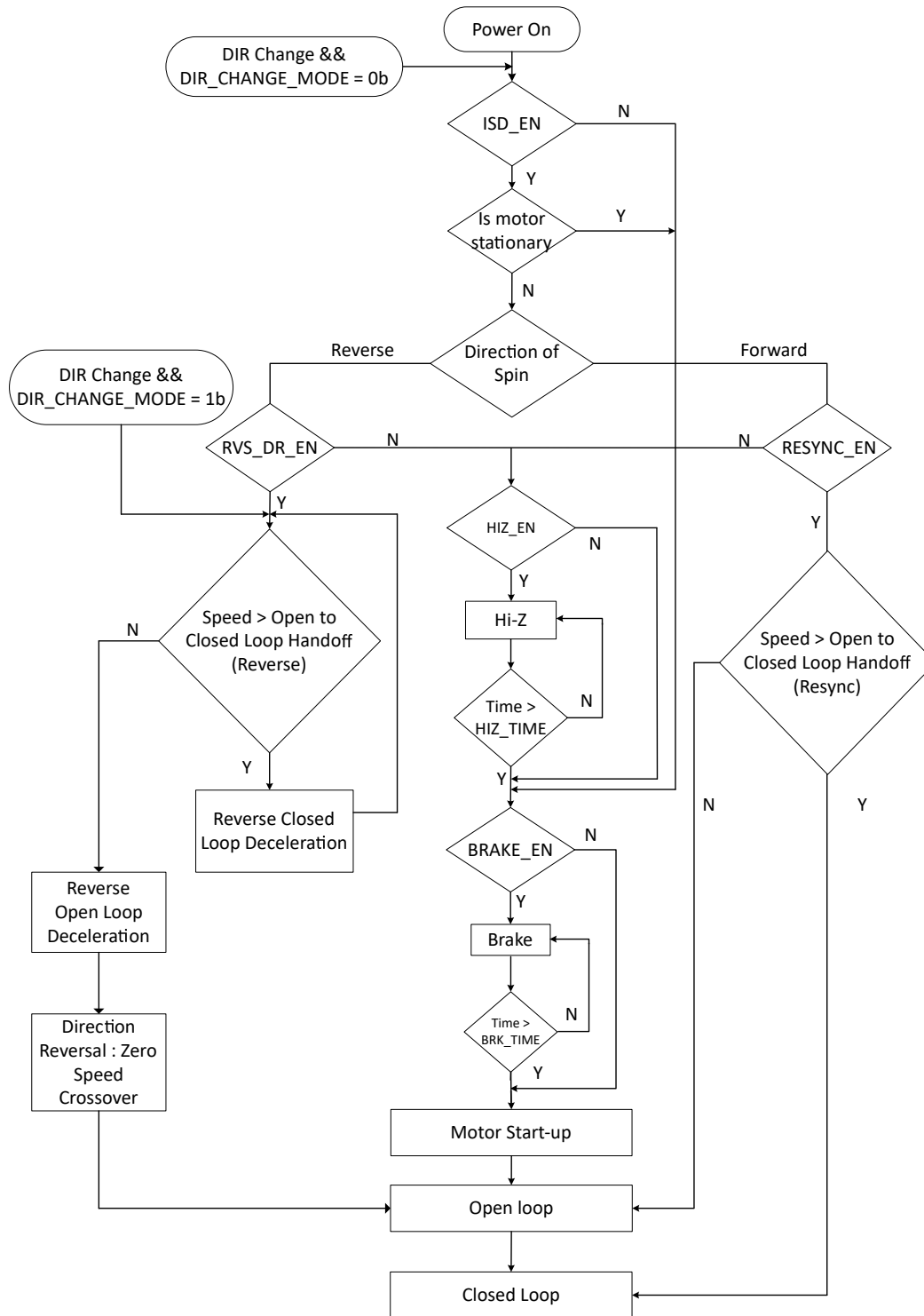


図 7-19. モーター起動フロー

パワーオン状態	これは、モーター起動シーケンス (MSS) の初期状態です。最初のパワーアップ時、またはスタンバイまたはスリープ モードから MCF8329HS-Q1 が復帰したときは常に、MSS はこの状態で開始します。
DIR 変更 && DIR_CHANGE_MODE = 0b 判定	MCF8329HS-Q1 では、すべての状態 (閉ループを含む) で、方向変更コマンドが検出され、かつ DIR_CHANGE_MODE が 0b に設定されている場合、本デバイスは MSS を再起動します。
ISD_EN 判定	パワーオン後、MCF8329HS-Q1 の MSS は、初期速度検出 (ISD) 機能が有効化されている (ISD_EN = 1b) かどうかを調べる ISD_EN 判定に入ります。ISD が無効化されている場合、MSS は直接 BRAKE_EN 判定に進みます。ISD が有効化されている場合、MSS は ISD (Is Motor Stationary) 状態に進みます。
ISD 状態	MSS はモーターの初期条件 (速度、回転方向) を決定します (「初期速度検出 (ISD)」を参照)。モーターが停止している (モーター BEMF < STAT_DETECT_THR) と見なされた場合、MSS は BRAKE_EN 判定に進みます。モーターが停止していない場合、MSS は回転方向の検証に進みます。
回転方向判定	MSS は、モーターが正方向と逆方向のどちらで回転しているのかを判定します。モーターが正方向に回転している場合、MCF8329HS-Q1 は RESYNC_EN 判定に進みます。モーターが逆方向に回転している場合、MSS は RVS_DR_EN 判定に進みます。
RESYNC_EN 判定	RESYNC_EN が 1b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 は「速度」>「開ループ - 閉ループ ハンドオフ」(再同期) 判定に進みます。RESYNC_EN が 0b に設定されている場合、MSS は HIZ_EN 判定に進みます。
「速度」>「開ループ - 閉ループ ハンドオフ」(再同期) 判定	モーター速度が FW_DRV_RESYN_THR より大きい場合、MCF8329HS-Q1 は ISD 状態から得た速度および位置情報を使用して、閉ループ状態に直接遷移します (「モーターの再同期化」を参照)。モーター速度が FW_DRV_RESYN_THR より小さい場合、MCF8329HS-Q1 は開ループ状態に遷移します。
RVS_DR_EN 判定	MSS は、リバースドライブ機能が有効化されている (RVS_DR_EN = 1) かどうかを確認します。リバースドライブ機能が有効化されている場合、MSS は逆方向モーター速度の確認に遷移します。リバースドライブ機能が有効化されていない場合、MSS は HIZ_EN 判定に進みます。
「速度」>「開ループ - 閉ループ ハンドオフ」(再同期) 判定	MSS は、MCF8329HS-Q1 が閉ループで減速するべき程度の、大きい逆転速度であるかどうかを確認します。速度 (逆方向) が十分上がるまで、MSS は逆方向閉ループ減速にとどまります。速度が低すぎると、MSS は逆方向開ループ減速に遷移します。
逆方向閉ループ、開ループ減速、 ゼロ速度クロスオーバー	MCF8329HS-Q1 は逆方向で再同期し、モーター速度がハンドオフ スレッショルドを下回るまで、閉ループでモーターを減速させます。 (「リバースドライブ」を参照)。逆方向のモーター速度が低すぎる場合、MCF8329HS-Q1 は開ループに切り替わり、開ループでモーターを減速させ、ゼロ速度に達します。次に開ループで正方向に加速し、モーター速度が十分に上がった後、閉ループ動作に入ります。
HIZ_EN 判定	MSS は、コースト (ハイ インピーダンス) 機能が有効化されている (HIZ_EN = 1) かどうかを確認します。コースト機能が有効化されている場合、MSS はコースト ルーチンに進みます。コースト機能が無効化されている場合、MSS は BRAKE_EN 判定に進みます。
コースト (ハイ インピーダンス) ルーチン	本デバイスは、HIZ_TIME によって設定された特定の時間の間、6 つの MOSFET のすべてをターンオフすることで、モーターを惰性で回転させます。
BRAKE_EN 判定	MSS は、ブレーキ機能が有効化されている (BRAKE_EN = 1) かどうかを確認します。ブレーキ機能が有効化されている場合、MSS はブレーキ ルーチンに進みます。ブレーキ機能が無効化されている場合、MSS はモーター起動状態に進みます (セクション 7.3.9.4 を参照)。

ブレーキ ルーチン

MCF8329HS-Q1 は、BRK_TIME の間、3 つのローサイド MOSFET のすべてをターンオンすることで、ブレーキを掛けます。

閉ループ状態

この状態では、MCF8329HS-Q1 は FOC を使ってモーターを駆動します。

注

ユーザーは、ブートストラップ コンデンサを完全に充電するのに十分な起動時間を確保する必要があります。ブートコンデンサを充電する 1 つの オプションは、起動時にローサイド ブレーキで十分な時間を確保することです。その他に、ブートストラップ プリチャージ ルーチンを使用するオプションがあります。ブートストラップ電圧が UVLO スレッシュホールドを超えた後にのみ、本デバイスは ISD を開始します。

7.3.9.1 初期速度検出 (ISD)

ISD 機能は、モーターの初期状態を識別するために使われ、ISD_EN を 1b に設定することで有効化されます。最初の速度、位置、方向は、内蔵 ADC を使って位相電圧をサンプリングすることで判断されます。ISD は、ISD_EN を 0b に設定することで無効化できます。この機能が無効化 (ISD_EN が 0b に設定) されている場合、MCF8329HS-Q1 は初期速度検出機能を実行せず、ブレーキ ルーチン (BRAKE_EN) が有効化されているかどうかの確認に進みます。

7.3.9.2 モータの再同期化

モーター再同期機能は、ISD 機能と再同期機能がどちらも有効化されており、かつモーターの初期状態が正方向 (命令された方向と同じ方向) の回転であると本デバイスが判断した場合に機能します。ISD 中に測定された速度と位置の情報は、MCF8329HS-Q1 の駆動状態を初期化するために使われます (初期化された駆動状態は閉ループ状態 (または閉ループ動作に必要なモーター速度が不足している場合は開ループ状態) に直接遷移でき、モーターを停止させる必要はありません)。MCF8329HS-Q1 のモーター再同期機能は RESYNC_EN ビットによって有効化 / 無効化できます。モーター再同期機能が無効化されている場合、本デバイスはモーター コースト (ハイ インピーダンス) ルーチンが有効化されているかどうかの確認に進みます。

7.3.9.3 リバース ドライブ

ISD_EN と RVS_DR_EN の両方が 1b に設定されており、かつモーターの回転方向が、指令された方向と反対であると ISD が判断した場合、MCF8329HS-Q1 はリバースドライブ機能を使ってモーターの回転方向を変更します。リバースドライブは、逆方向でのモーター速度との同期、ゼロ速度までの逆方向のモーター減速、方向転換、本デバイスが正方向の開ループに遷移するまでの正方向 (命令された方向) の開ループ加速から成ります (図 7-20 を参照)。

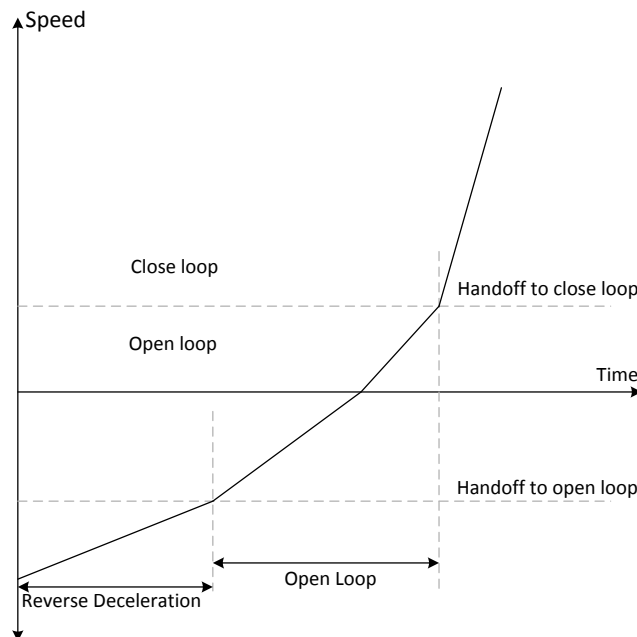


図 7-20. リバース ドライブ機能

7.3.9.3.1 リバース ドライブチューニング

モーターが逆方向の開ループに入る際の速度は、REV_DRV_HANDOFF_THR によって設定できます。ジャークも同期喪失も起こさずに滑らかに遷移させるため、REV_DRV_OPEN_LOOP_CURRENT を設定することで、速度反転中にモーターが開ループで回転する際の電流を適切な値に制限できます。速度反転中の正方向の開ループ加速、REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A1 とによって設定されます。モーターが逆方向にゼロ速度まで減速する際のリバース ドライブ 開ループ減速度は、リバース ドライブ 開ループ加速度のパーセンテージとして REV_DRV_OPEN_LOOP_DEC によって設定できます。

7.3.9.4 モータ起動

停止位置からモーターを起動するために各種の機能が備わっており、これらの機能の選択は MTR_STARTUP によって設定できます。アラインおよびダブル アライン モードでは、DC 電流の注入によって、モーターは既知の位置に整列します。IPD モードでは、6 つの異なる高周波数パルスを印加することで、回転子の位置が推定されます。スロー ファースト サイクル モードでは、低周波数のサイクルを印加することで、モーターが起動されます。

7.3.9.4.1 アライン

アラインは、MTR_STARTUP を 00b に設定することで有効化されます。MCF8329HS-Q1 は、ALIGN_TIME によって設定された特定の時間の間、特定の位相パターンを使って DC 電流を注入することで、モーターを整列させます。MCF8329HS-Q1 では、アライン中の電流制限値は、ALIGN_OR_SLOW_CURRENT_ILIMIT によって設定されます。

位相電流が急速に変化すると、駆動トルクが急激に変化し、音響ノイズが発生する可能性があります。これを回避するために、MCF8329HS-Q1 は、ALIGN_SLOW_RAMP_RATE によって設定された構成可能なレートで、電流を 0 から電流制限値まで増加させていきます。アライン ルーチンの終了時に、モーターは既知の位置に整列します。

7.3.9.4.2 ダブル アライン

ダブル アラインは、MTR_STARTUP を 01b に設定することで有効化されます。回転子の初期位置が、適用された位相パターンに対して 180° 位相がずれている場合、シングル アラインは頼りになりません。この場合、シングル アラインを使うと起動に失敗する可能性があります。アライン方式の起動の信頼性を高めるため、MCF8329HS-Q1 ではダブル アライン起動機能を選択できます。ダブル アライン起動では、MCF8329HS-Q1 は、第 1 のアラインの相パターンより 90° 進んだ第 2 のアラインの相パターンを使用します。ダブル アラインでは、アライン時間、電流制限、ランプ レートなどの関連パラメータは、シングル アラインで使われるものと同じです。初期の回転子位置に関係なく、モーターが既知の位置に確実に整列するように、2 つの異なる位相パターンが同じパラメータを使って連続して適用されます。

7.3.9.4.3 初期位置検出 (IPD)

初期位置検出 (IPD) は、MTR_STARTUP を 10b に設定することで有効化できます。IPD では、モーター インダクタンスの空間的変動を利用してモーターの初期位置を決定するために誘導検出方式が使われます。

アラインまたはダブル アラインを行うと、開ループ加速を開始する前に、モーターが逆方向に回転する可能性があります。IPD は、モーターの逆回転が許されないアプリケーションでも使用できます。IPD は、モーターが整流に整列するのを待たないため、より速いモーター起動シーケンスを実現できます。IPD は、モーターのインダクタンスが位置の関数として変化する場合にうまく機能します。IPD は、モーターにパルス電流を印加することで動作するため、音響ノイズが発生する可能性があります。特定のアプリケーションでは、最適な起動方法を決定する際にこのことを考慮する必要があります。

7.3.9.4.3.1 IPD 動作

IPD は、BC → CB → AB → BA → CA → AC のシーケンスに従って 6 種類の位相パターンを順に印加することで動作します (図 7-21 を参照)。IPD_CURR_THR によって設定されたスレッショルドに電流が達すると、MCF8329HS-Q1 は特定の位相パターンの駆動を停止し、特定の位相パターンが適用されたときからその電流スレッショルドに達するまでにかかった時間を測定します。このようにして、6 つの位相パターンのすべてについて、IPD_CURR_THR に達するのに要した時間が測定されます (この時間は、モーター巻線のインダクタンスの関数として変化します)。時間が最も短い状態は、インダクタンスが最小である状態を表します。インダクタンスが最小になるのは、モーターの N 極が、この特定の駆動状態に整列されている場合です。

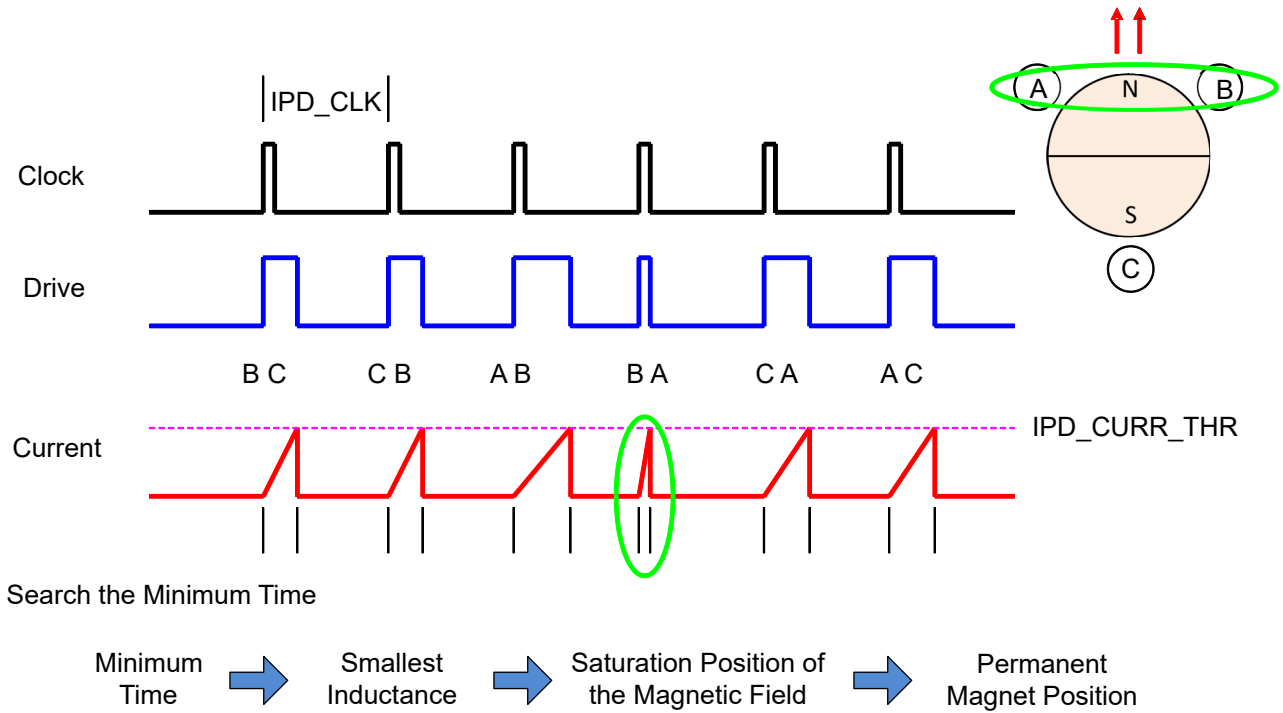


図 7-21. IPD の機能

7.3.9.4.3.2 IPD 解放

IPD 解放ではハイ インピーダンス モードを使います。このモードでは、ハイサイド MOSFET (HSA) とローサイド MOSFET (LSC) がどちらもターンオフし、電流はボディダイオードを通して電源に還流されます (図 7-22 を参照)。

IPD 解放中のハイ インピーダンス モードでは、モーターの DC 電源電圧 VM (V_{PVDD}) が上昇する可能性があります。クランプ回路の追加と、エネルギーを吸収するのに十分な V_{PVDD} - GND 間容量の追加を適切に選択することで、この問題を管理する必要があります。

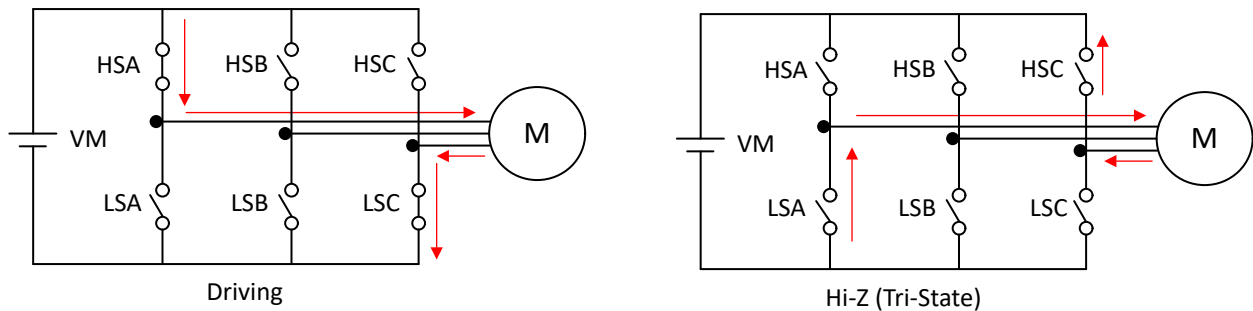


図 7-22. IPD 解放ハイ インピーダンス モード

7.3.9.4.3.3 IPD アドバンス角度

初期位置が検出された後、MCF8329HS-Q1 は、IPD_ADV_ANGLE で指定された角度で、開ループでモーターを駆動し始めます。

駆動角を $0^\circ \sim 180^\circ$ の任意の位置に進めると、正のトルクが得られます。駆動角度を 90° 進めると、最大の初期トルクが得られます。最初から最大トルクを加えると、回転子の加速がぎくしゃくする可能性があります。アプリケーションで滑らかな加速が得られるように IPD_ADV_ANGLE を選択します (図 7-23 を参照)。

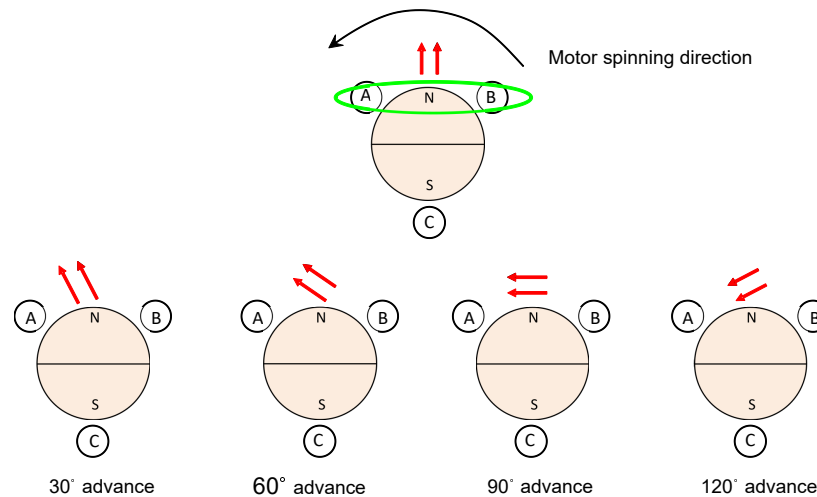


図 7-23. IPD アドバンス角度

7.3.9.4.4 スロー ファースト サイクル起動

MTR_STARTUP を 11b に設定することで、スロー ファースト サイクル起動が有効化されます。スロー ファースト サイクル起動では、MCF8329HS-Q1 は、SLOW_FIRST_CYC_FREQ によって設定された周波数でモーターの整流を開始します。設定された周波数は最初のサイクルでのみ使用され、その後モーター整流は、開ループ加速度係数 A1 および A2 によって設定された加速プロファイルに従います。スロー ファースト サイクルの周波数は、モーターが整流シーケンスと同期できるように、十分低く設定する必要があります。このモードではアライン時間を大幅に短縮できるため、高速起動が求められる場合に役立ちます。

7.3.9.4.5 開ループ

アライン、ダブル アライン、IPD、スロー ファースト サイクルのいずれかでモーター位置の初期化が完了すると、MCF8329HS-Q1 は開ループでモーターを加速し始めます。開ループ中、その速度は固定電流制限で増加します。開ループでは、 I_q と I_d の制御 PI ループは電流を能動的に制御します。開ループ中の角度は、ランプ ジェネレータから提供されます (図 7-24 を参照)。

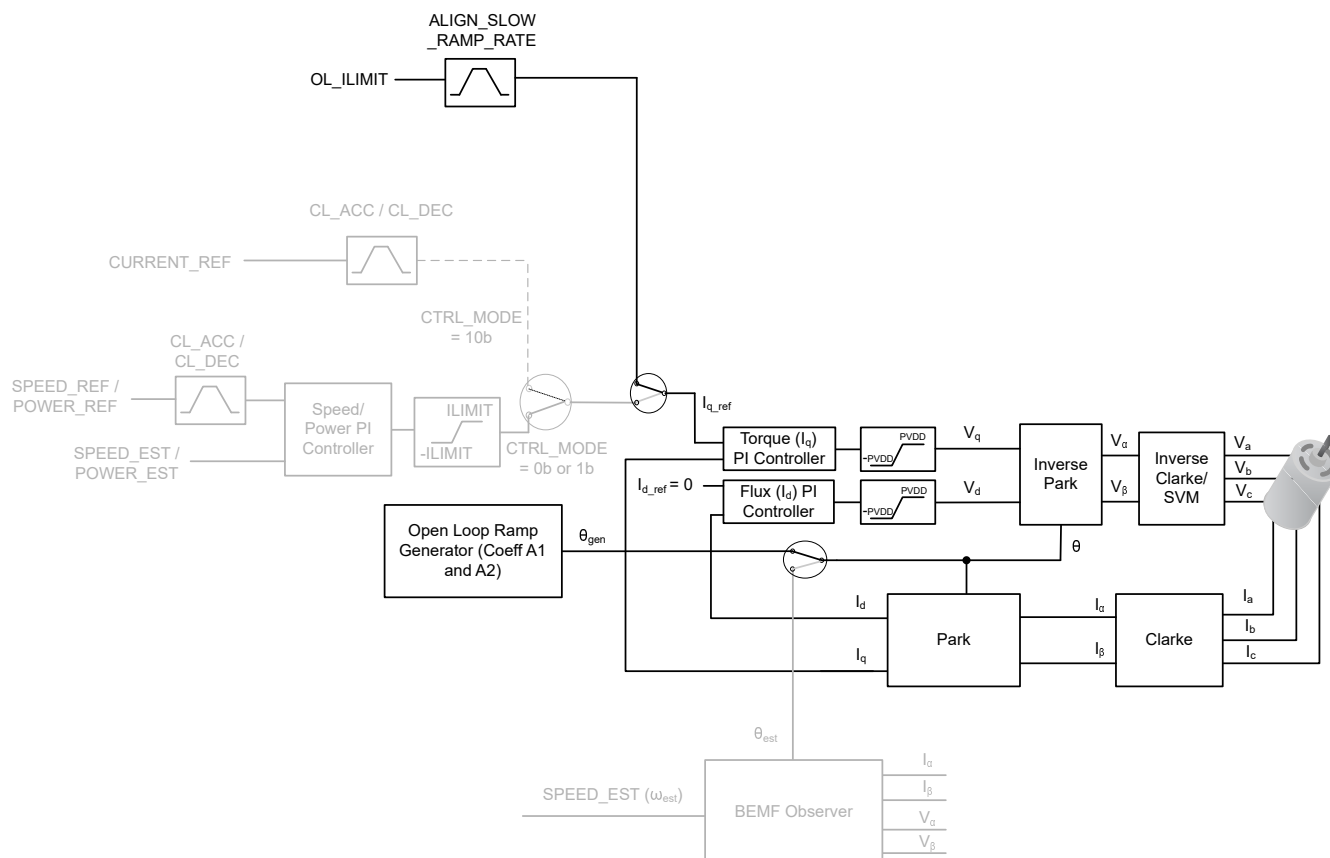


図 7-24. 開ループ

MCF8329HS-Q1 では、電流制限スレッシュホールドは によって設定され、によって設定されます。開ループ動作の機能は、逆起電力オブザーバが回転子の位置を正確に検出できるように、モーターが十分な BEMF を生成する速度までモーターを駆動することです。モーターは開ループで加速され、任意の時点での速度は [式 8](#) で求められます。MCF8329HS-Q1 では、開ループ加速度係数 (A1 と A2) はそれぞれ OL ACC A1 と OL ACC A2 によって設定されます。

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

7.3.9.4.6 オープンループからクローズループへの遷移

モーターが十分な速度に達してモーターの角度および速度を逆起電力オブザーバが推定できるようになると、MCF8329HS-Q1 は閉ループ状態に遷移します。このハンドオフ速度は、逆起電力とモーター速度の測定値に基づいて自動的に決定されます。また、OPN_CL_HANDOFF_THR を設定し、AUTO_HANDOFF_EN を 0b に設定することで、ハンドオフ速度を手動で設定することもできます。速度が急変することなく、遷移が円滑に行われるように、遷移後、 θ_{error} ($\theta_{\text{gen}} - \theta_{\text{est}}$) は直線的に減少します。 θ_{error} 低減のランプ レートは THETA_ERROR_RAMP_RATE によって設定できます。開ループ中に設定された電流制限値が大きく、かつ閉ループに遷移する前にその電流制限値が低減されない場合、閉ループに遷移した後、一時的にモーター速度が SPEED_REF の値を上回る可能性があります。このような速度の変動を防ぐため、IQ_RAMP_DOWN_EN を 1b に設定します。そうすれば、閉ループに遷移する前に、 i_{q_ref} が小さくなります。ただし、最終的な速度リファレンス (SPEED_REF) が開ループ - 閉ループ ハンドオフ速度 (OPN_CL_HANDOFF_THR) の 2 倍より大きい場合、より速いモーター加速を可能にするため、IQ_RAMP_DOWN_EN の設定にかかわらず、 i_{q_ref} は小さくなりません。

十分な速度で閉ループにハンドオフされた後も、エスティメータが完全にはアラインされていないために、依然として θ 誤差が残っている可能性があります。開ループ - 閉ループ遷移の後に弱い加速を使うことで、 θ 誤差を確実にゼロに低減できます。この弱い加速は **CL SLOW ACC** によって設定できます。

図 7-25 に、開ループ - 閉ループ遷移の制御シーケンスを示します。IQ_RAMP_DOWN_EN が 1b に設定されている場合、電流 i_{q_ref} は電流減衰領域でより小さい値に減少します。IQ_RAMP_DOWN_EN が 0b に設定されている場合、電流減衰領域は遷移シーケンスに存在しません。

注

Iq ランプ ダウンは、IQ_RAMP_DOWN_EN の設定に関係なく、速度制御モード (CTRL_MODE = 00b) の場合にのみ利用できます

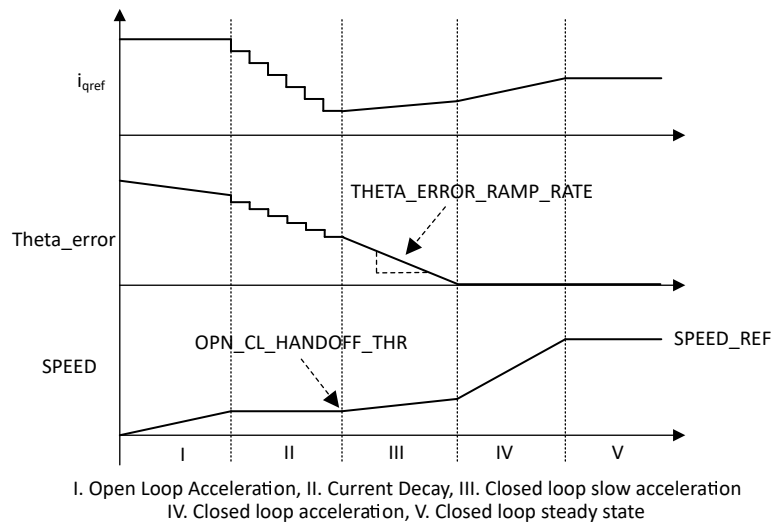


図 7-25. 開ループ - 閉ループ遷移の制御シーケンス

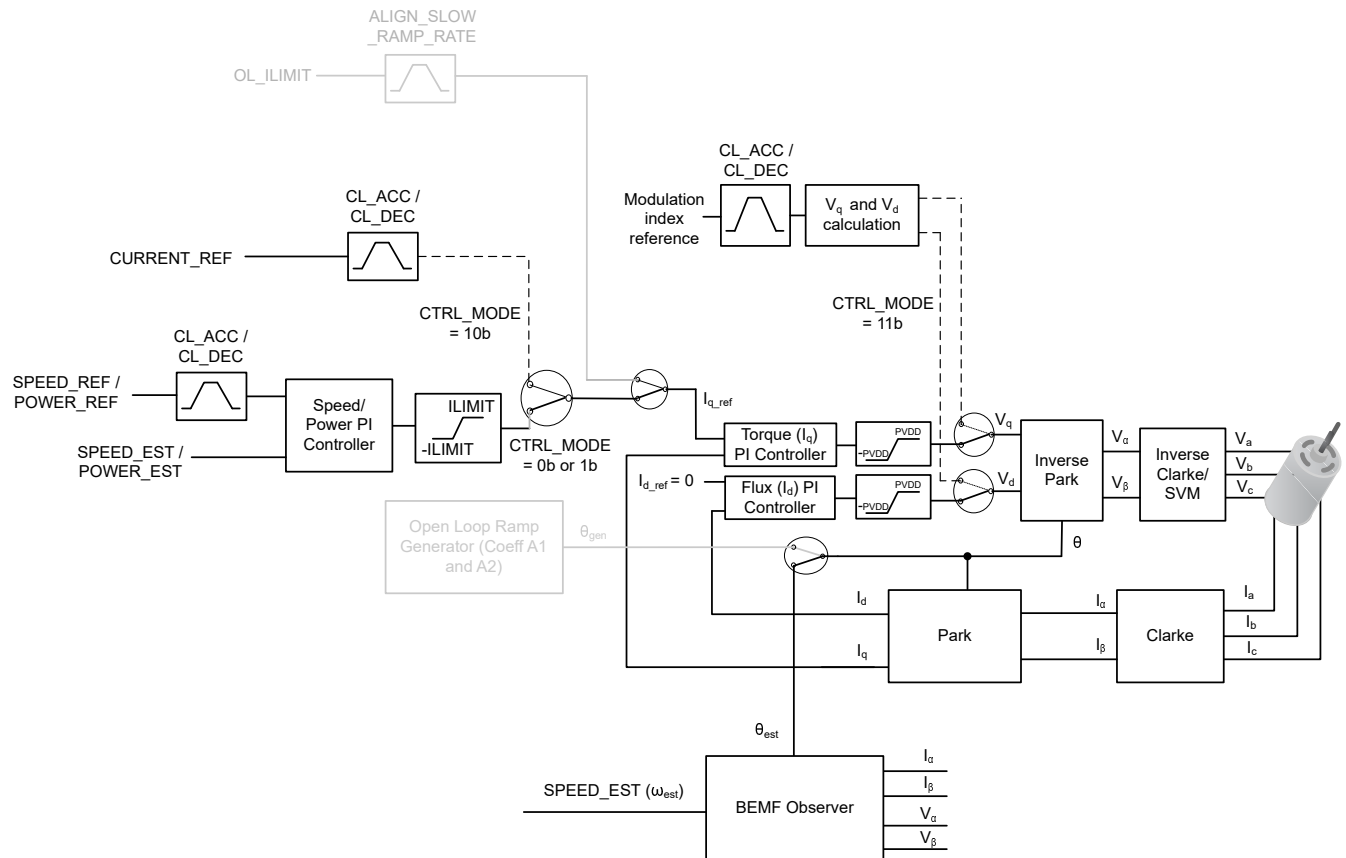


図 7-26. 開ループから閉ループへの遷移

7.3.10 閉ループ制御

MCF8329HS-Q1 はフィールド オリエンテッド制御 (FOC) を使用してモーターを駆動します (図 7-27 を参照)。閉ループ動作では、逆起 EMF オブザーバを使ってモーターの角度 (θ_{est}) と速度 (ω_{est}) が推定されます。速度および電流レギュレーションは、PI 制御ループを使って行われます。最大の効率を達成するため、直接軸電流はゼロ ($I_{d_ref} = 0$) に設定されます。これにより、固定子と回転子の磁界が互いに直交 (位相差が 90°) します。フラックス減衰または MTPA が有効化されている場合、閉ループ動作中、 I_{d_ref} は、ゼロまたは負の値に設定できます。

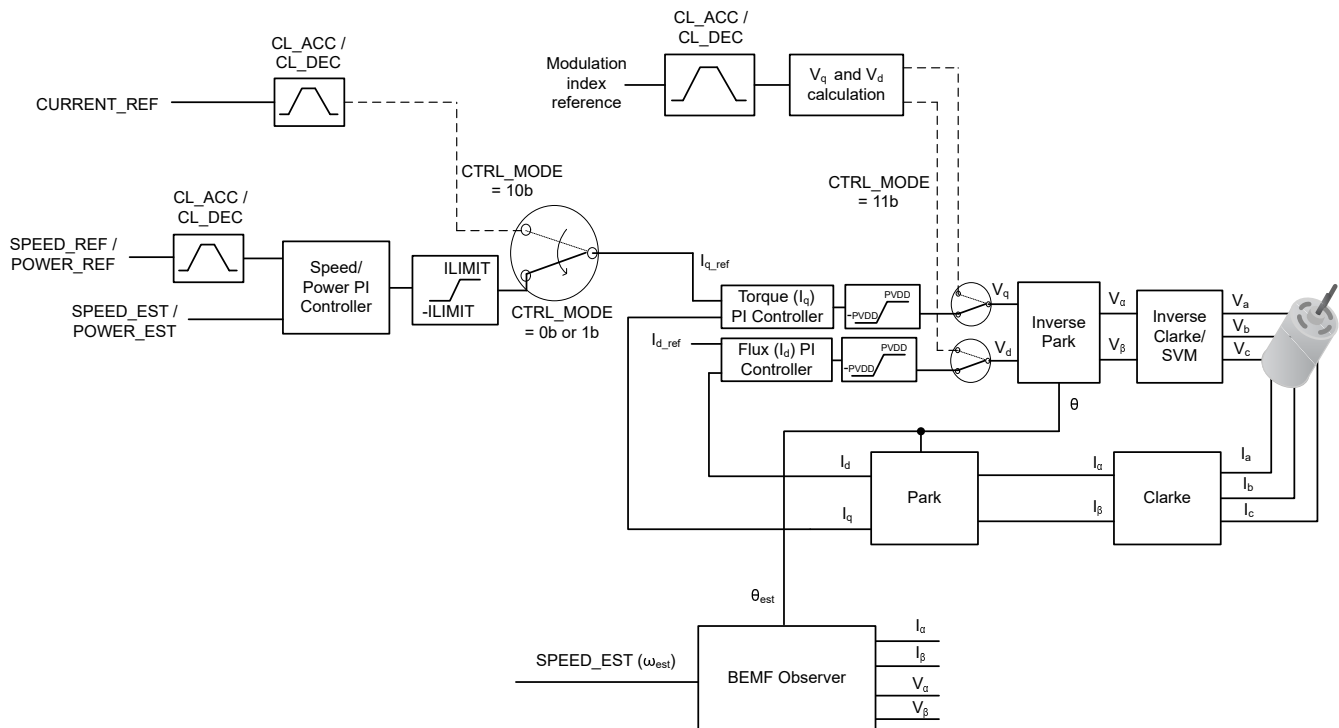


図 7-27. 閉ループ FOC 制御

7.3.10.1 Closed loop accelerate

During closed loop acceleration/deceleration, MCF8329HS-Q1 provides the option of configuring the slew rate of the reference input. This allows for a linear change in reference input (speed or power or current or modulation index) even when there is a step change in reference input (from Analog, PWM, Frequency or I²C) as seen in [Figure 7-28](#). This slew rate can be configured so as to prevent sudden changes in the torque applied to the motor which could result in acoustic noise. The closed loop acceleration/deceleration slew rate parameter, CL_ACC/CL_DEC, sets the slew rate of the reference during acceleration and deceleration (when AVS is not active) respectively.

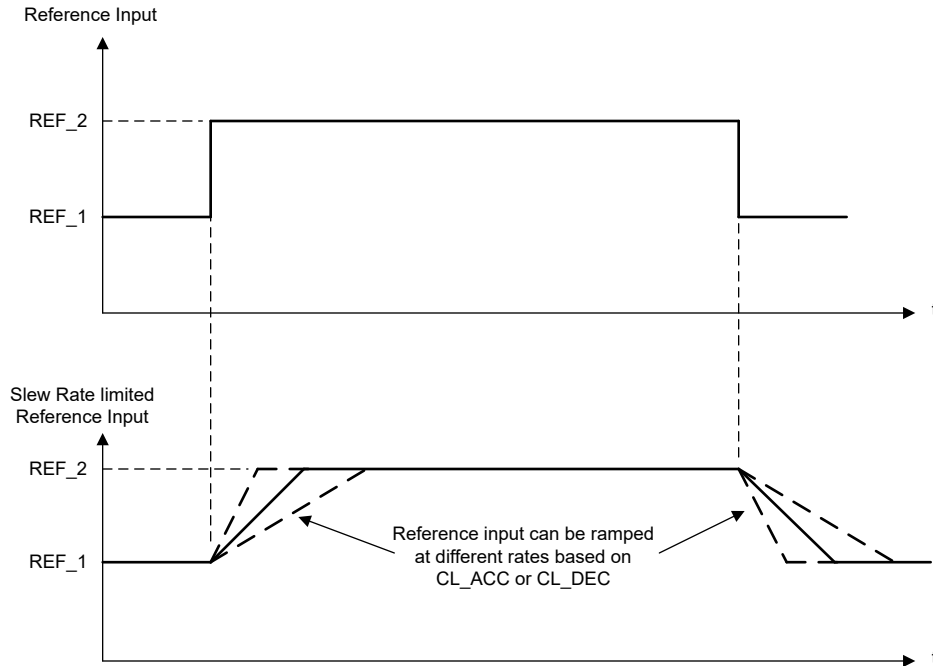


図 7-28. Closed Loop Acceleration/Deceleration Slew Rate

7.3.10.2 速度 PI 制御

統合された速度制御ループは、動作条件が変わっても一定の速度を維持するのに役立ちます。 K_p および K_i 係数は SPD_LOOP_KP と SPD_LOOP_KI によって設定されます。速度ループの出力は、トルク制御用の電流リファレンス (I_{q_ref}) を生成するために使われます。速度ループの出力は、電流制限値を実装するために制限されます。この電流制限値は ILIMIT によって設定されます。速度ループの出力が飽和すると、積分器ワインドアップを防止するため、積分器が無効化されます。

SPEED_REF_SLEW は、デューティ コマンド入力、ユーザーによって設定されたリファレンス (速度) プロファイルと閉ループ加速 / 減速レートから導かれ、SPEED_EST は逆起電力オブザーバによる推定速度です。

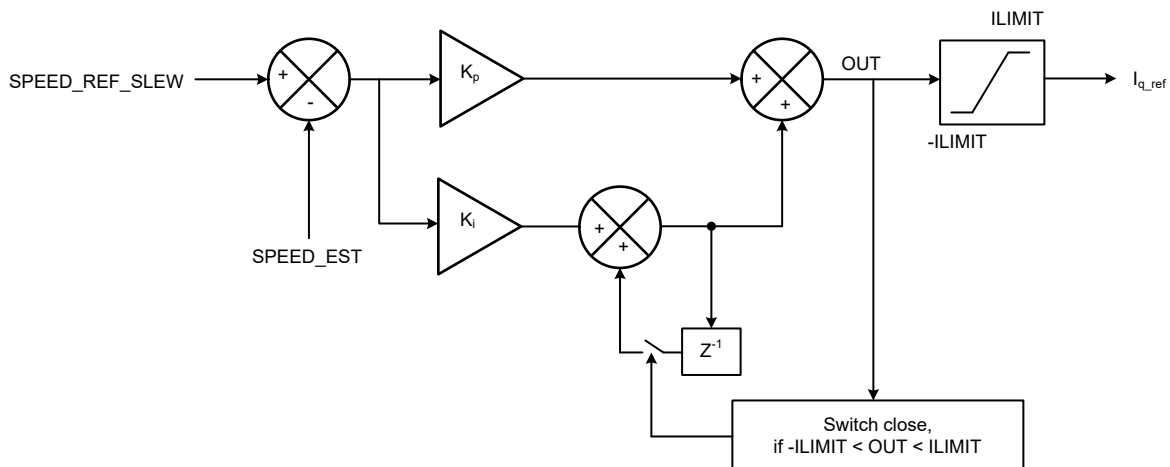


図 7-29. 速度 PI 制御

7.3.10.3 電流 PI 制御

MCF8329HS-Q1 は 2 つの PI コントローラを備えており、 I_d と I_q がそれぞれ磁束とトルクを個別に制御します。 K_p および K_i 係数はどちらの PI コントローラでも同じであり、CURR_LOOP_KP と CURR_LOOP_KI によって設定されます。電

流制御ループの出力は、モーターに印加される電圧信号 (V_d と V_q) を生成するために使われます。電流ループの出力は電源電圧 (PVDD) にクランプされます。 I_d 電流 PI ループが最初に行われ、 I_d 電流 PI ループの出力 (V_d) が飽和しているかどうかチェックされます。電流ループの出力が飽和すると、積分器ワインドアップを防止するため、積分が無効化されます。

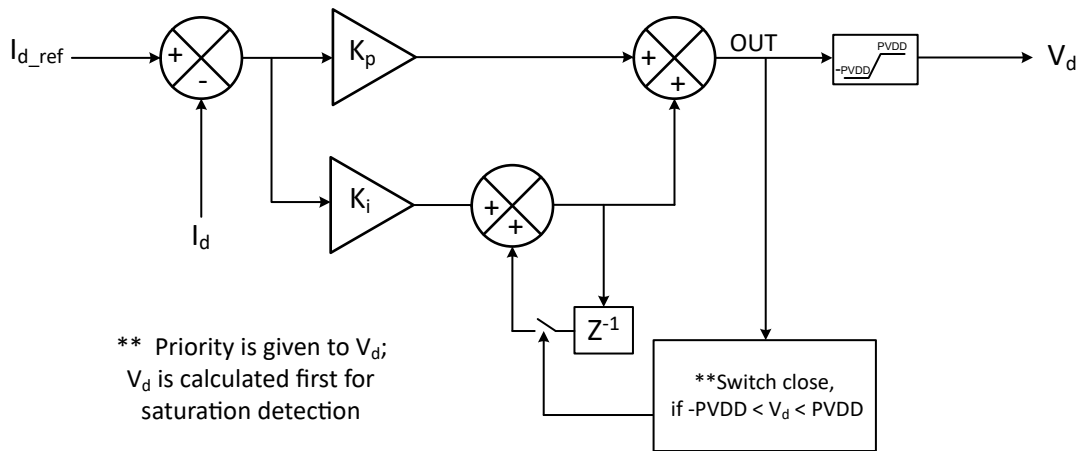


図 7-30. I_d 電流 PI 制御

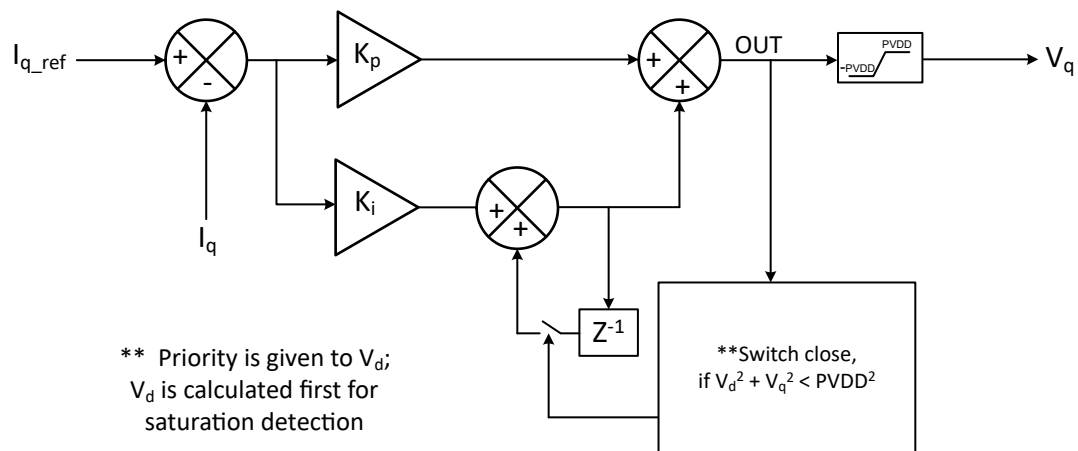


図 7-31. I_q 電流 PI 制御

7.3.10.4 過変調

MCF8329HS-Q1 は、印加される PWM パターンを適切に変更し、印加する基本位相電圧を上げることで、同じ PVDD 電圧でより高速にモーターを動作させるための過変調機能を備えています。この機能は、OVERMODULATION_ENABLE を 1b に設定することで有効化できます。

7.3.10.5 Power Loop

MCF8329HS-Q1 provides an option of regulating the (input DC) power instead of motor speed for a closed loop power control. Input power regulation (instead of motor speed) mode is selected by setting CTRL_MODE to 01b. The maximum power that MCF8329HS-Q1 can draw from the DC input supply is set by MAX_POWER. The K_p and K_i coefficients for power loop are configured through SPD_LOOP_KP and SPD_LOOP_KI.

$$POWER_REF(W) = DUTY_CMD \times Maximum\ Power\ (W) \quad (9)$$

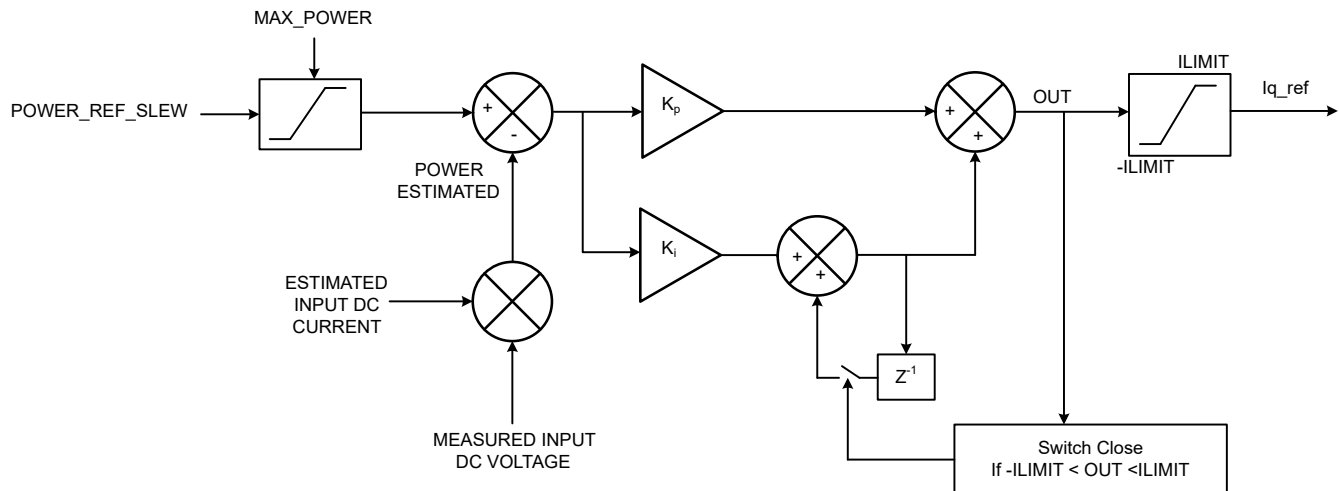


図 7-32. Closed Loop Power Control

7.3.10.6 変調インデックス制御

MCF8329HS-Q1 は、CTRL_MODE を 11b に設定することで選択される電圧制御モードを備えています。このモードでは、閉ループ速度制御、電力制御、電流制御 (i_q と i_d) は無効化されます。印加される V_q と V_d は、ユーザー定義の変調インデックス リファレンス電圧 (VOLTAGE REF) と進角設定を使用して直接制御されます。VOLTAGE REF は MIN_DUTY から 100% まで変化します。

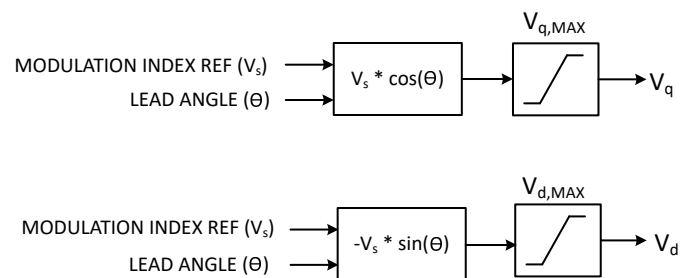


図 7-33. 開ループ電圧制御

注

1. 変調制御モードでサポートされる最大変調指数 (V_s) は、DIG_DEAD_TIME、SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME、PWM_FREQ_OUT の設定で決まります。

7.3.10.7 モーター速度制限

MCF8329HS-Q1 は、ユーザーが設定した制限値にモーター速度を制限する機能を備えています。SPEED_LIMIT_ENABLE が 1b に設定されている場合、入力リファレンス モードの種類 (電流、電力、電圧) と動作条件 (VM、負荷など) を問わず、入力リファレンス モードに応じて入力 DC 電力、モーター位相電流、電圧を制限することで、MCF8329HS-Q1 はモーター速度を MAX_SPEED に制限します。速度制限機能が作動 (モーター速度を MAX_SPEED に制限) している場合、MAX_SPEED 値の前後のチャタリングを最小限に抑えるため、加速 / 減速レートは CL_ACC/CL_DEC ではなく、CL_SLOW_ACC によって設定されます。速度制限機能が作動しなくなる (モーター速度 < MAX_SPEED) と、加速 / 減速レートは CL_ACC/CL_DEC に戻ります。

7.3.10.8 入力 DC 電力制限

MCF8329HS-Q1 は、モータードライバが入力 DC 電源 (VM) から引き出せる電力を制限する機能を備えています。BUS_POWER_LIMIT_ENABLE が 1b に設定されている場合、入力リファレンス モード (速度、電流、電圧) や動作条件 (VM、負荷など) に関係なく、MCF8329HS-Q1 は、(入力リファレンス モードに応じて) モーター速度、電流、または電圧を制限することで、入力 DC 電力を MAX_POWER に制限します。電力制限機能が作動している場合 (入力 DC 電力が MAX_POWER に制限されている場合)、加速 / 減速レートは、MAX_POWER 値の前後のチャタリングを最小限に抑えるために、CL_ACC/CL_DEC ではなく、CL_SLOW_ACC によって設定されます。電力制限機能が作動しなくなると (入力 DC 電力 < MAX_POWER)、加速 / 減速レートは CL_ACC/CL_DEC に戻ります。

7.3.11 アンペアあたり最大トルク (MTPA) 制御

磁気突極性を持つ PMSM または BLDC モーターは、直 (D) 軸インダクタンスと横 (Q) 軸インダクタンスの差からリラクタンストルクを生成します。IPM モーターの最大効率は、全電流の磁気トルク電流とリラクタンストルク電流との電流ベクトル比を適切に選択することで達成できます。MCF8329HS-Q1 はアンペアあたりの最大トルクを制御できます。その際、次の式のように、与えられたバス電流に対して、D 軸の電流リファレンスを Q 軸の電流リファレンスの関数として設定することで、最高のトルク性能を得ることができます。

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

Ld と Lq はそれぞれ D 軸と Q 軸のインダクタンスです。iq は Q 軸の電流、ψm は BEMF 定数です。回転子に突極性を持たないモーターの場合、D 軸と Q 軸のインダクタンスは同じであるため、最大トルクの点は常に D 軸の電流リファレンスが 0 である点となります。突極性を持つモーターの場合、上記の式で導出されるように D 軸リファレンスを Q 軸リファレンスの関数として設定することで、DC バスから供給されるあらゆる電流値に対して最大トルクを生成できます。

7.3.12 フラックス減衰制御

PMSM モーターは、基本速度以下の定トルク領域 (通常定格速度) だけでなく、基本速度以上の定電力領域でも動作できますが、電流および電圧制限に応じて基本速度は変化することがあります。モーターの定格速度を超えて速度を上げるため、MCF8329HS-Q1 はフラックス減衰制御機能を備えています。フラックス減衰は、FLUX_WEAKENING_EN に 1b を設定することで有効化できます。フラックス減衰制御では、図 7-34 に示す PI 制御ループを使用して Idref を生成します。フラックス減衰ループの Kp および Ki 係数は FLUX_WEAKENING_KP と FLUX_WEAKENING_KI によって設定されます。

フラックス減衰電流リファレンス (Id_FW) の絶対最大値は、FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO を設定することで、ILIMIT のパーセンテージとして制限できます。FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO = 0b の場合、循環制限のみが適用されます。この場合、iq² + id² は ILIMIT に制限されます。Id_FW の絶対値が増加すると、循環制限を満たすため、iq は減少します。

ユーザーは、その値以下ではフラックス減衰が無効化され、かつ Id_FW がゼロになる変調インデックス リファレンス Vs_ref (式 11 を参照) を設定できます。この設定は FLUX_WEAKENING_REFERENCE ビットで利用できます。

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

Idref は、ゼロまたは、フラックス減衰の id リファレンスと MTPA のリファレンスの小さい方となります。

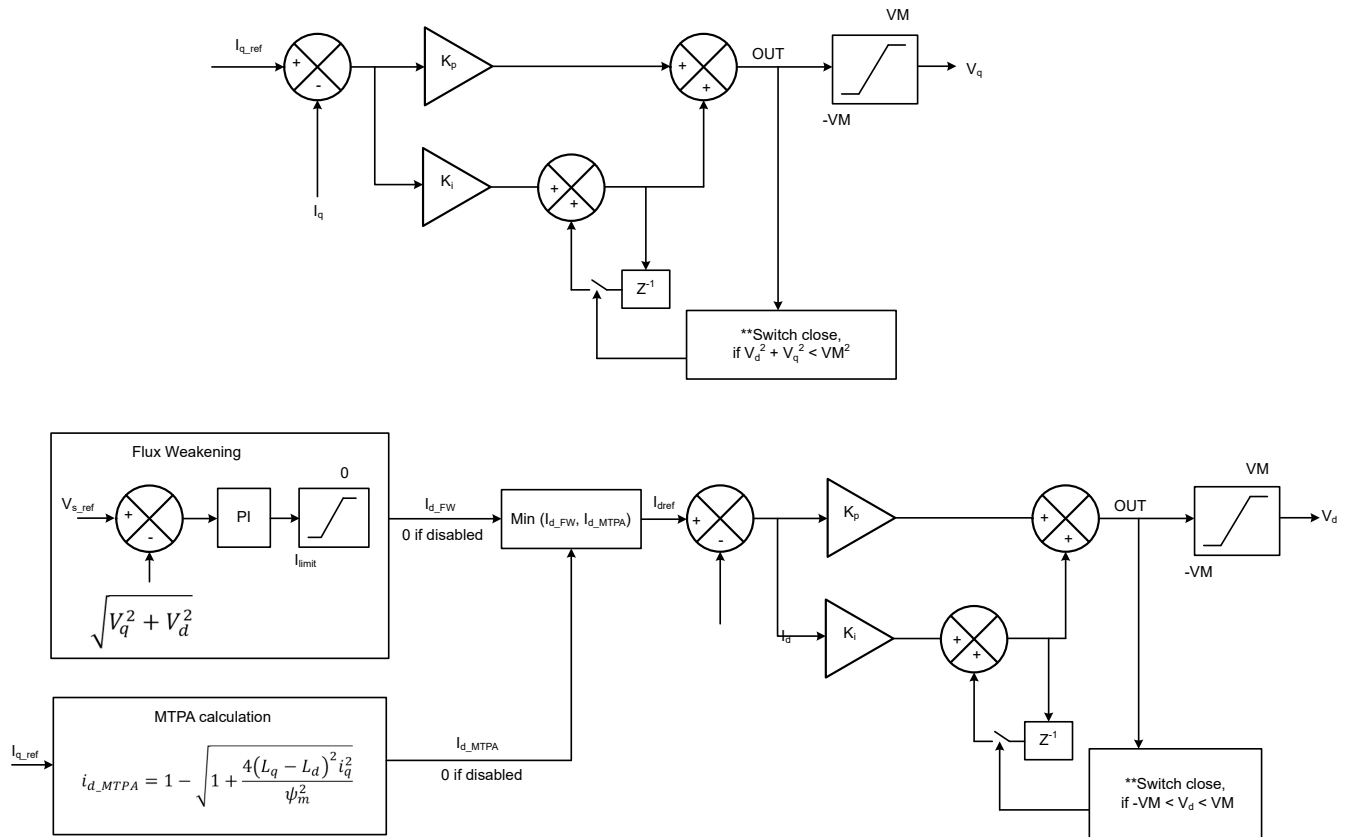


図 7-34. フラックス減衰制御

7.3.13 モーターパラメータ

MCF8329HS-Q1 は、モーター抵抗、モーター インダクタンス、モーター逆起電力定数を使用して、閉ループ動作時のモーター位置を推定します。MCF8329HS-Q1 は、オフライン状態で逆起電力定数を測定できます ([モーター パラメータ抽出ツール \(MPET\)](#) を参照)。通常のモーター動作の前に、(有効化されている場合) 逆起電力定数のオフライン測定が行われます。ユーザーは、オフライン測定を無効化し、EEPROM を使ってモーター パラメータを設定することもできます。

7.3.13.1 モータ抵抗

Y 結線モーターの場合、モーター位相抵抗 (R_{PH}) とは、位相出力からセンター タップまでの抵抗を指します (表 7-2 で R_{PH} と表示)。デルタ結線モーターの場合、モーターの位相抵抗とは、Y 結線 (表 7-2) における等価な位相 - センター タップ間抵抗を指します。

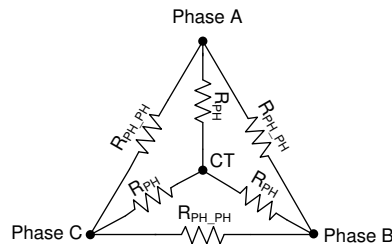


図 7-35. モータ抵抗

デルタ結線モーターと Y 結線モーターの両方において、等価な R_{PH} を得る簡単な方法は、2 つの位相端子間の抵抗 (R_{PH_PH}) を測定し、その値を 2 で割ることです ($R_{PH} = \frac{1}{2} R_{PH_PH}$)。Y 結線モーターでは、センター タップ (CT) にアクセスできる場合、センター タップ (CT) と位相端子との間で R_{PH} を測定することもできます。

モーター抵抗 (R_{PH}) を、表 7-2 と最も近い値に設定します。

表 7-2. モーター抵抗の参照表

MOTOR_RES (16 進)	R_{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R_{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R_{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R_{PH} (Ω)
0x00	予約済み	0x40	0.017	0x80	0.17	0xC0	1.7
0x01	0.001	0x41	0.0175	0x81	0.175	0xC1	1.75
0x02	0.0011	0x42	0.018	0x82	0.18	0xC2	1.8
0x03	0.0012	0x43	0.0185	0x83	0.185	0xC3	1.85
0x04	0.0013	0x44	0.019	0x84	0.19	0xC4	1.9
0x05	0.0014	0x45	0.0195	0x85	0.195	0xC5	1.95
0x06	0.0015	0x46	0.02	0x86	0.2	0xC6	2
0x07	0.0016	0x47	0.021	0x87	0.21	0xC7	2.1
0x08	0.0017	0x48	0.022	0x88	0.22	0xC8	2.2
0x09	0.0018	0x49	0.023	0x89	0.23	0xC9	2.3
0x0A	0.0019	0x4A	0.024	0x8A	0.24	0xCA	2.4
0x0B	0.002	0x4B	0.025	0x8B	0.25	0xCB	2.5
0x0C	0.0021	0x4C	0.026	0x8C	0.26	0xCC	2.6
0x0D	0.0022	0x4D	0.027	0x8D	0.27	0xCD	2.7
0x0E	0.0023	0x4E	0.028	0x8E	0.28	0xCE	2.8
0x0F	0.0024	0x4F	0.029	0x8F	0.29	0xCF	2.9
0x10	0.0025	0x50	0.03	0x90	0.3	0xD0	3
0x11	0.0026	0x51	0.031	0x91	0.31	0xD1	3.1
0x12	0.0027	0x52	0.032	0x92	0.32	0xD2	3.2
0x13	0.0028	0x53	0.033	0x93	0.33	0xD3	3.3
0x14	0.0029	0x54	0.034	0x94	0.34	0xD4	3.4
0x15	0.003	0x55	0.035	0x95	0.35	0xD5	3.5
0x16	0.0032	0x56	0.036	0x96	0.36	0xD6	3.6
0x17	0.0034	0x57	0.037	0x97	0.37	0xD7	3.7
0x18	0.0036	0x58	0.038	0x98	0.38	0xD8	3.8
0x19	0.0038	0x59	0.039	0x99	0.39	0xD9	3.9
0x1A	0.004	0x5A	0.04	0x9A	0.4	0xDA	4
0x1B	0.0042	0x5B	0.042	0x9B	0.42	0xDB	4.25
0x1C	0.0044	0x5C	0.044	0x9C	0.44	0xDC	4.5
0x1D	0.0046	0x5D	0.046	0x9D	0.46	0xDD	4.75
0x1E	0.0048	0x5E	0.048	0x9E	0.48	0xDE	5
0x1F	0.005	0x5F	0.05	0x9F	0.5	0xDF	5.25
0x20	0.0052	0x60	0.052	0xA0	0.52	0xE0	5.5
0x21	0.0054	0x61	0.054	0xA1	0.54	0xE1	5.75
0x22	0.0056	0x62	0.056	0xA2	0.56	0xE2	6
0x23	0.0058	0x63	0.058	0xA3	0.58	0xE3	6.25
0x24	0.006	0x64	0.06	0xA4	0.6	0xE4	6.5
0x25	0.0062	0x65	0.062	0xA5	0.62	0xE5	7
0x26	0.0064	0x66	0.064	0xA6	0.64	0xE6	7.5

表 7-2. モーター抵抗の参照表 (続き)

MOTOR_RES (16 進)	R _{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R _{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R _{PH} (Ω)	MOTOR_RES (16 進)	R _{PH} (Ω)
0x27	0.0066	0x67	0.066	0xA7	0.66	0xE7	8
0x28	0.0068	0x68	0.068	0xA8	0.68	0xE8	8.5
0x29	0.007	0x69	0.07	0xA9	0.7	0xE9	9
0x2A	0.0072	0x6A	0.072	0xAA	0.72	0xEA	9.5
0x2B	0.0074	0x6B	0.074	0xAB	0.74	0xEB	10
0x2C	0.0076	0x6C	0.076	0xAC	0.76	0xEC	10.5
0x2D	0.0078	0x6D	0.078	0xAD	0.78	0xED	11
0x2E	0.008	0x6E	0.08	0xAE	0.8	0xEE	11.5
0x2F	0.0085	0x6F	0.085	0xAF	0.82	0xEF	12
0x30	0.009	0x70	0.09	0xB0	0.9	0xF0	12.5
0x31	0.0095	0x71	0.095	0xB1	0.95	0xF1	13
0x32	0.01	0x72	0.1	0xB2	1	0xF2	13.5
0x33	0.0105	0x73	0.105	0xB3	1.05	0xF3	14
0x34	0.011	0x74	0.11	0xB4	1.1	0xF4	14.5
0x35	0.0115	0x75	0.115	0xB5	1.15	0xF5	15
0x36	0.012	0x76	0.12	0xB6	1.2	0xF6	15.5
0x37	0.0125	0x77	0.125	0xB7	1.25	0xF7	16
0x38	0.013	0x78	0.13	0xB8	1.3	0xF8	16.5
0x39	0.0135	0x79	0.135	0xB9	1.35	0xF9	17
0x3A	0.014	0x7A	0.14	0xBA	1.4	0xFA	17.5
0x3B	0.0145	0x7B	0.145	0xBB	1.45	0xFB	18
0x3C	0.015	0x7C	0.15	0xBC	1.5	0xFC	18.5
0x3D	0.0155	0x7D	0.155	0xBD	1.55	0xFD	19
0x3E	0.016	0x7E	0.16	0xBE	1.6	0xFE	19.5
0x3F	0.0165	0x7F	0.165	0xBF	1.65	0xFF	20

7.3.13.2 モーター インダクタンス

Y 結線モーターの場合、モーター位相インダクタンス (L_{PH}) とは、位相出力とセンター タップとの間のインダクタンスを指します (表 7-3 で L_{PH} と表示)。デルタ結線モーターの場合、モーター位相インダクタンスとは、Y 結線 (表 7-3) における等価な位相 - センター タップ間インダクタンスを指します。

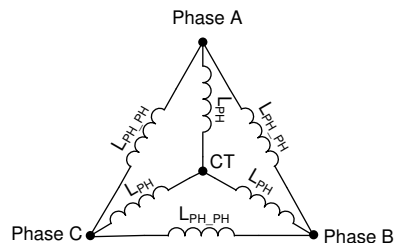


図 7-36. モーター インダクタンス

デルタ結線モーターと Y 結線モーターの両方において、等価な L_{PH} を得る簡単な方法は (L_{PH_PH} 、2 つの位相端子間のインダクタンスを測定し、その値を 2 で割ることです ($L_{PH} = \frac{1}{2} L_{PH_PH}$)。Y 結線モーターでは、センター タップ (CT) にアクセスできる場合、センター タップ (CT) と位相端子との間で L_{PH} を測定することもできます。

モーター インダクタンス (L_{PH}) を、表 7-3 と最も近い値に設定します。

表 7-3. モーター インダクタンスの参照テーブル

MOTOR_IND (16 進)	L _{PH} (mH)	MOTOR_IND (16 進)	L _{PH} (mH)	MOTOR_IND (16 進)	L _{PH} (mH)	MOTOR_IND (16 進)	L _{PH} (mH)
0x00	予約済み	0x40	0.017	0x80	0.17	0xC0	1.7
0x01	0.001	0x41	0.0175	0x81	0.175	0xC1	1.75
0x02	0.0011	0x42	0.018	0x82	0.18	0xC2	1.8
0x03	0.0012	0x43	0.0185	0x83	0.185	0xC3	1.85
0x04	0.0013	0x44	0.019	0x84	0.19	0xC4	1.9
0x05	0.0014	0x45	0.0195	0x85	0.195	0xC5	1.95
0x06	0.0015	0x46	0.02	0x86	0.2	0xC6	2
0x07	0.0016	0x47	0.021	0x87	0.21	0xC7	2.1
0x08	0.0017	0x48	0.022	0x88	0.22	0xC8	2.2
0x09	0.0018	0x49	0.023	0x89	0.23	0xC9	2.3
0x0A	0.0019	0x4A	0.024	0x8A	0.24	0xCA	2.4
0x0B	0.002	0x4B	0.025	0x8B	0.25	0xCB	2.5
0x0C	0.0021	0x4C	0.026	0x8C	0.26	0xCC	2.6
0x0D	0.0022	0x4D	0.027	0x8D	0.27	0xCD	2.7
0x0E	0.0023	0x4E	0.028	0x8E	0.28	0xCE	2.8
0x0F	0.0024	0x4F	0.029	0x8F	0.29	0xCF	2.9
0x10	0.0025	0x50	0.03	0x90	0.3	0xD0	3
0x11	0.0026	0x51	0.031	0x91	0.31	0xD1	3.1
0x12	0.0027	0x52	0.032	0x92	0.32	0xD2	3.2
0x13	0.0028	0x53	0.033	0x93	0.33	0xD3	3.3
0x14	0.0029	0x54	0.034	0x94	0.34	0xD4	3.4
0x15	0.003	0x55	0.035	0x95	0.35	0xD5	3.5
0x16	0.0032	0x56	0.036	0x96	0.36	0xD6	3.6
0x17	0.0034	0x57	0.037	0x97	0.37	0xD7	3.7
0x18	0.0036	0x58	0.038	0x98	0.38	0xD8	3.8
0x19	0.0038	0x59	0.039	0x99	0.39	0xD9	3.9
0x1A	0.004	0x5A	0.04	0x9A	0.4	0xDA	4
0x1B	0.0042	0x5B	0.042	0x9B	0.42	0xDB	4.25
0x1C	0.0044	0x5C	0.044	0x9C	0.44	0xDC	4.5
0x1D	0.0046	0x5D	0.046	0x9D	0.46	0xDD	4.75
0x1E	0.0048	0x5E	0.048	0x9E	0.48	0xDE	5
0x1F	0.005	0x5F	0.05	0x9F	0.5	0xDF	5.25
0x20	0.0052	0x60	0.052	0xA0	0.52	0xE0	5.5
0x21	0.0054	0x61	0.054	0xA1	0.54	0xE1	5.75
0x22	0.0056	0x62	0.056	0xA2	0.56	0xE2	6
0x23	0.0058	0x63	0.058	0xA3	0.58	0xE3	6.25
0x24	0.006	0x64	0.06	0xA4	0.6	0xE4	6.5
0x25	0.0062	0x65	0.062	0xA5	0.62	0xE5	7
0x26	0.0064	0x66	0.064	0xA6	0.64	0xE6	7.5
0x27	0.0066	0x67	0.066	0xA7	0.66	0xE7	8
0x28	0.0068	0x68	0.068	0xA8	0.68	0xE8	8.5
0x29	0.007	0x69	0.07	0xA9	0.7	0xE9	9
0x2A	0.0072	0x6A	0.072	0xAA	0.72	0xEA	9.5
0x2B	0.0074	0x6B	0.074	0xAB	0.74	0xEB	10

表 7-3. モーター インダクタンスの参照テーブル (続き)

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

7.3.13.3 モーター逆起電力定数

逆起電力定数は、モーター速度の関数としての、モーター位相 - 中点間逆起電力を表します。Y 結線モーターの場合、モーター BEMF 定数 (K_{tPH_N}) とは、時間の関数としての、位相出力とセンター タップとの間の BEMF を指します (表 7-4 で K_{tPH_N} と表示)。デルタ結線モーターの場合、モーター BEMF 定数とは、Y 結線 (表 7-4) における等価な位相 - センター タップ間の相当値を指します。

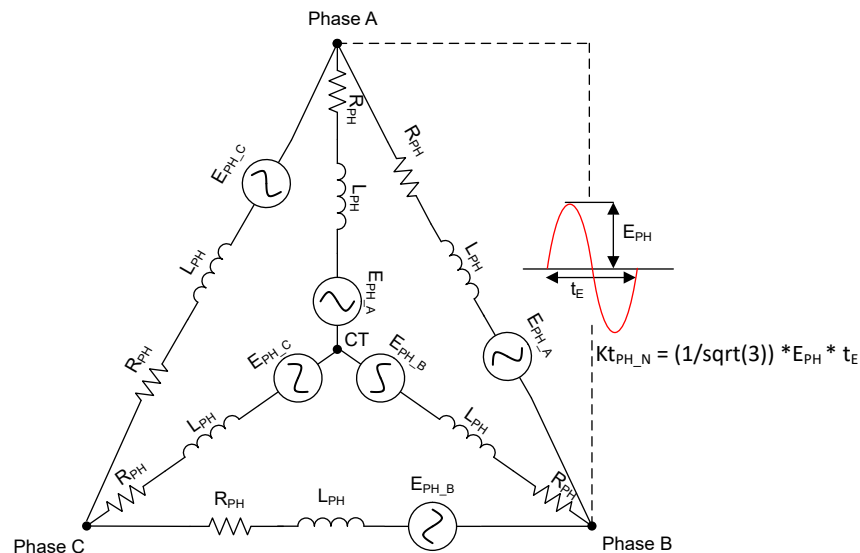


図 7-37. モーター逆起電力定数

デルタ結線モーターと Y 結線モーターの両方において、等価な K_{tPH_N} を得る簡単な方法は、2 つの位相端子間の 1 電氣的サイクルの範囲の BEMF のピーク値を測定し(E_{PH})、それに 1 電氣的サイクルの周期を掛け、位相間から位相 - 中点間に変換するために $\sqrt{3}$ で割ることです (式 12 を参照)。

$$K_{tPH_N} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times E_{PH} \times t_E \quad (12)$$

モーター BEMF 定数 (K_{tPH_N}) を、表 7-4 と最も近い値に設定します。

表 7-4. モーター BEMF 定数の参照テーブル

MOTOR_BEMF_CONST (16 進)	K_{tPH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST (16 進)	K_{tPH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST (16 進)	K_{tPH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_CONST (16 進)	K_{tPH_N} (mV/Hz)
0x00	自己測定 (セクション 7.3.14 を参照)	0x40	1.7	0x80	17	0xC0	170
0x01	0.1	0x41	1.75	0x81	17.5	0xC1	175
0x02	0.11	0x42	1.8	0x82	18	0xC2	180
0x03	0.12	0x43	1.85	0x83	18.5	0xC3	185
0x04	0.13	0x44	1.9	0x84	19	0xC4	190
0x05	0.14	0x45	1.95	0x85	19.5	0xC5	195
0x06	0.15	0x46	2	0x86	20	0xC6	200
0x07	0.16	0x47	2.1	0x87	21	0xC7	210
0x08	0.17	0x48	2.2	0x88	22	0xC8	220
0x09	0.18	0x49	2.3	0x89	23	0xC9	230
0x0A	0.19	0x4A	2.4	0x8A	24	0xCA	240
0x0B	0.2	0x4B	2.5	0x8B	25	0xCB	250
0x0C	0.21	0x4C	2.6	0x8C	26	0xCC	260
0x0D	0.22	0x4D	2.7	0x8D	27	0xCD	270
0x0E	0.23	0x4E	2.8	0x8E	28	0xCE	280
0x0F	0.24	0x4F	2.9	0x8F	29	0xCF	290
0x10	0.25	0x50	3	0x90	30	0xD0	300
0x11	0.26	0x51	3.1	0x91	31	0xD1	310
0x12	0.27	0x52	3.2	0x92	32	0xD2	320
0x13	0.28	0x53	3.3	0x93	33	0xD3	330
0x14	0.29	0x54	3.4	0x94	34	0xD4	340
0x15	0.3	0x55	3.5	0x95	35	0xD5	350
0x16	0.32	0x56	3.6	0x96	36	0xD6	360
0x17	0.34	0x57	3.7	0x97	37	0xD7	370
0x18	0.36	0x58	3.8	0x98	38	0xD8	380
0x19	0.38	0x59	3.9	0x99	39	0xD9	390
0x1A	0.4	0x5A	4	0x9A	40	0xDA	400
0x1B	0.42	0x5B	4.2	0x9B	42	0xDB	425
0x1C	0.44	0x5C	4.4	0x9C	44	0xDC	450
0x1D	0.46	0x5D	4.6	0x9D	46	0xDD	475
0x1E	0.48	0x5E	4.8	0x9E	48	0xDE	500
0x1F	0.5	0x5F	5	0x9F	50	0xDF	525
0x20	0.52	0x60	5.2	0xA0	52	0xE0	550
0x21	0.54	0x61	5.4	0xA1	54	0xE1	575

表 7-4. モーター BEMF 定数の参照テーブル (続き)

MOTOR_BEMF_ CONST (16 進)	Kt _{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_ CONST (16 進)	Kt _{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_ CONST (16 進)	Kt _{PH_N} (mV/Hz)	MOTOR_BEMF_ CONST (16 進)	Kt _{PH_N} (mV/Hz)
0x22	0.56	0x62	5.6	0xA2	56	0xE2	600
0x23	0.58	0x63	5.8	0xA3	58	0xE3	625
0x24	0.6	0x64	6	0xA4	60	0xE4	650
0x25	0.62	0x65	6.2	0xA5	62	0xE5	700
0x26	0.64	0x66	6.4	0xA6	64	0xE6	750
0x27	0.66	0x67	6.6	0xA7	66	0xE7	800
0x28	0.68	0x68	6.8	0xA8	68	0xE8	850
0x29	0.7	0x69	7	0xA9	70	0xE9	900
0x2A	0.72	0x6A	7.2	0xAA	72	0xEA	950
0x2B	0.74	0x6B	7.4	0xAB	74	0xEB	1000
0x2C	0.76	0x6C	7.6	0xAC	76	0xEC	1050
0x2D	0.78	0x6D	7.8	0xAD	78	0xED	1100
0x2E	0.8	0x6E	8	0xAE	80	0xEE	1150
0x2F	0.85	0x6F	8.5	0xAF	85	0xEF	1200
0x30	0.9	0x70	9	0xB0	90	0xF0	1250
0x31	0.95	0x71	9.5	0xB1	95	0xF1	1300
0x32	1	0x72	10	0xB2	100	0xF2	1350
0x33	1.05	0x73	10.5	0xB3	105	0xF3	1400
0x34	1.1	0x74	11	0xB4	110	0xF4	1450
0x35	1.15	0x75	11.5	0xB5	115	0xF5	1500
0x36	1.2	0x76	12	0xB6	120	0xF6	1550
0x37	1.25	0x77	12.5	0xB7	125	0xF7	1600
0x38	1.3	0x78	13	0xB8	130	0xF8	1650
0x39	1.35	0x79	13.5	0xB9	135	0xF9	1700
0x3A	1.4	0x7A	14	0xBA	140	0xFA	1750
0x3B	1.45	0x7B	14.5	0xBB	145	0xFB	1800
0x3C	1.5	0x7C	15	0xBC	150	0xFC	1850
0x3D	1.55	0x7D	15.5	0xBD	155	0xFD	1900
0x3E	1.6	0x7E	16	0xBE	160	0xFE	1950
0x3F	1.65	0x7F	16.5	0xBF	165	0xFF	2000

7.3.14 モーター パラメータ抽出ツール (MPET)

MCF8329HS-Q1 は、モーター巻線抵抗、モーター巻線インダクタンス、逆起電力定数を使用して、閉ループ動作時のモーター位置を推定します。MPET ルーチンはモーターの逆起電力定数、機械的負荷の慣性および摩擦係数を測定します。パラメータのオフライン測定は通常のモーター動作の前に行われます。パラメータの変動による影響を最小限に抑えるため、モーターを起動する前にモーター パラメータを推定することを推奨します。

図 7-38 に、MPET ルーチンの動作シーケンスを示します。MPET ルーチンには、MPET_CMD ビットが 1b に設定されている場合、または目標速度が 0 でない場合に遷移します。MPET ルーチンは 3 つの段階 (開ループ加速、電流低減、コースト) で構成されます。図 7-38 に示した条件が真であると評価された場合、その段階は実行されます。その条件が偽であると評価された場合、アルゴリズムはその特定の段階をバイパスし、シーケンスの次の段階に進みます。これらの段階のすべてを完了 (またはバイパス) すると、アルゴリズムは MPET ルーチンを終了します。MPET ルーチンが終了すると、目標速度が 0 以外の値に設定されている場合、アルゴリズムは起動および加速 (目標速度リファレンスまで) シーケンスを開始します。

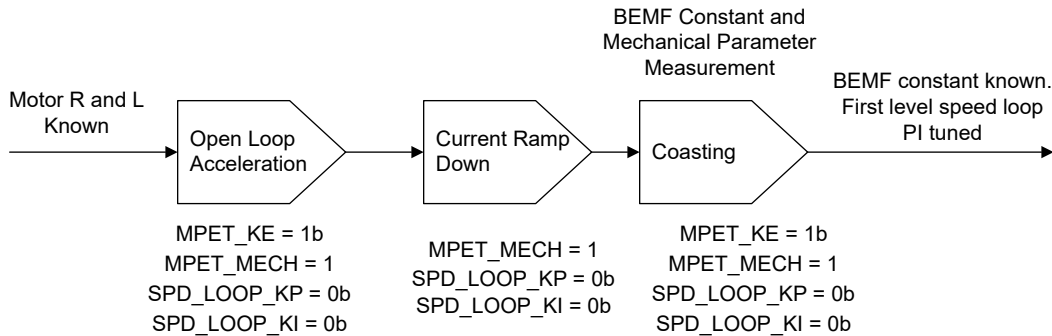


図 7-38. MPET シーケンス

テキサス・インスツルメンツ独自の MPET ルーチンには、以下の動作シーケンスが含まれます。

- **開ループ加速:** MPET_KE = 1b と MPET_MECH = 1b を設定することで逆 EMF 定数または機械的パラメータ測定が有効化されている場合、MPET ルーチンはアライン、次に開ループ加速を実行します。MPET_MECH = 0b であっても、速度ループ PI 定数が 0 に設定されている場合、MPET ルーチンには機械的パラメータ測定のシーケンスが含まれます。このルーチンでは、通常のモーター動作の開ループ設定パラメータが使用されます。速度スルーレートは OL_ACC_A1 と OL_ACC_A2 によって設定され、電流リファレンスは OL_ILIMIT によって設定され、速度リファレンスは OPN_CL_HANDOFF_THR によって設定されます。
- **電流低減:** 開ループ加速の後、機械的パラメータ測定が有効化されている場合、MPET ルーチンは、負荷に対応するには十分なより小さい値にモーター電流を最適化します。機械的パラメータ測定が無効化されている場合 (MPET_MECH = 0b または速度ループ PI パラメータが 0 以外の場合)、MPET は電流低減シーケンスを行いません。
- **コースト:** MPET ルーチンは、このシーケンスによってハイ インピーダンス状態を作り出し、モーターが惰性で回転できるようにします。モーターの逆起電力と機械的パラメータを示す値は、モーター コースト期間中に測定されます。STAT_DETECT_THR によって設定されたスレッシュホールドをモーターの逆起電力が下回ると、MPET_BEMF_FAULT が生成されます。

EEPROM または MPET からのパラメータの選択

MPET の推定値は MTR_PARAMS レジスタから読み出すことができます。MPET_WRITE_SHADOW ビットを 1 に設定すると、MPET の推定値がシャドウ レジスタに書き込まれ、MOTOR_BEMF_CONST、SPD_LOOP_KP、SPD_LOOP_KI シャドウ レジスタのユーザー設定値 (EEPROM からの) が MPET による推定値で上書きされます。シャドウ レジスタのいずれかが (EEPROM レジスタから) 0 に初期化されている場合、MPET_WRITE_SHADOW 設定に関係なく、MPET の推定値がこれらのレジスタのために使われます。MPET は、ユーザーによって入力された抵抗およびインダクタンス値を使って電流ループ KP および KI を計算します。MPET は、シャフトでの慣性および摩擦係数 (モーターとシャフトの両方の結合負荷を含む) を含む機械的パラメータを推定します。これらの値を使って、速度ループ KP および KI の初期値が設定されます。速度ループ KP および KI 設定の推定値は初期設定としてのみ使用できます。性能要件に基づいて、ユーザーがアプリケーションでこれらのパラメータを調整することを推奨します。

注

1. MPET 中、FG 信号は正確ではありません。
2. CURRENT_LOOP_KP と CURRENT_LOOP_KI がゼロに設定されている場合、MCF8329HS-Q1 はモーターの抵抗とインダクタンスの値を使用して、これらの係数を自動的に計算します。

7.3.15 単一ホール センサの動作

MCF8329HS-Q1 は、単一のデジタル ホール入力を使った冗長モーター ロック検出を提供します。HALL_EN を 1b に設定することで有効化できます。MCF8329HS-Q1 は、HALL_IN ピンのデジタル ホール入力を使用して、(開ループおよび閉ループの両状態で) モーターのロック状態を検出し、モーター速度を測定します。さらに、HALL_SNS_STARTUP_EN が 1b に設定されている場合、ホール入力は開ループ加速率を調整するためにも使用されます。HALL_EN が 1b に設

定され、かつ入力リファレンスがゼロ以外の値に設定されている状態で、HALL_IN ピンに 500ms の間ホール エッジ遷移が検出されない場合、MCF8329HS-Q1 はモーター ロック故障をアサートし、MTR_LCK_MODE に従って保護動作を実行します。

注

- これはオプションの機能です。HALL_EN が 0b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 は、モーター制御とロック検出のための内蔵オブザーバのみを使用し、センサレス モードで動作します。
- ホール センサのオフセットを自動較正するには、HALL_ANGLE_REF = 0h に設定します。
- HALL_EN が 1b に設定されている場合、外部マイコンのリセット信号 (nMCU_RST) はウォッチドッグ故障時に使用できません。これは、ホール入力機能が nMCU_RST と同じ GPIO ピンに多重化されているためです。

7.3.16 電圧サージ防止 (AVS)

モーターが駆動される際、電源からモーターにエネルギーが転送されます。このエネルギーの一部は、誘導および機械エネルギーの形で蓄積されます。モーターによって生成される BEMF 電圧が、モーターに印加されている電圧よりも大きくなるほど速度コマンドが急減した場合、モーターの機械エネルギーは電源に逆流し、V_{PVDD} 電圧が急増します。AVS 機能は、この V_{PVDD} の電圧サージを防止するように作用し、AVS_EN を 1b に設定することで有効化できます。AVS 機能は、AVS_EN を 0b に設定することで無効化できます。

7.3.17 アクティブ ブレーキ

モーターを迅速に減速させるには、モーターの機械的エネルギーを高速かつ制御された方法で回転子から引き抜く必要があります。しかし、減速プロセス中にモーターの機械的エネルギーが電源に戻ると、DC 電源電圧は上昇します。MCF8329HS-Q1 は、アクティブ ブレーキと呼ばれる斬新な手法を使って、ポンピング エネルギーを電源電圧に戻すことなく、モーターを迅速に減速できます。アクティブ ブレーキを有効化し、モーターを急激に減速する際の DC バス電圧スパイクを防止するには、ACTIVE_BRAKE_EN を 1b に設定されています。DC 電圧スパイクを発生させずに、モーターを素早く減速させるため、リバース ドライブ中 (「セクション 7.3.9.3」を参照) またはモーター停止中 (「セクション 7.3.21.4」を参照) にアクティブ ブレーキを使うこともできます。

アクティブ ブレーキ中に DC バスから供給される電流の上限値 (i_{dc_ref}) は、ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT によって設定できます。アクティブ ブレーキ中の電力の流れは、Q 軸電流成分 (i_q) と D 軸電流成分 (i_d) の両方を使って制御されます。D 軸基準電流 (i_{d_ref}) は、DC バス電流の上限値 (i_{dc_ref}) と DC バス電流の推定値 (i_{dc}) との間の偏差から、PI コントローラを使って生成されます。 i_{dc} の値は、電力平衡の式を使って、位相電流、位相電圧、DC バス電圧の測定値から推定されます (100% の効率を仮定し、3 相すべての位相電力の瞬時値の合計と DC バス電力の瞬時値が等しいと見なします)。アクティブ ブレーキ中、DC バス電流の上限値 (i_{dc_ref}) は、ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE によって設定されたスルーレートで、0 から ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT まで直線的に増加します。PI コントローラのゲイン定数は、ACTIVE_BRAKE_KP と ACTIVE_BRAKE_KI によって設定できます。図 7-39 に、アクティブブレーキの i_d 電流制御ループを示します。

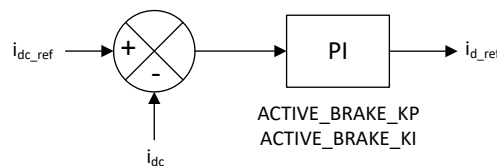


図 7-39. アクティブ ブレーキの i_{d_ref} 電流制御ループ

ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY は、その値を上回るとアクティブ ブレーキ動作に入る、初期速度と目標速度の差の最小値を設定します。たとえば、ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY が 10% に設定されていると仮定します。初期速度が 100%、目標速度が 95% に設定されている場合、95% 速度に到達するのに、

MCF8329HS-Q1 はアクティブ ブレーキの代わりに AVS を使います。なぜなら、指示された速度変化 (5%) が ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY (10%) より小さいためです。

注

1. ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY は、順方向での減速中にのみ適用され、方向変更中は適用されません。
2. アクティブ (または閉ループ) ブレーキ中、 I_{q_ref} は -ILIMIT にクランプされます。これ (I_{q_ref} が -ILIMIT にクランプされること) により、減速中に速度 PI ループが飽和し、SPEED_LOOP_SATURATION ビットが 1b に設定される可能性があります。減速が完了し、速度 PI ループが飽和状態を脱すると、このビットは自動的に 0b に設定されます。したがって、減速中、速度ループ飽和フォルトは無視されます。
3. アクティブ ブレーキは、速度制御モードでのみ使用できます。
4. 現在の速度と目標速度の差が 10% を下回ると、アクティブ ブレーキが完了します。

7.3.18 出力 PWM スイッチング周波数

MCF8329HS-Q1 は、MOSFET の出力 PWM スイッチング周波数を PWM_FREQ_OUT によって設定する機能を備えています。PWM_FREQ_OUT の範囲は 10 ~ 80kHz です。最適な出力 PWM スイッチング周波数を選択するため、電流リップルとスイッチング損失の利害得失を評価する必要があります。通常、L/R 比が小さいモーターほど、電流リップルを低減するのに高い PWM スイッチング周波数を必要とします。

7.3.19 デッドタイム補償

貫通条件を回避するため、ハーフブリッジレグのハイサイド MOSFET のスイッチングの瞬間とローサイド MOSFET のスイッチングの瞬間との間にデッドタイムが挿入されます。デッドタイムの挿入により、位相電流の方向によっては、位相ノードでの電圧の期待値と印加電圧が一致しなくなります。この位相ノードの電圧歪みは、位相電流に望ましくない歪みをもたらす、可聴ノイズの原因となります。デッドタイムによる電流波形歪みは、dq リファレンスフレームで基本周波数の 6 次高調波として現れます。MCF8329HS-Q1 には独自のデッドタイム補償機能が内蔵されているため、デッドタイムに起因する電流歪みが低減されます。デッドタイム補償は、DEADTIME_COMP_EN を設定することで有効化または無効化できます。DEADTIME_COMP_EN が 1b (補償が有効) に設定されていても、モーターの電氣的周波数が 108Hz を超えるとデッドタイム補償は無効化されます。

7.3.20 電圧検出のスケールリング

MCF8329HS-Q1 は、位相電圧と DC バス電圧の検出の分解能を向上させるため、動的電圧スケールリング機能を内蔵しています。DC バス電圧は PVDD ピンで検出されます。モーター位相電圧と DC バス電圧は、内蔵の分圧回路を使用して測定されます。この分圧回路は 5V/V、10V/V、20V/V のいずれかに設定でき、動作電圧範囲において検出電圧を 3V 未満に抑えるようになっています。DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN を 0b に設定すると動的電圧スケールリングは無効になり、MCF8329HS-Q1 は BUS_VOLT の設定値を使って電圧スケールリングを構成します。ビット DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN を 1b に設定すると、動的な電圧スケールリングが有効化され、MCF8329HS-Q1 はモーター起動中の DC バス電圧を検出し、5V/V、10V/V、20V/V の適切な電圧スケールリングを選択します。

7.3.21 モータ停止オプション

MCF8329HS-Q1 は、MTR_STOP によって設定できるさまざまなモーター停止オプションを備えています。

7.3.21.1 コースト (ハイインピーダンス) モード

コースト (ハイインピーダンス) モードは、MTR_STOP を 00b に設定することで有効化されます。モーター停止コマンドが受信されると、MCF8329HS-Q1 はすべての外部 MOSFET をターンオフし、位相モーター端子にハイインピーダンス状態を作ります。MCF8329HS-Q1 がモーター駆動からハイインピーダンス状態に移移すると、モーター巻線内の誘導電流は流れ続け、MOSFET 出力段のボディダイオードを通して電源にエネルギーが逆流します (図 7-40 の例を参照)。

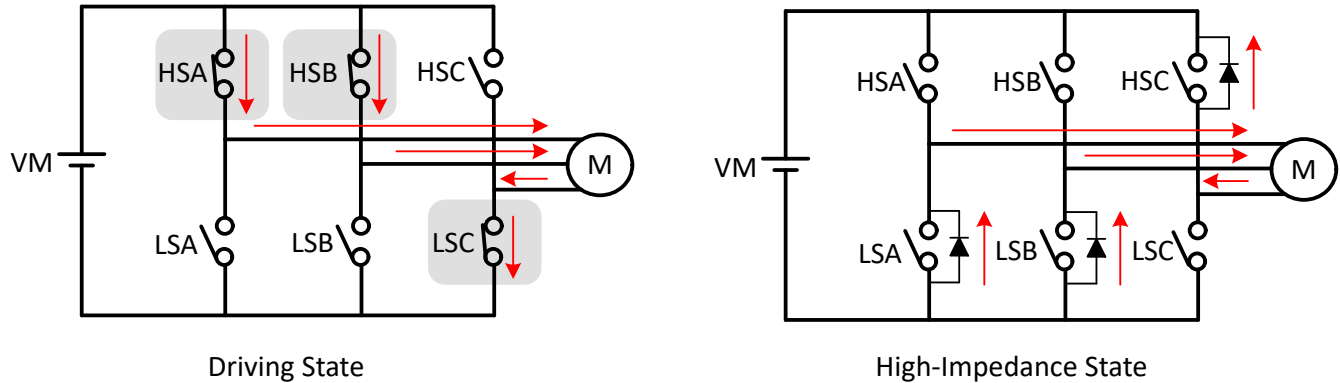


図 7-40. コースト (ハイ インピーダンス) モード

この例では、ハイサイド A 相 MOSFET (HSA)、ハイサイド B 相 MOSFET (HSB) を経由してモーターに電流が流れて、ローサイド C 相の MOSFET (LSC) を経由して戻ります。モーター停止コマンドを受信すると、6 つの MOSFET のすべてがハイ インピーダンス状態に遷移し、誘導エネルギーは MOSFET (LSA、LSB、HSC) のボディダイオードを経由して電源に戻ります。

7.3.21.2 リサークュレーションモード

還流モードは、MTR_STOP を 001b に設定することで有効化されます。モーター停止時に誘導エネルギーが DC 入力電源に逆流するのを防ぐため、MCF8329HS-Q1 では、特定の時間 (誘導電流が 0 まで減衰できるように自動計算された還流時間) の間、ターンオンしている MOSFET の一部を選択的にターンオフすることで、外部 MOSFET 内で電流を循環させることができます。その後、残りの MOSFET をターンオフしてハイ インピーダンスに遷移します。

停止コマンドの受信時の位相電圧パターンに応じて、ローサイド (図 7-41 を参照) またはハイサイド還流 (図 7-42 を参照) を使ってモーターを停止します。誘導エネルギーを DC 入力電源に逆流させることはありません。

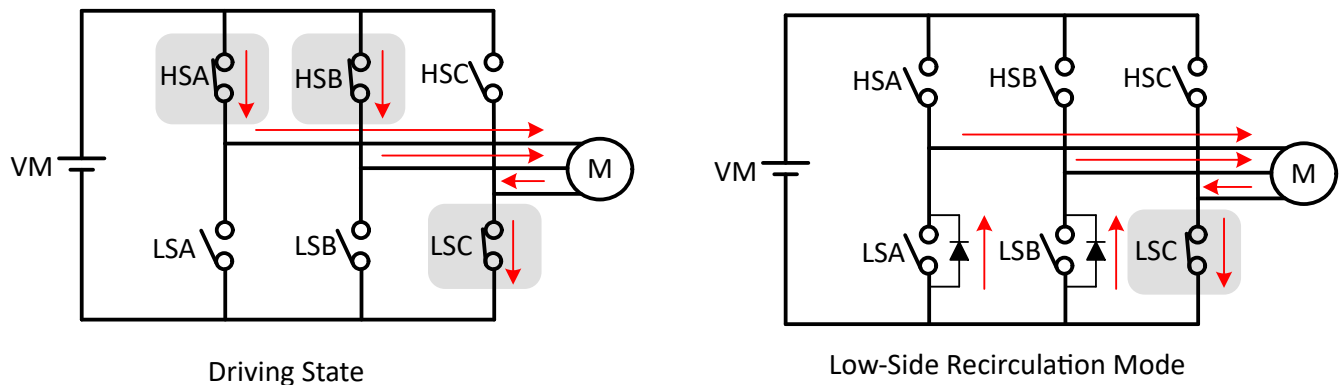


図 7-41. ローサイド還流

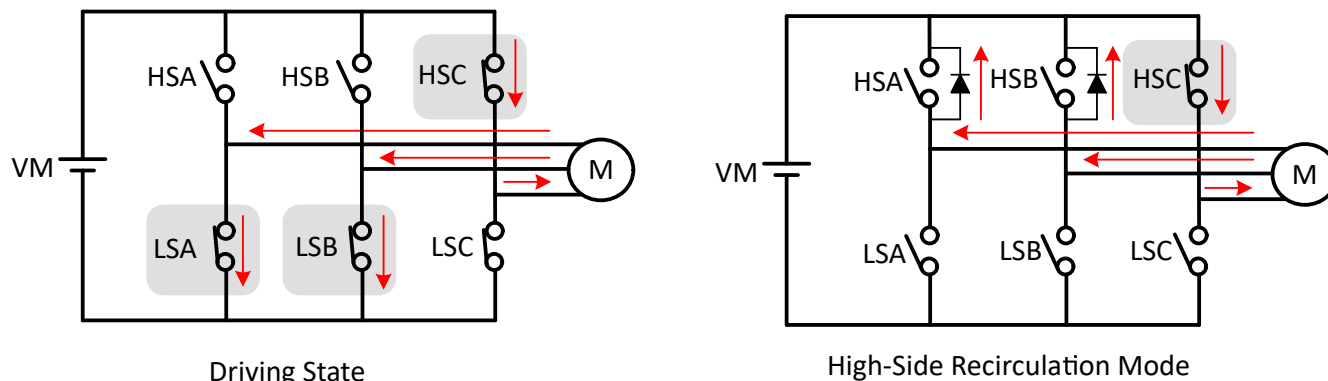


図 7-42. ハイサイド還流

注

1. フラックス減衰ゾーン、MTPA、アクティブ ブレーキ モードのいずれかにモーターが入っている場合、還流停止モードはサポートされず、ハイ インピーダンスで上書きされます。
2. 変調インデックス制御モードではリサーキュレーション (還流) モードはサポートされていません。変調インデックス制御モードを使用する場合、その他の停止モードを使用することを推奨します。

7.3.21.3 ローサイド ブレーキ

ローサイド ブレーキ モードは、MTR_STOP を 01b に設定することで有効化されます。モーター停止コマンドを受信すると、BRAKE_SPEED_THRESHOLD で定義された値まで出力速度を低減します。その後、MTR_STOP_BRK_TIME で定義された時間の間、すべてのハイサイド MOSFET をターンオンします (図 7-43 の例を参照)。停止コマンドを受信する前にモーター速度が BRAKE_SPEED_THRESHOLD を下回っている場合、MCF8329HS-Q1 はブレーキ状態に直接遷移します。MTR_STOP_BRK_TIME の間ブレーキを加えた後、すべての MOSFET をターンオフすることで、MCF8329HS-Q1 はハイ インピーダンス状態に遷移します。

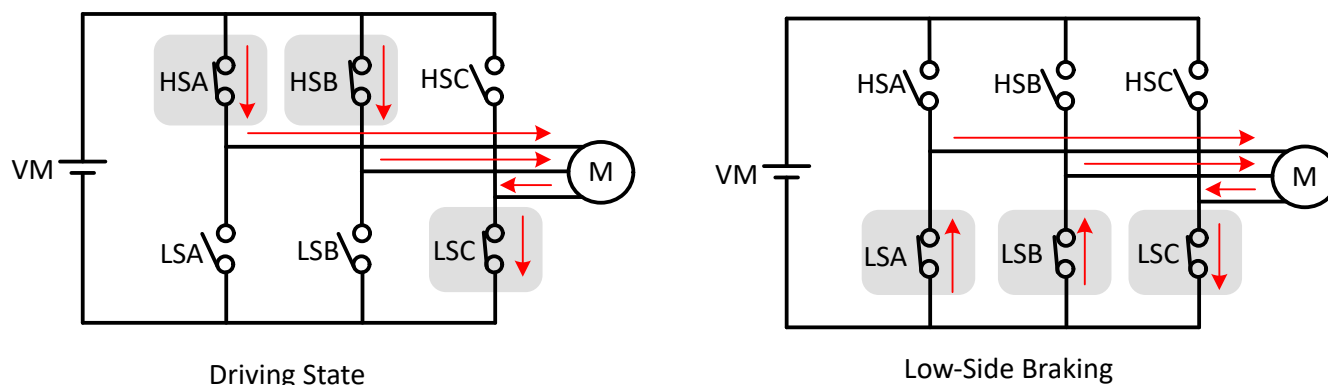


図 7-43. ローサイド ブレーキ

MCF8329HS-Q1 は、BRAKE ピン入力によってローサイド ブレーキに移行することもできます。BRAKE ピンが High 状態にプルされると、BRAKE_SPEED_THRESHOLD で定義された値まで出力速度を低減します。その後、すべてのローサイド MOSFET をターンオンします。この場合、BRAKE ピンが Low 状態に変化するまで、MCF8329HS-Q1 はローサイド ブレーキ状態にとどまります。実行コマンドなしで BRAKE ピンが HIGH 状態にプルされると (REF が 0 に設定)、MCF8329HS-Q1 は、すべてのローサイド MOSFET を即座にオンにします。

7.3.21.4 アクティブ スピン ダウン

アクティブ スピン ダウン モードは、MTR_STOP を 10b に設定することで有効化されます。モーター停止コマンドが受信されると、MCF8329HS-Q1 は SPEED_REF を ACT_SPIN_THR まで減らした後、すべての MOSFET をターンオフすることでハイ インピーダンス状態に移行します。このモードの利点は、SPEED_REF を下げることによってモーターが減速され、それによって、ハイ インピーダンスに移行する前に位相電流が減少することです。そのため、モーターがハイ インピーダンス状態に移行する際に電源に逆流するエネルギーが減少します。ACT_SPIN_THR スレッシュホールドは、MCF8329HS-Q1 がモーターとの同期を失わないように、十分高い値に設定する必要があります。

7.3.22 FG の構成

MCF8329HS-Q1 は、周波数生成 (FG) ピンを使ってモーター速度に関する情報を提供します。MCF8329HS-Q1 では、FG ピンの出力は FG_CONFIG によって設定されます。FG_CONFIG が 0b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 がモーターを駆動している限り、FG 出力はアクティブです。FG_CONFIG が 1b に設定されている場合、MCF8329HS-Q1 がモーターを駆動している限り、または惰性で回っている限り、FG_BEMF_THR で設定されたスレッシュホールドをモーターの逆起電力が下回るまで、MCF8329HS-Q1 は FG パルスを出力します。

7.3.22.1 FG 出力周波数

FG 出力周波数は FG_DIV によって設定できます。多くのアプリケーションでは、モーターが機械的に 1 回転するごとに FG 出力がパルスを 1 つ出力することが求められます。2 極～30 極のモーターに対応するさまざまな FG_DIV 値を設定することで、これを実現できます。

図 7-44 は、MCF8329HS-Q1 が電気角 1 サイクルあたり 3 回、1 回 (2 極)、2 サイクルに 1 回 (4 極)、3 サイクルに 1 回 (6 極)、4 サイクルに 1 回 (8 極) などの FG パルスを出力するように設定された場合の FG 出力を示しています。

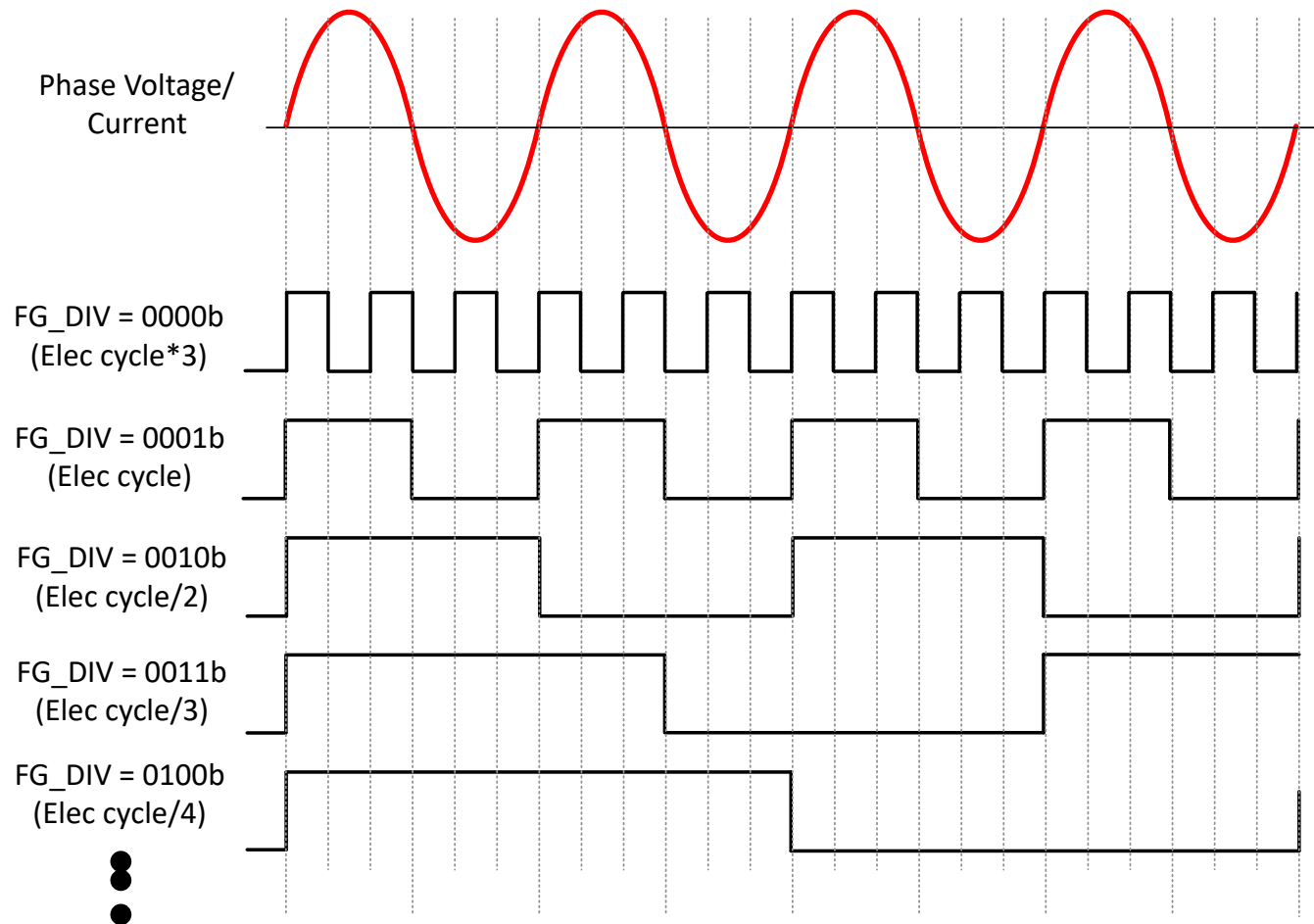


図 7-44. FG 分周器

7.3.22.2 開ループ中の FG

閉ループ (整流) 動作中、駆動速度 (FG 出力周波数) と実際のモーター速度は同期します。しかし、開ループ動作中は、FG が実際のモーター速度を反映するとは限りません。ここでの開ループと閉ループとは、モーターの整流方式を指しており、閉ループ速度も電力制御も指していません。

MCF8329HS-Q1 では、開ループ中の FG 出力を制御するために 3 つの方法があります (図 7-45 を参照)。これらの方法は、FG_SEL によって設定されます。

FG_SEL の値によって以下が選択されます。

- 00b: ISD、開ループ、閉ループで FG を出力します。
- 01b: 閉ループのみで FG を出力します。開ループ中、FG ピンはハイ インピーダンス (外部プルアップによって High) になります。
- 10b: パワーオン後の最初のモーター起動サイクルの開ループ動作中、FG 出力は駆動周波数を反映します。その後の起動サイクルの開ループ動作中、FG はハイ インピーダンス (外部プルアップによって High) になります。

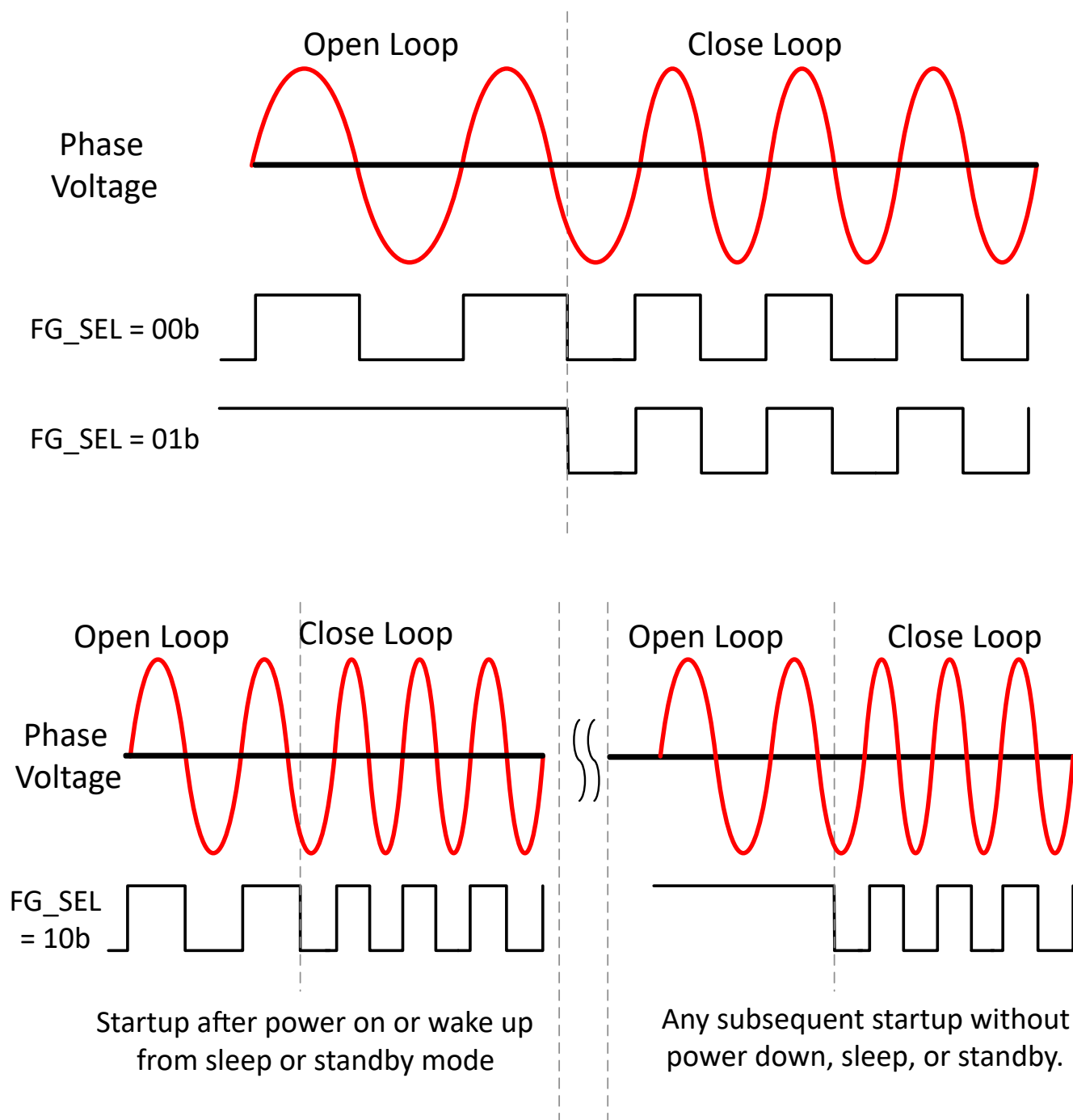


図 7-45. 開ループ中の FG の動作

7.3.22.3 モーター停止時の FG

モーターが回転を停止したときの FG ピンの状態は、FG_IDLE_CONFIG によって設定できます。モーターの停止は FG_BEMF_THR によって判断されます。

7.3.22.4 フォルト中の FG の動作

フォルト (nFAULT ピンで通知されるフォルト) 中の FG の動作は FG_FAULT_CONFIG によって設定できます。

FG でフォルト ステータスを報告することに加えて、MCF8329HS-Q1 は、周波数 1Hz で固有のデューティ サイクルとしてフォルト タイプ情報をエンコードすることで、FG ピンのフォルト タイプを報告することもできます (図 7-46 を参照)。FG ピンでは 8 種類の故障を報告できます。相喪失 (モーターなし)、モーター ロック、過電流 (VDS、VSNS、ロック電流制限)、PVDD 過電圧、PVDD 低電圧、過温度、外部ナイコン故障 (ウォッチドッグおよび I²C CRC)、ドライランです。

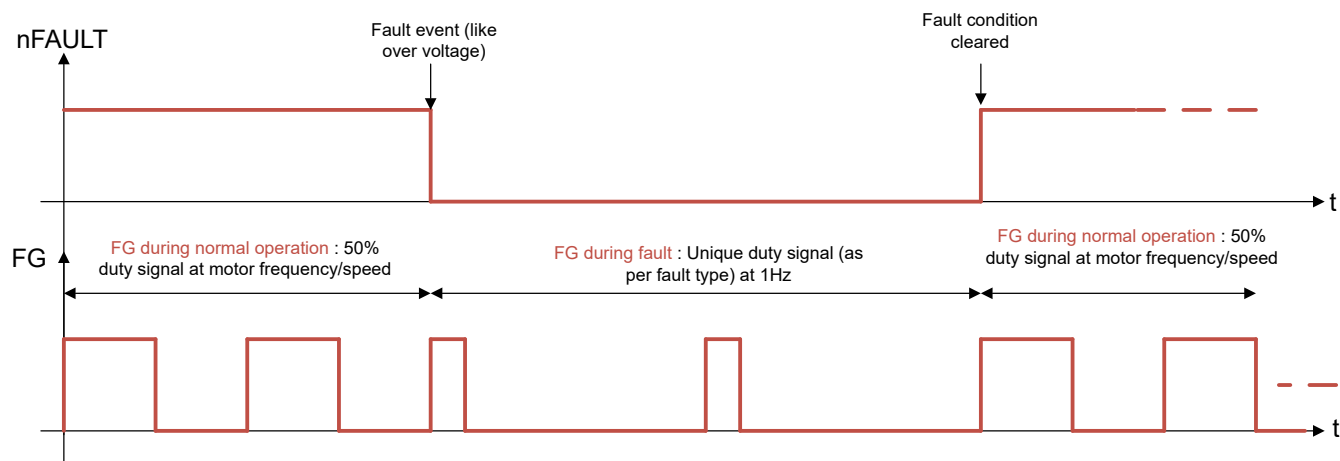


図 7-46. FG によるフォルト表示

表 7-5 に、FG ピンに示される各フォルト タイプに関連するデューティ サイクルと優先度 (1 が最も高い) を示します。

表 7-5. FG ピンのフォルト表示のデューティ サイクルと優先度

フォルト タイプ	デューティ サイクル	優先順位
位相損失	10	1
過電流	20	2
モーター ロック	30	3
ドライラン	90	4
外部 MCU	80	5
過熱	70	6
PVDD 低電圧	40	7
PVDD 過電圧	60	8

FG_FAULT_CONFIG の設定に応じて、以下のように動作します。

- 00b:フォルトが報告されると、FG ピンは Low にプルされます。
- 01b:フォルトが通知されると、FG ピンはハイ インピーダンス (外部プルアップによって High) になります。
- 10b:FG は、フォルト 障タイプを 1Hz の一意のデューティ サイクルとして報告します
- 11b:FG_CONFIG が 1b に設定されている場合、BEMF が FG_BEMF_THR で定義された BEMF スレッショルドを下回るまで FG はアクティブのままになります

注

リトライ時間が 1 秒未満のリトライ故障の場合 (故障の種別を FG 信号で報告するための時間が不足するため)、または特定の故障種別が「報告のみ」モードに設定されている場合、FG ピンでの故障種別報告は使用できません。

7.3.23 保護

MCF8329HS-Q1 は、モーター ロック、PVDD 低電圧、AVDD 低電圧、GVDD 低電圧、ブートストラップ低電圧、過熱、過電流イベントを含む多くのフォルト イベントに対して保護されます。表 7-6 に、各種のフォルトの応答、復帰モード、ゲートドライバのステータス、通知方法を示します。

注

- 次の動作につながるフォルトと通知のみのフォルト (ラッチまたはリトライ) は常に nFAULT ピンで (ロジック Low とし) 通知されます。
- 複数のフォルトが発生した場合の優先順位は、ラッチ > より長いリトライ時間のフォルト > より短いリトライ時間のフォルト > 通知のみのフォルトです。たとえば、ラッチ フォルトとリトライ フォルトが同時に発生した場合、ユーザーが CLR_FLT に 1b を書き込むことでクリア フォルト コマンドを発行するまで、または電源を入れ直すまで、本デバイスはフォルト モードにラッチされたままとどまります。リトライ時間の異なる 2 つのリトライ フォルトが同時に発生した場合、本デバイスはより長い (遅い) 方のリトライ時間が経過した後にのみリトライを行います。
- 復帰とは、フォルト条件が解消された後のゲートドライバの状態のみを指します。自動とは、フォルト条件が解消されてから、リトライ時間が経過したときに、本デバイスが自動的に復帰すること (ゲートドライバ出力、したがって外部 FET がアクティブになること) を指します。ラッチとは、(CLR_FLT ビットに「1b」を書き込むことで、または電源を入れ直すことで、) フォルト条件がクリアされるのを本デバイスが待機していることを指します。
- GVDD 低電圧、BST 低電圧、VDS OCP、SENSE OCP フォルトは、nFAULT ピンで (ロジック Low とし) 通知されるまで、フォルト応答 (外部 FET をハイ インピーダンスにするため、ゲートドライバ出力を Low にプル) の後、最大 200ms を要することがあります。
- ラッチ フォルトは、(I²C 経由で) CLR_FLT コマンドを発行してから、クリアされるまでに最大 200ms かかることがあります。
- CLR_FLT コマンド (I²C による) により、ラッチ、自動復帰 (リトライ)、通知のみの故障を含む、すべての故障 (および対応す故障ステータス ビット) がクリアされます。
- リトライ時間 (自動復帰故障) が経過した後にデバイスが通常動作に復帰すると、すべての自動復帰 (リトライ) の故障ステータス ビットと 1b に設定された通知のみの故障は自動的にクリアされます (0b にリセット)。

表 7-6. フォルト動作および応答

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
PVDD 低電圧 (PVDD_UV)	$V_{PVDD} < V_{PVDD_UV}$	—	nFAULT	ディセーブル	ディセーブル	自動: $V_{PVDD} > V_{PVDD_UV}$
AVDD POR (AVDD_POR)	$V_{AVDD} < V_{AVDD_POR}$	—	nFAULT	ディセーブル	ディセーブル	自動: $V_{AVDD} > V_{AVDD_POR}$
GVDD 低電圧 (GVDD_UV)	$V_{GVDD} < V_{GVDD_UV}$	GVDD_UV_MODE = 0b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		GVDD_UV_MODE = 1b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	リトライ: t_{LCK_RETRY}
BSTx 低電圧 (BST_UV)	$V_{BSTx} - V_{SHx} < V_{BST_UV}$	DIS_BST_FLT = 0b BST_UV_MODE = 0b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		DIS_BST_FLT = 0b BST_UV_MODE = 1b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	リトライ: t_{LCK_RETRY}

表 7-6. フォルト動作および応答 (続き)

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
V _{DS} 過電流 (VDS_OCP)	V _{DS} > V _{SEL_VDS_LVL}	DIS_VDS_FLT = 0b VDS_FLT_MODE = 0b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		DIS_VDS_FLT = 0b VDS_FLT_MODE = 1b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
V _{SENSE} 過電流 (SEN_OCP) V _{SENSE} 過電流 (SEN_OCP)	V _{SP} > V _{SENSE_LVL}	DIS_SNS_FLT = 0b SNS_FLT_MODE = 0b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		DIS_SNS_FLT = 0b SNS_FLT_MODE = 1b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
3 モーター ロック (MTR_LCK)	モーター ロック:異常 速度、モーターなしロ ック、異常な BEMF	MTR_LCK_MODE = 000b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイイン ピーダン ス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		MTR_LCK_MODE = 001b または 010b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT _STATUS レジスタ	ローサイド ブレーキ	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		MTR_LCK_MODE = 011b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT _STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイイン ピーダン ス)	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		MTR_LCK_MODE = 100b または 101b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT _STATUS レジスタ	ローサイド ブレーキ	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		MTR_LCK_MODE = 110b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT _STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
		MTR_LCK_MODE = 111b	なし	アクティブ	アクティブ	動作なし

表 7-6. フォルト動作および応答 (続き)

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
ハードウェア ロック検出電流制限 (HW_LOCK_ILIMIT)	位相電流 > HW_LOCK_ILIMIT	HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 000b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 001b または 010b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	ローサイドブレーキ	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 011b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 100b または 101b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	ローサイドブレーキ	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 110b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
		HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 111b	なし	アクティブ	アクティブ	動作なし
ADC によるロック検出電流制限 (LOCK_ILIMIT)	位相電流 > LOCK_ILIMIT	LOCK_ILIMIT_MODE = 000b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		LOCK_ILIMIT_MODE = 001b または 010b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	ローサイドブレーキ	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		LOCK_ILIMIT_MODE = 011b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		LOCK_ILIMIT_MODE = 100b または 101b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	ローサイドブレーキ	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		LOCK_ILIMIT_MODE = 110b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
		LOCK_ILIMIT_MODE = 111b	なし	アクティブ	アクティブ	動作なし
MPET 逆起電力フォルト (MPET_BEMF_FAULT)	モーターの逆起電力 < STAT_DETECT_THRESHOLD	MPET_CMD = 1 または MPET_KE = 1	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	ハイインピーダンス	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT

表 7-6. フォルト動作および応答 (続き)

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
最大 V_{PVDD} (過電圧) フォルト	MAX_VM_MOTOR \neq 000b の場合、 $V_{PVDD} >$ MAX_VM_MOTOR	MAX_VM_MODE = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		MAX_VM_MODE = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	自動: ($V_{VM} <$ MAX_VM_MOTOR - VOLTAGE_HYSTERE SIS) V
最小 V_{PVDD} (低電圧) フォルト	MIN_VM_MOTOR \neq 000b の場合、 $V_{PVDD} <$ MIN_VM_MOTOR	MIN_VM_MODE = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		MIN_VM_MODE = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 ⁽¹⁾ (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	自動: ($V_{VM} >$ MIN_VM_MOTOR + VOLTAGE_HYSTERE SIS) V
電流ループの飽和	V_{VM} が小さいことによる電流ループ飽和を示します。	SATURION_FLAGS_EN = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ: モーターの速度 / 電力 / 電流がリファレンスに達していない場合があります。	アクティブ	自動: 飽和を脱すると、モーターはリファレンス動作点に達します。
速度 / 電力ループの飽和	V_{VM} が小さいこと、ILIMIT 設定が小さいことなどによる速度 / 電力ループの飽和を示します。	SATURION_FLAGS_EN = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ: モーターの速度 / 電力がリファレンスに達していない場合があります。	アクティブ	自動: 飽和を脱すると、モーターはリファレンス動作点に達します。

表 7-6. フォルト動作および応答 (続き)

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
外部ウォッチドッグ フォルト	ウォッチドッグ ティックルの間隔 > EXT_WD_CONFIG	EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_M ODE = 0b and LIMP_HOME_EN = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_M ODE = 0b and LIMP_HOME_EN = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ (現在値で基準がCLR_FLTまでラッチ)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_M ODE = 1b and LIMP_HOME_EN = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		EXT_WD_EN = 1b EXT_WD_FAULT_M ODE = 1b and LIMP_HOME_EN = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ (REF_OF F1 でラッチされる基準)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
EEPROM フォルト	EEPROM 内容のエラー / 不一致の表示。EEPROM 読み取りが発行されるたびに、コンテンツ評価を実施	EEP_FAULT_MODE = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		EEP_FAULT_MODE = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
I ² C CRC フォルト	CRC 不一致としての I ² C トランザクション エラーの表示。	I2C_CRC_ERR_MODE = 0b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		I2C_CRC_ERR_MODE = 1b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
ドライラン検出	セクション 7.3.23.14 を参照	DRY_RUN_MODE = 00b	なし	アクティブ	アクティブ	動作なし
		DRY_RUN_MODE = 01b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	アクティブ	アクティブ	動作なし
		DRY_RUN_MODE = 10b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	リトライ: t _{LCK_RETRY}
		DRY_RUN_MODE = 11b	nFAULT および CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス)	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT

表 7-6. フォルト動作および応答 (続き)

FAULT	条件	構成	通知	ゲートドライバ	ロジック	復帰
サーマル シャットダウン (TSD)	$T_J > T_{TSD}$	OTS_AUTO_RECOVERY = 0b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス) ⁽¹⁾	アクティブ	ラッチ: CLR_FLT
		OTS_AUTO_RECOVERY = 1b	nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ	Low に設定 (MOSFET はハイインピーダンス) ⁽¹⁾	アクティブ	自動: $T_J < T_{OTSD} - T_{HYS}$

(1) Low に設定: GHx と GLx はゲートドライバによってアクティブに Low にプルされます。

注

nFAULT ピン、CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ、GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタでのすべてのフォルト通知には最大 200ms のレイテンシがあります。

7.3.23.1 PVDD 電源低電圧誤動作防止 (PVDD_UV)

PVDD ピンの電源電圧が V_{PVDD_UV} スレッショルドを下回る状態が、 $t_{PVDD_UV_DG}$ 時間より長く続くと常に、本デバイスは PVDD 低電圧イベントを検出します。低電圧条件の検出後、ゲートドライバは無効化され、チャージポンプは無効化され、内部デジタルロジックは無効化され、nFAULT ピンは Low に駆動されます。PVDD ピンが V_{PVDD_UV} を上回ると、通常動作が再開されます (ゲートドライバが動作可能になり、nFAULT ピンが解放される)。

7.3.23.2 AVDD パワーオンリセット (AVDD_POR)

AVDD ピンの電源電圧が V_{AVDD_POR} スレッショルドを下回る状態が、 $t_{AVDD_POR_DG}$ 時間より長く続くと常に、本デバイスは非アクティブ状態に移行して、ゲートドライバ、チャージポンプ、内部デジタルロジックを無効化し、nFAULT は Low に駆動されます。通常動作 (デジタルロジックが動作可能) では、AVDD が V_{AVDD_POR} レベルを上回っている必要があります。

7.3.23.3 GVDD 低電圧誤動作防止 (GVDD_UV)

GVDD ピンの電圧が V_{GVDD_UV} スレッショルドを下回る状態が、 $t_{GVDD_UV_DG}$ 時間を超えると常に、本デバイスは GVDD 低電圧イベントを検出します。GVDD_UV 低電圧イベントの検出後、外部 MOSFET をオフにするため、すべてのゲートドライバ出力は Low に駆動され、チャージポンプは引き続き動作し、nFAULT ピンは Low に駆動されます。

本デバイスは、GVDD_UV_MODE ビットを使用して、ラッチされたフォルト状態、または GVDD_UV 条件時のリトライモードに構成できます。GVDD_UV_MODE = 0b の場合、GVDD_UV 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリアフォルトコマンドが発行されると、通常動作が再開されます。GVDD_UV_MODE = 1b の場合、GVDD_UV 条件が解消され、 t_{LCK_RETRY} の時間が経過すると、通常動作が再開されます。

7.3.23.4 BST 低電圧誤動作防止 (BST_UV)

BSTx ピンと SHx ピンの間の電圧が V_{BST_UV} スレッショルドを下回る状態が、 $t_{BST_UV_DG}$ 時間を超えると常に、本デバイスは BST 低電圧イベントを検出します。BST_UV イベントの検出後、外部 MOSFET をオフにするため、すべてのゲートドライバ出力は Low に駆動され、nFAULT ピンは Low に駆動されます。BST_UV は、DIS_BST_FLT を 1b に設定することで無効化できます。

本デバイスは、BST_UV_MODE ビットを使用して、ラッチされたフォルト状態、または BST_UV 条件時のリトライモードに構成できます。BST_UV_MODE = 0b の場合、BST_UV 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリアフォルトコマンドが発行されると、通常動作が再開されます。BST_UV_MODE = 1b の場合、BST_UV 条件が解消され、 t_{LCK_RETRY} の時間が経過すると、通常動作が再開されます。

7.3.23.5 MOSFET VDS 過電流保護 (VDS_OCP)

本デバイスは、外部パワー MOSFET での過電流状態や短絡状態を検出するため、調整可能な VDS 電圧監視機能を備えています。外部 MOSFET の過電流状態は、その MOSFET の $R_{DS(on)}$ の電圧降下を監視することで検出されます。ハイサイド VDS モニタは PVDD ピンと SHx ピンの間の電圧を測定し、ローサイド VDS モニタは SHx ピンと LSS ピンの間の電圧を測定します。外部 MOSFET にかかる電圧が、SEL_VDS_LVL によって設定されたスレッシュホールドをグリッチ除去時間 (t_{DS_DG}) より長い間上回ると、 V_{DS_OCP} イベントが認識されます。VDS 過電流イベントの検出後、外部 MOSFET をオフにするため、すべてのゲートドライバ出力は Low に駆動され、nFAULT ピンは Low に駆動されます。 V_{DS_OCP} は、DIS_VDS_FLT を 1b に設定することで無効化できます。

本デバイスは、VDS_FLT_MODE ビットを使用して、ラッチされたフォルト状態、または V_{DS_OCP} イベント時のリトライモードに構成できます。VDS_FLT_MODE = 0b の場合、 V_{DS_OCP} 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリアフォルトコマンドが発行されると、通常動作が再開されます。VDS_FLT_MODE = 1b の場合、 V_{DS_OCP} 条件が解消され、 t_{LCK_RETRY} の時間が経過すると、通常動作が再開されます。FET 単位の VDS 故障情報を GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタで利用できます。

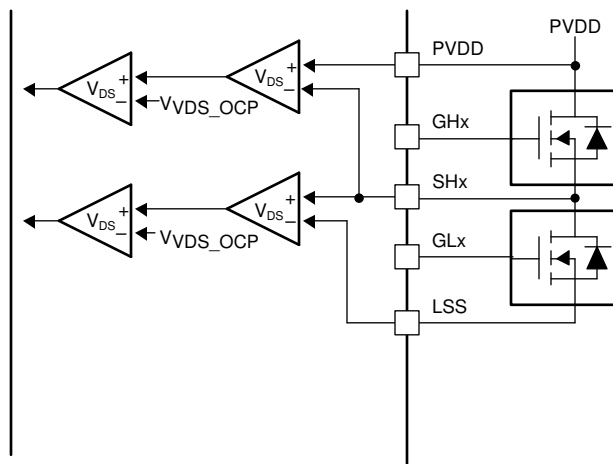


図 7-47. VDS モニタ

7.3.23.6 VSENSE 過電流保護 (SEN_OCP)

LSS と GND ピンの間の外部電流検出抵抗での電圧降下を検出することにより、過電流も監視できます。LSS 入力の電圧が、VSEN_OCP スレッシュホールドを、 t_{DS_DG} グリッチ除去時間よりも長い間上回ると、SEN_OCP イベントが認識されます。SEN_OCP 過電流イベントの検出後、外部 MOSFET をオフにするため、すべてのゲートドライバ出力は Low に駆動され、nFAULT ピンは Low に駆動されます。 V_{SENSE} のスレッシュホールドは 0.5V に固定されています。 V_{SEN_OCP} は、DIS_SNS_FLT を 1b に設定することで無効化できます。

本デバイスは、SNS_FLT_MODE ビットを使用して、ラッチされたフォルト状態、または V_{DS_OCP} イベント時のリトライモードに構成できます。SNS_FLT_MODE = 0b の場合、 V_{SEN_OCP} 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリアフォルトコマンドが発行されると、通常動作が再開されます。SNS_FLT_MODE = 1b の場合、 V_{SEN_OCP} 条件が解消され、 t_{LCK_RETRY} の時間が経過すると、通常動作が再開されます。

7.3.23.7 サーマル シャットダウン (OTSD)

ダイ温度がサーマル シャットダウン制限のトリップポイント (T_{OTSD}) を超えると、OTSD イベントが認識されます。OTSD 過熱イベントの検出後、外部 MOSFET をオフにするため、すべてのゲートドライバ出力は Low に駆動され、nFAULT ピンは Low に駆動されます。この過熱保護は、OTS_AUTO_RECOVERY を設定することで、ラッチモードまたは自動復帰モードに構成できます。ラッチモードでは、 T_{OTSD} 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリアフォルトコマンドが発行されると、通常動作が再開されます。自動復帰モードでは、 T_{OTSD} 条件が解消されると、通常動作が再開されます。

7.3.23.8 ハードウェア ロック検出電流制限 (HW_LOCK_ILIMIT)

ハードウェア ロック検出電流制限機能は、電流を制限してシステムに対する損傷を防止するための設定可能なスレッシュホールドを提供します。電流検出アンプの出力は、ハードウェア コンパレータに接続されています。CSA 出力の電圧が $t_{HW_LOCK_ILIMIT}$ より長い時間 HW_LOCK_ILIMIT スレッシュホールドを超えると常に、HW_LOCK_ILIMIT イベントが認識され、HW_LOCK_ILIMIT_MODE に従って動作が行われます。このスレッシュホールドは HW_LOCK_ILIMIT によって設定され、 $t_{HW_LOCK_ILIMIT}$ は HW_LOCK_ILIMIT_DEG によって設定されます。HW_LOCK_ILIMIT_MODE ビットは 4 種類のモード (HW_LOCK_ILIMIT ラッチ付きシャットダウン、HW_LOCK_ILIMIT 自動リトライ、HW_LOCK_ILIMIT 通知のみ、HW_LOCK_ILIMIT 無効) で動作できます。

7.3.23.8.1 HW_LOCK_ILIMIT ラッチ シャットダウン (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 00xb または 010b)

このモードで HW_LOCK_ILIMIT イベントが発生すると、MOSFET のステータスは HW_LOCK_ILIMIT_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。HW_LOCK_ILIMIT 中の MOSFET のステータスは次のように設定されます。

- MTR_LCK_MODE = 000b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 001b または 010b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および HW_LOCK_ILIMIT ビットが 1b に設定されています。HW_LOCK_ILIMIT 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通常動作が再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。

7.3.23.8.2 HW_LOCK_ILIMIT 自動復帰 (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 011b または 10xb)

このモードで HW_LOCK_ILIMIT イベントが発生すると、MOSFET のステータスは HW_LOCK_ILIMIT_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。HW_LOCK_ILIMIT 中の MOSFET のステータスは次のように設定されます。

- MTR_LCK_MODE = 011b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 100b または 101b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および HW_LOCK_ILIMIT ビットが 1b に設定されています。 t_{LCK_RETRY} 時間 (LCK_RETRY によって設定) が経過した後、通常動作が自動的に再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。 t_{LCK_RETRY} 期間が経過すると、CONTROLLER_FAULT および HW_LOCK_ILIMIT ビットは 0b にリセットされます。

7.3.23.8.3 HW_LOCK_ILIMIT 通知のみ (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 110b)

このモードで HW_LOCK_ILIMIT イベントが発生しても、何の保護動作も行われません。ハードウェア ロック検出電流制限イベントは、フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および HW_LOCK_ILIMIT ビットを 1b に設定し、nFAULT を Low にプルすることで通知されます。ゲートドライバは動作を継続します。外部コントローラは適切に動作することによってこの状態を管理します。HW_LOCK_ILIMIT 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通知はクリアされます。

7.3.23.8.4 HW_LOCK_ILIMIT 無効 (HW_LOCK_ILIMIT_MODE = ~111b)

このモードで HW_LOCK_ILIMIT イベントが発生しても、何の動作も行われません。

7.3.23.9 ロック検出電流制限 (LOCK_ILIMIT)

ロック検出電流制限機能は、電流を制限することでシステムへの損傷を防止するための設定可能なスレッシュホールドを提供します。MCF8329HS-Q1 は、ADC を使って電流検出アンプ (CSA) の出力を常に監視しています。位相電流が t_{LCK_ILIMIT} より長い時間 LOCK_ILIMIT を超えると常に、LOCK_ILIMIT イベントが認識され、LOCK_ILIMIT_MODE に従って動作が行われます。このスレッシュホールドは LOCK_ILIMIT によって設定され、 t_{LCK_ILIMIT} は LOCK_ILIMIT_DEG に

よって設定されます。LOCK_ILIMIT_MODE は、4 種類のモード (LOCK_ILIMIT ラッチ付きシャットダウン、LOCK_ILIMIT 自動リトライ、LOCK_ILIMIT 通知のみ、LOCK_ILIMIT 無効) に設定できます。

7.3.23.9.1 LOCK_ILIMIT ラッチ シャットダウン (LOCK_ILIMIT_MODE = 00xb または 010b)

このモードで LOCK_ILIMIT イベントが発生すると、外部 MOSFET のステータスは LOCK_ILIMIT_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。LOCK_ILIMIT 中に MCF8329HS-Q1 によって駆動される外部 MOSFET のステータスを以下に示します。

- MTR_LCK_MODE = 000b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 001b または 010b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および LOCK_ILIMIT ビットが 1b に設定されています。LOCK_ILIMIT 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通常動作が再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。

7.3.23.9.2 LOCK_ILIMIT 自動復帰 (LOCK_ILIMIT_MODE = 011b または 10xb)

このモードで LOCK_ILIMIT イベントが発生すると、外部 MOSFET のステータスは LOCK_ILIMIT_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。LOCK_ILIMIT 中に MCF8329HS-Q1 によって駆動される外部 MOSFET のステータスを以下に示します。

- MTR_LCK_MODE = 011b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 100b または 101b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および LOCK_ILIMIT ビットが 1b に設定されています。 t_{LCK_RETRY} 時間 (LCK_RETRY によって設定) が経過した後、通常動作が自動的に再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。 t_{LCK_RETRY} 期間が経過すると、CONTROLLER_FAULT および LOCK_ILIMIT ビットは 0b にリセットされます。

7.3.23.9.3 LOCK_ILIMIT 通知のみ (LOCK_ILIMIT_MODE = 110b)

このモードで LOCK_ILIMIT イベントが発生しても、何の保護動作も行われません。ロック検出電流制限イベントは、フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT および LOCK_ILIMIT ビットを 1b に設定し、nFAULT を Low にプルすることで通知されます。ゲートドライバは動作を継続します。外部コントローラは適切に動作することによってこの状態を管理します。LOCK_ILIMIT 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通知はクリアされます。

7.3.23.9.4 LOCK_ILIMIT 無効 (LOCK_ILIMIT_MODE = 111b)

このモードで LOCK_ILIMIT イベントが発生しても、何の動作も行われません。

7.3.23.10 モーター ロック (MTR_LCK)

モーター動作中、MCF8329HS-Q1 は各種モーター ロック条件の有無を常に確認しています (「モーター ロック検出」を参照)。有効化されたロック条件が 1 つでも発生すると、MTR_LCK イベントが認識され、MTR_LCK_MODE に従って動作が行われます。

MCF8329HS-Q1 では、すべてのすべてのロックは個別に有効化または無効化でき、リトライ時間は LCK_RETRY によって設定できます。MTR_LCK_MODE ビットは 4 種類のモード (MTR_LCK ラッチ付きシャットダウン、MTR_LCK 自動リトライ、MTR_LCK 通知のみ、MTR_LCK 無効) で動作できます。

7.3.23.10.1 MTR_LCK ラッチ シャットダウン (MTR_LCK_MODE = 00xb または 010b)

このモードで MTR_LCK イベントが発生すると、外部 MOSFET のステータスは MTR_LCK_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。MTR_LCK 中の外部 MOSFET のステータスは以下のように設定されます。

- MTR_LCK_MODE = 000b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 001b または 010b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK、各モーター ロック条件ビットが 1b に設定されています。MTR_LCK 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通常動作が再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。

7.3.23.10.2 MTR_LCK 自動復帰 (MTR_LCK_MODE = 011b または 10xb)

このモードで MTR_LCK イベントが発生すると、MOSFET のステータスは MTR_LCK_MODE によって設定され、nFAULT は Low に駆動されます。MTR_LCK 中の MOSFET のステータス:

- MTR_LCK_MODE = 011b: すべての MOSFET はターンオフしています (ゲートドライバの出力が Low をプルしました)。
- MTR_LCK_MODE = 100b または 101b: すべてのローサイド MOSFET (ゲートドライバ出力) はターンオンしています。

フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK、各モーター ロック条件ビットが 1b に設定されています。 t_{LCK_RETRY} 時間 (LCK_RETRY によって設定) が経過した後、通常動作が自動的に再開されます (ゲートドライバの動作が再開され、nFAULT ピンが解放される)。 t_{LCK_RETRY} 期間が経過すると、CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK、各モーター ロック条件ビットが 0b にリセットされます。

7.3.23.10.3 MTR_LCK 通知のみ (MTR_LCK_MODE = 110b)

このモードで MTR_LCK イベントが発生しても、何の保護動作も行われません。フォルト ステータス レジスタの CONTROLLER_FAULT、MTR_LCK、各モーター ロック条件ビットを 1b に設定し、nFAULT を Low にプルすることで、モーター ロック イベントが通知されます。ゲートドライバは動作を継続します。外部コントローラは適切に動作することによってこの状態を管理します。MTR_LCK 条件が解消され、CLR_FLT ビットによってクリア フォルト コマンドが発行されると、通知はクリアされます。

7.3.23.10.4 MTR_LCK 無効 (MTR_LCK_MODE = 111b)

このモードで MTR_LCK イベントが発生しても、何の動作も行われません。

7.3.23.11 モーター ロック検出

MCF8329HS-Q1 は、モーターがロック状態にあるかどうかを判断するため、各種ロック検出機能を備えています。ロック状態を迅速かつ確実に検出できるように、複数の検出機能が連携します。MCF8329HS-Q1 は、モーター ロック条件の有無を検出することに加えて、システムにモーターが接続されていないことを識別し、対応策を講じることもできます。ロック検出機能とモーターなし検出機能はどちらも、それぞれのレジスタ ビットによって無効化できます。

7.3.23.11.1 ロック 1 : 異常速度 (ABN_SPEED)

MCF8329HS-Q1 は常に速度を監視しています。速度が LOCK_ABN_SPEED を超えると常に、ABN_SPEED ロック イベントが認識され、MTR_LCK_MODE に従って動作が行われます。

このスレッシュホールドは LOCK_ABN_SPEED レジスタによって設定されます。ABN_SPEED ロックは、LOCK1_EN で有効化 / 無効化できます。

7.3.23.11.2 ロック 2 : 異常 BEMF (ABN_BEMF)

MCF8329HS-Q1 は、閉ループでモーターを最適に動作させるため、逆起電力を推定します。この逆起電力の推定値は、速度と BEMF 定数の推定値を使って計算された逆起電力の期待値と比較されます。低速では逆起電力が小さくなるため、モーターがストールするとすぐに逆起電力の推定値は不正確になります。逆起電力の推定値と期待値との差が ABNORMAL_BEMF_THR を超えると、異常 BEMF フォルトがトリガされ、MTR_LCK_MODE に従って動作が行われます。

ABN_BEMF ロックは、LOCK2_EN で有効化 / 無効化できます。

7.3.23.11.3 Lock3 : モーター フォルトなし (NO_MTR)

MCF8329HS-Q1 は 3 相すべての位相電流を常に監視しています。開ループ中 500ms の間、いずれかの位相電流が NO_MTR_THR を下回ると、NO_MTR イベントが認識されます。NO_MTR イベントに対する応答は、MTR_LCK_MODE によって設定されます。NO_MTR ロックは、LOCK3_EN で有効化 / 無効化できます。

注

モーターなしフォルトを確実に検出するには、開ループ時間が 500ms を十分に上回っていることを確認してください。

7.3.23.12 MPET フォルト



BEMF 定数測定中のエラーは、MPET_BEMF_FAULT によって通知されます。このフォルトは、STAT_DETECT_THR によって設定されたスレッシュホールドを逆起電力の測定値が下回った際にトリガされます。このようなフォルトシナリオの 1 つの例として、不適切な開ループ設定の使用による開ループ動作中のモーター ストールが挙げられます。

7.3.23.13 IPD フォルト

モーター起動が IPD として設定されている (MTR_STARTUP が 10b に設定されている) 場合、MCF8329HS-Q1 は 12 ビット タイマを使って IPD 中の電流の増加時間を推定します。IPD 中、アルゴリズムは、IPD_CURR_THR までの電流増加が成功するかどうかを、最初は 10MHz の IPD クロックから確認します。失敗 (電流が IPD_CURR_THR に達する前にタイマがオーバーフロー) した場合、IPD はより低い周波数クロック (1MHz、100kHz、10kHz) を使って順々に繰り返されます。4 つのクロック周波数のすべてで IPD タイマがオーバーフローした (電流が IPD_CURR_THR に達しない) 場合、IPD_T1_FAULT がトリガされます。IPD_TIMEOUT_FAULT_EN を 1b に設定することで、IPD タイムアウト (IPD タイマ オーバーフロー) を有効化できます。

現在の IPD パルスによる電流が完全に減衰する前に次の IPD パルスが命令された場合、IPD は不正確な結果をもたらします。このような状況では、MCF8329HS-Q1 は IPD_FREQ_FAULT_EN を 1b に設定することで、IPD_FREQ_FAULT と呼ばれるフォルトを生成できます。IPD_FREQ_FAULT は、IPD 電流制限に対して IPD 周波数が高すぎる場合、または IPD 周波数と IPD 電流制限に対してモーターのインダクタンスが高すぎる場合にトリガされる可能性があります。

7.3.23.14 ドライ ラン検出

MCF8329HS-Q1 は、ポンプが十分な流体を伴わずに運転している場合に、ドライランを検出する機能を備えています。ドライランはポンプを損傷させる危険な運転状態であり、ポンプを保護するためには、適切なタイミングでの検出と予防措置が必要になります。ドライランは、十分な流体がある場合と比べて、モーターがより低い電流や電力で連続運転している状態として特徴づけられます。DRY_RUN_MODE#00b の場合、ドライランの検出がイネーブルになります。ドライラン検出のスレッシュホールド速度は DRY_RUN_SPEED_THR で設定します。この機能を有効にしても、モーター速度が DRY_RUN_SPEED_THR を上回っている場合にのみ、ドライラン検出が動作します。ドライランを検出するための Q 軸電流スレッシュホールド ($I_{\text{DRY_RUN}}$) は、モーター速度 (DRY_RUN_ILIM_MODE = 0b) と変数 (DRY_RUN_ILIM_MODE = 1b) のどちらかで固定できます。DRY_RUN_ILIM_MODE = 0b のとき、 $I_{\text{DRY_RUN}}$ は DRY_RUN_ILIM に固定されています。DRY_RUN_ILIM_MODE = 1b の場合、 7-49 に示すように $I_{\text{DRY_RUN}}$ はモーター速度によって変化します。 7-48 に示すように、ドライランの故障がトリガされる前に、 I_q 電流は DRY_RUN_TDEG で設定されたグリッチ除去時間間隔にわたって $I_{\text{DRY_RUN}}$ よりも低くする必要があります。

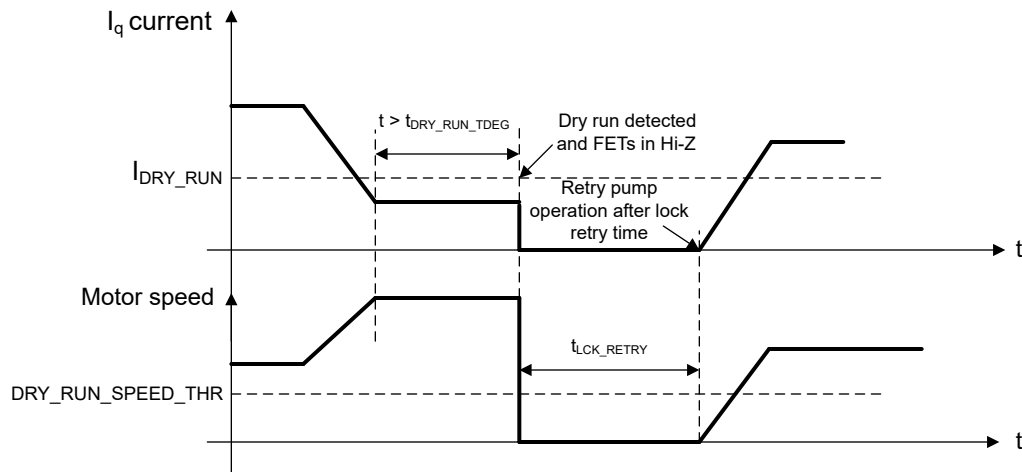


図 7-48. ドライラン検出

ドライラン条件が検出されると、`DRY_RUN_MODE` に基づいて動作が実行されます。`DRY_RUN_MODE` を 11b に設定した場合、すべての外付け FET はオフになり (PWM は Low に引き下げ)、`nFAULT` は Low に引き下げられます。さらに、外部マイクロコントローラが `CLR_FLT` ビットを介して故障解除コマンドを発行するまで、`CONTROLLER_FAULT` と `DRY_RUN` のビットが 1b に設定されます。`DRY_RUN_MODE` を 10b に設定した場合、すべての外付け FET はオフになり (PWM は Low に引き下げ)、`nFAULT` も Low に引き下げられます。その後、`tLCK_RETRY` (`LCK_RETRY` によって設定) 時間が経過すると、ゲートドライバの動作が再開され、`nFAULT` ピンも解放され、自動的に通常動作へ復帰します。`tLCK_RETRY` 期間が経過すると、`CONTROLLER_FAULT` および `DRY_RUN` ビットは 0b にリセットされます。

MCF8329HS-Q1 は、通常動作中に複数の速度 (または流量) で運転できるポンプに対して、モーター速度に応じて `IDRY_RUN` を変化させることでドライランを検出する機能を備えています。ユーザーは、`DRY_RUN_ILIM` を 100% 速度での想定 I_q 電流に、`DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED` を 50% 速度での想定 I_q 電流に設定する必要があります。モーターが 100% 速度のとき、MCF8329HS-Q1 は `DRY_RUN_ILIM` を `IDRY_RUN` として使用します。モーターが 50% 速度のときは、`DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED` を `IDRY_RUN` として使用します。モーターが他の速度で動作している場合、MCF8329HS-Q1 は `IDRY_RUN` を外挿します (図 7-49 を参照)。

注

TI は、`IDRY_RUN` が高く設定されすぎて誤ったドライラン故障が発生しないよう、`DRY_RUN_ILIM` および `DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED` を設定する際には、想定 I_q 電流から 5~10% を差し引くことを推奨しています。

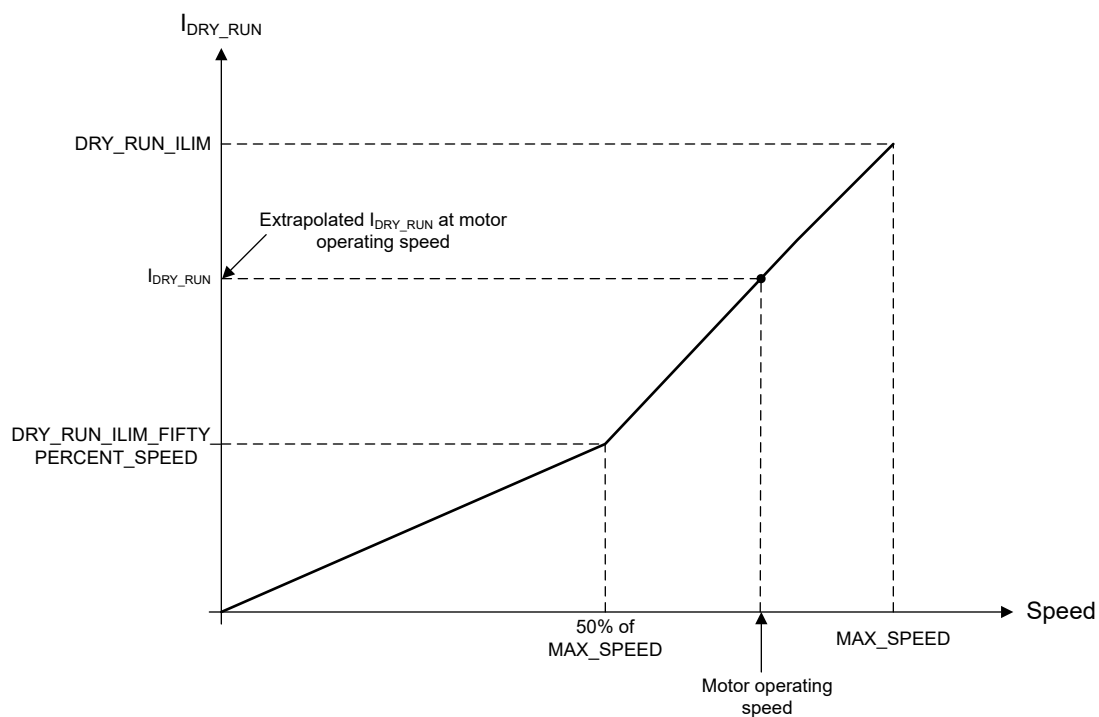


図 7-49. ドライラン検出のための可変電流スレッシュヨルド ($I_{\text{DRY_RUN}}$)

7.4 デバイスの機能モード

7.4.1 機能モード

7.4.1.1 スリープモード

スリープモードでは、すべてのゲートドライバ、GVDD レギュレータ、AVDD レギュレータ、検出アンプ、I²C バスが無効化されます。DEV_MODE を 1b に設定することで、(スタンバイではなく) スリープモードに移行するように本デバイスを構成できます。表 7-7 に、スリープ状態の開始と終了を示します。

表 7-7. スリープモードの開始または終了条件

入力リファレンス コマンド モード	スリープの開始、 DEV_MODE = 1b	スリープの終了	スタンバイの開始、 DEV_MODE = 0b	スタンバイの終了
SPEED/WAKE ピンのアナログ 入力	$V_{\text{SPEED/WAKE}} < V_{\text{EN_SL}}$ (SLEEP_ENTRY_TIME = 00b または 01b の場合、 $t_{\text{DET_SL_ANA}}$ の間、 SLEEP_ENTRY_TIME = 10b または 11b の場合、 $t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の間)	$V_{\text{SPEED/WAKE}} > V_{\text{EX_SL}}$	$V_{\text{SPEED/WAKE}} < V_{\text{EN_SB}}$	$V_{\text{SPEED/WAKE}} > V_{\text{EX_SB}}$
PWM	$V_{\text{SPEED/WAKE}} < V_{\text{IL}}$ ($t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の間)	$V_{\text{SPEED/WAKE}} > V_{\text{IH}}$ ($t_{\text{DET_PWM}}$ の間)	$\text{Duty}_{\text{SPEED/WAKE}} <$ $\text{Duty}_{\text{EN_SB}}$ ($t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の 間)	$\text{Duty}_{\text{SPEED/WAKE}} >$ $\text{Duty}_{\text{EX_SB}}$ ($t_{\text{DET_PWM}}$ の間)
周波数	$V_{\text{SPEED/WAKE}} < V_{\text{IL}}$ ($t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の間)	$V_{\text{SPEED/WAKE}} > V_{\text{IH}}$ ($t_{\text{DET_PWM}}$ の間)	$\text{Freq}_{\text{SPEED/WAKE}} <$ $\text{Freq}_{\text{EN_SB}}$ ($t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の 間)	$\text{Freq}_{\text{SPEED/WAKE}} >$ $\text{Freq}_{\text{EX_SB}}$ ($t_{\text{DET_PWM}}$ の間)
I ² C	$V_{\text{SPEED/WAKE}} < V_{\text{IL}}$ および DIGITAL_SPEED_CTRL = 0h ($t_{\text{DET_SL_PWM}}$ の間)	$V_{\text{SPEED/WAKE}} > V_{\text{IH}}$	DIGITAL_SPEED_CTRL < DIGITAL_SPEED_CTRL _E N_SB	DIGITAL_SPEED_CTRL > DIGITAL_SPEED_CTRL _{EX} SB

注

パワーアップおよびパワーダウン中、内部レギュレータが無効化されているため、nFAULT ピンは Low に保持されます。レギュレータが有効化された後、nFAULT ピンは自動的に解放されます。

7.4.1.2 スタンバイモード

スタンバイモードでは、ゲートドライバ、AVDD LDO、I²C バスはアクティブです。DEV_MODE を 0b に設定することで、スタンバイモードに移行するように本デバイスを構成できます。プロファイラの後のリファレンス コマンドが 0 になると、本デバイスはスタンバイモードに移行します。

各種入力モードでのスタンバイモードの開始および終了スレッシュホールドは、次のとおりです。

表 7-8. スタンバイモードの開始 / 終了スレッシュホールド

制御入力源	スタンバイ開始 / 終了スレッシュホールド	REF_PROFILE_CONFIG = 00b	REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b
アナログ	$V_{\text{EN_SB}}$ または $V_{\text{EX_SB}}$	$V_{\text{EX_SB}} = \text{MIN_DUTY} \times V_{\text{ANA_FS}}$; $V_{\text{EN_SB}} = (\text{MIN_DUTY} -$ $\text{DUTY_HYS}) \times V_{\text{ANA_FS}}$	REF_X = MAX_SPEED または MAX_POWER または ILIMIT また は MODULATION INDEX の 1%
PWM	$\text{Duty}_{\text{EN_SB}}$ または $\text{Duty}_{\text{EX_SB}}$	$\text{Duty}_{\text{EX_SB}} = \text{MIN_DUTY}$, $\text{Duty}_{\text{EN_SB}} = \text{MIN_DUTY} - \text{DUTY_HYS}$	REF_X = MAX_SPEED または MAX_POWER または ILIMIT また は MODULATION INDEX の 1%

表 7-8. スタンバイ モードの開始 / 終了スレッシュホールド (続き)

制御入力源	スタンバイ開始 / 終了スレッシュホールド	REF_PROFILE_CONFIG = 00b	REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b
I ² C	DIGITAL_SPEED_CTRL_EN_SB または DIGITAL_SPEED_CTRL_EX_SB	DIGITAL_SPEED_CTRL_EX_SB = MIN_DUTY x 32767、 DIGITAL_SPEED_CTRL_EN_SB = (MIN_DUTY - DUTY_HYS) x 32767)	REF_X = MAX_SPEED または MAX_POWER または ILIMIT また は MODULATION INDEX の 1%
周波数	Freq _{EN_SB} または Freq _{EX_SB}	Freq _{EX_SB} = MIN_DUTY x INPUT_MAXIMUM_FREQ (最小 値は 3Hz)、Freq _{EN_SB} = (MIN_DUTY - DUTY_HYS) x INPUT_MAXIMUM_FREQ (最小 値は 3Hz)	REF_X = MAX_SPEED または MAX_POWER または ILIMIT また は MODULATION INDEX の 1%

7.4.1.3 フォルト リセット (CLR_FLT)

フォルト条件がラッチされると、本デバイスはパワー MOSFET とシステムを保護するために部分的シャットダウン状態に移行します。フォルト条件が解消されると、CLR_FLT を 1b に設定することで、本デバイスは再び動作状態に移行できます。

7.5 外部インターフェイス

7.5.1 DRVOFF - ゲート ドライバ シャットダウン機能

DRVOFF が High に駆動されると、ゲートドライバはシャットダウンに移行します。DRVOFF はデバイス内部のデジタル制御ロジックをバイパスし、ゲートドライバ出力に直接接続されます (図 7-50 を参照)。このピンを使うと、内部制御ロジックを直接バイパスできるため、ゲートドライバが無効化された際のフォルトを外部から監視できます。MCF8329HS-Q1 は DRVOFF ピンのロジック High を検出すると、デバイスは、ゲートドライバを無効化し、プルダウン モードに移行します (図 7-51 を参照)。ゲートドライバのシャットダウン シーケンスは、図 7-51 に示すように進行します。ゲートドライバがシャットダウン シーケンスを開始すると、ゲートドライバは、I_{SINK} の電流で t_{SD_SINK_DIG} 時間の間アクティブ プルダウンされ、その後、パッシブ プルダウン モードに移行します。

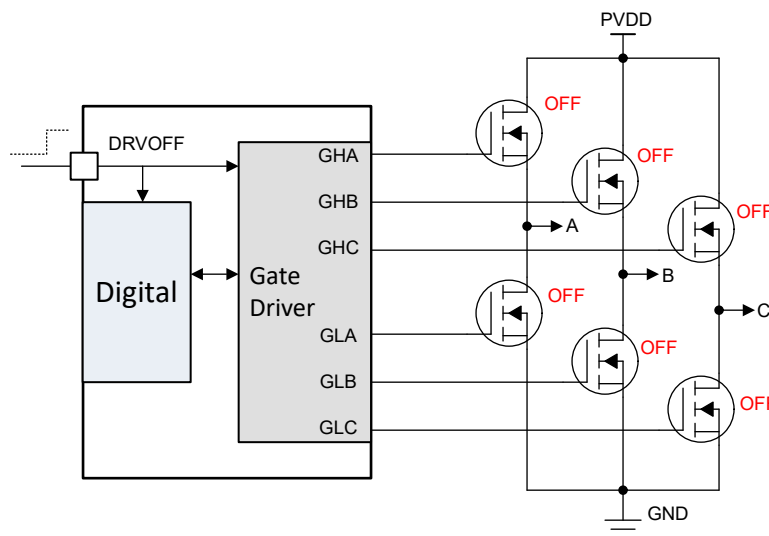


図 7-50. DRVOFF のゲート ドライバの出力状態

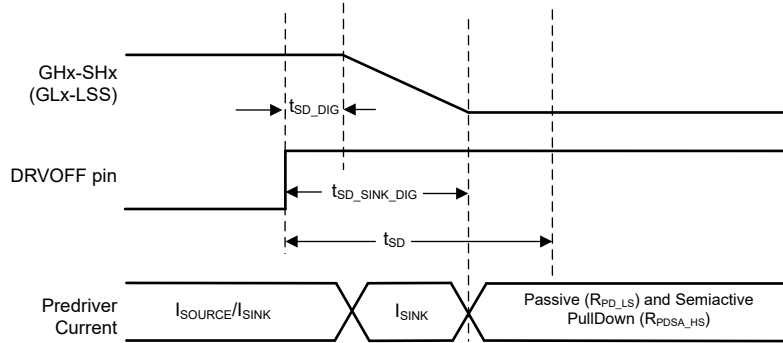


図 7-51. ゲート ドライバ シャットダウン シーケンス

注

DRVOFF ピンを High にプルしても、本デバイスはスリープ モードにもスタンバイ モードにも移行せず、デジタル コアは依然としてアクティブです。DRVOFF のステータスは DRV_OFF ビットで通知され、ピンのステータス変更と DRV_OFF ビットのステータス更新との間に最大 200ms の待ち時間があります。DRVOFF は nFAULT ピンでは通知されませんが、モーター動作中に DRVOFF がロジック High になったときにモーターフォルトが発生した場合、nFAULT ピンが Low になることがあります。DRVOFF を High から Low にプルすると、(DRVOFF ピンを Low にしてから最大 200ms の待ち時間で) MCF8329HS-Q1 はモーター起動シーケンスを実行します (セクション 7.3.9 を参照)。

7.5.2 発振器ソース

MCF8329HS-Q1 は、すべてのデジタル ペリフェラルとタイミング測定のクロック ソースとして使用される発振器を内蔵しています。MCF8329HS-Q1 のデフォルト設定は内部発振器を使用することであり、この設定は、外部の水晶振動子もクロック ソースも必要とせずにモーターを駆動するのに十分です。

EMI 性能を高めるため、MCF8329HS-Q1 は、SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS によってスペクトラム拡散変調 (SSM) を有効化することでクロック周波数を変調する機能も備えています。

注

CLOCK_FREQUENCY が 00b (HIGH) に設定されている場合、SPREAD_SPECTRUM_MODULATION_DIS の設定に関係なく、スペクトラム拡散変調は利用できません。

7.5.3 マイクロコントローラリセット付き外部ウォッチドッグ

MCF8329HS-Q1 は、外部マイクロコントローラの状態を監視するための外部ウォッチドッグ機能を備えています。外部ウォッチドッグを有効にするには、EXT_WD_EN ビットを 1b に設定する必要があります。この機能を有効にすると、デバイスは設定された時間間隔のあいだ、外部ウォッチドッグ入力からの「ティックル」(EXT_WD ピンの Low→High 遷移、または I²C 経由で WATCHDOG_TICKLE を 1b に設定する操作) を待ちます。連続する 2 回のティックルの間隔が設定されたウォッチドッグ待ち時間より長くなると、ウォッチドッグ故障が発生します。ウォッチドッグ故障時の動作は、表 7-6 に示されているように、EXT_WD_FAULT_MODE および LIMP_HOME_EN を使用して設定することができます。LIMP_HOME_EN を 0b (リンプ ホーム モード無効) に設定した場合、故障時の動作は EXT_WD_FAULT_MODE に応じて、報告のみ (FET がアクティブで、入力リファレンスに基づいてモーターを駆動し続ける) または ラッチ (FET が Hi-Z になる) のいずれかになります。ラッチ故障は、CLR_FLT に 1b を書き込むか、または EXT_WD ピンにティックルを発行するか、I²C を介してクリアできます。LIMP_HOME_EN を 1b (リンプ ホーム モード有効) に設定した場合、故障時の動作は EXT_WD_FAULT_MODE に応じて、現在の入力リファレンス値を保持するか、REF_OFF1 にラッチするかのいずれかになります。MCF8329HS-Q1 は、CLR_FLT に 1b が書き込まれるか、EXT_WD ピンまたは I²C 経由でティックルが入力されるまで、ラッチされた入力リファレンスに基づいてモーターを動作させ続けます。ウォッチドッグ故障が解除されると (CLR_FLT に 1b を書き込む、または EXT_WD ピンへのティックル、I²C 経由のティックル のいずれかによって)、MCF8329HS-Q1 はリンプ ホーム モードを終了し、SPEED_MODE (アナログ、PWM、I²C、周波数) で設定されたリファ

レンス源からの入力リファレンスに基づいてモーターを駆動します。ウォッチドッグのタイムアウトが発生すると、WATCHDOG_FAULT ビットは 1b に設定されます。設定された期間が過ぎる前に次のティックルが受信されると、ウォッチドッグ タイマはリセットされ、次のティックルの待機が開始されます。これは、外部マイクロコントローラ(外部ウォッチドッグ入力)を継続的に監視し、外部マイクロコントローラが故障状態やハング状態にある場合に、MCF8329HS-Q1 を既知の状態に移行させるために使用できます。

外部ウォッチドッグ入力は EXT_WD_INPUT_MODE を使用して選択されます。外部ウォッチドッグ入力として、EXT_WD ピンと I²C インターフェイスのどちらかを使用できます。ウォッチドッグ フォルトをトリガする 2 つのティックルの間隔は、EXT_WD_CONFIG によって設定されます。EXT_WD ピンを使ったウォッチドッグの場合、4 つの時間 設定 - 100、200、500、1000 が選択できます。I²C を使ったウォッチドッグの場合、4 つの時間設定 (1、2、5、10 秒) が選択できます。

ウォッチドッグ故障が発生すると (EXT_WD_FAULT_MODE や LIMP_HOME_EN の設定に関係なく)、図 7-52 に示されているように、外部マイクロコントローラをリセットするためのアクティブ Low 信号が nMCU_RST ピン に出力されます。このアクティブ Low 信号の持続時間は、nMCU_RST_TIME - 1ms または 10ms によって設定できます。MCF8329HS-Q1 は、アクティブ Low 信号持続時間が終了してから、別のリセット信号を発行するまで、EXT_WD_CONFIG を待ちます。通常動作中 (ウォッチドッグ故障が検出されない)、内部プルアップ抵抗を経由して nMCU_RST は AVDD にプルアップされます。

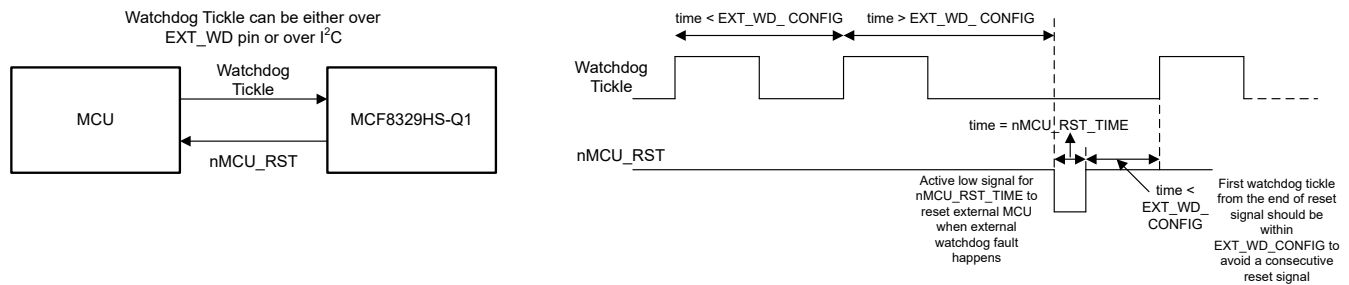


図 7-52. 外部ウォッチドッグ故障時のマイクロコントローラリセット信号

注

EXT_WD_CONFIG 設定を変更する前に、EXT_WD_EN を 0b に設定することで、ウォッチドッグを無効化する必要があります。

7.6 EEPROM アクセスと I²C インターフェイス

7.6.1 EEPROM アクセス

MCF8329HS-Q1 は 1024 ビット (64 ビット x 16 行) の EEPROM を備えており、その EEPROM を使ってモーターの設定パラメータを保存します。消去動作は行単位 (64 ビットすべてが 1 回の消去動作で消去されます) で実行されますが、32 ビット書き込みおよび読み出し動作がサポートされています。EEPROM は、I²C シリアル インターフェイスを使用した書き込みと読み出しは可能ですが、I²C シリアル インターフェイスを使用した消去は実行できません。EEPROM に対応するシャドウ / RAM レジスタは、アドレス 0x000080~0x0000AE に配置されています。

注

MCF8329HS-Q1 では、モーターが回転していないときのみ、EEPROM の書き込みおよび読み出し動作が可能です。

7.6.1.1 EEPROM 書き込み

注

- EEPROM 書き込みは、デバイスがアイドル状態またはフォルト状態 (モーターがデバイスによって駆動されていない) のときのみ発行できます。すべての電源レール (AVDD、DVDD) をデータシートの仕様範囲内に維持し、いずれかの UVLO 条件によって EEPROM 書き込みが中断されないようにするために、EEPROM 書き込みプロセス全体を通じて PVDD は $\geq 6V$ とする必要があります。
- エージングおよび書き込みサイクル数に制限 ($T_J = 85^\circ C$ で 20000 回の書き込みサイクル) があるので、起動 / ウェークアップするたびに EEPROM へ書き込みを行うことは推奨しません。レジスタの設定を繰り返し変更することは、シャドウ / RAM レジスタ (0x000080~0x0000AE) で可能です。EEPROM に書き込む必要があるのはデフォルト構成のみです (最初の電源投入時)。

MCF8329HS-Q1 での EEPROM 書き込み手順を次に示します。

1. ISD およびリバースドライブ設定 (再同期イネーブル、リバースドライブ イネーブル、停止検出スレッシュホールド、リバースドライブ ハンドオフ スレッシュホールドなど) をレジスタ 0x000080 (ISD_CONFIG) に書き込みます。
2. リバースドライブおよびアクティブ ブレーキ設定 (リバースドライブ開ループ加速度、アクティブ ブレーキ電流制限、Kp、Ki の値など) をレジスタ 0x000082 (REV_DRIVE_CONFIG) に書き込みます。
3. モーター起動設定 (起動方法、IPD パラメータ、アライン パラメータなど) をレジスタ 0x000084 (MOTOR_STARTUP1) に書き込みます。
4. モーター起動設定 (開ループ加速度、開ループ電流制限、最初のサイクルの周波数など) をレジスタ 0x000086 (MOTOR_STARTUP2) に書き込みます。
5. モーター制御設定 (閉ループ加速度、過変調イネーブル、PWM 周波数、FG 信号構成など) をレジスタ 0x000088 (CLOSED_LOOP1) に書き込みます。
6. モーター制御設定 (モーター巻線抵抗およびインダクタンス、モーター停止オプション、ブレーキ速度スレッシュホールドなど) をレジスタ 0x00008A (CLOSED_LOOP2) に書き込みます。
7. モーター制御設定 (モーター BEMF 定数、電流ループ Kp、Ki など) をレジスタ 0x00008C (CLOSED_LOOP3) に書き込みます。
8. モーター制御設定 (速度ループ Kp、Ki、最大速度など) をレジスタ 0x00008E (CLOSED_LOOP4) に書き込みます。
9. レジスタ 0x000090 (FAULT_CONFIG1) に、故障制御設定 (ソフトウェアおよびハードウェアの電流制限、動作内容、リトライ回数など) を書き込みます。
10. フォルト制御設定 (ハードウェア電流制限動作、OV/UV 制限値および動作、異常速度レベル、モーターなしスレッシュホールドなど) をレジスタ 0x000092 (FAULT_CONFIG2) に書き込みます。
11. 速度プロファイル設定 (プロファイル タイプ、デューティ サイクル、速度クランプレベル、デューティ サイクル クランプレベルなど) をレジスタ 0x000094~0x00009E (SPEED_PROFILES1~6) に書き込みます。
12. レジスタ 0x0000A0 (INT_ALGO_1) に、ISD の動作時間、停止時間、タイムアウトなどの各種設定を書き込みます。

13. レジスタ 0x0000A2 (INT_ALGO_2) に、弱め界磁制御の Kp や Ki、アクティブ ブレーキ電流のスルーレート、閉ループの緩やかな加速などの各種設定を書き込みます。
14. レジスタ 0x0000A4 (PIN_CONFIG) に、速度入力モード (アナログ、PWM、周波数、I²C) のピン設定、ブレーキ入力、アイドル時や故障時の FG 出力設定などを書き込みます。
15. レジスタ 0x0000A6 と 0x0000A8 (DEVICE_CONFIG1 / DEVICE_CONFIG2) に、デバイス モード、動的電圧ゲインの有効化、I²C のターゲット アドレスなどのデバイス設定を書き込みます。
16. レジスタ 0x0000AA (PERI_CONFIG1) に、デッドタイムや SSM 有効化など、ペリフェラル設定を書き込みます。
17. レジスタ 0x0000AC と 0x0000AE (GD_CONFIG1 / GD_CONFIG2) に、スルーレート、CSA ゲイン、VDS レベル、動作モードなどのゲートドライバ設定を書き込みます。
18. シャドウ レジスタ (0x000080～0x0000AE) の値を EEPROM に書き込むには、レジスタ 0x0000EA に 0x8A500000 を書き込みます。
19. EEPROM 書き込み動作が完了するまで、750ms の間待ちます。
20. 750ms 後に 0x0000EA レジスタを読み取って、0x0 にリセットされていることを確認します。これにより、EEPROM 書き込みプロセスが正常に完了したことが確認できます。

ステップ 1～17 は、変更する必要があるレジスタ / パラメータに基づいて選択的に実行できます。必要な値を使ってすべてのシャドウ / RAM レジスタを更新した後、シャドウ / RAM レジスタの内容を EEPROM に書き込むために、ステップ 18～20 を実行する必要があります。

注

EEPROM の予約済みビット フィールドのデフォルト設定値は変更できません。予約済みビットの内容を変更しないように、「リード モディファイ ライト」シーケンスを使って EEPROM 書き込み動作を実行することを推奨します。

7.6.1.2 EEPROM 読み出し

MCF8329HS-Q1 での EEPROM 読み出し手順を次に示します。

1. EEPROM データをシャドウ / RAM レジスタ (0x000080～0x0000AE) に読み込むには、レジスタ 0x0000EA に 0x40000000 を書き込みます。
2. EEPROM の読み出し動作が完了するまで、100ms の間待ちます。
3. I²C 読み出しコマンドを使って、シャドウ / RAM レジスタの値を一度に 1 または 2 レジスタずつ読み出します ([セクション 7.6.2](#) を参照)。シャドウ レジスタのアドレスは 0x000080～0x0000AE です。32 ビット読み出し動作の場合、レジスタ アドレスは 2 ステップずつ増加します (各アドレスが 16 ビット位置であるため)。

7.6.1.3 EEPROM セキュリティ

MCF8329HS-Q1 は、EEPROM レジスタに対して構成可能な読み取り / 書き込み保護機能を備えています。この保護レベルは、次のリストに示すように、EEPROM_LOCK_MODE を使用して設定できます。

- 00b: パスコードなしで EEPROM の読み取り / 書き込みが可能
- 01b: EEPROM の読み取り / 書き込みには有効なパスコードが必要
- 10b: EEPROM の読み取りには有効なパスコードが必要で、EEPROM の書き込みは永続的にロックされる
- 11b: EEPROM の読み取り / 書き込みは永続的にロックされる

パスコードは、DEVICE_CONFIG1 レジスタの EEPROM_LOCK_KEY で示される EEPROM の 15 ビット フィールドです。EEPROM_LOCK_KEY は書き込みアクセス可能ですが (EEPROM_LOCK_MODE が 00b または 01b に設定されているとき)、読み取りアクセスはできません。

パスコード ベースの読み取り / 書き込み保護が有効になっている場合 (EEPROM_LOCK_MODE が 01b または 10b に設定されている場合)、ユーザーは、パワーアップ / ウェークアップのたびに、I²C を介して最初の EEPROM 読み取り / 書き込みトランザクションを送信する前に、EEPROM_LOCK_KEY で設定されたパスコードを USER_EEPROM_KEY ビットフィールドに書き込む必要があります。パワーアップ / ウェークアップ後に有効なパスコードを 1 回書き込むだけで、パワー リセット、スリープ モードへの移行、デジタル リセット、誤ったパスコード書き込みがない限り、その後のすべての

EEPROM 読み取り / 書き込みトランザクションに対応できます。無効なパスコードが書き込まれると、その後の EEPROM 読み取り / 書き込みトランザクションは拒否され、MCF8329HS-Q1 は読み取り / 書き込み要求に応答しません。読み取り / 書き込み保護は、EEPROM だけでなく、対応するシャドウ / RAM 位置にも適用されます。EEPROM_LOCK_MODE とパスコードは EEPROM レジスタの一部であるため、EEPROM_LOCK_MODE で設定されたように、これらのビット フィールドには同じレベルの読み取り / 書き込み保護が適用されます。

7.6.2 I²C シリアル インターフェイス

MCF8329HS-Q1 は I²C シリアル インターフェイス経由で外部 MCU と接続します。MCF8329HS-Q1 は、コントローラと接続する I²C ターゲットです。外部 MCU は、このインターフェイスを使って MCF8329HS-Q1 内の予約済みレジスタ以外のすべてのレジスタの読み出し / 書き込みができます。

注

信頼性の高い通信を確保するため、I²C バスを介して転送されるすべてのバイトの間に 100µs の遅延を使用する必要があります。

7.6.2.1 I²C データ ワード

表 7-9 に、I²C データワードのフォーマットを示します。

表 7-9. I²C データ ワードのフォーマット

TARGET_ID	R/W	制御ワード	データ	CRC-8
A6～A0	W0	CW23～CW0	D15 / D31/ D63 - D0	C7～C0

ターゲット ID および R/W ビット: 先頭バイトには、7 ビットの I²C ターゲット ID (0x01) が含まれており、その後に読み出し / 書き込みコマンド ビットが続きます。MCF8329HS-Q1 の各パケットでは、24 ビットの制御ワードの書き込みから通信プロトコルが始まるので、R/W ビットは常に 0 になります。

24 ビット制御ワード: ターゲット アドレスの後に 24 ビットの制御ビットが続きます。表 7-10 に、制御ワードのフォーマットを示します。

表 7-10. 24 ビット制御ワードのフォーマット

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

制御ワードの各フィールドの詳細を、以下に説明します。

OP_R/W – 読み出し / 書き込み: R/W ビットは、これが読み出し動作と書き込み動作のどちらであることを示します。ビット値 0 は、それが書き込み動作であることを示します。ビット値 1 は、それが読み出し動作であることを示します。書き込み動作の場合、MCF8329HS-Q1 は、24 ビット制御ワードの後にデータ バイトが送信されるものと想定します。読み出し動作の場合、MCF8329HS-Q1 は、24 ビット制御ワードの後に、繰り返し START または通常の START による I²C 読み出し要求があるものと想定します。

CRC_EN – 巡回冗長性検査 (CRC) イネーブル: MCF8329HS-Q1 は、データの整合性を検証するために CRC をサポートしています。このビットは、CRC 機能を有効化するかどうかを制御します。

DLEN – データ長: DLEN フィールドは、外部 MCU から MCF8329HS-Q1 へ送信されるデータの長さを決定します。MCF8329HS-Q1 のプロトコルは 3 つのデータ長 (16 ビット、32 ビット、64 ビット) をサポートしています。

表 7-11. データ長の構成

DLEN 値	データ長
00b	16 ビット
01b	32 ビット
10b	64 ビット

表 7-11. データ長の構成 (続き)

DLEN 値	データ長
11b	予約済み

MEM_SEC – メモリ セクション: MCF8329HS-Q1 の各メモリ位置は、制御ワード内の 3 つの独立したエンティティ (メモリ セクション、メモリ ページ、メモリ アドレス) を使ってアドレス指定されます。メモリ セクションは、そのメモリ位置が属するメモリ セクション (RAM、ROM など) を示す 4 ビットのフィールドです。

MEM_PAGE – メモリ ページ: メモリ ページは、そのメモリ位置が属するメモリ ページを示す 4 ビットのフィールドです。

MEM_ADDR – メモリ アドレス: メモリ アドレスは、アドレスの最後の 12 ビットです。22 ビット アドレス全体は、3 つのフィールド (メモリ セクション、メモリ ページ、メモリ アドレス) のすべてを使って MCF8329HS-Q1 によって内部的に構成されます。メモリ位置 0x000000-0x000800 の場合、メモリ セクションは 0x0、メモリ ページは 0x0、メモリ アドレスは下位 12 ビット (0x000000 の場合 0x000、0x000080 の場合 0x080、0x000800 の場合 0x800) です。

データ バイト: MCF8329HS-Q1 への書き込み動作の場合、24 ビットの制御ワードの後にデータ バイトが続きます。制御ワード内の DLEN フィールドは、このセクションで送信されるバイト数と一致している必要があります。

CRC バイト: 制御ワードで CRC 機能が有効化されている場合、書き込みトランザクションの終了時に CRC バイトが送信されるはずですが。CRC を計算する手順については、以下の「CRC バイト計算」で説明します。

7.6.2.2 I²C 書き込み動作

MCF8329HS-Q1 での I²C を介した書き込み動作には、次のシーケンスが含まれます。

1. I²C START 条件。
2. このシーケンスは、MCF8329HS-Q1 を識別する 7 ビットのターゲット ID (0x01) と、0 に設定された R/W ビットで構成される I²C ターゲット START バイトで開始されます。
3. START バイトの後に 24 ビットの制御ワードが続きます。書き込み動作であるため、制御ワードのビット 23 は 0 である必要があります。
4. 24 ビットの制御ワードの後にデータ バイトが続きます。データ バイトの長さは DLEN フィールドで決まります。
 - a. データ バイト送信時、LSB バイトが最初に送信されます。詳細については、以下の例を参照してください。
 - b. 16 ビット / 32 ビット書き込み – 送信されたデータは、制御ワードに記載されたアドレスに書き込まれます。
 - c. 64 ビット書き込み – 64 ビットは、2 つの 32 ビット書き込みとして扱われます。制御ワードに記載されたアドレスは、Addr 0 と見なされます。Addr 1 は、Addr 0 を 2 増やすことで、MCF8329HS-Q1 によって内部的に計算されます。合計 8 データ バイトが送信されます。最初の 4 バイト (LSB ファーストで送信) は Addr 0 に書き込まれ、次の 4 バイトは Addr 1 に書き込まれます。
5. CRC が有効化されている場合、パケットの最後に CRC バイトが付きます。CRC は、パケット全体 (ターゲット ID + W ビット、制御ワード、データ バイト) に対して計算されます。
6. I²C STOP 条件。

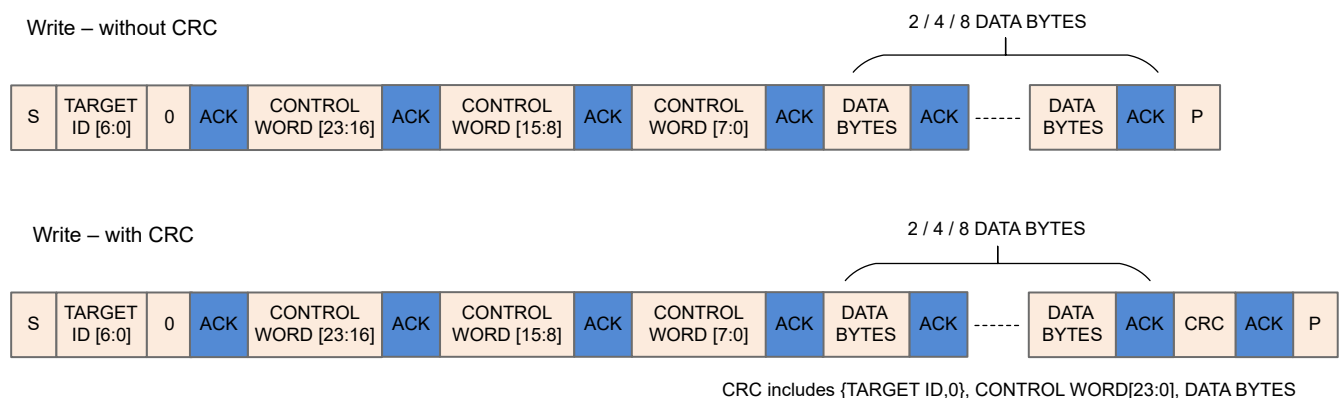


図 7-53. I²C 書き込み動作シーケンス

7.6.2.3 I²C 読み取り動作

MCF8329HS-Q1 での I²C を介した読み出し動作には、次のシーケンスが含まれます。

1. I²C START 条件。
2. このシーケンスは I²C ターゲットの START バイトで始まります。
3. START バイトの後に 24 ビットの制御ワードが続きます。読み出し動作であるため、制御ワードのビット 23 は 1 である必要があります。
4. 制御ワードの後に繰り返し START または通常の START が続きます。
5. MCF8329HS-Q1 は、SDA でデータ バイトを送信します。MCF8329HS-Q1 が送信するバイト数は制御ワードの DLEN フィールド値で決まります。
 - a. データ バイト送信時、LSB バイトが最初に送信されます。詳細については、以下の例を参照してください。
 - b. 16 ビット / 32 ビット読み出し – 制御ワードに記載されたアドレスからのデータが返されます。
 - c. 64 ビット読み出し – 64 ビットは 2 つの 32 ビット読み出しとして扱われます。制御ワードに記載されたアドレスは、Addr 0 と見なされます。Addr 1 は、Addr 0 を 2 増やすことで、MCF8329HS-Q1 によって内部的に計算されます。MCF8329HS-Q1 により、合計 8 データ バイトが送信されます。最初の 4 バイト (LSB ファーストで送信) は Addr 0 から読み出され、次の 4 バイトは Addr 1 から読み出されます。
 - d. MCF8329HS-Q1 は、制御ワードの処理と、指定されたアドレスからのデータの読み出しにある程度の時間を要します。これにはある程度の遅延が含まれます。ターゲット ID を伴う繰り返し START が NACK される可能性は十分にあります。MCF8329HS-Q1 によって I²C 読み出し要求が NACK された場合、数サイクル後にリトライします。このリトライ中、制御ワードを含むパケット全体を送信する必要はありません。ターゲット ID と読み出しビットを伴う START 条件のみを送信すれば十分です。
6. CRC が有効化されている場合、MCF8329HS-Q1 は最後に追加の CRC バイトを送信します。CRC が有効化されている場合、外部 MCU の I²C コントローラは、STOP ビットを送信する前に、この追加バイトを読み出す必要があります。CRC は、パケット全体 (ターゲット ID + W ビット、制御ワード、ターゲット ID + R ビット、データ バイト) に対して計算されます。
7. I²C STOP 条件。

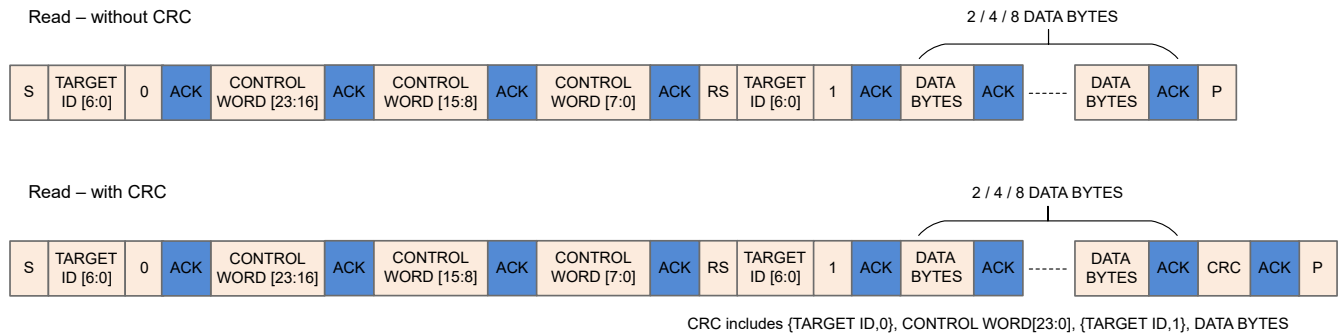


図 7-54. I²C 読み出し動作シーケンス

7.6.2.4 I²C 通信プロトコル パケットの例

この例で使用されているすべての値は 16 進形式です。この例で使用されている I²C ターゲット ID は 0x01 です。

32 ビット書き込み動作の例: アドレス – 0x00000080、データ – 0x1234ABCD、CRC バイト – 0x45 (値の例です。実際の CRC 計算とは一致しません。)

表 7-12. 32 ビット書き込み動作パケットの例

START バイト		制御ワード 0				制御ワード 1		制御ワード 2	データ バイト				CRC
ターゲット ID	I ² C 書き込み	OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SE	MEM_P	MEM_A	MEM_A	DB0	DB1	DB2	DB3	CRC バイト

表 7-12. 32 ビット書き込み動作パケットの例 (続き)

A6-A0	W0	CW23	CW22	CW21- CW20	CW19- CW16	CW15- CW12	CW11- CW8	CW7- CW0	D7-D0	D7-D0	D7-D0	D7-D0	C7-C0
0x01	0x0	0x0	0x1	0x1	0x0	0x0	0x0	0x80	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x45
0x02		0x50				0x00		0x80	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x45

64 ビット書き込み動作の例: アドレス - 0x00000080、データ アドレス 0x00000080 - データ 0x01234567、データ アドレス 0x00000082 - データ 0x89ABCDEF、CRC バイト - 0x45 (値の例です。実際の CRC 計算とは一致しません。)

表 7-13. 64 ビット書き込み動作パケットの例

START バイト		制御ワード 0				制御ワード 1			制御ワード 2	データ バイト	CRC
ターゲット ID	I ² C 書き込み	OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR	MEM_ADDR	MEM_ADDR	DB0~DB7	CRC バイト
A6-A0	W0	CW23	CW22	CW21- CW20	CW19- CW16	CW15- CW12	CW11-CW8	CW7-CW0		[D7-D0] x 8	C7-C0
0x01	0x0	0x0	0x1	0x2	0x0	0x0	0x0	0x80		0x67452301EFCDA89	0x45
0x02		0x60				0x00		0x80		0x67452301EFCDA89	0x45

32 ビット読み出し動作の例: アドレス - 0x00000080、データ - 0x1234ABCD、CRC バイト - 0x56 (値の例です。実際の CRC 計算とは一致しません。)

表 7-14. 32 ビット読み出し動作パケットの例

START バイト		制御ワード 0				制御ワード 1		制御ワード 2	START バイト		バイト 0	バイト 1	バイト 2	バイト 3	バイト 4
ターゲット ID	I ² C 書き込み	R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR	MEM_ADDR	ターゲット ID	I ² C 読み出し	DB0	DB1	DB2	DB3	CRC バイト
A6-A0	W0	CW23	CW22	CW21-CW20	CW19-CW16	CW15-CW12	CW11-CW8	CW7-CW0	A6-A0	W0	D7-D0	D7-D0	D7-D0	D7-D0	C7-C0
0x01	0x0	0x1	0x1	0x1	0x0	0x0	0x0	0x80	0x01	0x1	0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x56
0x02		0xD0				0x00		0x80	0x03		0xCD	0xAB	0x34	0x12	0x56

7.6.2.5 内部バッファ

MCF8329HS-Q1 は、I²C で受信したデータを格納するため、内部でバッファを使います。I²C バスでのデータの収集に、最も高い優先順位が与えられています。I²C Rx データ用に 2 つのバッファ (ピンポン)、I²C Tx データ用に 2 つのバッファ (ピンポン) が備わっています。

外部 MCU からの書き込み要求は Rx バッファ 1 に格納され、Rx バッファ 1 内のこのデータを解析するために構文解析ブロックがトリガされます。MCF8329HS-Q1 が Rx バッファ 1 からの書き込みパケットを処理している間に、別の新しい読み出し / 書き込み要求が発行された場合、I²C バスからのデータ全体は Rx バッファ 2 に格納され、現在の要求の後に処理されます。

MCF8329HS-Q1 は、最大 2 回の連続読み出し / 書き込み要求に対応できます。高優先度の割り込みにより MCF8329HS-Q1 がビジーの場合、送信されたデータは内部バッファ (Rx バッファ 1、Rx バッファ 2) に格納されます。この時点で第 3 の読み出し / 書き込み要求が発行された場合、バッファがすでに満杯であるため、ターゲット ID は NACK されます。

読み出し動作中、読み出し要求が処理され、レジスタからの読み出しデータと CRC バイト (有効化されている場合) は Tx バッファに格納されます。外部 MCU が I²C 読み出し (ターゲット ID + R ビット) を開始すると、この Tx バッファからのデータは I²C を介して転送されます。2 つの Tx バッファが備わっているため、MCF8329HS-Q1 の 2 つの読み出しからのレジスタ データをバッファできます。このシナリオでは、第 3 の読み出し要求が発行されると、制御ワードは Rx バッファ 1 に格納されますが、Tx バッファが満杯であるため、MCF8329HS-Q1 では処理されません。

Tx バッファからデータが読み出されると、そのデータは Tx バッファにはもはや格納されません。バッファはクリアされ、次のデータを格納できるようになります。読み出しトランザクションが中断され、MCU が全バイトの読み出しを完了していない場合、最初からすべてのデータバイトを読み出すため、外部 MCU は再度 I²C 読み出し (I²C 読み出しのみ、制御ワード情報なし) を開始できます。

7.6.2.6 CRC バイト計算

CRC 計算には 8 ビット CCIT 多項式 ($x^8 + x^2 + x + 1$) が使用されます。

書き込み動作時の CRC 計算: 外部 MCU が MCF8329HS-Q1 に書き込む際に CRC が有効化されている場合、外部 MCU は 8 ビット CRC バイトを計算し、その CRC バイトをデータの末尾に追加する必要があります。MCF8329HS-Q1 は、同じ多項式を使用して CRC を内部的に計算し、一致しない場合、その書き込み要求は破棄されます。書き込み動作のための外部 MCU による CRC 計算の入力データを以下に示します。

1. ターゲット ID + 書き込みビット
2. 制御ワード – 3 バイト
3. データ バイト – 2/4/8 バイト

読み出し動作時の CRC 計算: 外部 MCU が MCF8329HS-Q1 を読み出す際に CRC が有効化されている場合、MCF8329HS-Q1 はデータの末尾に CRC バイトを送信します。読み出し動作時の CRC 計算には、START バイト、外部 MCU から送信される制御ワード、MCF8329HS-Q1 から送信されるデータ バイトが必要です。MCF8329HS-Q1 が送信したデータを検証するための、外部 MCU による CRC 計算の入力データを以下に示します。

1. ターゲット ID + 書き込みビット
2. 制御ワード – 3 バイト
3. ターゲット ID + 読み出しビット
4. データ バイト – 2/4/8 バイト

8 EEPROM (不揮発性) レジスタ マップ

8.1 Algorithm_Configuration レジスタ

Algorithm_Configuration レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 8-1 に示します。表 8-1 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 8-1. ALGORITHM_CONFIGURATION レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
80h	ISD_CONFIG	ISD の構成	セクション 8.1.1
82h	REV_DRIVE_CONFIG	リバースドライブ設定	セクション 8.1.2
84h	MOTOR_STARTUP1	モーター起動設定 1	セクション 8.1.3
86h	MOTOR_STARTUP2	モーター起動設定 2	セクション 8.1.4
88h	CLOSED_LOOP1	閉ループ設定 1	セクション 8.1.5
8Ah	CLOSED_LOOP2	閉ループ設定 2	セクション 8.1.6
8Ch	CLOSED_LOOP3	閉ループ設定 3	セクション 8.1.7
8Eh	CLOSED_LOOP4	閉ループ設定 4	セクション 8.1.8
94h	REF_PROFILES1	リファレンス プロファイル設定 1	セクション 8.1.9
96h	REF_PROFILES2	リファレンス プロファイル設定 2	セクション 8.1.10
98h	REF_PROFILES3	リファレンス プロファイル設定 3	セクション 8.1.11
9Ah	REF_PROFILES4	リファレンス プロファイル設定 4	セクション 8.1.12
9Ch	REF_PROFILES5	リファレンス プロファイル設定 5	セクション 8.1.13
9Eh	REF_PROFILES6	リファレンス プロファイル設定 6	セクション 8.1.14

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 8-2 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

**表 8-2. Algorithm_Configuration のアクセス タイプ
コード**

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

8.1.1 ISD_CONFIG レジスタ (オフセット = 80h) [リセット = 00000000h]

図 8-1 に、ISD_CONFIG レジスタを示し、表 8-3 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

初期速度検出設定値を設定するためのレジスタ

図 8-1. ISD_CONFIG レジスタ

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

図 8-1. ISD_CONFIG レジスタ (続き)

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

表 8-3. ISD_CONFIG レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	ISD_EN	R/W	0h	MSS 中の ISD イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
29	BRAKE_EN	R/W	0h	MSS 中のブレーキ イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
28	HIZ_EN	R/W	0h	MSS 中の ハイ インピーダンス イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
27	RVS_DR_EN	R/W	0h	MSS 中の逆回転駆動動作をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
26	RESYNC_EN	R/W	0h	MSS 中の再同期をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
25-22	FW_DRV_RESYN_THR	R/W	0h	再同期して閉ループに移移するための最小速度スレッシュホールド (MAX_SPEED の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 35% 7h = 40% 8h = 45% 9h = 50% Ah = 該当なし Bh = 該当なし Ch = 該当なし Dh = 該当なし Eh = 該当なし Fh = 該当なし
21	ISD_BEMF_FILT_ENABLER	R/W	0h	ISD 中の BEMF フィルタをイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル

表 8-3. ISD_CONFIG レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
20-17	SINGLE_SHUNT_BLANKING_TIME	R/W	0h	PWM エッジから電流がサンプリングされるまでのブランキング時間 0h = 0.25µs 1h = 0.5µs 2h = 0.75µs 3h = 1µs 4h = 1.25µs 5h = 1.5µs 6h = 1.75µs 7h = 2µs 8h = 2.25µs 9h = 2.5µs Ah = 2.75µs Bh = 3µs Ch = 3.5µs Dh = 4µs Eh = 5µs Fh = 6µs
16-13	BRK_TIME	R/W	0h	MSS 中のブレーキ時間 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
12-9	HIZ_TIME	R/W	0h	MSS 中の ハイ インピーダンス時間 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
8-6	STAT_DETECT_THR	R/W	0h	モーターが停止しているかどうかを検出するための BEMF スレッショルド 0h = 100 mV 1h = 150 mV 2h = 200 mV 3h = 500 mV 4h = 1000 mV 5h = 1500 mV 6h = 2000 mV 7h = 3000 mV

表 8-3. ISD_CONFIG レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
5-3	REV_DRV_HANDOFF_THR	R/W	0h	リバースドライブ時に開ループに遷移させるために使う速度スレッシュホルド (MAX_SPEED の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 50%
2-0	REV_DRV_OPEN_LOOP_CURRENT	R/W	0h	リバースドライブ時の開ループ電流制限値 (BASE_CURRENT の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 50%

8.1.2 REV_DRIVE_CONFIG レジスタ (オフセット = 82h) [リセット = 00000000h]

図 8-2 に、REV_DRIVE_CONFIG を示し、表 8-4 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リバースドライブ設定値を設定するためのレジスタ

図 8-2. REV_DRIVE_CONFIG レジスタ

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

表 8-4. REV_DRIVE_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット

表 8-4. REV_DRIVE_CONFIG レジスタ フィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
30-27	REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A1	R/W	0h	リバースドライブ時の開ループ加速度係数 A1 0h = 0.1Hz/s 1h = 0.5Hz/s 2h = 1Hz/s 3h = 2.5Hz/s 4h = 5Hz/s 5h = 10Hz/s 6h = 25Hz/s 7h = 50Hz/s 8h = 75Hz/s 9h = 100Hz/s Ah = 250Hz/s Bh = 500Hz/s Ch = 750Hz/s Dh = 1000Hz/s Eh = 5000Hz/s Fh = 10000Hz/s
26-23	BUS_CURRENT_LIMIT_EN_MIN_VOLTAGE	R/W	0h	PVDD 電圧がこの最小値を下回ると、バス電流制限が有効になります (CTRL_MODE = 1h または BUS_POWER_LIMIT_ENABLE = 1 の場合にのみ適用されます) 0h = バス電流制限を無効化 1h = 9V 2h = 10 V 3h = 11 V 4h = 12 V 5h = 18 V 6h = 20 V 7h = 22 V 8h = 24 V 9h = 30 V Ah = 32V Bh = 34V Ch = 36V Dh = 40V Eh = 44V Fh = 48V
22-20	ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT	R/W	0h	アクティブ ブレーキ時のバス電流制限値 (BASE_CURRENT の %) 0h = 10% 1h = 20% 2h = 30% 3h = 40% 4h = 50% 5h = 60% 6h = 70% 7h = 80%
19-10	ACTIVE_BRAKE_KP	R/W	0h	アクティブ ブレーキ PI ループ Kp の 10 ビット値。 $K_p = \text{ACTIVE_BRAKE_KP} / 2^7$
9-0	ACTIVE_BRAKE_KI	R/W	0h	アクティブ ブレーキ PI ループ Ki の 10 ビット値。 $K_i = \text{ACTIVE_BRAKE_KI} / 2^9$

8.1.3 MOTOR_STARTUP1 レジスタ (オフセット = 84h) [リセット = 00000000h]

図 8-3 に、MOTOR_STARTUP1 を示し、表 8-5 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

モーター起動設定値 1 を設定するためのレジスタ

図 8-3. MOTOR_STARTUP1 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
----	----	----	----	----	----	----	----

図 8-3. MOTOR_STARTUP1 レジスタ (続き)

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

表 8-5. MOTOR_STARTUP1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-29	MTR_STARTUP	R/W	0h	モーター起動モード 0h = アライン 1h = ダブル アライン 2h = IPD 3h = スロー ファースト サイクル
28-25	ALIGN_SLOW_RAMP_RATE	R/W	0h	アライン、スロー ファースト サイクル、開ループの電流ランプレート 0h = 1A/s 1h = 5A/s 2h = 10A/s 3h = 25A/s 4h = 50A/s 5h = 100A/s 6h = 150A/s 7h = 250A/s 8h = 500A/s 9h = 1000A/s Ah = 2000A/s Bh = 5000A/s Ch = 10000A/s Dh = 20000A/s Eh = 50000A/s Fh = 無制限
24-21	ALIGN_TIME	R/W	0h	アライン時間 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 1.5s Ah = 2s Bh = 3s Ch = 4s Dh = 5s Eh = 7.5s Fh = 10s

表 8-5. MOTOR_STARTUP1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
20-17	ALIGN_OR_SLOW_CURRENT_ILIMIT	R/W	0h	アラインまたはスロー ファースト サイクルの電流制限値 (BASE_CURRENT の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%
16-14	予約済み	R	0h	予約済み
13-10	IPD_CURR_THR	R/W	0h	IPD 電流スレッショルド (BASE_CURRENT の %) 0h = 該当なし 1h = 該当なし 2h = 該当なし 3h = 20% 4h = 26.7% 5h = 33.3% 6h = 40% 7h = 46.7% 8h = 53.3% 9h = 60% Ah = 66.7% Bh = 73.3% Ch = 80% Dh = 86.7% Eh = 93.3% Fh = 100%
9-8	予約済み	R	0h	予約済み
7-6	IPD_ADV_ANGLE	R/W	0h	IPD アドバンス角度 0h = 0° 1h = 30° 2h = 60° 3h = 90°
5-4	IPD_REPEAT	R/W	0h	IPD の実行回数 0h = 1 回 1h = 平均 2 回 2h = 平均 3 回 3h = 平均 4 回
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	IQ_RAMP_DOWN_EN	R/W	0h	開ループから閉ループへの切り替え時に、Q 軸電流のランプダウンを有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル
1	ACTIVE_BRAKE_EN	R/W	0h	減速時のアクティブ ブレーキをイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.4 MOTOR_STARTUP2 レジスタ (オフセット = 86h) [リセット = 00000000h]

図 8-4 に、MOTOR_STARTUP2 を示し、表 8-6 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

モーター起動設定値 2 を設定するためのレジスタ

図 8-4. MOTOR_STARTUP2 レジスタ

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

表 8-6. MOTOR_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-27	OL_ILIMIT	R/W	0h	開ループ電流制限値 (BASE_CURRENT の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%

表 8-6. MOTOR_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
26-23	OL_ACC_A1	R/W	0h	開ループ加速度係数 A1 0h = 0.1Hz/s 1h = 0.5Hz/s 2h = 1Hz/s 3h = 2.5Hz/s 4h = 5Hz/s 5h = 10Hz/s 6h = 25Hz/s 7h = 50Hz/s 8h = 75Hz/s 9h = 100Hz/s Ah = 250Hz/s Bh = 500Hz/s Ch = 750Hz/s Dh = 1000Hz/s Eh = 5000Hz/s Fh = 10000Hz/s
22-19	OL_ACC_A2	R/W	0h	開ループ加速度係数 A2 0h = 0Hz/s ² 1h = 0.5Hz/s ² 2h = 1Hz/s ² 3h = 2.5Hz/s ² 4h = 5Hz/s ² 5h = 10Hz/s ² 6h = 25Hz/s ² 7h = 50Hz/s ² 8h = 75Hz/s ² 9h = 100Hz/s ² Ah = 250Hz/s ² Bh = 500Hz/s ² Ch = 750Hz/s ² Dh = 1000Hz/s ² Eh = 5000Hz/s ² Fh = 10000Hz/s ²
18	AUTO_HANDOFF_EN	R/W	0h	開ループから閉ループへの切り替え時に、自動ハンドオフを有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル

表 8-6. MOTOR_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
17-13	OPN_CL_HANDOFF_THR	R/W	0h	開ループから閉ループのハンドオフ スレッショルド (MAX_SPEED の %) 0h = 1% 1h = 2% 2h = 3% 3h = 4% 4h = 5% 5h = 6% 6h = 7% 7h = 8% 8h = 9% 9h = 10% Ah = 11% Bh = 12% Ch = 13% Dh = 14% Eh = 15% Fh = 16% 10h = 17% 11h = 18% 12h = 19% 13h = 20% 14h = 22.5% 15h = 25% 16h = 27.5% 17h = 30% 18h = 32.5% 19h = 35% 1Ah = 37.5% 1Bh = 40% 1Ch = 42.5% 1Dh = 45% 1Eh = 47.5% 1Fh = 50%
12-11	STANDBY_POWER	R/W	0h	モーターが駆動されていないときの、基板の待機時電力消費 0h = 0.5W 1h = 1W 2h = 2W 3h = 4W
10-8	AUTO_HANDOFF_MIN_BEMF	R/W	0h	自動ハンドオフに必要な最小 BEMF スレッショルド 0h = 0 mV 1h = 100 mV 2h = 200 mV 3h = 500 mV 4h = 1000 mV 5h = 2000 mV 6h = 2500 mV 7h = 3000 mV

表 8-6. MOTOR_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-4	SLOW_FIRST_CYC_FREQ	R/W	0h	スロー ファースト サイクル スタートアップ時の最初のサイクル周波数 (MAX_SPEED の %) 0h = 0.1% 1h = 0.3% 2h = 0.5% 3h = 0.7% 4h = 1% 5h = 1.5% 6h = 2% 7h = 2.5% 8h = 3% 9h = 4% Ah = 5% Bh = 7.5% Ch = 10% Dh = 15% Eh = 20% Fh = 25%
3	予約済み	R	0h	予約済み
2-0	THETA_ERROR_RAMP_RATE	R/W	0h	開ループから閉ループへの切り替え時に、推定角度と開ループ角度の差を縮めるためのランプ レート 0h = 0.01deg/ms 1h = 0.05deg/ms 2h = 0.1deg/ms 3h = 0.2deg/ms 4h = 0.5deg/ms 5h = 1deg/ms 6h = 2deg/ms 7h = 4deg/ms

8.1.5 CLOSED_LOOP1 レジスタ (オフセット = 88h) [リセット = 00000000h]

図 8-5 に、CLOSED_LOOP1 を示し、表 8-7 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

閉ループ設定値 1 を設定するためのレジスタ

図 8-5. CLOSED_LOOP1 レジスタ

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

表 8-7. CLOSED_LOOP1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	OVERMODULATION_EN ABLE	R/W	0h	過変調イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
29-25	CL_ACC	R/W	0h	閉ループ加速 速度制御 (Hz/s) 速度制御 (W/s) 電流制御 (0.1A/s) 変調指数の制御 (0.01% の変調指数 / 秒) 0h = 0.5 1h = 1 2h = 2.5 3h = 5 4h = 7.5 5h = 10 6h = 20 7h = 40 8h = 60 9h = 80 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 300 Dh = 400 Eh = 500 Fh = 600 10h = 700 11h = 800 12h = 1000 13h = 1250 14h = 1500 15h = 2000 16h = 2500 17h = 3000 18h = 4000 19h = 5000 1Ah = 6000 1Bh = 8000 1Ch = 10000 1Dh = 20000 1Eh = 40000 1Fh = 無制限
24	予約済み	R	0h	予約済み

表 8-7. CLOSED_LOOP1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
23-19	CL_DEC	R/W	0h	閉ループ減速 速度制御 (Hz/s) 速度制御 (W/s) 電流制御 (0.1A/s) 変調指数の制御 (0.01% の変調指数 / 秒) 0h = 0.5 1h = 1 2h = 2.5 3h = 5 4h = 7.5 5h = 10 6h = 20 7h = 40 8h = 60 9h = 80 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 300 Dh = 400 Eh = 500 Fh = 600 10h = 700 11h = 800 12h = 1000 13h = 1250 14h = 1500 15h = 2000 16h = 2500 17h = 3000 18h = 4000 19h = 5000 1Ah = 6000 1Bh = 8000 1Ch = 10000 1Dh = 20000 1Eh = 40000 1Fh = 無制限
18-15	PWM_FREQ_OUT	R/W	0h	PWM 出力周波数 0h = 10kHz 1h = 15kHz 2h = 20kHz 3h = 25kHz 4h = 30kHz 5h = 35kHz 6h = 40kHz 7h = 45kHz 8h = 50kHz 9h = 55kHz Ah = 60kHz Bh = 65kHz Ch = 70kHz Dh = 75kHz Eh = 80kHz Fh = 該当なし
14	ESTIMATOR_FILT_EN	R/W	0h	推定ツール フィルタのイネーブル (注:制御応答遅延が発生する可能性があります) 0h = 無効化 1h = イネーブル

表 8-7. CLOSED_LOOP1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
13-12	FG_SEL	R/W	0h	FG で速度フィードバックが得られるときのモーター状態を設定 0h = ISD、開ループおよび閉ループで FG を出力 1h = 閉ループでのみ FG を出力 2h = 最初の試行で開ループで FG を出力 3h = 未定義
11-8	FG_DIV	R/W	0h	FG の分周係数 0h = 整流サイクル、電気角の 3 倍 1h = 1 分周 (2 極モーターの機械的速度) 2h = 2 分周 (4 極モーターの機械的速度) 3h = 3 分周 (6 極モーターの機械的速度) 4h = 4 分周 (8 極モーターの機械的速度) 5h = 5 分周 (10 極モーターの機械的速度) 6h = 6 分周 (12 極モーターの機械的速度) 7h = 7 分周 (14 極モーターの機械的速度) 8h = 8 分周 (16 極モーターの機械的速度) 9h = 9 分周 (18 極モーターの機械的速度) Ah = 10 分周 (20 極モーターの機械的速度) Bh = 11 分周 (22 極モーターの機械的速度) Ch = 12 分周 (24 極モーターの機械的速度) Dh = 13 分周 (26 極モーターの機械的速度) Eh = 14 分周 (28 極モーターの機械的速度) Fh = 15 分周 (30 極モーターの機械的速度)
7	FG_CONFIG	R/W	0h	FG 出力の設定 0h = モーターが駆動されている限り、FG はアクティブ 1h = FG_BEMF_THR によって設定された BEMF スレッショルドを BEMF が下回るまで、FG はアクティブ
6-4	FG_BEMF_THR	R/W	0h	FG ピンで速度帰還情報が得られるようになる BEMF スレッショルド。この 値は、SHx ピンの電圧を電圧ゲイン(BUS_VOLT を参照) で割ることで計 算されます。 0h = ±1mV 1h = ±2mV 2h = ±5mV 3h = ±10mV 4h = ±20mV 5h = ±30mV 6h = 該当なし 7h = 該当なし
3	AVS_EN	R/W	0h	AVS イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
2	予約済み	R	0h	予約済み
1	予約済み	R	0h	予約済み
0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.6 CLOSED_LOOP2 レジスタ (オフセット = 8Ah) [リセット = 00000000h]

図 8-6 に、CLOSED_LOOP2 を示し、表 8-8 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

閉ループ設定値 2 を設定するためのレジスタ

図 8-6. CLOSED_LOOP2 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	予約済み	MTR_STOP		MTR_STOP_BRK_TIME			
R-0h	R-0h	R/W-0h		R/W-0h			

図 8-6. CLOSED_LOOP2 レジスタ (続き)

23	22	21	20	19	18	17	16
ACT_SPIN_THR				BRAKE_SPEED_THRESHOLD			
R/W-0h				R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
MOTOR_RES							
R/W-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
MOTOR_IND							
R/W-0h							

表 8-8. CLOSED_LOOP2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティビット
30	予約済み	R	0h	予約済み
29-28	MTR_STOP	R/W	0h	モーター停止モード 0h = ハイ インピーダンス 1h = ローサイド ブレーキ 2h = アクティブ スピン ダウン 3h = 予約済み
27-24	MTR_STOP_BRK_TIME	R/W	0h	モーター停止中のブレーキ時間 0h = 10ms 1h = 50ms 2h = 100ms 3h = 200ms 4h = 300ms 5h = 400ms 6h = 500ms 7h = 750ms 8h = 1s 9h = 2s Ah = 3s Bh = 4s Ch = 5s Dh = 7.5s Eh = 10s Fh = 15s
23-20	ACT_SPIN_THR	R/W	0h	アクティブ スピンドアウン速度スレッショルド (MAX_SPEED の %) 0h = 100% 1h = 90% 2h = 80% 3h = 70% 4h = 60% 5h = 50% 6h = 45% 7h = 40% 8h = 35% 9h = 30% Ah = 25% Bh = 20% Ch = 15% Dh = 10% Eh = 該当なし Fh = 該当なし

表 8-8. CLOSED_LOOP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
19-16	BRAKE_SPEED_THRES HOLD	R/W	0h	それを下回ると、BRAKE ピンとモーター停止モード (ロー サイド ブレーキ) (MAX_SPEED の %) でブレーキが作動する速度スレッシュホルド 0h = 100% 1h = 90% 2h = 80% 3h = 70% 4h = 60% 5h = 50% 6h = 45% 7h = 40% 8h = 35% 9h = 30% Ah = 25% Bh = 20% Ch = 15% Dh = 10% Eh = 該当なし Fh = 該当なし
15-8	MOTOR_RES	R/W	0h	モーター相抵抗
7-0	MOTOR_IND	R/W	0h	モーターの位相インダクタンス

8.1.7 CLOSED_LOOP3 レジスタ (オフセット = 8Ch) [リセット = 00000000h]

図 8-7 に、CLOSED_LOOP3 を示し、表 8-9 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

閉ループ設定値 3 を設定するためのレジスタ

図 8-7. CLOSED_LOOP3 レジスタ

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

表 8-9. CLOSED_LOOP3 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-23	MOTOR_BEMF_CONST	R/W	0h	モーター BEMF 定数

表 8-9. CLOSED_LOOP3 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
22-13	CURR_LOOP_KP	R/W	0h	Q 軸および D 軸の電流 PI 制御ループで使用する 10 ビットの Kp 値。 CURR_LOOP_KP は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。 $Kp = VALUE / 10^{SCALE}$ 現在の Kp と Ki を自動計算する場合、0 に設定します
12-3	CURR_LOOP_KI	R/W	0h	Q 軸および D 軸の電流 PI 制御ループで使用する 10 ビットの Ki 値。 CURR_LOOP_KI は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。 $Ki = 1000 \times VALUE / 10^{SCALE}$ 現在の Kp と Ki を自動計算する場合、0 に設定します。
2-0	SPD_LOOP_KP	R/W	0h	速度ループ / 電源ループの Kp を構成する 3 MSB ビット。 SPD_LOOP_KP は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。 $Kp = 0.01 \times VALUE / 10^{SCALE}$.

8.1.8 CLOSED_LOOP4 レジスタ (オフセット = 8Eh) [リセット = 00000000h]

図 8-8 に、CLOSED_LOOP4 を示し、表 8-10 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

閉ループ設定値 4 を設定するためのレジスタ

図 8-8. CLOSED_LOOP4 レジスタ

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

表 8-10. CLOSED_LOOP4 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティビット
30-24	SPD_LOOP_KP	R/W	0h	速度ループ / 電源ループの Kp を構成する 7 LSB ビット。 SPD_LOOP_KP は 2 つの部分 (SCALE(10:9)、VALUE(8:0)) に分かれています。 $Kp = 0.01 \times VALUE / 10^{SCALE}$.
23-14	SPD_LOOP_KI	R/W	0h	速度ループ / 電源ループ Ki の 10 ビット値。 SPD_LOOP_KI は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。 $Ki = 0.1 \times VALUE / 10^{SCALE}$.

表 8-10. CLOSED_LOOP4 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
13-0	MAX_SPEED	R/W	0h	電氣的 Hz での最大モーター速度 = MAX_SPEED/4 たとえば、MAX_SPEED が 0x7D0 (2000d) の場合、最大モーター速度 (Hz) は 2000/4 = 500Hz です

8.1.9 REF_PROFILES1 レジスタ (オフセット = 94h) [リセット = 00000000h]

図 8-9 に、REF_PROFILES1 を示し、表 8-11 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 1 を設定するためのレジスタ

図 8-9. REF_PROFILES1 レジスタ

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

表 8-11. REF_PROFILES1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティビット
30-29	REF_PROFILE_CONFIG	R/W	0h	リファレンス プロファイル モード構成 0h = リファレンス モード 1h = リニア モード 2h = 階段モード 3h = 双方向モード
28-21	DUTY_ON1	R/W	0h	Duty_ON1 の設定 ターンオン デューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_ON1/256) \times 100\}$
20-13	DUTY_OFF1	R/W	0h	Duty_OFF1 の設定 ターンオフ デューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_OFF1/256) \times 100\}$
12-5	DUTY_CLAMP1	R/W	0h	Duty_CLAMP1 の設定 クランプのデューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_CLAMP1/256) \times 100\}$
4-0	DUTY_A	R/W	0h	デューティ サイクル A の 5 MSB ビット

8.1.10 REF_PROFILES2 レジスタ (オフセット = 96h) [リセット = 00000000h]

図 8-10 に、REF_PROFILES2 を示し、表 8-12 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 2 を設定するためのレジスタ

図 8-10. REF_PROFILES2 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	DUTY_A			DUTY_B			
R-0h	R/W-0h			R/W-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
DUTY_B				DUTY_C			
R/W-0h				R/W-0h			
15	14	13	12	11	10	9	8
DUTY_C				DUTY_D			
R/W-0h				R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
DUTY_D				DUTY_E			
R/W-0h				R/W-0h			

表 8-12. REF_PROFILES2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティビット
30-28	DUTY_A	R/W	0h	デューティ サイクル A の 3 LSB ビットの設定 デューティ サイクル A (%) = $\{(DUTY_A/256) \times 100\}$
27-20	DUTY_B	R/W	0h	Duty_B の設定 デューティ サイクル B (%) = $\{(DUTY_B/256) \times 100\}$
19-12	DUTY_C	R/W	0h	Duty_C の設定 デューティ サイクル C (%) = $\{(DUTY_C/256) \times 100\}$
11-4	DUTY_D	R/W	0h	Duty_D の設定 デューティ サイクル D (%) = $\{(DUTY_D/256) \times 100\}$
3-0	DUTY_E	R/W	0h	デューティ サイクル E の 4 MSB ビット

8.1.11 REF_PROFILES3 レジスタ (オフセット = 98h) [リセット = 00000000h]

図 8-11 に、REF_PROFILES3 を示し、表 8-13 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 3 を設定するためのレジスタ

図 8-11. REF_PROFILES3 レジスタ

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

図 8-11. REF_PROFILES3 レジスタ (続き)

表 8-13. REF_PROFILES3 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-27	DUTY_E	R/W	0h	デューティ サイクル E の 4 LSB ビットの設定 デューティ サイクル E (%) = $\{(DUTY_E/256) \times 100\}$
26-19	DUTY_ON2	R/W	0h	Duty_ON2 の設定 ターンオン デューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_ON2/256) \times 100\}$
18-11	DUTY_OFF2	R/W	0h	Duty_OFF2 の設定 ターンオフ デューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_OFF2/256) \times 100\}$
10-3	DUTY_CLAMP2	R/W	0h	Duty_CLAMP2 の設定 クランプのデューティ サイクル (%) = $\{(DUTY_CLAMP2/256) \times 100\}$
2-1	DUTY_HYS	R/W	0h	入力デューティヒステリシス 0h = 0% 1h = 1% 2h = 2% 3h = 3%
0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.12 REF_PROFILES4 レジスタ (オフセット = 9Ah) [リセット = 00000000h]

図 8-12 に、REF_PROFILES4 を示し、表 8-14 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 4 を設定するためのレジスタ

図 8-12. REF_PROFILES4 レジスタ

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

表 8-14. REF_PROFILES4 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-23	REF_OFF1	R/W	0h	ターンオフ リファレンスの設定 ターンオフ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_OFF1/256) \times 100\}$
22-15	REF_CLAMP1	R/W	0h	リファレンス クランプ 1 の設定 クランプ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_CLAMP1/256) \times 100\}$

表 8-14. REF_PROFILES4 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
14-7	REF_A	R/W	0h	リファレンス A の設定 リファレンス A (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_A/256) \times 100\}$
6-0	REF_B	R/W	0h	REF_B の 7 MSB の設定

8.1.13 REF_PROFILES5 レジスタ (オフセット = 9Ch) [リセット = 00000000h]

図 8-13 に、REF_PROFILES5 を示し、表 8-15 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 5 を設定するためのレジスタ

図 8-13. REF_PROFILES5 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	REF_B	REF_C					
R-0h	R/W-0h	R/W-0h					
23	22	21	20	19	18	17	16
REF_C		REF_D					
R/W-0h		R/W-0h					
15	14	13	12	11	10	9	8
REF_D		REF_E					
R/W-0h		R/W-0h					
7	6	5	4	3	2	1	0
REF_E		MIN_DUTY		MIXED_MODE_CONFIG		DUTY_COMMA ND_FILTER	予約済み
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h	R-0h

表 8-15. REF_PROFILES5 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	REF_B	R/W	0h	REF_B の 1 LSB の設定 リファレンス B (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_B/256) \times 100\}$
29-22	REF_C	R/W	0h	リファレンス C の設定 リファレンス C (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_C/256) \times 100\}$
21-14	REF_D	R/W	0h	リファレンス D の設定 リファレンス D (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_D/256) \times 100\}$
13-6	REF_E	R/W	0h	リファレンス E の設定 リファレンス E (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_E/256) \times 100\}$
5-4	MIN_DUTY	R/W	0h	モーターが起動するモーターの最小入力デューティスレッシュホールド (REF_PROFILE_CONFIG = 0h の場合にのみ適用可能) 0h = 1% 1h = 3% 2h = 5% 3h = 10%

表 8-15. REF_PROFILES5 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
3-2	MIXED_MODE_CONFIG	R/W	0h	混在制御モード設定 (REF_PROFILE_CONFIG = 1h または REF_PROFILE_CONFIG = 2h の場合のみ適用可能) 0h = 入力デューティ範囲全体で使用者が定義するリファレンス モード 1h = 入力デューティが DUTY_C + DUTY_HYST を上回る場合は変調指数制御を行い、入力デューティが DUTY_C - DUTY_HYST を下回る場合は、設定された CTRL_MODE を用います 2h = 入力デューティが DUTY_C + DUTY_HYST を上回る場合は、設定された CTRL_MODE を使用し、入力デューティが DUTY_C - DUTY_HYST を下回る場合は、変調指数制御を行います 3h = 該当なし
1	DUTY_COMMAND_FILTER	R/W	0h	入力デューティフィルタ 0h = 入力デューティに対するフィルタを無効化 1h = 入力デューティに対するフィルタを有効化 (0.4%)
0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.14 REF_PROFILES6 レジスタ (オフセット = 9Eh) [リセット = 00000000h]

図 8-14 に、REF_PROFILES6 を示し、表 8-16 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

リファレンス プロファイル 6 を設定するためのレジスタ

図 8-14. REF_PROFILES6 レジスタ

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

表 8-16. REF_PROFILES6 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-23	REF_OFF2	R/W	0h	ターンオフ リファレンスの設定 ターンオフ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_OFF2/256) \times 100\}$
22-15	REF_CLAMP2	R/W	0h	クランプ リファレンスの設定 クランプ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF_CLAMP2/256) \times 100\}$
14-9	HALL_ANGLE_REF	R/W	0h	オフセット校正用のホール センサ角度リファレンス (度 = $HALL_ANGLE_REF \times 360/63$)
8-0	予約済み	R	0h	予約済み

8.2 Fault_Configuration レジスタ

Fault_Configuration レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 8-17 に示します。表 8-17 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 8-17. FAULT_CONFIGURATION レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
90h	FAULT_CONFIG1	フォルト設定 1	セクション 8.2.1
92h	FAULT_CONFIG2	フォルト設定 2	セクション 8.2.2

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 8-18 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 8-18. Fault_Configuration のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

8.2.1 FAULT_CONFIG1 レジスタ (オフセット = 90h) [リセット = 00000000h]

図 8-15 に、FAULT_CONFIG1 を示し、表 8-19 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

フォルト設定 1 を設定するためのレジスタ

図 8-15. FAULT_CONFIG1 レジスタ

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

表 8-19. FAULT_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-27	ILIMIT	R/W	0h	位相電流ピークの制限 (BASE_CURRENT の %) 0h = 5% 1h = 10% 2h = 15% 3h = 20% 4h = 25% 5h = 30% 6h = 40% 7h = 45% 8h = 50% 9h = 55% Ah = 60% Bh = 65% Ch = 70% Dh = 75% Eh = 80% Fh = 85%
26-23	HW_LOCK_ILIMIT	R/W	0h	コンパレータ方式のロック検出電流制限値 (BASE_CURRENT の %) 0h = 0% 1h = 6.7% 2h = 13.3% 3h = 20% 4h = 26.7% 5h = 33.3% 6h = 40% 7h = 46.7% 8h = 53.3% 9h = 60% Ah = 66.7% Bh = 73.3% Ch = 80% Dh = 86.7% Eh = 93.3% Fh = 100%
22-19	LOCK_ILIMIT	R/W	0h	ADC 方式のロック検出電流制限 (BASE_CURRENT の %) 0h = 10% 1h = 15% 2h = 20% 3h = 25% 4h = 30% 5h = 40% 6h = 50% 7h = 55% 8h = 60% 9h = 65% Ah = 70% Bh = 75% Ch = 80% Dh = 85% Eh = 90% Fh = 95%
18	EFP_FAULT_MODE	R/W	0h	EEPROM エラー故障モード 0h = EEPROM 故障がラッチ故障を引き起こし、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステート状態になります 1h = EEPROM 故障は報告されるだけで動作への反映はなく、nFAULT はアクティブになります

表 8-19. FAULT_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
17-15	LOCK_ILIMIT_MODE	R/W	0h	<p>ロック検出電流制限故障モード</p> <p>0h = ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはトリステート</p> <p>1h = ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)</p> <p>2h = ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)</p> <p>3h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトリステートになり、nFAULT はアクティブになる。</p> <p>4h = AUTO_RETRY_TIMES の回数だけ、LCK_RETRY 時間後にフォルトが自動的にクリアされる。ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)、nFAULT はアクティブ。</p> <p>5h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン) になり、nFAULT はアクティブになる</p> <p>6h = ILIMIT ロック検出電流制限は通知のみ。何の動作も行われない。nFAULT はアクティブになる。</p> <p>7h = ILIMIT ロックを無効化</p>
14-11	LOCK_ILIMIT_DEG	R/W	0h	<p>ロック検出電流制限故障のグリッチ除去時間</p> <p>0h = グリッチ除去なし</p> <p>1h = 0.1ms</p> <p>2h = 0.2ms</p> <p>3h = 0.5ms</p> <p>4h = 1ms</p> <p>5h = 2.5ms</p> <p>6h = 5ms</p> <p>7h = 7.5ms</p> <p>8h = 10ms</p> <p>9h = 25ms</p> <p>Ah = 50ms</p> <p>Bh = 75ms</p> <p>Ch = 100ms</p> <p>Dh = 200ms</p> <p>Eh = 500ms</p> <p>Fh = 1000ms</p>
10-7	LCK_RETRY	R/W	0h	<p>ロック検出故障リトライ時間</p> <p>0h = 300ms</p> <p>1h = 500ms</p> <p>2h = 1s</p> <p>3h = 2s</p> <p>4h = 3s</p> <p>5h = 4s</p> <p>6h = 5s</p> <p>7h = 6s</p> <p>8h = 7s</p> <p>9h = 8s</p> <p>Ah = 9s</p> <p>Bh = 10s</p> <p>Ch = 11s</p> <p>Dh = 12s</p> <p>Eh = 13s</p> <p>Fh = 14s</p>

表 8-19. FAULT_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
6	I2C_CRC_ERR_MODE	R/W	0h	I2C CRC エラー故障モード 0h = I2C での CRC エラーによりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはトリステスト 1h = I2C での CRC エラーにより通知のみが発生し、何の動作も行われず、nFAULT はアクティブ
5-3	MTR_LCK_MODE	R/W	0h	モーター ロック故障モード 0h = モーター ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはトリステスト 1h = モーター ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン) 2h = モーター ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン) 3h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトリステストになり、nFAULT はアクティブになる。 4h = AUTO_RETRY_TIMES の回数だけ、LCK_RETRY 時間後にフォルトが自動的にクリアされる。ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)、nFAULT はアクティブ。 5h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン) になり、nFAULT はアクティブになります 6h = モーター ロック検出電流制限は通知のみ。何の動作も行われない。nFAULT はアクティブになる。 7h = MTR ロックを無効化
2	MIN_VM_MODE	R/W	0h	PVDD 低電圧故障回復モード 0h = PVDD の低電圧故障がラッチ故障を引き起こし、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトリステスト状態になります 1h = PVDD 電圧が (MIN_VM_MOTOR + VOLTAGE_HYSTERESIS) を上回ると、PVDD の低電圧フォルトは自動的にクリアされ、ゲートドライバはトリステストとなり、nFAULT はアクティブのままです。
1	MAX_VM_MODE	R/W	0h	PVDD 過電圧故障回復モード 0h = PVDD の過電圧故障がラッチ故障を引き起こし、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトリステスト状態になります 1h = PVDD 電圧が (MAX_VM_MOTOR - VOLTAGE_HYSTERESIS) を下回ると、PVDD の過電圧故障は自動的にクリアされますが、ゲートドライバはトリステストのまま、nFAULT もアクティブです。
0	SATURATION_FLAGS_EN	R/W	0h	電流および速度ループ飽和表示を有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル

8.2.2 FAULT_CONFIG2 レジスタ (オフセット = 92h) [リセット = 00000000h]

図 8-16 に、FAULT_CONFIG2 を示し、表 8-20 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

フォルト設定 2 を設定するためのレジスタ

図 8-16. FAULT_CONFIG2 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	LOCK1_EN	LOCK2_EN	LOCK3_EN	LOCK_ABN_SPEED		ABNORMAL_B EMF_THR	

図 8-16. FAULT_CONFIG2 レジスタ (続き)

R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h
23	22	21	20	19	18
17	16				
ABNORMAL_BEMF_THR	NO_MTR_THR			HW_LOCK_ILIMIT_MODE	
R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	
15	14	13	12	11	10
9	8				
HW_LOCK_ILIMIT_DEG	VOLTAGE_HYSTERESIS			MIN_VM_MOTOR	
R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	
7	6	5	4	3	2
1	0				
MIN_VM_MOTOR	MAX_VM_MOTOR			AUTO_RETRY_TIMES	
R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	

表 8-20. FAULT_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	LOCK1_EN	R/W	0h	ロック 1 (異常速度故障) をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
29	LOCK2_EN	R/W	0h	ロック 2 (異常 BEMF 故障) をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
28	LOCK3_EN	R/W	0h	ロック 3 (モーター故障なし) をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
27-25	LOCK_ABN_SPEED	R/W	0h	異常速度ロック検出スレッシュホルド (MAX_SPEED の %) 0h = 130% 1h = 140% 2h = 150% 3h = 160% 4h = 170% 5h = 180% 6h = 190% 7h = 200%
24-22	ABNORMAL_BEMF_THR	R/W	0h	異常 BEMF ロック検出のスレッシュホルド (期待される EMF に対する %) 期待される EMF = MOTOR_BEMF_CONST × 推定速度 (Hz) 0h = 40% 1h = 45% 2h = 50% 3h = 55% 4h = 60% 5h = 65% 6h = 67.5% 7h = 70%
21-19	NO_MTR_THR	R/W	0h	モーター相電流が BASE_CURRENT の NO_MTR_THR% 未満の場合、モーター故障なしの条件が成立します 0h = 1% 1h = 2% 2h = 3% 3h = 4% 4h = 5% 5h = 7.5% 6h = 10% 7h = 20%

表 8-20. FAULT_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
18-16	HW_LOCK_ILIMIT_MODE	R/W	0h	<p>ハードウェア ロック検出故障モード</p> <p>0h = ハードウェア ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはトリステート</p> <p>1h = ハードウェア ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)</p> <p>2h = ハードウェア ILIMIT ロック検出によりフォルトをラッチ、nFAULT はアクティブ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)</p> <p>3h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトリステートになり、nFAULT はアクティブになる。</p> <p>4h = AUTO_RETRY_TIMES の回数だけ、LCK_RETRY 時間後にフォルトが自動的にクリアされる。ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン)、nFAULT はアクティブ。</p> <p>5h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはローサイド ブレーキ モード (すべてのローサイド FET をターンオン) になり、nFAULT はアクティブになる</p> <p>6h = ハードウェア ILIMIT ロック検出電流制限は通知のみ。何の動作も行われない。nFAULT はアクティブになる。</p> <p>7h = ハードウェア ILIMIT ロックを無効化</p>
15-13	HW_LOCK_ILIMIT_DEG	R/W	0h	<p>ハードウェア ロック検出電流制限のグリッチ除去時間</p> <p>0h = 該当なし</p> <p>1h = 該当なし</p> <p>2h = 2μs</p> <p>3h = 3μs</p> <p>4h = 4μs</p> <p>5h = 5μs</p> <p>6h = 6μs</p> <p>7h = 7μs</p>
12-11	VOLTAGE_HYSTERESIS	R/W	0h	<p>PVDD の過電圧および低電圧フォルトのヒステリシス。故障は、スレッシュホルドでトリガ、スレッシュホルド ± ヒステリシス (UV の場合 +、OV の場合 -) でクリア</p> <p>0h = 1 V</p> <p>1h = 1.5 V</p> <p>2h = 2 V</p> <p>3h = 3 V</p>
10-7	MIN_VM_MOTOR	R/W	0h	<p>PVDD 低電圧故障のスレッシュホルド (モーターを動作させるために必要な最小 DC バス電圧)</p> <p>0h = 無制限</p> <p>1h = 6 V</p> <p>2h = 7 V</p> <p>3h = 8 V</p> <p>4h = 9 V</p> <p>5h = 12 V</p> <p>6h = 14 V</p> <p>7h = 16 V</p> <p>8h = 18 V</p> <p>9h = 20 V</p> <p>Ah = 24V</p> <p>Bh = 26V</p> <p>Ch = 28V</p> <p>Dh = 30V</p> <p>Eh = 32V</p> <p>Fh = 36V</p>

表 8-20. FAULT_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
6-3	MAX_VM_MOTOR	R/W	0h	PVDD 過電圧故障のスレッショルド (モーターが動作できる最大の DC バス電圧) 0h = 無制限 1h = 16 V 2h = 18 V 3h = 20 V 4h = 22 V 5h = 26 V 6h = 28 V 7h = 32 V 8h = 34 V 9h = 36 V Ah = 38V Bh = 40V Ch = 44V Dh = 48V Eh = 54V Fh = 58V
2-0	AUTO_RETRY_TIMES	R/W	0h	自動故障リトライ試行回数。これは、いずれかのフォルトモードが「リトライ」に設定されている場合にのみ使用されます 0h = 無制限 1h = 2 2h = 3 3h = 5 4h = 7 5h = 10 6h = 15 7h = 20

8.3 Hardware_Configuration レジスタ

Hardware_Configuration レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 8-21 に示します。表 8-21 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 8-21. HARDWARE_CONFIGURATION レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
A4h	PIN_CONFIG	ハードウェア ピン設定	セクション 8.3.1
A6h	DEVICE_CONFIG1	デバイス設定 1	セクション 8.3.2
A8h	DEVICE_CONFIG2	デバイス設定 2	セクション 8.3.3
AAh	PERI_CONFIG1	ペリフェラル設定 1	セクション 8.3.4
ACh	GD_CONFIG1	ゲートドライバ設定 1	セクション 8.3.5
A Eh	GD_CONFIG2	ゲートドライバ設定 2	セクション 8.3.6

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 8-22 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

**表 8-22. Hardware_Configuration のアクセス タイプ
コード**

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

8.3.1 PIN_CONFIG レジスタ (オフセット = A4h) [リセット = 00000000h]

図 8-17 に、PIN_CONFIG を示し、表 8-23 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

ハードウェア ピンを設定するためのレジスタ

図 8-17. PIN_CONFIG レジスタ

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

図 8-17. PIN_CONFIG レジスタ (続き)

表 8-23. PIN_CONFIG レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-28	FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO	R/W	0h	最大フラックス弱め電流の基準値 (ILIMIT の %) 0h = 出力電流制限 1h = 80% 2h = 70% 3h = 60% 4h = 50% 5h = 40% 6h = 30% 7h = 20%
27-22	LEAD_ANGLE	R/W	0h	進角。変調指数制御では、値が正の場合、印加電圧が BEMF より先行していることを示し、負の場合は、印加電圧が BEMF より遅れていることを示します。その他のモードでは、正は正の id リファレンスを意味し、負は負の id リファレンスリード角 (度) 0 ~ 31 = 1.5×LEAD_ANGLE 32 - 63 = 1.5× (LEAD_ANGLE-64) を意味します
21-11	MAX_POWER	R/W	0h	最大電力 (W) 0- 1023 = 1 × MAX_POWER 1024 - 2047 = 2 × (MAX_POWER -1024) + 1024
10-9	FG_IDLE_CONFIG	R/W	0h	モーター アイドル状態中の FG 設定 0h = FG は直前に駆動された状態によって設定 1h = FG は ハイ インピーダンス (外部からプルアップ) 2h = FG は Low にプルされます 3h = FG は ハイ インピーダンス (外部からプルアップ)
8-7	FG_FAULT_CONFIG	R/W	0h	フォルト状態時の FG の設定。FG_CONFIG 1 の場合、FG_BEMF_THR によって BEMF スレッシュホールドを設定 0h = FG は Low にプルされます 1h = FG は ハイ インピーダンス (外部からプルアップ) 2h = FG は故障種別を 1 Hz の固有のデューティ サイクルとして報告 3h = FG_CONFIG が 1 の場合、FG_BEMF_THR によって設定された BEMF スレッシュホールドを BEMF が下回るまで、FG はアクティブ
6	HALL_SNS_STARTUP_EN	R/W	0h	ホール センサ バースのモーター起動をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
5	HALL_EN	R/W	0h	ホール センサ入力をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
4	nMCU_RST	R/W	0h	ウォッチドッグ故障時の外部マイコンリセット信号期間 0h = 1ms 1h = 5ms
3-2	BRAKE_INPUT	R/W	0h	BRAKE ピン モード 0h = 該当なし 1h = BRAKE_PIN_MODE に従って、ピンとブレーキをオーバーライド 2h = ピンをオーバーライドし、ブレーキ / アラインをオーバーライドしない 3h = 該当なし
1-0	SPEED_MODE	R/W	0h	speed/ wake ピンからリファレンス指令モードを設定 0h = アナログ モード 1h = SPEED 入力ピンのデューティ サイクルによる制御 2h = レジスタ オーバーライド モード 3h = SPEED 入力ピンの周波数による制御

8.3.2 DEVICE_CONFIG1 レジスタ (オフセット = A6h) [リセット = 000XXX0h]

図 8-18 に、DEVICE_CONFIG1 を示し、表 8-24 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

デバイスを設定するためのレジスタ

図 8-18. DEVICE_CONFIG1 レジスタ

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

表 8-24. DEVICE_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	MTPA_EN	R/W	0h	最大トルク毎アンペア (MTPA) 動作をイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
29-28	予約済み	R	0h	予約済み
27	予約済み	R	0h	予約済み
26-20	I2C_TARGET_ADDR	R/W	0h	I2C ターゲット アドレス
19-5	EEPROM_LOCK_KEY	R/W	0h	EEPROM ロック アクセス キー。読み取り時のこの値は常に 0 を示します
4-3	SLEW_RATE_I2C_PINS	R/W	0h	I2C ピンのスルースレート設定 0h = 4.8mA 1h = 3.9mA 2h = 1.86mA 3h = 30.8mA
2	PULLUP_ENABLE	R/W	0h	nFAULT ピンおよび FG ピンに対する AVDD への内部プルアップを有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル
1-0	BUS_VOLT	R/W	0h	最大 PVDD 電圧の設定。 電圧ゲイン = 20V/V、BUS_VOLT = 60 電圧ゲイン = 10V/V、BUS_VOLT = 30 電圧ゲイン = 5V/V、BUS_VOLT = 15 0h = 15 V 1h = 30 V 2h = 60 V 3h = 未定義

8.3.3 DEVICE_CONFIG2 レジスタ (オフセット = A8h) [リセット = 00000000h]

図 8-19 に、DEVICE_CONFIG2 を示し、表 8-25 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

デバイスを設定するためのレジスタ

図 8-19. DEVICE_CONFIG2 レジスタ

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

表 8-25. DEVICE_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-16	INPUT_MAXIMUM_FREQ	R/W	0h	100% デューティサイクルに対応する周波数制御モードの Speed ピン入力周波数設定 入力デューティサイクル = 入力周波数 / INPUT_MAXIMUM_FREQ
15-14	SLEEP_ENTRY_TIME	R/W	0h	スリープ コマンド検出時間。(参照表:スリープ モードの開始または終了条件) 0h = 50μs 1h = 200μs 2h = 20ms 3h = 200ms
13	LIMP_HOME_EN	R/W	0h	リンプ ホーム モードのイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
12	DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN	R/W	0h	動的電圧ゲイン調整のイネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
11	DEV_MODE	R/W	0h	デバイス モード選択 0h = スタンバイ モード 1h = スリープ モード
10-9	PWM_DITHER_DEPTH	R/W	0h	PWM ディザリング深度 0h = PWM ディザリングはディセーブル 1h = 5% 2h = 7.5% 3h = 10%
8	予約済み	R	0h	予約済み
7-5	予約済み	R	0h	予約済み

表 8-25. DEVICE_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
4	EXT_WD_EN	R/W	0h	外部ウォッチドッグ イネーブル 0h = 無効化 1h = イネーブル
3-2	EXT_WD_CONFIG	R/W	0h	ウォッチドッグ ティックルの間隔 (GPIO/I2C) 0h = 100ms/1s 1h = 200ms/2s 2h = 500ms/5s 3h = 1000ms/10s
1	EXT_WD_INPUT_MODE	R/W	0h	外部ウォッチドッグ入力ソース 0h = I2C 経由のウォッチドッグ ティックル 1h = GPIO 経由のウォッチドッグ ティックル
0	EXT_WD_FAULT_MODE	R/W	0h	外部ウォッチドッグ フォルト モード 0h = 外部ウォッチドッグ故障は報告のみ行われ、動作は何も実行されず、nFAULT はアクティブになります 1h = 外部ウォッチドッグ故障が発生すると、ラッチ故障となり、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステートにされます

8.3.4 PERI_CONFIG1 レジスタ (オフセット = AAh) [リセット = 40000000h]

図 8-20 に、PERI_CONFIG1 を示し、表 8-26 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ペリフェラル 1 へのレジスタ

図 8-20. PERI_CONFIG1 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	SPREAD_SPE CTRUM_MODU LATION_DIS	DIG_DEAD_TIME				CLOCK_FREQUENCY	
R-0h	R/W-1h	R/W-0h				R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
VDC_FILTER	BUS_POWER_ LIMIT_ENABLE	DIR_INPUT		DIR_CHANGE_ MODE	SPEED_LIMIT_ ENABLE	予約済み	
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY		PWM_DITHER_ MODE	PWM_DITHER_STEP		SPEED_RANG E_SEL	NO_MTR_FLT_ CLOSEDLOOP_ DIS	
R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
FLUX_WEAKENING_REFEREN CE	CTRL_MODE		SALIENCY_PERCENTAGE				
R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h				

表 8-26. PERI_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30	SPREAD_SPECTRUM_M ODULATION_DIS	R/W	1h	スペクトラム拡散変調 (SSM) をディスエーブル 0h = SSM を有効化 1h = SSM を無効化

表 8-26. PERI_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
29-26	DIG_DEAD_TIME	R/W	0h	PWM デッド タイム構成 0h = 該当なし 1h = 該当なし 2h = 100ns 3h = 150ns 4h = 200ns 5h = 250ns 6h = 300ns 7h = 350ns 8h = 400ns 9h = 450ns Ah = 500ns Bh = 600ns Ch = 700ns Dh = 800ns Eh = 900ns Fh = 1000ns
25-24	CLOCK_FREQUENCY	R/W	0h	システムクロック周波数設定 0h = High 1h = Medium 2h = Low 3h = 予約済み
23-22	VDC_FILTER	R/W	0h	PVDD 電圧フィルタの係数 0h = 無効化 1h = デフォルトのフィルタ カットオフ周波数でイネーブル 2h = フィルタ カットオフ周波数 100Hz でイネーブル 3h = フィルタ カットオフ周波数 1000Hz でイネーブル
21	BUS_POWER_LIMIT_ENABLE	R/W	0h	バス電力制限イネーブル (CTRL_MODE = 1h の場合を除き、入力 DC バス電力を MAX_POWER に制限) 0h = 無効化 1h = イネーブル
20-19	DIR_INPUT	R/W	0h	方向 (DIR) ピン オーバーライド 0h = 該当なし 1h = 時計回り (OUTA-OUTB-OUTC) で DIR ピンをオーバーライド 2h = 反時計回り (OUTA-OUTC-OUTB) で DIR ピンをオーバーライド 3h = 該当なし
18	DIR_CHANGE_MODE	R/W	0h	方向変更コマンドに対する応答 (図: モーター起動フローを参照) 0h = DIR の変化を検出すると、モーター停止オプションと ISD ルーチンに従う。 1h = モーターを駆動し続けながら、リバースドライブによって方向を変更
17	SPEED_LIMIT_ENABLE	R/W	0h	モーター速度制限イネーブル (CTRL_MODE = 0h の場合を除き、モーター速度を MAX_SPEED に制限) 0h = 無効化 1h = イネーブル
16	予約済み	R	0h	予約済み
15-13	ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY	R/W	0h	それを下回るとアクティブ ブレーキが作動する、最終的な速度と現在の速度の差 (MAX_SPEED の %) 0h = 20% 1h = 30% 2h = 40% 3h = 50% 4h = 60% 5h = 70% 6h = 80% 7h = 90%
12	PWM_DITHER_MODE	R/W	0h	PWM ディザリング モード 0h = 三角波モード 1h = ランダム モード

表 8-26. PERI_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
11-10	PWM_DITHER_STEP	R/W	0h	PWM ディザリング ステップ 0h = 1 1h = 2 2h = 5 3h = 10
9	SPEED_RANGE_SEL	R/W	0h	PWM デューティモードリファレンス入力の周波数範囲の選択 (SPEED_MODE = 1h) 0h = 325Hz ~ 100kHz の速度 PWM 入力 1h = 10Hz ~ 325Hz の速度 PWM 入力
8	NO_MTR_FLT_CLOSEDL OOP_DIS	R/W	0h	閉ループでモーターなし故障検出をイネーブル 0h = LOCK2_EN が 0x1 に設定されている場合、閉ループでモーターなしフォルトを有効化 1h = 閉ループでモーターなしフォルトを無効化
7-6	FLUX_WEAKENING_REF ERENCE	R/W	0h	弱め界磁モードで追従すべき変調指数のリファレンス 0h = 70% 1h = 80% 2h = 90% 3h = 95%
5-4	CTRL_MODE	R/W	0h	制御モード 0h = 速度制御 1h = 電源コントローラ 2h = 電流制御 3h = 変調指数制御
3-0	SALIENCY_PERCENTAG E	R/W	0h	モーターの磁気異方性は、 $((L_q - L_d) \times 100) / (4 \times (L_q + L_d))$ で計算 例: $L_q = 2\text{mH}$, $L_d = 1\text{mH}$ の場合、SALIENCY_PERCENTAGE は $100/12 = 8.33$ (設定値は 8)

8.3.5 GD_CONFIG1 レジスタ (オフセット = ACh) [リセット = 00000000h]

図 8-21 に、GD_CONFIG1 を示し、表 8-27 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ゲートドライバ設定 1 を設定するためのレジスタ

図 8-21. GD_CONFIG1 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
PARITY	予約済み					BST_CHRG_TIME	
R-0h	R-0h					R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
SNS_FLT_MOD E	VDS_FLT_MOD E	BST_UV_MOD E	GVDD_UV_MO DE	AVDD_VOL_SE L	予約済み	予約済み	DIS_BST_FLT
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	R/W-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
OTS_AUTO_R ECOVERY	予約済み					DIS_SNS_FLT	DIS_VDS_FLT
R/W-0h	R-0h					R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み	SEL_VDS_LVL				予約済み	CSA_GAIN	
R-0h	R/W-0h				R-0h	R/W-0h	

表 8-27. GD_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-26	予約済み	R	0h	予約済み
25-24	BST_CHRG_TIME	R/W	0h	ブートストラップ コンデンサ充電時間 0h = 0ms 1h = 3ms 2h = 6ms 3h = 12ms
23	SNS_FLT_MODE	R/W	0h	電流検出過電流故障モード 0h = 電流検出の過電流故障はラッチ故障になり、nFAULT はアクティブとなり、ゲートドライバはトライステートになります 1h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。
22	VDS_FLT_MODE	R/W	0h	VDS 過電流故障応答モード 0h = VDS 過電流故障はラッチ故障になり、nFAULT はアクティブとなり、ゲートドライバはトライステートになります 1h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。
21	BST_UV_MODE	R/W	0h	ブートストラップ電圧低下故障モード 0h = ブートストラップ電圧低下故障が発生すると、ラッチ故障となり、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステートになります 1h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。
20	GVDD_UV_MODE	R/W	0h	GVDD 低電圧故障モード 0h = GVDD の電圧低下故障が発生すると、ラッチ故障となり、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステート状態になります 1h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。
19	AVDD_VOL_SEL	R/W	0h	AVDD 電圧レベルの選択 0h = 3.3 V 1h = 5 V
18	予約済み	R	0h	予約済み
17	予約済み	R	0h	予約済み
16	DIS_BST_FLT	R/W	0h	ブートストラップ故障検出を無効化 0h = BST 故障を有効化 1h = BST 故障を無効化
15	OTS_AUTO_RECOVERY	R/W	0h	過熱シャットダウン (OTS) 自動回復のイネーブル 0h = OTS 故障が発生すると、ラッチ故障となり、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステートになります 1h = OTS 故障は (TJ < TOTSD - THYS) を満たすと自動でクリアされ、ゲートドライバはトライステートとなり、nFAULT はアクティブになります
14-10	予約済み	R	0h	予約済み
9	DIS_SNS_FLT	R/W	0h	電流センス故障検出の無効化 0h = SNS OCP 故障を有効化 1h = SNS OCP 故障を無効化
8	DIS_VDS_FLT	R/W	0h	VDS 故障検出を無効化 0h = VDS 故障を有効化 1h = VDS 故障を無効化

表 8-27. GD_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	予約済み	R	0h	予約済み
6-3	SEL_VDS_LVL	R/W	0h	VDS 過電流保護スレッシュホルド 0h = 0.06 V 1h = 0.12 V 2h = 0.18 V 3h = 0.24 V 4h = 0.3 V 5h = 0.36 V 6h = 0.42 V 7h = 0.48 V 8h = 0.6 V 9h = 0.8 V Ah = 1V Bh = 1.2V Ch = 1.4V Dh = 1.6V Eh = 1.8V Fh = 2V
2	予約済み	R	0h	予約済み
1-0	CSA_GAIN	R/W	0h	電流センス アンプ (CSA) のゲイン 0h = 5V/V 1h = 10V/V 2h = 20V/V 3h = 40V/V

8.3.6 GD_CONFIG2 レジスタ (オフセット = AEh) [リセット = 00000000h]

図 8-22 に、GD_CONFIG2 を示し、表 8-28 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ゲートドライバ設定 2 を設定するためのレジスタ

図 8-22. GD_CONFIG2 レジスタ

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

表 8-28. GD_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-15	予約済み	R	0h	予約済み

表 8-28. GD_CONFIG2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
14-0	BASE_CURRENT	R/W	0h	ゲイン設定に基づいて計算されたベース電流 ベース電流 (A) = $1.5 / (\text{RSENSE} \times \text{CSA_GAIN})$ $\text{BASE_CURRENT} = \text{ベース電流 (A)} \times 32768 / 1200$ 例: 30A の場合、 $30 \times 32768 / 1200 = 820$ を入力

8.4 Internal_Algorithm_Configuration レジスタ

Internal_Algorithm_Configuration レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 8-29 に示します。表 8-29 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 8-29. INTERNAL_ALGORITHM_CONFIGURATION レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
A0h	INT_ALGO_1	内部アルゴリズム設定 1	セクション 8.4.1
A2h	INT_ALGO_2	内部アルゴリズム設定 2	セクション 8.4.2

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 8-30 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

**表 8-30. Internal_Algorithm_Configuration のアクセス
タイプ コード**

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

8.4.1 INT_ALGO_1 レジスタ (オフセット = A0h) [リセット = 00000000h]

図 8-23 に、INT_ALGO_1 を示し、表 8-31 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

内部アルゴリズム パラメータ 1 を設定するためのレジスタ

図 8-23. INT_ALGO_1 レジスタ

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

表 8-31. INT_ALGO_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティ ビット
30-29	ABNORMAL_BEMF_PERSISTENT_TIME	R/W	0h	異常 BEMF 故障検出のグリッチ除去時間 0h = 2 電氣的サイクル 1h = 500ms 2h = 1000ms 3h = 2000ms
28-27	SPEED_PIN_GLITCH_FILTER	R/W	0h	SPEED/WAKE ピンに適用されるグリッチ フィルタ (SPEED_MODE = 1h または SPEED_MODE = 3h の場合に適用可能) 0h = グリッチ フィルタなし 1h = 0.2μs 2h = 0.5μs 3h = 1.0μs
26	FAST_ISD_EN	R/W	0h	ISD 中に高速検出を有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル
25-24	ISD_STOP_TIME	R/W	0h	ISD 中にモーターが停止状態にあると判断する際の根拠となる持続時間 0h = 1ms 1h = 5ms 2h = 50ms 3h = 100ms
23-22	ISD_RUN_TIME	R/W	0h	ISD 中にモーターが動作状態にあると判断する際の根拠となる持続時間 0h = 1ms 1h = 5ms 2h = 50ms 3h = 100ms
21-20	ISD_TIMEOUT	R/W	0h	速度または方向を ISD が確実に検出できない場合のタイムアウト 0h = 500ms 1h = 750ms 2h = 1000ms 3h = 2000ms
19-17	DRY_RUN_TDEG	R/W	0h	ドライラン故障検出のグリッチ除去時間 0h = 10s 1h = 30s 2h = 1 min 3h = 2 min 4h = 3 min 5h = 5 min 6h = 10 min 7h = 15 min
16-13	DRY_RUN_ILIM_FIFTY_PERCENT_SPEED	R/W	0h	最大速度の 50% でのドライラン検出の電流制限スレッショルド (ILIMIT の %) 0h = 5% 1h = 7.5% 2h = 10% 3h = 12.5% 4h = 15% 5h = 17.5% 6h = 20% 7h = 22.5% 8h = 25% 9h = 27.5% Ah = 30% Bh = 32.5% Ch = 35% Dh = 40% Eh = 45% Fh = 50%

表 8-31. INT_ALGO_1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
12-8	DRY_RUN_ILIM	R/W	0h	ドライラン検出の電流制限スレッショルド (ILIMIT の %) 0h = 2.5% 1h = 5% 2h = 7.5% 3h = 10% 4h = 12.5% 5h = 15% 6h = 17.5% 7h = 20% 8h = 22.5% 9h = 25% Ah = 27.5% Bh = 30% Ch = 32.5% Dh = 35% Eh = 37.5% Fh = 40% 10h = 42.5% 11h = 45% 12h = 47.5% 13h = 50% 14h = 52.5% 15h = 55% 16h = 57.5% 17h = 60% 18h = 62.5% 19h = 65% 1Ah = 67.5% 1Bh = 70% 1Ch = 72.5% 1Dh = 75% 1Eh = 77.5% 1Fh = 80%
7-6	DRY_RUN_SPEED_THR	R/W	0h	ドライラン検出を有効にするビットがアクティブになる最小速度スレッショルド (MAX_SPEED の %) 0h = 25% 1h = 40% 2h = 50% 3h = 60%
5	DRY_RUN_ILIM_MODE	R/W	0h	ドライラン検出電流制限モード 0h = 電流制限スレッショルドは一定です 1h = 電流制限スレッショルドは速度によって変化します
4-3	DRY_RUN_MODE	R/W	0h	ドライラン検出の故障応答モード 0h = ドライラン検出を無効化 1h = ドライラン検出の故障は報告されるだけで、動作への反映はなく、nFAULT はアクティブのままです 2h = LCK_RETRY 時間後、フォルトが自動的にクリアされる。リトライ回数は AUTO_RETRY_TIMES に制限される。リトライ回数が AUTO_RETRY_TIMES を超えると、フォルトがラッチされ、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。 3h = ドライラン検出の故障がラッチ故障を引き起こし、nFAULT がアクティブになり、ゲートドライバはトライステートになります
2-0	REV_DRV_OPEN_LOOP_DEC	R/W	0h	リバースドライブでの開ループ減速度 (開ループ加速の %) 0h = 50% 1h = 60% 2h = 70% 3h = 80% 4h = 90% 5h = 100% 6h = 125% 7h = 150%

8.4.2 INT_ALGO_2 レジスタ (オフセット = A2h) [リセット = 00000000h]

図 8-24 に、INT_ALGO_2 を示し、表 8-32 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

内部アルゴリズム パラメータ 2 を設定するためのレジスタ

図 8-24. INT_ALGO_2 レジスタ

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

表 8-32. INT_ALGO_2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	PARITY	R	0h	パリティビット
30-21	FLUX_WEAKENING_KP	R/W	0h	フラックス減衰 Kp の 10 ビット値 FLUX_WEAKENING_KP は 2 つの部分 (SCALE(9:8) と VALUE(7:0)) に分かれています。 $Kp = 0.1 \times \text{VALUE} / 10^{\text{SCALE}}$ 。
20-11	FLUX_WEAKENING_KI	R/W	0h	フラックス減衰 Ki の 10 ビット値 FLUX_WEAKENING_KI は 2 つの部分 (SCALE(9:8) と VALUE(7:0)) に分かれています。 $Ki = 10.0 \times \text{VALUE} / 10^{\text{SCALE}}$ 。
10	FLUX_WEAKENING_EN	R/W	0h	フラックス弱め界磁を有効化 0h = 無効化 1h = イネーブル

表 8-32. INT_ALGO_2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
9-6	CL_SLOW_ACC	R/W	0h	<p>エスティメータがまだ完全に整合していない段階で閉のループ加速 (CTRL_MODE = 0h の場合にのみ適用)、および BUS_POWER_LIMIT_ENABLE = 1h または SPEED_LIMIT_ENABLE = 1h のときの加速 / 減速。速度制御 (Hz/s) 電力制御 (W/s) 電流制御 (0.1A/s) 変調指数制御 (0.01 変調指数/ s) 0h = 0.1 1h = 1 2h = 2 3h = 3 4h = 5 5h = 10 6h = 20 7h = 30 8h = 40 9h = 50 Ah = 100 Bh = 200 Ch = 500 Dh = 750 Eh = 1000 Fh = 2000</p>
5-3	ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE	R/W	0h	<p>アクティブ ブレーキ バス電流スルーレート 0h = 10A/s 1h = 50A/s 2h = 100A/s 3h = 250A/s 4h = 500A/s 5h = 1000A/s 6h = 5000A/s 7h = 無制限</p>
2-1	EEPROM_LOCK_MODE	R/W	0h	<p>EEPROM アクセスロック モード 0h = 有効な EEPROM_LOCK_KEY がなくても、EEPROM の読み書きが許可されます 1h = 有効な EEPROM_LOCK_KEY がある場合、EEPROM の読み書きが許可されます 2h = 有効な EEPROM_LOCK_KEY があれば EEPROM の読み取りは可能ですが、書き込みは永久にロックされています 3h = EEPROM の読み取りおよび書き込みを永続的にロック</p>
0	DYNAMIC_SAMPLING_EN	R/W	0h	<p>ダイナミック サンプリングを有効化 0h = 動的サンプリングを無効化 1h = 動的サンプリングを有効化</p>

9 RAM (揮発性) レジスタ マップ

9.1 Fault_Status レジスタ

Fault_Status レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 9-1 に示します。表 9-1 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-1. FAULT_STATUS レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
0h	GATE_DRIVER_FAULT_STATUS	フォルト ステータス レジスタ	セクション 9.1.1
2h	CONTROLLER_FAULT_STATUS	フォルト ステータス レジスタ	セクション 9.1.2
24Ch	EEPROM_FAULT_STATUS	EEPROM フォルト ステータス レジスタ	セクション 9.1.3

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-2 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-2. Fault_Status のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

9.1.1 GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ (オフセット = 0h) [リセット = 00000000h]

図 9-1 に、GATE_DRIVER_FAULT_STATUS を示し、表 9-3 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

各種ゲートドライバ フォルトのステータス

図 9-1. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ

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

表 9-3. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	DRIVER_FAULT	R	0h	ドライバ故障レジスタの論理 OR を示します 0h = ゲートドライバ フォルト条件は未検出 1h = ゲートドライバ フォルト条件は検出済み

表 9-3. GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
30	予約済み	R	0h	予約済み
29	OTS_FAULT	R	0h	過熱故障 0h = 過熱警告 / シャットダウンは未検出 1h = 過熱警告 / シャットダウンを検出済み
28	OCP_VDS_FAULT	R	0h	過電流 VDS 故障ステータス 0h = VDS 故障条件は未検出 1h = VDS 故障条件を検出済み
27	OCP_SNS_FAULT	R	0h	過電流検出故障ステータス 0h = 過電流検出故障条件は未検出 1h = 過電流検出故障条件を検出
26	BST_UV_FAULT	R	0h	ブートストラップ低電圧保護ステータス 0h = BST 低電圧故障条件は未検出 1h = BST 低電圧故障条件を検出済み
25	GVDD_UV_FLT	R	0h	GVDD 低電圧故障ヒステリシス 0h = GVDD 低電圧故障条件は未検出 1h = GVDD 低電圧故障条件を検出済み
24	DRV_OFF	R	0h	DRV オフのステータス 0h = DRV はオン 1h = DRVOff 状態を検出済み
23-7	予約済み	R	0h	予約済み
6	VDS_LC_FAULT	R	0h	OUTC のローサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTC のローサイド スイッチで VDS 故障は未検出 1h = OUTC のローサイド スイッチで VDS 故障を検出
5	VDS_LB_FAULT	R	0h	OUTB のローサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTB のローサイド スイッチでは VDS 故障は未検出 1h = OUTB のローサイド スイッチで VDS 故障を検出
4	VDS_LA_FAULT	R	0h	OUTA のローサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTA のローサイド スイッチでは VDS 故障は未検出 1h = OUTA のローサイド スイッチで VDS 故障を検出
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	VDS_HC_FAULT	R	0h	OUTC のハイサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTC のハイサイド スイッチでは VDS 故障は未検出 1h = OUTC のハイサイド スイッチで VDS 故障を検出
1	VDS_HB_FAULT	R	0h	OUTB のハイサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTB のハイサイド スイッチでは VDS 故障は未検出 1h = OUTB のハイサイド スイッチで VDS 故障を検出
0	VDS_HA_FAULT	R	0h	OUTA のハイサイド スイッチにおける VDS 故障ステータス 0h = OUTA のハイサイド スイッチでは VDS 故障は未検出 1h = OUTA のハイサイド スイッチで VDS 故障を検出

9.1.2 CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ (オフセット = 2h) [リセット = 00000000h]

図 9-2 に、CONTROLLER_FAULT_STATUS を示し、表 9-4 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

各種コントローラ フォルトのステータス

図 9-2. CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
CONTROLLER_FAULT	予約済み	予約済み	予約済み	NO_MTR_PHA_SE_C	NO_MTR_PHA_SE_B	NO_MTR_PHA_SE_A	MPET_BEMF_FAULT
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

図 9-2. CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ (続き)

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

表 9-4. CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	CONTROLLER_FAULT	R	0h	コントローラ故障ステータスレジスタの論理 OR を表示
30	予約済み	R	0h	予約済み
29	予約済み	R	0h	予約済み
28	予約済み	R	0h	予約済み
27	NO_MTR_PHASE_C	R	0h	位相 C が喪失してモーター故障が発生しないことを表示
26	NO_MTR_PHASE_B	R	0h	位相 B が喪失してモーター故障が発生しないことを表示
25	NO_MTR_PHASE_A	R	0h	位相 A が喪失してモーター故障が発生しないことを表示
24	MPET_BEMF_FAULT	R	0h	BEMF 定数測定中のエラーを表示
23	ABN_SPEED	R	0h	異常速度モーター ロック条件の表示
22	ABN_BEMF	R	0h	異常 BEMF モーター ロック条件の表示
21	NO_MTR	R	0h	モーターなし (欠相) 故障を表示
20	MTR_LCK	R	0h	モーター ロック (異常 BEMF / 速度、モーターなし) の 1 つがトリガされたことを示します
19	LOCK_LIMIT	R	0h	ロック制限フォルトの表示
18	HW_LOCK_LIMIT	R	0h	ハードウェア ロック制限故障の表示
17	DCBUS_UNDER_VOLTAGE	R	0h	PVDD での構成可能な低電圧フォルトの表示
16	DCBUS_OVER_VOLTAGE	R	0h	PVDD での構成可能な過電圧フォルトの表示
15	SPEED_LOOP_SATURATION	R	0h	速度ループ飽和の表示
14	CURRENT_LOOP_SATURATION	R	0h	電流ループ飽和の表示
13	MAX_SPEED_SATURATION	R	0h	最大速度制限飽和の表示
12	BUS_POWER_LIMIT_SATURATION	R	0h	最大 (入力 DC バス) 電力制限飽和の表示
11	EEPROM_WRITE_LOCK_SET	R	0h	EEPROM 書き込みロック設定の表示
10	EEPROM_READ_LOCK_SET	R	0h	EEPROM 読み取りロック設定の表示
9	DRY_RUN_DETECTION_STATUS	R	0h	ドライラン検出の表示

表 9-4. CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
8-7	予約済み	R	0h	予約済み
6	I2C_CRC_FAULT_STATUS	R	0h	I2C パケットでの CRC フォルトの表示
5	EEPROM_ERR_STATUS	R	0h	EEPROM でのエラーの表示
4	予約済み	R	0h	予約済み
3	WATCHDOG_FAULT	R	0h	ウォッチドッグ フォルトの表示
2	予約済み	R	0h	予約済み
1	予約済み	R	0h	予約済み
0	予約済み	R	0h	予約済み

9.1.3 EEPROM_FAULT_STATUS レジスタ (オフセット = 24Ch) [リセット = 0000h]

図 9-3 に EEPROM_FAULT_STATUS を示し、表 9-5 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

EEPROM フォルト ステータス レジスタ

図 9-3. EEPROM_FAULT_STATUS レジスタ

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

表 9-5. EEPROM_FAULT_STATUS レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-5	予約済み	R	0h	予約済み
4	EEPROM_CRC_FLT_STS	R	0h	EEPROM CRC エラー フォルト ステータス 0h = EEPROM CRC エラー フォルト条件を未検出 1h = EEPROM CRC エラー フォルト条件を検出済み
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	EEPROM_PARITY_FLT_STS	R	0h	EEPROM パリティ エラー フォルト ステータス 0h = EEPROM パリティ エラー フォルト条件を未検出 1h = EEPROM パリティ エラー フォルト条件を検出済み
1	予約済み	R	0h	予約済み
0	予約済み	R	0h	予約済み

9.2 System_Status レジスタ

System_Status レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 9-6 に示します。表 9-6 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-6. SYSTEM_STATUS レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
E4h	ALGO_STATUS	システム ステータス レジスタ	セクション 9.2.1
E6h	MTR_PARAMS	システム ステータス レジスタ	セクション 9.2.2
E8h	ALGO_STATUS_MPET	システム ステータス レジスタ	セクション 9.2.3

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-7 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-7. System_Status のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

9.2.1 ALGO_STATUS レジスタ (オフセット = E4h) [リセット = 00000000h]

図 9-4 に、ALGO_STATUS を示し、表 9-8 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

各種システムおよびアルゴリズム パラメータのステータス

図 9-4. ALGO_STATUS レジスタ

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

表 9-8. ALGO_STATUS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-16	VOLT_MAG	R	0h	適用される変調指数を示す 16 ビット値。 適用される変調指数 = (VOLT_MAG * 100 / 32768)%

表 9-8. ALGO_STATUS レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-4	DUTY_CMD	R	0h	PWM / アナログ / 周波数モードの入力デューティコマンドを示す 12 ビット値。 $DUTY_CMD (\%) = (DUTY_CMD / 4095 * 100)\%$ 。
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	SYS_ENABLE_FLAG	R	0h	1 は GUI がレジスタを制御できることを示します。 0 は GUI がシャドウ メモリからデフォルト パラメータをコピーしている最中であることを示します。
1-0	予約済み	R	0h	予約済み

9.2.2 MTR_PARAMS レジスタ (オフセット = E6h) [リセット = 00000000h]

図 9-5 に、MTR_PARAMS を示し、表 9-9 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

各種モーター パラメータのステータス

図 9-5. MTR_PARAMS レジスタ

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

表 9-9. MTR_PARAMS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-24	予約済み	R	0h	予約済み
23-16	MOTOR_BEMF_CONST	R	0h	BEMF 定数の測定値を示す 8 ビット値
15-8	予約済み	R	0h	予約済み
7-0	予約済み	R	0h	予約済み

9.2.3 ALGO_STATUS_MPET レジスタ (オフセット = E8h) [リセット = 00000000h]

図 9-6 に、ALGO_STATUS_MPET を示し、表 9-10 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

各種 MPET パラメータのステータス

図 9-6. ALGO_STATUS_MPET レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
予約済み	予約済み	MPET_KE_STA TUS	MPET_MECH_ STATUS	予約済み			
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h			
23	22	21	20	19	18	17	16
予約済み							
R-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8

図 9-6. ALGO_STATUS_MPET レジスタ (続き)

予約済み							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み							
R-0h							

表 9-10. ALGO_STATUS_MPET レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	予約済み	R	0h	予約済み
30	予約済み	R	0h	予約済み
29	MPET_KE_STATUS	R	0h	BEMF 定数測定のステータスを示します。 0h = MPET ルーチン中に BEMF 定数測定が開始された場合、MPET ルーチン中のモーター BEMF 定数測定は完了していません 1h = MPET ルーチン中のモーター BEMF 定数測定は完了しています
28	MPET_MECH_STATUS	R	0h	機械的パラメータ測定のステータスを示します。 0h = MPET ルーチン中に機械的パラメータ測定 (速度ループ Kp 値、Ki 値) が開始された場合、MPET ルーチン中の速度ループ Kp 値、Ki 値の自動計算は完了していません 1h = MPET ルーチン中の速度ループ Kp 値、Ki 値の自動計算は完了しています
27-24	予約済み	R	0h	予約済み
23-0	予約済み	R	0h	予約済み

9.3 Algorithm_Control レジスタ

Algorithm_Control レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 9-11 に示します。表 9-11 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-11. ALGORITHM_CONTROL レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
ECh	ALGO_DEBUG1	アルゴリズム制御レジスタ	セクション 9.3.1
EEh	ALGO_DEBUG2	アルゴリズム制御レジスタ	セクション 9.3.2
F0h	CURRENT_PI	使用されている電流 PI コントローラ	セクション 9.3.3
F2h	SPEED_PI	使用されている速度 PI コントローラ	セクション 9.3.4
F4h	DAC_1	DAC1 制御レジスタ	セクション 9.3.5
F6h	EEPROM_SECURITY	EEPROM セキュリティ制御レジスタ	セクション 9.3.6

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-12 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-12. Algorithm_Control のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

9.3.1 ALGO_DEBUG1 レジスタ (オフセット = ECh) [リセット = 00000000h]

図 9-7 に、ALGO_DEBUG1 を示し、表 9-13 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

デバッグ用アルゴリズム制御レジスタ

図 9-7. ALGO_DEBUG1 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
OVERRIDE		DIGITAL_SPEED_CTRL					
R/W-0h		R/W-0h					
23	22	21	20	19	18	17	16
DIGITAL_SPEED_CTRL							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
CLOSED_LOO P_DIS	FORCE_ALIGN _EN	予約済み	FORCE_IPD_E N	FORCE_ISD_E N	予約済み	予約済み	
R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み							
R-0h							

表 9-13. ALGO_DEBUG1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	OVERRIDE	R/W	0h	リファレンス入力モードを制御するために使用。OVERRIDE = 0x1 の場合、SPEED_MODE の設定に関係なく、参照コマンドをユーザーが I2C インターフェイス経由で書き込むことができます。 0h = SPEED_MODE に基づくリファレンス入力モード 1h = リファレンス入力モードは、DIGITAL_SPEED_CTRL を使用したレジスタ上書きモードです
30-16	DIGITAL_SPEED_CTRL	R/W	0h	OVERRIDE が 0x1 に設定されている場合、または SPEED_MODE が 0x2 に設定されている場合のリファレンス入力。 リファレンス入力 = (DIGITAL_SPEED_CTRL/32768 *100)%
15	CLOSED_LOOP_DIS	R/W	0h	閉ループを無効化するために使用 0h = 閉ループを有効化 1h = 閉ループを無効化 (開ループでのモーター整流)
14	FORCE_ALIGN_EN	R/W	0h	アライン状態強制イネーブル 0h = アライン状態の強制を無効化。MTR_STARTUP がアラインまたはダブル アラインに設定されている場合、本デバイスはアライン状態から復帰します。 1h = アライン状態の強制を有効化。MTR_STARTUP がアラインまたはダブル アラインに設定されている場合、本デバイスはアライン状態にとどまります。
13	予約済み	R	0h	予約済み
12	FORCE_IPD_EN	R/W	0h	IPD 強制イネーブル 0h = IPD 状態の強制を無効化。MTR_STARTUP が IPD に設定されている場合、本デバイスは IPD 状態から復帰します。 1h = IPD 状態の強制を有効化。MTR_STARTUP が IPD に設定されている場合、本デバイスは IPD 状態にとどまります。
11	FORCE_ISD_EN	R/W	0h	ISD 強制イネーブル 0h = ISD 状態の強制を無効化。ISD_EN がセットされている場合、本デバイスは ISD 状態から復帰します。 1h = ISD 状態の強制を有効化。ISD_EN がセットされている場合、本デバイスは ISD 状態にとどまります。
10	予約済み	R	0h	予約済み
9-0	予約済み	R	0h	予約済み

9.3.2 ALGO_DEBUG2 レジスタ (オフセット = EEh) [リセット = 00000000h]

図 9-8 に、ALGO_DEBUG2 を示し、表 9-14 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

デバッグ用アルゴリズム制御レジスタ

図 9-8. ALGO_DEBUG2 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
予約済み	予約済み			予約済み	CURRENT_LO OP_DIS	FORCE_VD_CURRENT_LOOP_ DIS	
R-0h	R-0h			R-0h	R/W-0h	R/W-0h	
23	22	21	20	19	18	17	16
FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS							
R/W-0h							
15	14	13	12	11	10	9	8
FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS							
R/W-0h							

図 9-8. ALGO_DEBUG2 レジスタ (続き)

7	6	5	4	3	2	1	0
FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS	MPET_CMD	予約済み	予約済み	MPET_KE	MPET_MECH	MPET_WRITE_SHADOW	
R/W-0h	R/W-0h	R-0h	R-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	

表 9-14. ALGO_DEBUG2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	予約済み	R	0h	予約済み
30-28	予約済み	R	0h	予約済み
27	予約済み	R	0h	予約済み
26	CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS と FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS を制御するために使用。 CURRENT_LOOP_DIS = 1 の場合、電流ループと速度ループが無効 0h = 電流ループを有効化 1h = 電流ループを無効化
25-16	FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	電流ループと速度ループが無効化されている際の Vd の設定。 CURRENT_LOOP_DIS = 0b1 の場合、 FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS によって Vd を設定します。 mdRef = FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS / 500 (FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS < 500 の場合) (FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS - 1024) / 500 (FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS > 524 の場合) 有効な値: 0~500 と 524~1024
15-6	FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS	R/W	0h	電流ループと速度ループが無効化されている際の Vq の設定 CURRENT_LOOP_DIS = 0b1 の場合、 FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS によって Vq を設定します。 mqRef = FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS / 500 (FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS < 500 の場合) (FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS - 1024) / 500 (FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS > 524 の場合) 有効な値: 0~500 と 524~1024
5	MPET_CMD	R/W	0h	1 に設定すると、モーター パラメータ測定ルーチンが開始されます。
4	予約済み	R	0h	予約済み
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	MPET_KE	R/W	0h	モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの BEMF 定数測定の有効化 0h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの BEMF 定数測定を無効化 1h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの BEMF 定数測定を有効化
1	MPET_MECH	R/W	0h	モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの機械的パラメータ測定の有効化 0h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの機械的パラメータ測定を無効化 1h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーターの機械的パラメータ測定を有効化
0	MPET_WRITE_SHADOW	R/W	0h	0x1 に設定すると、測定パラメータがシャドウレジスタに書き込まれます。

9.3.3 CURRENT_PI レジスタ (オフセット = F0h) [リセット = 00000000h]

図 9-9 に、CURRENT_PI を示し、表 9-15 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

使用されている電流 PI コントローラ

図 9-9. CURRENT_PI レジスタ

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

表 9-15. CURRENT_PI レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-16	CURRENT_LOOP_KI	R	0h	電流ループ Ki の 10 ビット値。CURR_LOOP_KI と同じ倍率
15-0	CURRENT_LOOP_KP	R	0h	電流ループ Kp の 10 ビット値。CURR_LOOP_KP と同じ倍率

9.3.4 SPEED_PI レジスタ (オフセット = F2h) [リセット = 00000000h]

図 9-10 に、SPEED_PI を示し、表 9-16 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

使用されている速度 PI コントローラ

図 9-10. SPEED_PI レジスタ

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

表 9-16. SPEED_PI レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-16	SPEED_LOOP_KI	R	0h	速度ループ Ki の 10 ビット値。SPD_LOOP_KI と同じ倍率
15-0	SPEED_LOOP_KP	R	0h	速度ループ Kp の 10 ビット値。SPD_LOOP_KP と同じ倍率

9.3.5 DAC_1 レジスタ (オフセット = F4h) [リセット = 00000000h]

図 9-11 に、DAC_1 を示し、表 9-17 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

DAC1 制御レジスタ

図 9-11. DAC_1 レジスタ

31	30	29	28	27	26	25	24
予約済み							
R-0h							
23	22	21	20	19	18	17	16
予約済み				DACOUT1_ENUM_SCALING			DACOUT1_SCALING
R-0h				R/W-0h			R/W-0h
15	14	13	12	11	10	9	8
DACOUT1_SCALING				DACOUT1_UNIPOLAR	DACOUT1_VAR_ADDR		
R/W-0h				R/W-0h	R/W-0h		

図 9-11. DAC_1 レジスタ (続き)

7	6	5	4	3	2	1	0
DACOUT1_VAR_ADDR							
R/W-0h							

表 9-17. DAC_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-21	予約済み	R	0h	予約済み
20-17	DACOUT1_ENUM_SCALING	R/W	0h	DACOUT1 の倍率 DACOUT1_VAR_ADDR に入っているアドレスから取り出したアルゴリズム変数に、 $2^{\text{DACOUT1_ENUM_SCALING}}$ を乗算します。 DACOUT1_SCALING が 0x0 の場合にのみ、DACOUT1_ENUM_SCALING が有効になります
16-13	DACOUT1_SCALING	R/W	0h	DACOUT1 スケーリング係数。 DACOUT1_VAR_ADDR に入っているアドレスから取り出したアルゴリズム変数を DACOUT1_SCALING でスケーリングします。実際の電圧は DACOUT1_UNIPOLAR によって異なります。 DACOUT1_UNIPOLAR = 0x1 の場合、実際の値は (DAC 電圧 × 単位ベース値) / (3 × DACOUT1_SCALING) DACOUT1_UNIPOLAR = 0x0 の場合、実際の値は ((DAC 電圧 - 1.5) × 単位ベース値) / (1.5 × DACOUT1_SCALING) 単位ベースの電流基準は 0.0375/Rsense A (Rsense は電流検出抵抗 [Ω])、単位ベースの速度基準は MAX_SPEED (Hz)、DC バス電圧の単位ベース電圧は 60V、相電圧の単位ベース電圧は 60V/√3 注: 電流については、推奨 DACOUT1_SCALING は 2/8 であり、電圧については 8/8、速度情報については 7/8 です 0h = 列挙型として扱われ、最大値は 31 1h = 1 / 8 2h = 2 / 8 3h = 3 / 8 4h = 4 / 8 5h = 5 / 8 6h = 6 / 8 7h = 7 / 8 8h = 8 / 8 9h = 9 / 8 Ah = 10 / 8 Bh = 11 / 8 Ch = 12 / 8 Dh = 13 / 8 Eh = 14 / 8 Fh = 15 / 8
12	DACOUT1_UNIPOLAR	R/W	0h	DACOUT1 の出力を設定 DACOUT2_UNIPOLAR = 0x1 の場合の実際の値 = (DAC2 電圧 × 単位ベース値) / (3 × DACOUT2_SCALING) DACOUT2_UNIPOLAR = 0x0 の場合、実際の値 = ((DAC2 電圧 - 1.5) × 単位ベース値) / (1.5 × DACOUT2_SCALING) 単位ベースの電流基準は 0.0375/Rsense A (Rsense は電流検出抵抗 [Ω])、単位ベースのリファレンス速度は MAX_SPEED (Hz)、DC バス電圧の単位ベース電圧は 60V、相電圧の単位ベース電圧は 60V/√3 注記: 電流については、推奨 DACOUT1_SCALING は 2/8 であり、電圧については 8/8、速度情報については 7/8 です 0h = バイポーラ (1.5V のオフセット) 1h = ユニポーラ (オフセットなし)
11-0	DACOUT1_VAR_ADDR	R/W	0h	監視対象の変数の 12 ビット アドレス

9.3.6 EEPROM_SECURITY レジスタ (オフセット = F6h) [リセット = 0000h]

図 9-12 に EEPROM_SECURITY を示し、表 9-18 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

EEPROM セキュリティ制御レジスタ

図 9-12. EEPROM_SECURITY レジスタ

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

表 9-18. EEPROM_SECURITY レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15	予約済み	R	0h	予約済み
14-0	USER_EEPROM_KEY	R/W	0h	EEPROM の読み取り / 書き込みのロックを解除するためのユーザー入力キー。EEPROM のロックを解除するには、EEPROM_LOCK_KEY の値をここに書き込む必要があります。

9.4 Device_Control レジスタ

Device_Control レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 9-19 に示します。表 9-19 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-19. DEVICE_CONTROL レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
EAh	ALGO_CTRL1	デバイス制御レジスタ	セクション 9.4.1

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-20 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-20. Device_Control のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

9.4.1 ALGO_CTRL1 レジスタ (オフセット = EAh) [リセット = 00000000h]

図 9-13 に、ALGO_CTRL1 を示し、表 9-21 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

制御設定

図 9-13. ALGO_CTRL1 レジスタ

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

表 9-21. ALGO_CTRL1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31	EEPROM_WRT	R/W	0h	RAM / シェドウから EEPROM に設定を書き込みます
30	EEPROM_READ	R/W	0h	デフォルト設定を EEPROM から RAM / シェドウに読み出します
29	CLR_FLT	W	0h	すべてのフォルトをクリアします。

表 9-21. ALGO_CTRL1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
28	CLR_FLT_RETRY_COUNT	W	0h	自動フォルト リトライ回数をクリアします。
27-20	EEPROM_WRITE_ACCESS_KEY	R/W	0h	EEPROM 書き込みアクセス キー (0xA5)
19-11	予約済み	R	0h	予約済み
10	WATCHDOG_TICKLE	W	0h	I2C モードでウォッチドッグをティックルするための RAM ビット。 EXT_WDT_CFG ごとに、外部コントローラはこのビットに 0x1 を書き込む必要があります。デバイスは、このビットを 0x0 にリセットします。
9	予約済み	R	0h	予約済み
8-1	予約済み	R	0h	予約済み
0	予約済み	R	0h	予約済み

9.5 Algorithm_Variables レジスタ

Algorithm_Variables レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 9-22 に示します。表 9-22 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なし、レジスタの内容は変更しないでください。

表 9-22. ALGORITHM_VARIABLES レジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
18Ch	ALGORITHM_STATE	電流アルゴリズム状態レジスタ	セクション 9.5.1
190h	FG_SPEED_FDBK	FG 速度帰還レジスタ	セクション 9.5.2
192h	HALL_SPEED_FDBK	ホール入力速度帰還レジスタ	セクション 9.5.3
42Eh	BUS_CURRENT	DC バス電流計算値レジスタ	セクション 9.5.4
460h	PHASE_CURRENT_A	位相 A 測定電流レジスタ	セクション 9.5.5
462h	PHASE_CURRENT_B	位相 B 測定電流レジスタ	セクション 9.5.6
464h	PHASE_CURRENT_C	位相 C 測定電流レジスタ	セクション 9.5.7
479h	CSA_GAIN_FEEDBACK	CSA ゲイン レジスタ	セクション 9.5.8
47Dh	VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK	電圧ゲイン レジスタ	セクション 9.5.9
482h	PVDD_VOLTAGE	PVDD 電圧レジスタ	セクション 9.5.10
48Ah	PHASE_VOLTAGE_VA	位相 A 電圧レジスタ	セクション 9.5.11
48Ch	PHASE_VOLTAGE_VB	位相 B 電圧レジスタ	セクション 9.5.12
48Eh	PHASE_VOLTAGE_VC	位相 C 電圧レジスタ	セクション 9.5.13
4D8h	SIN_COMMUTATION_ANGLE	整流角の正弦	セクション 9.5.14
4DAh	COS_COMMUTATION_ANGLE	整流角の余弦	セクション 9.5.15
504h	IALPHA	IALPHA 電流レジスタ	セクション 9.5.16
506h	IBETA	IBETA 電流レジスタ	セクション 9.5.17
508h	VALPHA	VALPHA 電圧レジスタ	セクション 9.5.18
50Ah	VBETA	VBETA 電圧レジスタ	セクション 9.5.19
514h	ID	D 軸電流測定値レジスタ	セクション 9.5.20
516h	IQ	Q 軸電流測定値レジスタ	セクション 9.5.21
518h	VD	VD 電圧レジスタ	セクション 9.5.22
51Ah	VQ	VQ 電圧レジスタ	セクション 9.5.23
54Ch	IQ_REF_ROTOR_ALIGN	アライン電流リファレンス	セクション 9.5.24
560h	SPEED_REF_OPEN_LOOP	開ループ速度レジスタ	セクション 9.5.25
56Eh	IQ_REF_OPEN_LOOP	開ループ電流リファレンス	セクション 9.5.26
5EEh	SPEED_REF_CLOSED_LOOP	速度リファレンス レジスタ	セクション 9.5.27
628h	POWER_FEED_BACK	電力帰還	セクション 9.5.28
630h	ID_REF_CLOSED_LOOP	D 軸電流ループ リファレンス レジスタ	セクション 9.5.29
632h	IQ_REF_CLOSED_LOOP	Q 軸電流ループ リファレンス レジスタ	セクション 9.5.30
6F0h	ISD_STATE	ISD 状態レジスタ	セクション 9.5.31
6FAh	ISD_SPEED	ISD 速度レジスタ	セクション 9.5.32
724h	IPD_STATE	IPD 状態レジスタ	セクション 9.5.33
746h	IPD_ANGLE	IPD 角度計算値レジスタ	セクション 9.5.34
772h	ED	BEMF EQ 推定値レジスタ	セクション 9.5.35
774h	EQ	BEMF ED 推定値レジスタ	セクション 9.5.36
784h	SPEED_FDBK	速度帰還レジスタ	セクション 9.5.37
788h	THETA_EST	回転子位置推定値レジスタ	セクション 9.5.38

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。表 9-23 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 9-23. Algorithm_Variables のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

9.5.1 ALGORITHM_STATE レジスタ (オフセット = 18Ch) [リセット = 0000h]

図 9-14 に、ALGORITHM_STATE を示し、表 9-24 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

電流アルゴリズム状態レジスタ

図 9-14. ALGORITHM_STATE レジスタ

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

表 9-24. ALGORITHM_STATE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	ALGORITHM_STATE	R	0h	デバイスの現在の状態を示す 16 ビット値 00h = MOTOR_IDLE 01h = MOTOR_ISD 02h = MOTOR_TRISTATE 03h = MOTOR_BRAKE_ON_START 04h = MOTOR_IPD 05h = MOTOR_SLOW_FIRST_CYCLE 06h = MOTOR_ALIGN 07h = MOTOR_OPEN_LOOP 08h = MOTOR_CLOSED_LOOP_UNALIGNED 09h = MOTOR_CLOSED_LOOP_ALIGNED 0Ah = MOTOR_CLOSED_LOOP_ACTIVE_BRAKING 0Bh = MOTOR_SOFT_STOP 0Ch = RESEREVED 0Dh = MOTOR_BRAKE_ON_STOP 0Eh = MOTOR_FAULT 0Fh = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_CHECK 10h = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_WAIT 11h = MOTOR_MPET_MOTOR_BRAKE 12h = MOTOR_MPET_ALGORITHM_PARAMETERS_INIT 13h = RESEREVED 14h = MOTOR_MPET_KE_MEASURE 15h = MOTOR_MPET_STALL_CURRENT_MEASURE 16h = MOTOR_MPET_TORQUE_MODE 17h = MOTOR_MPET_DONE 18h = MOTOR_MPET_FAULT

9.5.2 FG_SPEED_FDBK レジスタ (オフセット = 190h) [リセット = 00000000h]

図 9-15 に、FG_SPEED_FDBK を示し、表 9-25 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

FG からの速度帰還

図 9-15. FG_SPEED_FDBK レジスタ

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

表 9-25. FG_SPEED_FDBK レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	FG_SPEED_FDBK	R	0h	FG に基づいて推定したモーター速度の絶対値 (符号なし) を示す 32 ビット値 推定モーター速度 (Hz) = (FG_SPEED_FDBK / 2 ²⁷) × MAX_SPEED (Hz)

9.5.3 HALL_SPEED_FDBK レジスタ (オフセット = 192h) [リセット = 00000000h]

図 9-16 に、HALL_SPEED_FDBK を示し、表 9-26 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ホール入力に基づく速度帰還

図 9-16. HALL_SPEED_FDBK レジスタ

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

表 9-26. HALL_SPEED_FDBK レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	HALL_SPEED_FDBK	R	0h	ホール入力に基づいて推定したモーター速度の絶対値 (符号なし) を示す 32 ビット値 推定モーター速度 (Hz) = (HALL_SPEED_FDBK / 2 ²⁷) × MAX_SPEED (Hz)

9.5.4 BUS_CURRENT レジスタ (オフセット = 42Eh) [リセット = 00000000h]

図 9-17 に、BUS_CURRENT を示し、表 9-27 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

供給電流計算値レジスタ

図 9-17. BUS_CURRENT レジスタ

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

表 9-27. BUS_CURRENT レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	BUS_CURRENT	R	0h	DC バス電流を示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます DC バス電流 (A) = (BUS_CURRENT / 2 ²⁷) * 単位当たりの電流ベース 単位当たりの電流ベースは 0.0375 / Rsense で、(Rsense は電流検出用抵抗 (Ω)) A を指します

9.5.5 PHASE_CURRENT_A レジスタ (オフセット = 460h) [リセット= 00000000h]

図 9-18 に、PHASE_CURRENT_A を示し、表 9-28 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

位相 A 測定電流レジスタ

図 9-18. PHASE_CURRENT_A レジスタ

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

表 9-28. PHASE_CURRENT_A レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_CURRENT_A	R	0h	A 相の連続電流測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます A 相電流 (A) = (PHASE_CURRENT_A / 2 ²⁷) * 単位当たりの電流ベース 単位当たりの電流ベースは 0.0375 / Rsense で、(Rsense は電流検出用抵抗 (Ω)) A を指します

9.5.6 PHASE_CURRENT_B レジスタ (オフセット = 462h) [リセット= 00000000h]

図 9-19 に、PHASE_CURRENT_B を示し、表 9-29 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

位相 B 測定電流レジスタ

図 9-19. PHASE_CURRENT_B レジスタ

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

表 9-29. PHASE_CURRENT_B レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_CURRENT_B	R	0h	B 相の連続電流測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます B 相電流 (A) = (PHASE_CURRENT_B / 2 ²⁷) * 単位当たりの電流ベース 単位当たりの電流ベースは 0.0375 / Rsense で、(Rsense は電流検出用抵抗 (Ω)) A を指します

9.5.7 PHASE_CURRENT_C レジスタ (オフセット = 464h) [リセット = 00000000h]

図 9-20 に、PHASE_CURRENT_C を示し、表 9-30 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

位相 C 測定電流レジスタ

図 9-20. PHASE_CURRENT_C レジスタ

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

表 9-30. PHASE_CURRENT_C レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_CURRENT_C	R	0h	C 相の連続電流測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます C 相電流 (A) = (PHASE_CURRENT_C / 2 ²⁷) * 単位当たりの電流ベース 単位当たりの電流ベースは 0.0375 / Rsense で、(Rsense は電流検出用抵抗 (Ω)) A を指します

9.5.8 CSA_GAIN_FEEDBACK レジスタ (オフセット = 479h) [リセット = 0000h]

図 9-21 に、CSA_GAIN_FEEDBACK を示し、表 9-31 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

CSA ゲイン レジスタ

図 9-21. CSA_GAIN_FEEDBACK レジスタ

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

表 9-31. CSA_GAIN_FEEDBACK レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	CSA_GAIN_FEEDBACK	R	0h	電流検出ゲインを示す 16 ビット値 0h = 40V/V 1h = 20V/V 2h = 10V/V 3h = 5V/V

9.5.9 VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK レジスタ (オフセット = 47Dh) [リセット = 0000h]

図 9-22 に、VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK を示し、表 9-32 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

電圧ゲイン レジスタ

図 9-22. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK レジスタ

15	14	13	12	11	10	9	8
----	----	----	----	----	----	---	---

図 9-22. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK レジスタ (続き)

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

表 9-32. VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK	R	0h	電圧ゲインを示す 16 ビット値 0h = 60 V 1h = 30 V 2h = 15 V

9.5.10 PVDD_VOLTAGE レジスタ (オフセット = 482h) [リセット = 00000000h]

図 9-23 に PVDD_VOLTAGE を示し、表 9-33 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

電源電圧レジスタ

図 9-23. PVDD_VOLTAGE レジスタ

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

表 9-33. PVDD_VOLTAGE レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PVDD_VOLTAGE	R	0h	PVDD 電圧を示す 32 ビット値 DC バス電圧 (V) = PVDD_VOLTAGE * 60 / 2 ²⁷

9.5.11 PHASE_VOLTAGE_VA レジスタ (オフセット = 48Ah) [リセット = 00000000h]

図 9-24 に、PHASE_VOLTAGE_VA を示し、表 9-34 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

位相 A 電圧レジスタ

図 9-24. PHASE_VOLTAGE_VA レジスタ

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

表 9-34. PHASE_VOLTAGE_VA レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VA	R	0h	ISD 中の A 相電圧の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます 相電圧 A (V) は、PHASE_VOLTAGE_VA × 60 / (√3 × 2 ²⁷) となります

9.5.12 PHASE_VOLTAGE_VB レジスタ (オフセット = 48Ch) [リセット= 00000000h]

図 9-25 に、PHASE_VOLTAGE_VB を示し、表 9-35 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

位相 B 電圧レジスタ

図 9-25. PHASE_VOLTAGE_VB レジスタ

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

表 9-35. PHASE_VOLTAGE_VB レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VB	R	0h	ISD 中の B 相電圧の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は、2 の補数形式で表記されます。B 相電圧 (V) = PHASE_VOLTAGE_VB * 60 / (sqrt(3) * 2 ²⁷)

9.5.13 PHASE_VOLTAGE_VC レジスタ (オフセット = 48Eh) [リセット = 00000000h]

図 9-26 に、PHASE_VOLTAGE_VC を示し、表 9-36 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

位相 C 電圧レジスタ

図 9-26. PHASE_VOLTAGE_VC レジスタ

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

表 9-36. PHASE_VOLTAGE_VC レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	PHASE_VOLTAGE_VC	R	0h	ISD 中の C 相電圧の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は、2 の補数で表されます 位相 C 電圧 (V) = PHASE_VOLTAGE_VC * 60 / (sqrt(3) * 2 ²⁷)

9.5.14 SIN_COMMUTATION_ANGLE レジスタ (オフセット = 4D8h) [リセット= 00000000h]

図 9-27 に、SIN_COMMUTATION_ANGLE を示し、表 9-37 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

整流角の正弦

図 9-27. SIN_COMMUTATION_ANGLE レジスタ

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

表 9-37. SIN_COMMUTATION_ANGLE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	SIN_COMMUTATION_ANGLE	R	0h	回転子角度の正弦を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます $\sin(\text{rotor angle}) = (\text{SIN_COMMUTATION_ANGLE} / 2^{27})$

9.5.15 COS_COMMUTATION_ANGLE レジスタ (オフセット = 4DAh) [リセット = 00000000h]

図 9-28 に、COS_COMMUTATION_ANGLE を示し、表 9-38 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

整流角の余弦

図 9-28. COS_COMMUTATION_ANGLE レジスタ

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

表 9-38. COS_COMMUTATION_ANGLE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	COS_COMMUTATION_ANGLE	R	0h	回転子角度の余弦を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます $\cos(\text{rotor angle}) = (\text{COS_COMMUTATION_ANGLE} / 2^{27})$

9.5.16 IALPHA レジスタ (オフセット = 504h) [リセット = 00000000h]

図 9-29 に、IALPHA を示し、表 9-39 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

IALPHA 電流レジスタ

図 9-29. IALPHA レジスタ

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

表 9-39. IALPHA レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IALPHA	R	0h	$\alpha\beta$ 領域での相電流を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます $I_{\text{Alpha}} (\text{A}) = (\text{IALPHA} / 2^{27}) \times \text{単位当たり電流ベース}$ 単位電流ベースは $0.0375 / R_{\text{sense}}$ (R_{sense} は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.17 IBETA レジスタ (オフセット = 506h) [リセット = 00000000h]

図 9-30 に、IBETA を示し、表 9-40 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

IBETA 電流レジスタ

図 9-30. IBETA レジスタ

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

表 9-40. IBETA レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IBETA	R	0h	αβ 領域での相電流を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 IBeta (A) = (IBETA/2 ²⁷)* 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.18 VALPHA レジスタ (オフセット = 508h) [リセット = 00000000h]

図 9-31 に、VALPHA を示し、表 9-41 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

VALPHA 電圧レジスタ

図 9-31. VALPHA レジスタ

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

表 9-41. VALPHA レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	VALPHA	R	0h	αβ 領域で印加される相電圧を示す 32 ビット符号付き値 VAlpha (V) = (VALPHA / 2 ²⁷) * 60 / sqrt(3)

9.5.19 VBETA レジスタ (オフセット = 50Ah) [リセット = 00000000h]

図 9-32 に、VBETA を示し、表 9-42 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

VBETA 電圧レジスタ

図 9-32. VBETA レジスタ

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

表 9-42. VBETA レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	VBETA	R	0h	αβ 領域で印加される相電圧を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます VBeta (V) = (VBETA / 2 ²⁷) * 60 / sqrt(3)

9.5.20 ID レジスタ (オフセット = 514h) [リセット = 00000000h]

図 9-33 に、ID を示し、表 9-43 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

D 軸電流測定値レジスタ

図 9-33. ID レジスタ

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

表 9-43. ID レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	ID	R	0h	d-q 領域の d 軸 (磁束成分) 相電流を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 フラックス成分相電流 (A) = $(ID/2^{27})^*$ 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.21 IQ レジスタ (オフセット = 516h) [リセット = 00000000h]

図 9-34 に、IQ を示し、表 9-44 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

Q 軸電流測定値レジスタ

図 9-34. IQ レジスタ

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

表 9-44. IQ レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IQ	R	0h	d-q 領域の q 軸 (トルク成分) 相電流を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます トルク成分相電流 (A) = $(IQ/2^{27})^*$ 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.22 VD レジスタ (オフセット = 518h) [リセット = 00000000h]

図 9-35 に、VD を示し、表 9-45 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

VD 電圧レジスタ

図 9-35. VD レジスタ

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

表 9-45. VD レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	VD	R	0h	d-q 領域で印加される相電圧を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 $V_d(V) = (VD / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$

9.5.23 VQ レジスタ (オフセット = 51Ah) [リセット = 00000000h]

図 9-36 に、VQ を示し、表 9-46 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

VQ 電圧レジスタ

図 9-36. VQ レジスタ

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

表 9-46. VQ レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	VQ	R	0h	d-q 領域で印加される相電圧を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 $V_q(V) = (VQ / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$

9.5.24 IQ_REF_ROTATOR_ALIGN レジスタ (オフセット = 54Ch) [リセット = 00000000h]

図 9-37 に、IQ_REF_ROTATOR_ALIGN を示し、表 9-47 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

アライン電流リファレンス

図 9-37. IQ_REF_ROTATOR_ALIGN レジスタ

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

表 9-47. IQ_REF_ROTATOR_ALIGN レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IQ_REF_ROTATOR_ALIGN	R	0h	アライン状態中のリファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます アライン状態における電流指令値 (A) は、(IQ_REF_ROTATOR_ALIGN 2^{27}) となります * 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.25 SPEED_REF_OPEN_LOOP レジスタ (オフセット = 560h) [リセット = 00000000h]

図 9-38 に、SPEED_REF_OPEN_LOOP を示し、表 9-48 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

モーターが閉ループに遷移する際の速度

図 9-38. SPEED_REF_OPEN_LOOP レジスタ

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

表 9-48. SPEED_REF_OPEN_LOOP レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	SPEED_REF_OPEN_LOOP	R	0h	開ループ速度リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。2 の補数で表される負の値 開ループ中の速度リファレンス (Hz) = (SPEED_REF_OPEN_LOOP / 2 ²⁷) * MAX_SPEED (Hz)

9.5.26 IQ_REF_OPEN_LOOP レジスタ (オフセット = 56Eh) [リセット = 00000000h]

図 9-39 に、IQ_REF_OPEN_LOOP を示し、表 9-49 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

開ループ電流リファレンス

図 9-39. IQ_REF_OPEN_LOOP レジスタ

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

表 9-49. IQ_REF_OPEN_LOOP レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IQ_REF_OPEN_LOOP	R	0h	閉ループ中の電流リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます オープンループ時の電流指令値 (A) は、(IQ_REF_OPEN_LOOP / 2 ²⁷) となります* 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.27 SPEED_REF_CLOSED_LOOP レジスタ (オフセット = 5EEh) [リセット = 00000000h]

図 9-40 に、SPEED_REF_CLOSED_LOOP を示し、表 9-50 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

速度リファレンス レジスタ

図 9-40. SPEED_REF_CLOSED_LOOP レジスタ

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

表 9-50. SPEED_REF_CLOSED_LOOP レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	SPEED_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	閉ループのリファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の値は、2 の補数形式で表記されます。 速度制御モードでは、閉ループの速度リファレンス (Hz) = $(\text{SPEED_REF_CLOSED_LOOP} / 2^{27}) * \text{MAX_SPEED (Hz)}$ 。 電力モードでは、閉ループの電力リファレンス (W) = $(\text{SPEED_REF_CLOSED_LOOP} / 2^{27}) * \text{MAX_POWER (W)}$ 。 電流モードでは、閉ループの Iq 電流リファレンス (A) = $(\text{SPEED_REF_CLOSED_LOOP} / 2^{27}) * \text{ILIMIT (A)}$

9.5.28 POWER_FEED_BACK レジスタ (オフセット = 628h) [リセット = 00000000h]

図 9-41 に、POWER_FEED_BACK を示し、表 9-51 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

電力帰還

図 9-41. POWER_FEED_BACK レジスタ

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

表 9-51. POWER_FEED_BACK レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	POWER_FEED_BACK	R	0h	電力消費量を示す 32 ビットの符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます 消費電力 (W) = $(\text{POWER_FEED_BACK} / 2^{27}) * \text{単位あたりの電力ベース}$ 単位あたり電流ベースは、 $2.25 / \text{Rsense}$ (Rsense は電流検出用抵抗値 [Ω] です) となり、単位はワットになります

9.5.29 ID_REF_CLOSED_LOOP レジスタ (オフセット = 630h) [リセット = 00000000h]

図 9-42 に、ID_REF_CLOSED_LOOP を示し、表 9-52 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

電流ループ リファレンス レジスタ

図 9-42. ID_REF_CLOSED_LOOP レジスタ

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

表 9-52. ID_REF_CLOSED_LOOP レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	ID_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	閉ループでの d 軸 (磁束成分) 相電流リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます 閉ループにおける磁束成分の相電流指令値 (A) は、 $(\text{ID} / 2^{27})$ です* 単位あたり電流ベース 単位電流ベースは $0.0375 / \text{Rsense}$ (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.30 IQ_REF_CLOSED_LOOP レジスタ (オフセット = 632h) [リセット = 00000000h]

図 9-43 に、IQ_REF_CLOSED_LOOP を示し、表 9-53 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

電流ループ リファレンス レジスタ

図 9-43. IQ_REF_CLOSED_LOOP レジスタ

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

表 9-53. IQ_REF_CLOSED_LOOP レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IQ_REF_CLOSED_LOOP	R	0h	閉ループでの q 軸 (トルク成分) 相電流リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の値は 2 の補数で表されます 閉ループにおけるトルク成分の相電流指令値 (A) は、 $(IQ / 2^{27})$ です* 単位当たり電流ベース 単位電流ベースは 0.0375/Rsense (Rsense は電流センス抵抗 (Ω)) A です

9.5.31 ISD_STATE レジスタ (オフセット = 6F0h) [リセット = 0000h]

図 9-44 に、ISD_STATE を示し、表 9-54 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ISD 状態レジスタ

図 9-44. ISD_STATE レジスタ

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

表 9-54. ISD_STATE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	ISD_STATE	R	0h	現在の ISD 状態を示す 16 ビット値 0h = ISD_INIT 1h = ISD_MOTOR_STOP_CHECK 2h = ISD_ESTIM_INIT 3h = ISD_RUN_MOTOR_CHECK 4h = ISD_MOTOR_DIRECTION_CHECK 5h = ISD_COMPLETE 6h = ISD_FAULT

9.5.32 ISD_SPEED レジスタ (オフセット = 6FAh) [リセット = 00000000h]

図 9-45 に、ISD_SPEED を示し、表 9-55 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

ISD 速度レジスタ

図 9-45. ISD_SPEED レジスタ

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

表 9-55. ISD_SPEED レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	ISD_SPEED	R	0h	ISD 状態中の速度の絶対値の計算値を示す 32 ビット値 ISD 状態中の推定速度 (Hz) = (ISD_SPEED / 2 ²⁷) * MAX_SPEED (Hz)

9.5.33 IPD_STATE レジスタ (オフセット = 724h) [リセット = 0000h]

図 9-46 に、IPD_STATE を示し、表 9-56 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

IPD 状態レジスタ

図 9-46. IPD_STATE レジスタ

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

表 9-56. IPD_STATE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	IPD_STATE	R	0h	現在の IPD 状態を示す 16 ビット値 0h = IPD_INIT 1h = IPD_VECTOR_CONFIG 2h = IPD_RUN 3h = IPD_SLOW_RISE_CLOCK 4h = IPD_SLOW_FALL_CLOCK 5h = IPD_WAIT_CURRENT_DECAY 6h = IPD_GET_TIMES 7h = IPD_SET_NEXT_VECTOR 8h = IPD_CALC_SECTOR_RISE 9h = IPD_CALC_ROTOR_POSITION Ah = IPD_CALC_ANGLE Bh = IPD_COMPLETE Ch = IPD_FAULT

9.5.34 IPD_ANGLE レジスタ (オフセット = 746h) [リセット = 00000000h]

図 9-47 に、IPD_ANGLE を示し、表 9-57 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

IPD 角度計算値レジスタ

図 9-47. IPD_ANGLE レジスタ

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

表 9-57. IPD_ANGLE レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	IPD_ANGLE	R	0h	IPD 角度の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 $\text{IPD 角度 (度)} = (\text{IPD_ANGLE} / 2^{27}) * 360$

9.5.35 ED レジスタ (オフセット = 772h) [リセット = 00000000h]

図 9-48 に、ED を示し、表 9-58 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

BEMF EQ 推定値レジスタ

図 9-48. ED レジスタ

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

表 9-58. ED レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	ED	R	0h	D 軸方向の逆起電力の推定値 (Ed) を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 $\text{Ed (V)} = (\text{ED} / 2^{27}) * 60 / \text{sqrt}(3)$

9.5.36 EQ レジスタ (オフセット = 774h) [リセット = 00000000h]

図 9-49 に、EQ を示し、表 9-59 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

BEMF ED 推定値レジスタ

図 9-49. EQ レジスタ

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

表 9-59. EQ レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	EQ	R	0h	Q 軸方向の逆起電力 (Eq) の推定値を示す 32 ビット符号付き値。負の値は、2 の補数形式で表記されます。 $\text{Eq (V)} = (\text{EQ} / 2^{27}) * 60 / \text{sqrt}(3)$

9.5.37 SPEED_FDBK レジスタ (オフセット = 784h) [リセット = 00000000h]

図 9-50 に、SPEED_FDBK を示し、表 9-60 に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

速度帰還レジスタ

図 9-50. SPEED_FDBK レジスタ

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

表 9-60. SPEED_FDBK レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	SPEED_FDBK	R	0h	モーター速度の推定値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。 推定モーター速度 (Hz) = (SPEED_FDBK / 2 ²⁷) * MAX_SPEED (Hz)

9.5.38 THETA_EST レジスタ (オフセット = 788h) [リセット = 00000000h]

[図 9-51](#) に、THETA_EST を示し、[表 9-61](#) に、その説明を示します。

[概略表](#)に戻ります。

回転子位置推定値レジスタ

図 9-51. THETA_EST レジスタ

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

表 9-61. THETA_EST レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-0	THETA_EST	R	0h	回転子角度の推定値を示す 32 ビット符号付き値。角度は 360 度の剰余とする必要があります。たとえば、推定角度値 380 度の場合、380%360 = 20 度となります。 推定回転子角度 (度) = (THETA_EST / 2 ²⁷) * 360

10 代表的なアプリケーション

注

以下のアプリケーション セクションにある情報は、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI はその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

MCPC029 デバイスは、センサレスおよびセンサ付きの 3 相 BLDC モーター制御に使用されます。このドライバは、家電製品、ファン、ポンプ、住宅用および生活用のファンやブローに対して、高性能、高信頼性で柔軟なソリューションを提供します。以下のセクションに、MCPC029 デバイスの一般的なアプリケーションを示します。図 7-3 から図 7-7 に、MCPC029 ベースのモーター制御アプリケーションの代表的な回路図を示します。実装されるその他の機能は次のとおりです：

- LDO リニア レギュレータによって内部生成される VDD (3.3V) の電源
 - 内部 PGA 出力に接続された内部コンパレータを使用した過電流保護。
 - 内部 PGA と ADC を使用する電流センシング
 - 内部 ADC を使用したバス電圧の監視
 - 内部 ADC を使用したアプリケーション温度監視
1. 図 7-3 に、MCPC028 デバイスを使用し、三つのシャント構成と 3 相電圧検出を備えたセンサレス InstaSPIN-FOC アルゴリズムで 3 相 BLDC モーターを駆動するアプリケーション例が示されています。
 2. 図 7-4 に、MCPC028 デバイスを使用し、シングルシャント構成と 3 相電圧検出を備えたセンサレス InstaSPIN-FOC アルゴリズムで 3 相 BLDC モーターを駆動するアプリケーション例が示されています。
 3. 図 7-5 に、MCPC028 デバイスを使用し、三つのシャント構成で、3 相電圧検出を行わない一般的なセンサレス FOC アルゴリズムにより 3 相 BLDC モーターを駆動するアプリケーション例が示されています。
 4. 図 7-6 は、MCPC028 デバイスを使用し、単一シャント構成で、3 相電圧検出を行わない一般的なセンサレス FOC アルゴリズムにより 3 相 BLDC モーターを駆動するアプリケーション例が示されています。
 5. 図 7-7 は、MCPC028 デバイスを使用し、三つのシャント構成で、3 相電圧検出を行わずに ホール センサ方式の FOC アルゴリズムにより 3 相 BLDC モーターを駆動するアプリケーション例が示されています。

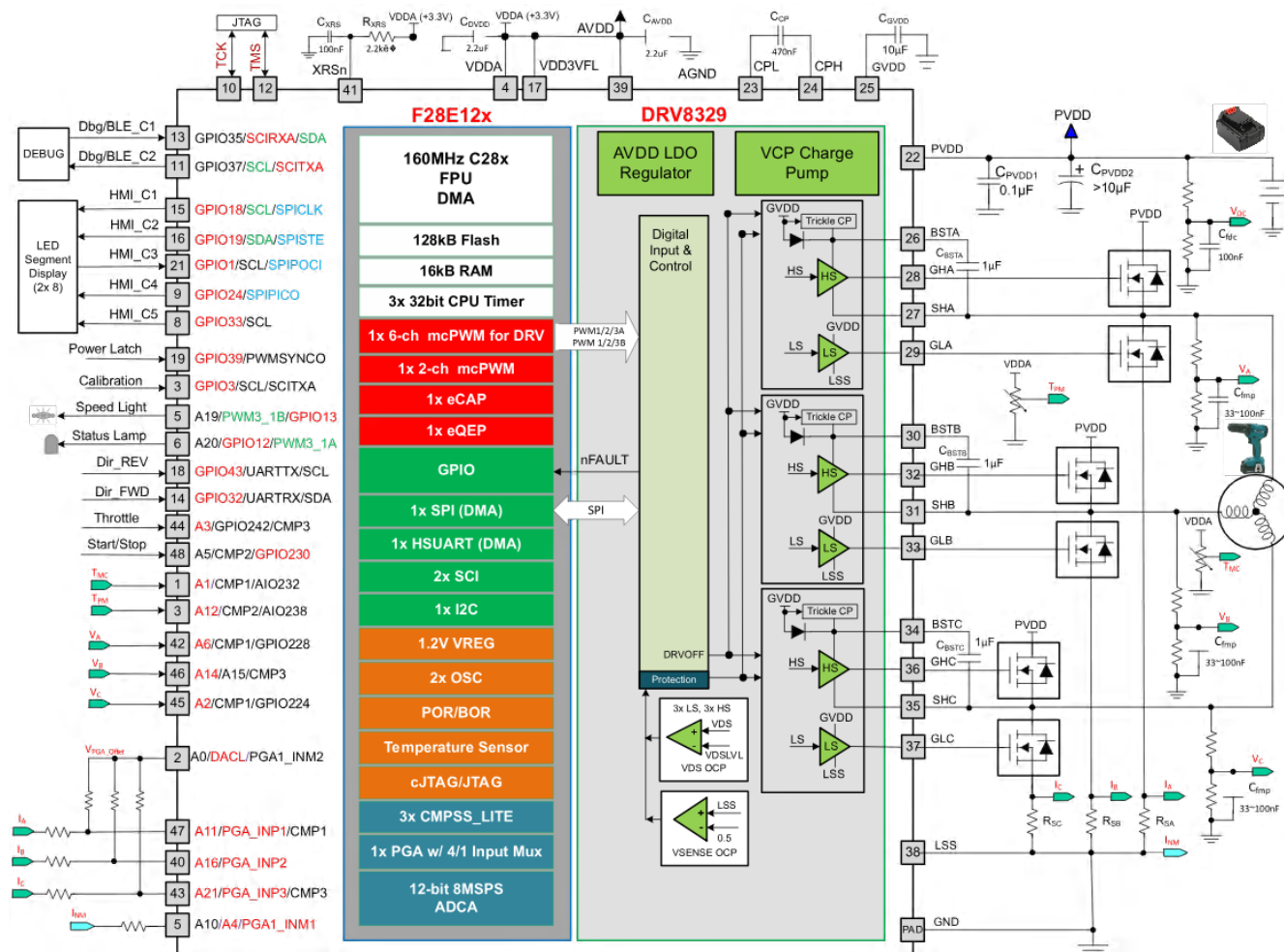


図 10-1. センサレス InstaSPIN-FOC と 3 シャント電流検出によるモーター制御のための MCPC029 の代表的な回路図



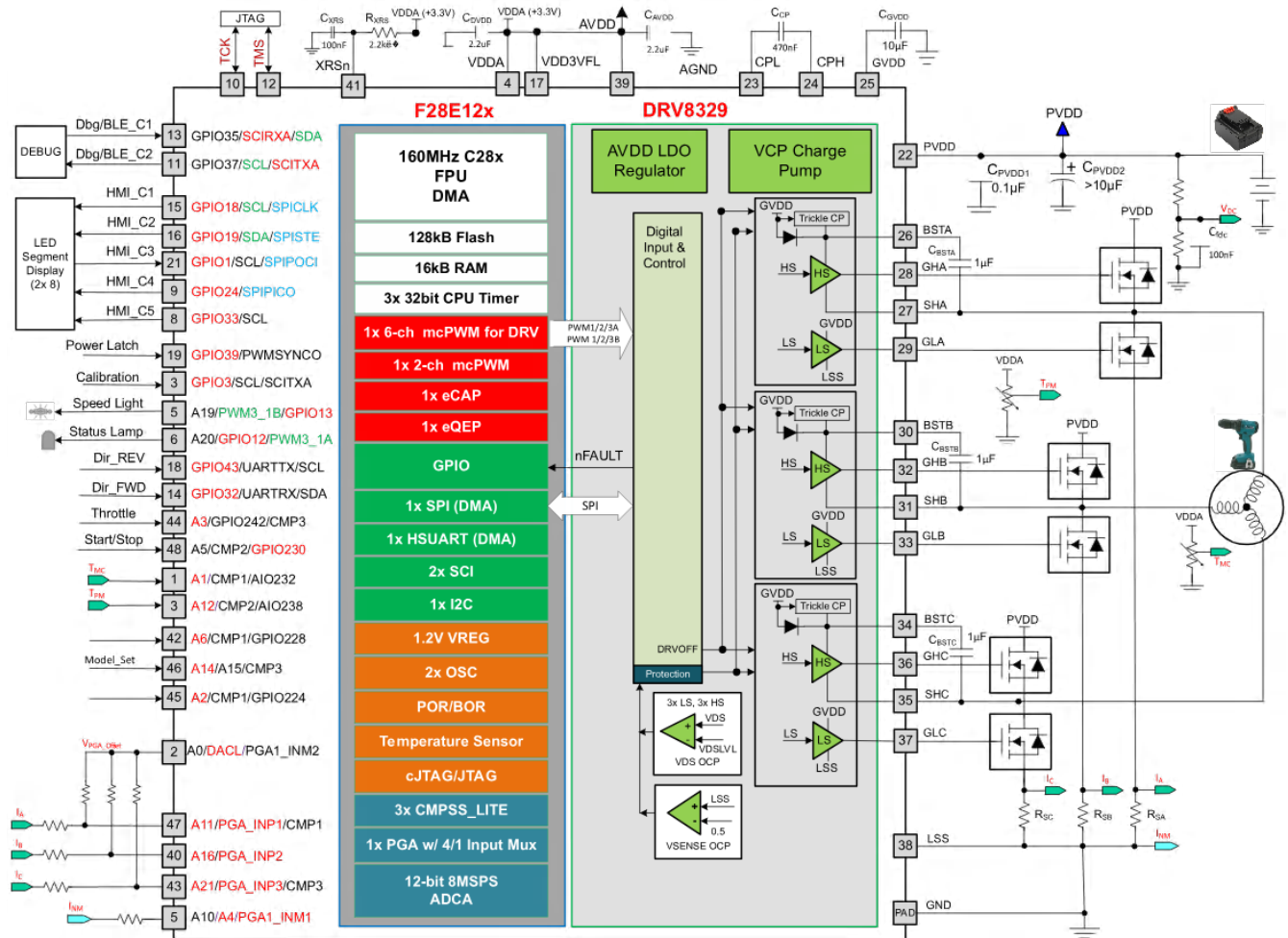


図 10-3. センサレス FOC と 3 シャント電流検出によるモーター制御のための MCPC029 の代表的な回路図

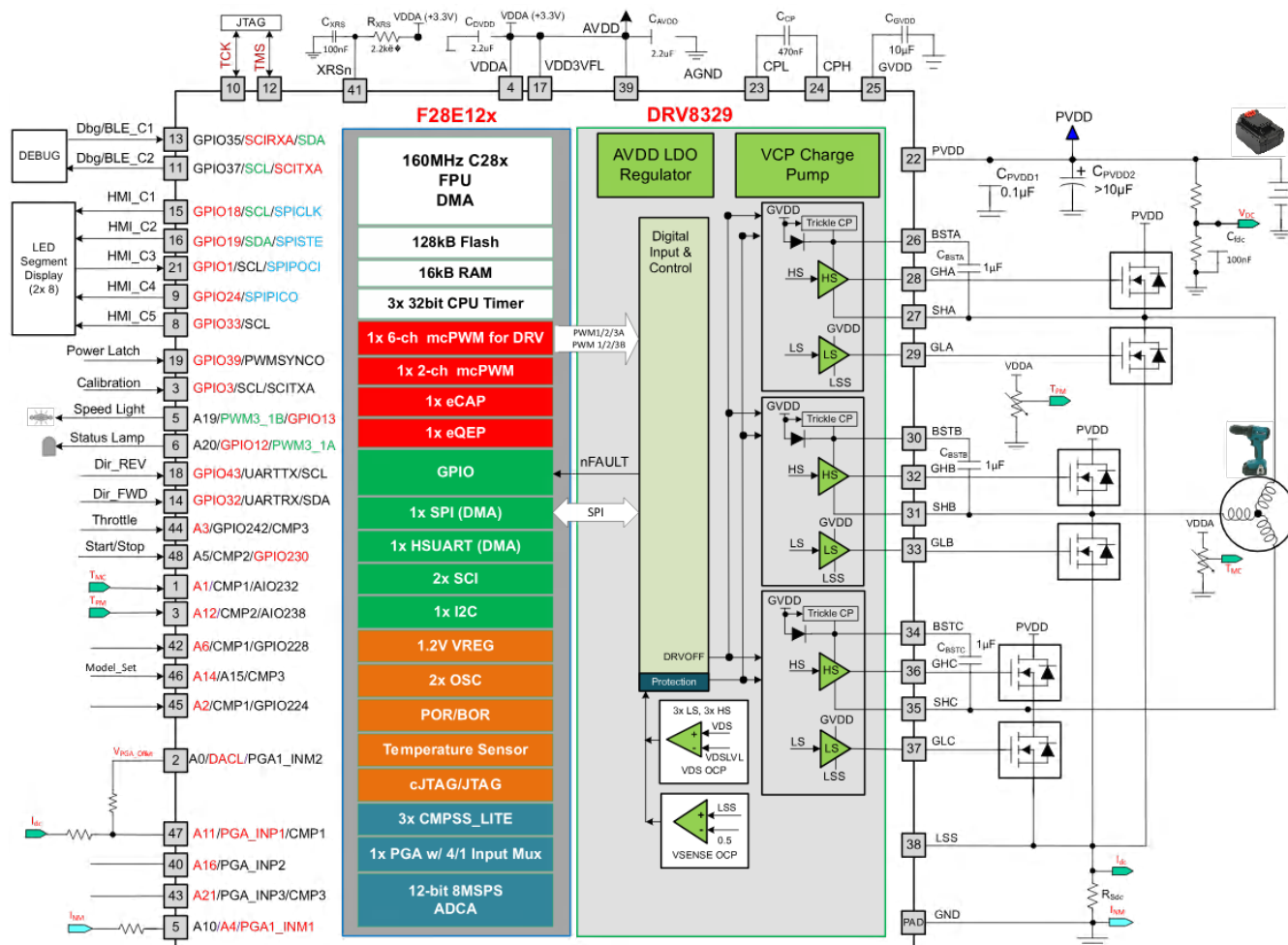


図 10-4. センサレス FOC と単一シャント電流検出によるモーター制御のための MCPC029 の代表的な回路図

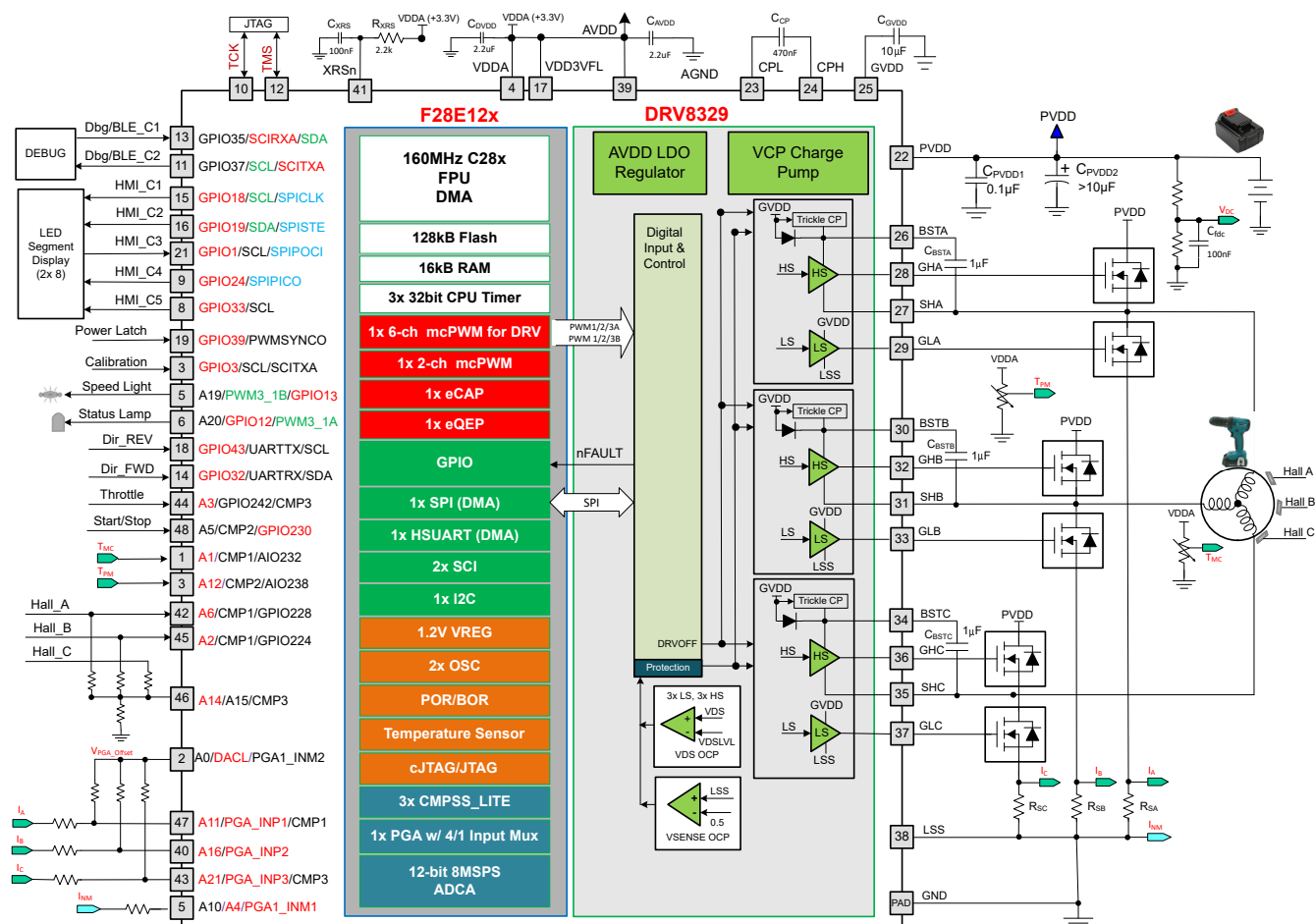


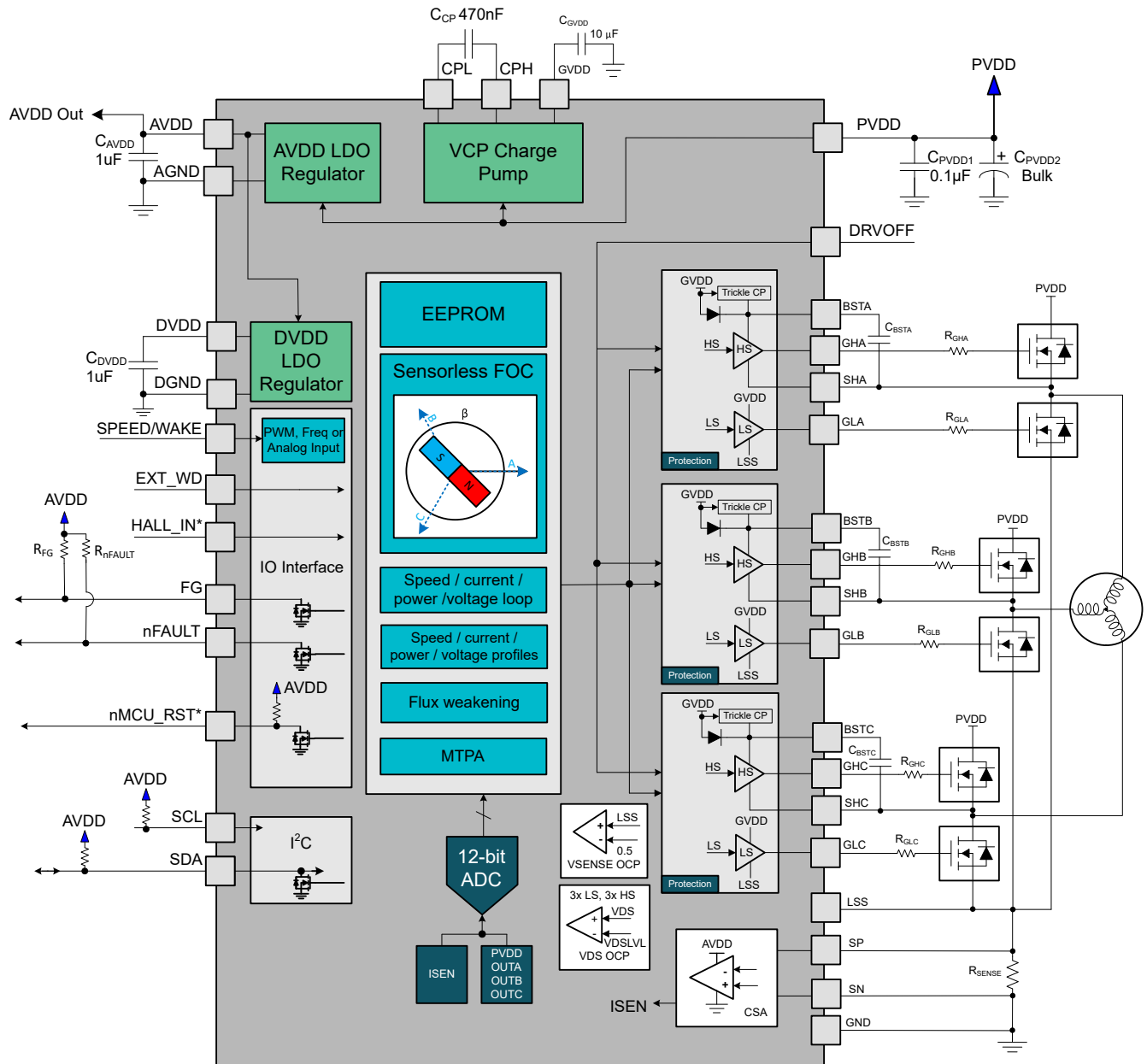
図 10-5. ホール センサ方式のセンサ付き FOC と 3 シャント電流検出によるモーター制御のための MCF8329 の代表的な回路図

10.1 アプリケーション情報

MCF8329HS-Q1 は、オイル、クーラント、燃料、ウォーターポンプ、HVAC ブロワ、サンルーフ モジュール、ワイパなどの 3 相 センサレス モーター制御アプリケーションで使用されます。

10.2 代表的なアプリケーション

図 10-6 に MCF8329HS-Q1 の代表的な回路図を示します。表 7-1 に、ドライバの外付け部品の推奨値を示します。



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

図 10-6. MCF8329HS-Q1 の代表的な回路図

詳細な設計手順

下表に、システム設計の入力パラメータの例を示します。

表 10-1. 設計パラメータ

設計パラメータ	リファレンス	数値の例
電源電圧	V_{PVDD}	24V
モーターのピーク電流	I_{PEAK}	20A
PWM 周波数	f_{PWM}	20 kHz
MOSFET VDS スループレート	SR	120V/ μ s

表 10-1. 設計パラメータ (続き)

設計パラメータ	リファレンス	数値の例
MOSFET 入力ゲート容量	Q_G	54nC
MOSFET 入力ゲート容量	Q_{GD}	14nC
デッド タイム	t_{dead}	200ns
過電流保護	I_{OCP}	30A

ブートストラップ コンデンサと GVDD コンデンサの選択

正常に動作させるには、ブートストラップ電圧が低電圧誤動作防止スレッショルドより常に高くなるように、ブートストラップ コンデンサの容量値を設定する必要があります。式 13 を使って、ブートストラップ コンデンサの両端に生じ得る電位差の最大値を計算します。

$$\Delta V_{BSTX} = V_{GVDD} - V_{BOOTD} - V_{BSTUV} \quad (13)$$

$$\Delta V_{BSTX} = 12V - 0.85V - 4.45V = 6.7V$$

ここで、

- V_{GVDD} はゲート駆動の電源電圧
- V_{BOOTD} はブートストラップ ダイオードの順方向電圧降下
- V_{BSTUV} はブートストラップ低電圧誤動作防止スレッショルド

この例では、ブートストラップ コンデンサの両端で許容される電圧降下は **6.7V** です。TI では一般に、ブートストラップ コンデンサおよび GVDD コンデンサのリプル電圧は、できるだけ小さくすることを推奨します。民生用、産業用、車載用の多くのアプリケーションでは、**0.5V~1V** のリプル値を使用します。

スイッチング サイクルごとに必要な総電荷量は以下の式 14 で推定できます。

$$Q_{TOT} = Q_G + \frac{I_{LBS_TRAN}}{f_{SW}} \quad (14)$$

$$Q_{TOT} = 54nC + 115\mu A / 20kHz = 54nC + 5.8nC = 59.8nC$$

ここで、

- Q_G は MOSFET の総ゲート電荷量
- I_{LBS_TRAN} はブートストラップ ピンのリーク電流
- f_{SW} は PWM 周波数

したがって、ブートストラップ コンデンサの最小値は、 ΔV_{BSTX} が 1V と仮定して、次のように推定できます。

$$C_{BST_MIN} = Q_{TOT} / \Delta V_{BSTX} \quad (15)$$

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

計算されたブートストラップ コンデンサの推奨値は、**59.8nF** です。この容量値は、フル バイアス電圧が必要であることに注意してください。実際には、さまざまな過渡条件によって電力段がパルスをスキップできるように、ブートストラップ コンデンサの値を計算値より大きくする必要があります。TI では、この例では **100nF** のブートストラップ コンデンサを使用することを推奨します。また、十分なマージンを確保するとともに、ブートストラップ コンデンサを **BSTx** および **SHx** ピンのできるだけ近くに配置することを推奨します。

$$C_{GVDD} \geq 10 \times C_{BSTX} \quad (16)$$

$$C_{GVDD} = 10 \times 100nF = 1\mu F$$

このアプリケーション例では、1 μ F の C_{GVDD} コンデンサを選択します。ほとんどのセラミック コンデンサでは、バイアス印加時に容量が大幅に減少するため、そのコンデンサに印加される可能性がある最大電圧の 2 倍以上の電圧定格のコンデンサを選択します。この値を選ぶことによって、システムの長期的な信頼性も向上します。

注

より長い期間にわたって 100% のデューティ サイクルに対応する必要がある大電力システムでは、TI は 1 μ F 以上の C_{BSTx} と 10 μ F 以上の C_{GVDD} を使用することを推奨します。

ゲート駆動電流

モーター電流を切り替えるためにパワー MOSFET のゲートをターンオン / オフする場合、適切なゲート駆動電流を選択することが不可欠です。MOSFET のゲート駆動電流と入力容量の大きさによって、ドレイン - ソース間電圧 (V_{DS}) のスルーレートが決まります。ゲート駆動電流には、GVDD から MOSFET ゲートにソースする場合 (I_{SOURCE}) と、MOSFET ゲートから SHx または LSS にシンクする場合 (I_{SINK}) があります。

過大なゲート駆動電流を使うと、MOSFET が過度に速くターンオンし、それにより、過剰なリンギング、dV/dt カップリング、大電流のスイッチングによるクロス導通が発生する可能性があります。システム内に寄生インダクタンスおよび容量が存在する場合、MOSFET または MCF8329HS-Q1 デバイ스에 損傷を与え得る電圧スパイクまたはリンギングが発生する可能性があります。

一方、ゲート駆動電流が小さすぎると、V_{DS} のスルーレートが小さくなります。MOSFET をターンオンする速度が遅すぎると、R_{DS,on} スwitching 損失により MOSFET を発熱させる可能性があります。

ゲート駆動電流 (I_{GATE})、MOSFET ゲート - ドレイン間電荷 (Q_{GD})、V_{DS} スルーレート スwitching 時間 (t_{rise,fall}) の間の関係を以下の式に示します。

$$SR_{DS} = \frac{V_{DS}}{t_{rise,fall}} \quad (17)$$

$$I_{GATE} = \frac{Q_{gd}}{t_{rise,fall}} \quad (18)$$

初期評価中の意図しない動作による損傷を防止するため、より小さいゲート駆動電流で評価した後、ゲート駆動電流設定を増やすことを推奨します。

ゲート抵抗の選択

SHx 接続のスルーレートは、外部 MOSFET のゲートが制御される速度で決まります。MCF8329HS-Q1 のプルアップ / プルダウン強度は内部で固定されているため、ゲート電圧のスルーレートは、外付け直列ゲート抵抗によって制御できます。一部のアプリケーションでは、ゲートドライバ デバイスの負荷である MOSFET のゲート電荷が、ゲートドライバのピーク出力電流能力より大幅に大きくなります。そのようなアプリケーションでは、外付けゲート抵抗を使うことでゲートドライバのピーク出力電流を制限できます。外付けゲート抵抗は、リンギングとノイズを減衰させるためにも使われます。

MOSFET の特定のパラメータ、システム電圧、基板の寄生素子はすべて最終的な SHx スルーレートに影響を与えるため、外付けゲート抵抗の最適な値または構成の選択は通常繰り返し行われます。

ゲート駆動電流を低減するため、直列抵抗 (R_{GATE}) をゲート駆動出力に接続することで、ソースおよびシンク電流経路の電流を制御できます。1 つのゲート抵抗は、ソース ゲート電流とシンク ゲート電流に対してゲート経路として同じように作用するため、R_{GATE} の値を大きくすることが、MOSFET のスイッチングに伴う SHx の立ち上がり / 立ち下がりスルーレートに及ぼす影響は似たものになります。ゲート駆動電流は、本デバイスの PVDD 電圧、接合部温度、プロセスばらつきによって変化することに注意します。

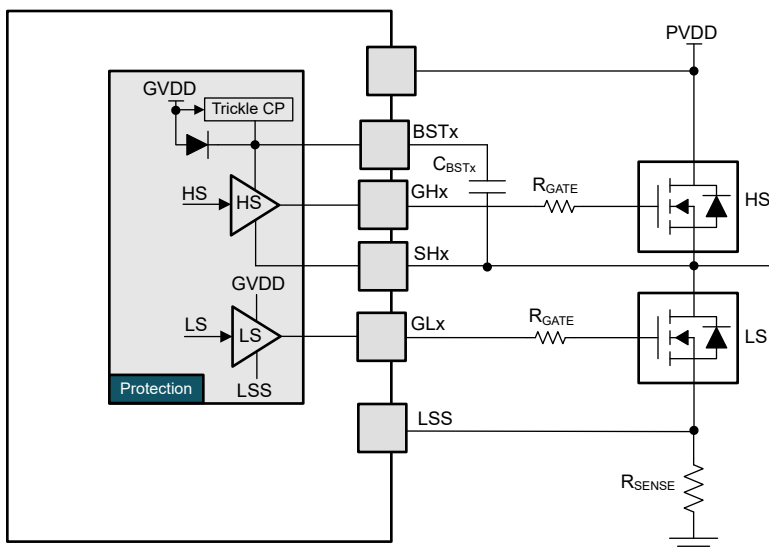


図 10-7. ゲート ドライバ出力 (直列抵抗を使用)

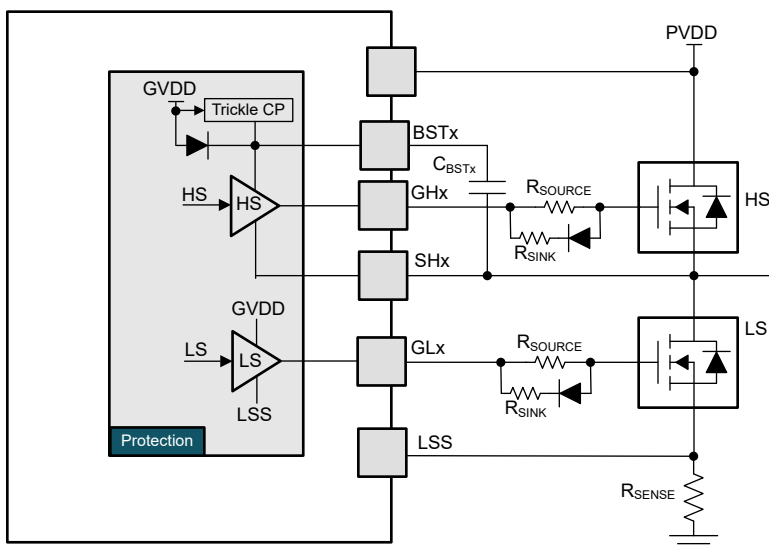


図 10-8. ゲート ドライバ出力 (別個のソースおよびシンク電流経路を使用)

通常は、反対側の MOSFET がスイッチングしている間、MOSFET が確実にオフを維持するように、ゲートからソースへの強いプルダウンを実装するため、シンク電流をソース電流の 2 倍に設定することを推奨します。これは、ダイオードとシンク抵抗 (R_{SINK}) をソース抵抗 (R_{SOURCE}) と並列に配置し、ソース電流とシンク電流に対して別個の電流経路を提供することで、ディスクリート実装できます。ソース抵抗とシンク抵抗を同じ値にすると、シンク経路の等価抵抗はソース経路の等価抵抗の半分にになります。これにより、ゲート駆動のシンク電流がソース電流の 2 倍になり、MOSFET をオフにする際に SHx は 2 倍の速度で変化します。

大電力設計におけるシステムの考慮事項

大電力システムの設計では、小電力システムの設計では考慮されないような設計とアプリケーションに関する考慮事項が求められることがあります。問題解決ガイドライン、外付け部品および回路、ドライバ製品の機能、レイアウト手法を実行することで、大電力システムの不安定性に対処することが重要です。詳細については、『大電力モーター ドライバ アプリケーションのシステム設計上の考慮事項』アプリケーション ノートを参照してください。

コンデンサの電圧定格

電圧定格が電源電圧 (PVDD、GVDD、AVDD など) の 2 倍のコンデンサを使用します。DC 電圧定格性能が低い場合、コンデンサの容量は定格容量の半分まで低下する可能性があります。

たとえば、ブートストラップ電圧は、SHx (BSTx-SHx) を基準として約 12~13V であるため、BSTx-SHx コンデンサの定格は 25V 以上にする必要があります。

外部出力段部品

出力段の外部部品は設計上必要ありませんが、過渡の抑制、インダクタ コイル エネルギーの管理、電源ポンピングの緩和、位相リングングの減衰、ゲート - ソース間の強プルダウン経路の提供に有用です。これらの部品は、MCF8329HS-Q1 デバイスまたは外部 MOSFET の損傷を防止すると同時に、BLDC モーター システムが堅牢になるように、システムを調整およびデバッグするために使用されます。

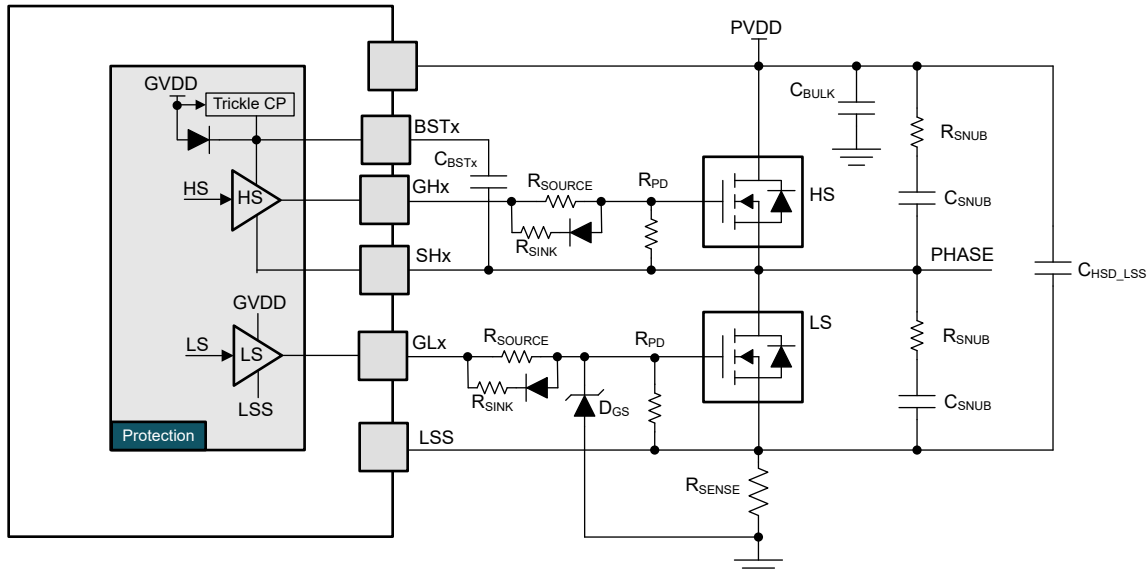


図 10-9. 任意の外部出力段部品

問題と、それらの問題を解決できる外部部品の例を、下表に示します。

表 10-2. 出力段のデバッグに関連する一般的な問題と解決策

問題	分解能	部品
必要なゲート駆動電流が大きすぎて、MOSFET の V_{DS} スルーレートが非常に速くなる。	直列抵抗を配置することで、ゲート駆動電流を調整する。	ゲートドライバ出力 (GHx/GLx) の 0~100Ω の直列抵抗 (RGATE/RSOURCE)、任意のシンク抵抗 (RSINK)、シンク電流調整用ダイオード (ゲート抵抗と並列に接続)
位相のスイッチ ノード (SHx) でのリングングにより、EMI 放射が増加する。	RC スナバを各 HS/LS MOSFET と並列に配置することで、発振を抑制する。	MOSFET と並列に接続された抵抗 (RSNUB) とコンデンサ (CSNUB) (モータードライバのための適切な RC スナバ設計 を使って、リングング周波数に基づいて RC 値を計算)
ローサイド ソース (LSS) の負の過渡が仕様の最小値を下回る。	HS ドレインと LS ソースの間にコンデンサを接続することで、負のバウンスを抑制する。	PVDD と LSS の間に接続された 0.01μF~1μF、PVDD 定格のコンデンサ (CHSD_LSS) (LS MOSFET のソースの近くに配置)
ローサイド ゲート (GLx) の負の過渡が仕様の最小値を下回る。	ゲート - グランド間ツェナー ダイオードで負電圧をクランプする。	アノードを GND、カソードを GLx に接続した、GVDD 電圧定格のツェナー ダイオード (DGS)

表 10-2. 出力段のデバッグに関連する一般的な問題と解決策 (続き)

問題	分解能	部品
ゲート駆動信号がハイ インピーダンスである場合に MOSFET を確実にターンオフさせるため、さらなる保護が必要である。	外付けゲート - ソース間プルダウン抵抗を (直列ゲート抵抗の後に) 接続する。	各 MOSFET のゲートとソースの間に接続した 10kΩ ~ 100kΩ の抵抗 (RPD)

10.3 電源に関する推奨事項

MCF8329HS-Q1 は、4.5V ~ 60V の入力電源電圧 (PVDD) 範囲で動作するように設計されています。PVDD 定格の 10μF と 0.1μF セラミック コンデンサを、本デバイスにできるだけ近づけて配置する必要があります。また、PVDD ピンにはバルク コンデンサを配置する必要がありますが、外部パワー MOSFET のバルク バイパス容量と共用可能です。外部のハーフ ブリッジ MOSFET をバイパスするために追加のバルク容量が必要となり、その大きさはアプリケーションの要件によって決まります。

10.3.1 バルク コンデンサ

適切なローカル バルク容量の確保は、モータ駆動システムの設計において重要な要素です。設計上、一般に、バルク コンデンサが大きいほど利点がありますが、コストと物理的なサイズが増加します。

必要なローカル容量は、次のようなさまざまな要因で決まります。

- モーター システムが必要とする最大電流
- 電源の容量と電流能力
- 電源とモーター システムの間の寄生インダクタンスの大きさ
- 許容される電圧リップル
- 使用するモーターの種類 (ブラシ付き DC、ブラシレス DC、ステップ)
- モーターのブレーキ方式

電源とモーター駆動システムとの間のインダクタンスにより、電源からの電流が変化できる速度は制限されます。ローカル バルク容量が小さすぎると、モーターに大電流を供給しようとする場合、または負荷ダンブが発生した場合、システムの PVDD 電圧が変動します。十分なバルク容量を使うことで、PVDD 電圧は安定し、大電流を素早く供給できます。

データシートには一般に推奨値が記載されていますが、バルク コンデンサが適切かどうかを判断するにはシステム レベルのテストが必要です。モータが電源にエネルギーを伝達する場合のマージンを確保するため、バルク コンデンサの定格電圧は動作電圧より高くする必要があります。

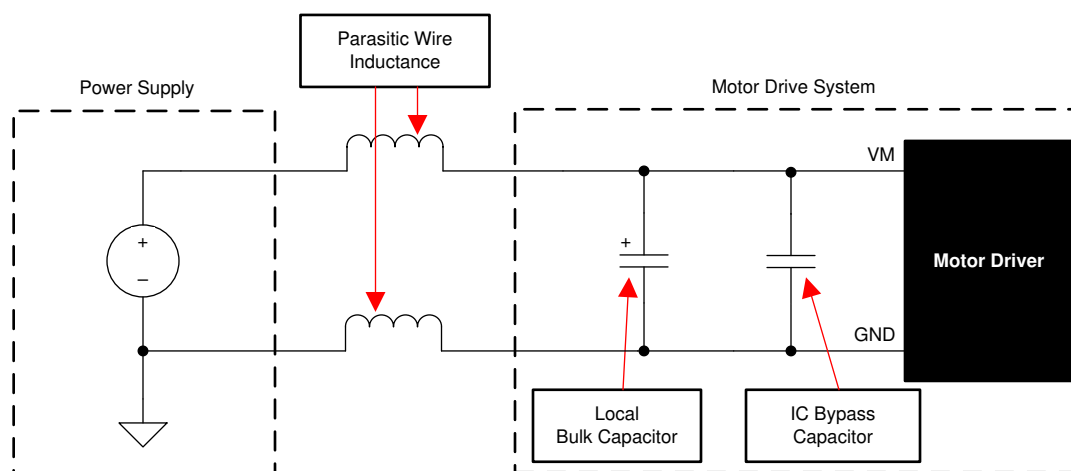


図 10-10. 外部電源を使用したモーター駆動システムの構成例

10.4 レイアウト

10.4.1 レイアウトのガイドライン

推奨値 0.1 μ F の低 ESR セラミック バイパス コンデンサを使用して、PVDD ピンを GND ピンにバイパスします。このコンデンサは、幅の広いパターン、または GND ピンに接続されたグラウンド プレーンを使用して、PVDD ピンのできるだけ近くに配置してください。また、PVDD ピンは、PVDD の定格を持つバルク コンデンサを使用してバイパスします。この部品は電解質である可能性があります。容量は 10 μ F 以上とします。

外部 MOSFET 上の高電流パスをバイパスするために、追加のバルク容量が必要です。このバルク容量は、外部 MOSFET を通過する高電流パスの長さが最小となるよう配置する必要があります。接続用の金属パターンはできる限り幅広くし、PCB の層間を多数のビアで接続します。これらの手法により、インダクタンスが最小限に抑えられ、バルク コンデンサが高電流を伝達できるようになります。

CPL ピンと CPH ピンの間にも、低 ESR のセラミック コンデンサを配置します。これには、470nF、PVDD 定格、X7R タイプのコンデンサを使用する必要があります。

ゲート駆動経路のループ インダクタンスを最小化するため、ブートストラップ コンデンサ (BSTx-SHx) をデバイス ピンに近づけて配置する必要があります。

タイプ X7R で 10V の定格を持つ 1 μ F また 2.2 μ F はの低 ESR セラミック コンデンサを使用して、AVDD ピンを AGND ピンにバイパスします。このコンデンサはピンにできる限り近づけて配置し、コンデンサから AGND ピンまでのパスを最短にします。

タイプ X7R で 10V の定格を持つ 1 μ F また 2.2 μ F はの低 ESR セラミック コンデンサを使用して、DVDD ピンを GND ピンにバイパスします。このコンデンサはピンにできる限り近づけて配置し、コンデンサから DGND ピンまでのパスを最短にします。

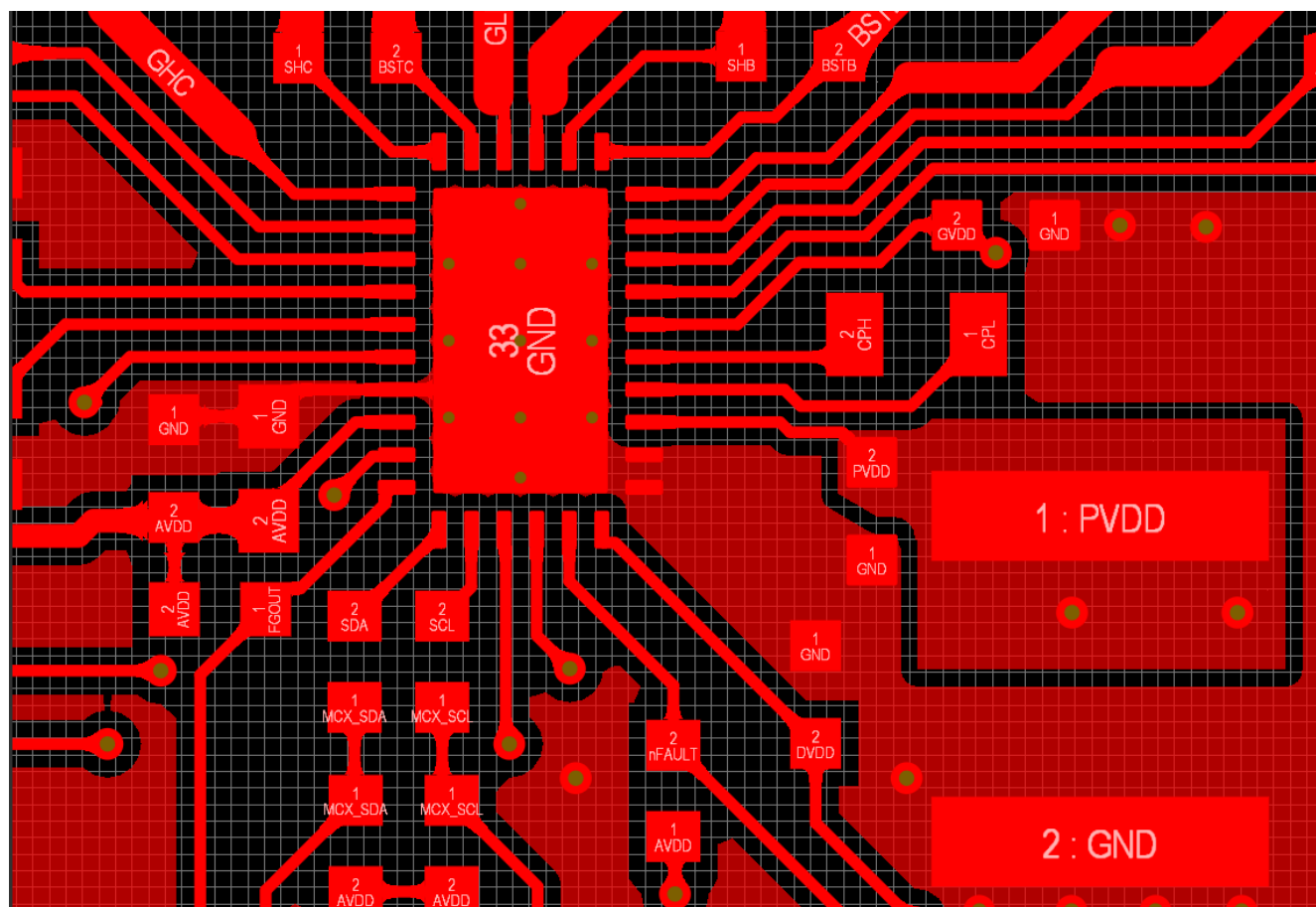
AVDD コンデンサと DVDD コンデンサは、動作電圧 (AVDD または DVDD) 温度ディレーティングの後で、0.5 μ F と 2.8 μ F の間に実効的な容量を持つ必要があります。

ハイサイドおよびローサイド ゲートドライバのループ長はできるだけ短くします。ハイサイド ループはデバイスの GHx ピンからハイサイド パワー MOSFET のゲートまでであり、その後ハイサイド MOSFET のソースを通過して SHx ピンへと戻ります。ローサイド ループはデバイスの GLx ピンからローサイド パワー MOSFET のゲートまでであり、その後ローサイド MOSFET のソースを通過して GND ピンへと戻ります。

大電力システムを設計する場合、PCB レイアウトの物理的な性質として、システムの性能を低下させるような寄生のインダクタンス、容量、インピーダンスが生じる可能性があります。大電力モーター駆動システムに存在する寄生素子を理解することは、良好な PCB レイアウトによってそれらの影響を緩和するのに役立ちます。詳細については、『[大電力モーター ドライバ アプリケーションのシステム設計上の考慮事項](#)』および『[モーター ドライバの基板レイアウトのベスト プラクティス](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

ゲート駆動のパターン (BSTx、GHx、SHx、GLx、LSS) は、寄生インダクタンスおよびインピーダンスを最小化するため、少なくとも 15~20mil の幅で、MOSFET ゲートまでできる限り短く配線する必要があります。これにより、大きなゲート駆動電流を供給し、MOSFET を効果的にターンオンさせ、VGS と VDS を精度よく監視できます。ローサイドのソース (LSS) に生じるインダクタンスを最小化するため、LSS から GND へのローサイド電流を監視するように選定されたシャント抵抗を幅広くします。

電圧オフセットを低減し、ゲートドライバの性能を維持するため、各グラウンドは、ネット タイまたは幅広の抵抗を使って接続します。本デバイスのサーマル パッドは、PCB の最上層のグラウンド プレーンにはんだ付けする必要があります。複数のビアを使用して最下層の大きなグラウンド プレーンに接続する必要があります。大きな金属プレーンと複数のビアを使うと、本デバイス内で発生する熱を放散するのに有利です。放熱性を高めるため、サーマル パッド グラウンドに接続されたグラウンド領域を、PCB の全層にわたって最大化します。厚い銅のベタ パターンを使うと、接合部から外気への熱抵抗が下がり、ダイ表面からの放熱性が改善されます。



10.4.3 熱に関する注意事項

MCF8329HS-Q1 は、前述のようにサーマル シャットダウン機能 (TSD) を備えています。ダイ温度が 150°Cを超えると、ダイ温度が安全なレベルに低下するまで、本デバイスの機能は (最小限に) 無効化されます。

何度もサーマル シャットダウンが作動する場合、それは、消費電力が過大である、ヒートシンクが不十分である、周囲温度が高すぎる、のいずれかであることを示しています。

10.4.3.1 電力散逸

MCF8329HS-Q1 は、総合的な電力損失の原因となる各種回路を内蔵しています。これらの電力損失には、スタンバイ電力損失、GVDD 電力損失、AVDD 電力損失、DVDD 電力損失が含まれます。起動およびフォルト条件では、この電流は通常の動作電流よりはるかに大きくなります。これらのピーク電流とその持続時間を考慮に入れる必要があります。本デバイスが消費できる電力の最大値は、周囲温度とヒートシンクの影響を受けます。

11 デバイスおよびドキュメントのサポート

11.1 ドキュメントのサポート

11.1.1 関連資料

- アプリケーション ノート『[DRV8329](#) を使用したコードレス電動工具での電力供給』を参照
- アプリケーション ノート『[大電力モーター ドライバ アプリケーションのシステム設計上の考慮事項](#)』を参照
- E2E FAQ『[BLDC の回路図レビューおよびデバッグの実施方法](#)』を参照
- アプリケーション ノート『[モーター ドライバの基板レイアウトのベスト プラクティス](#)』を参照
- アプリケーション ノート『[QFN/SOP の PCB 実装](#)』を参照
- アプリケーション ノート『[大電流モーター駆動アプリケーションのカットオフ スイッチ](#)』を参照

11.2 サポート・リソース

[テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

11.3 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

11.4 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

11.5 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

12 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに対して提供されている最新のデータです。このデータは予告なく変更されることがあり、ドキュメントの改訂を伴わない場合もあります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

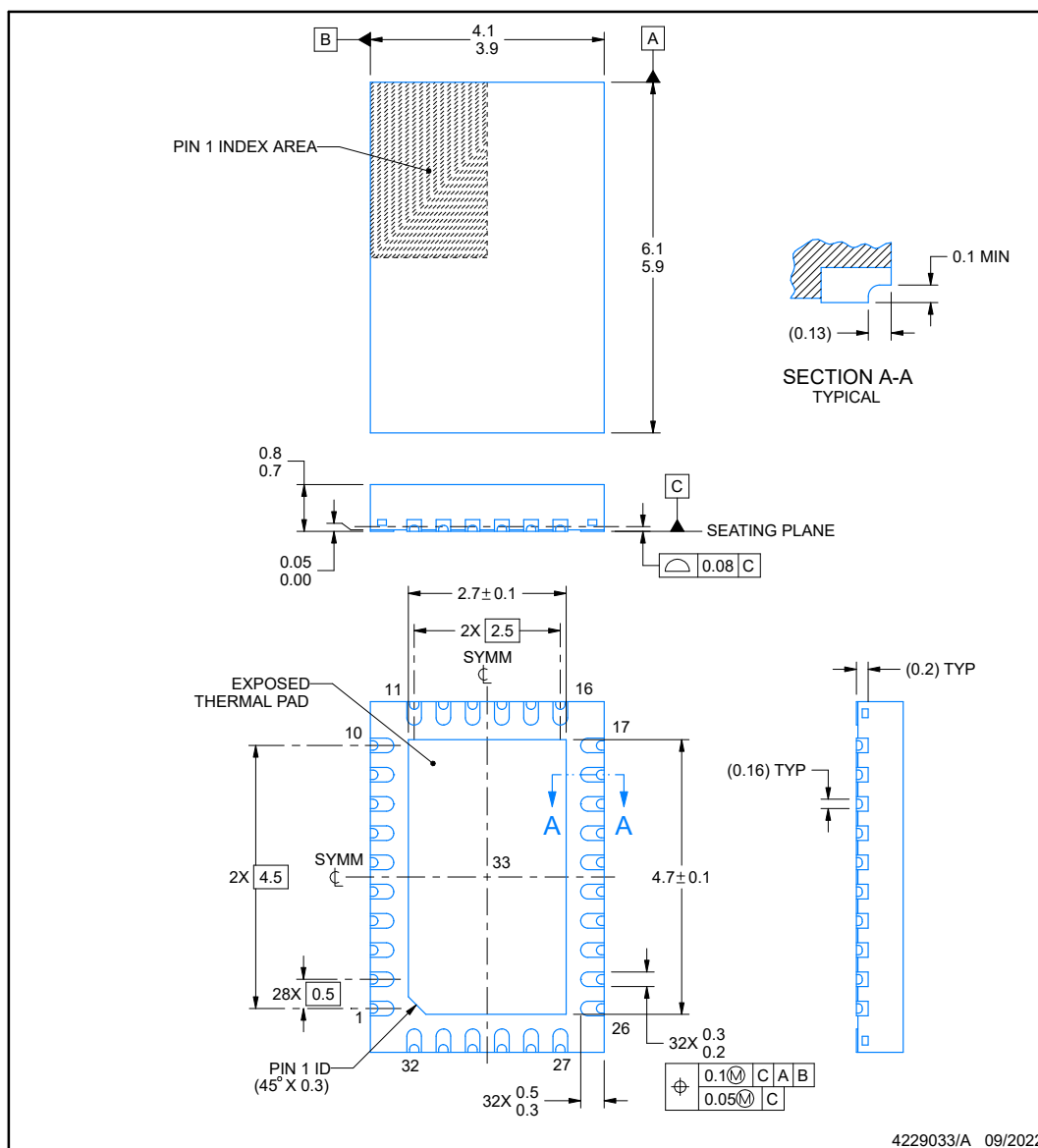


RRY0032A

PACKAGE OUTLINE

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

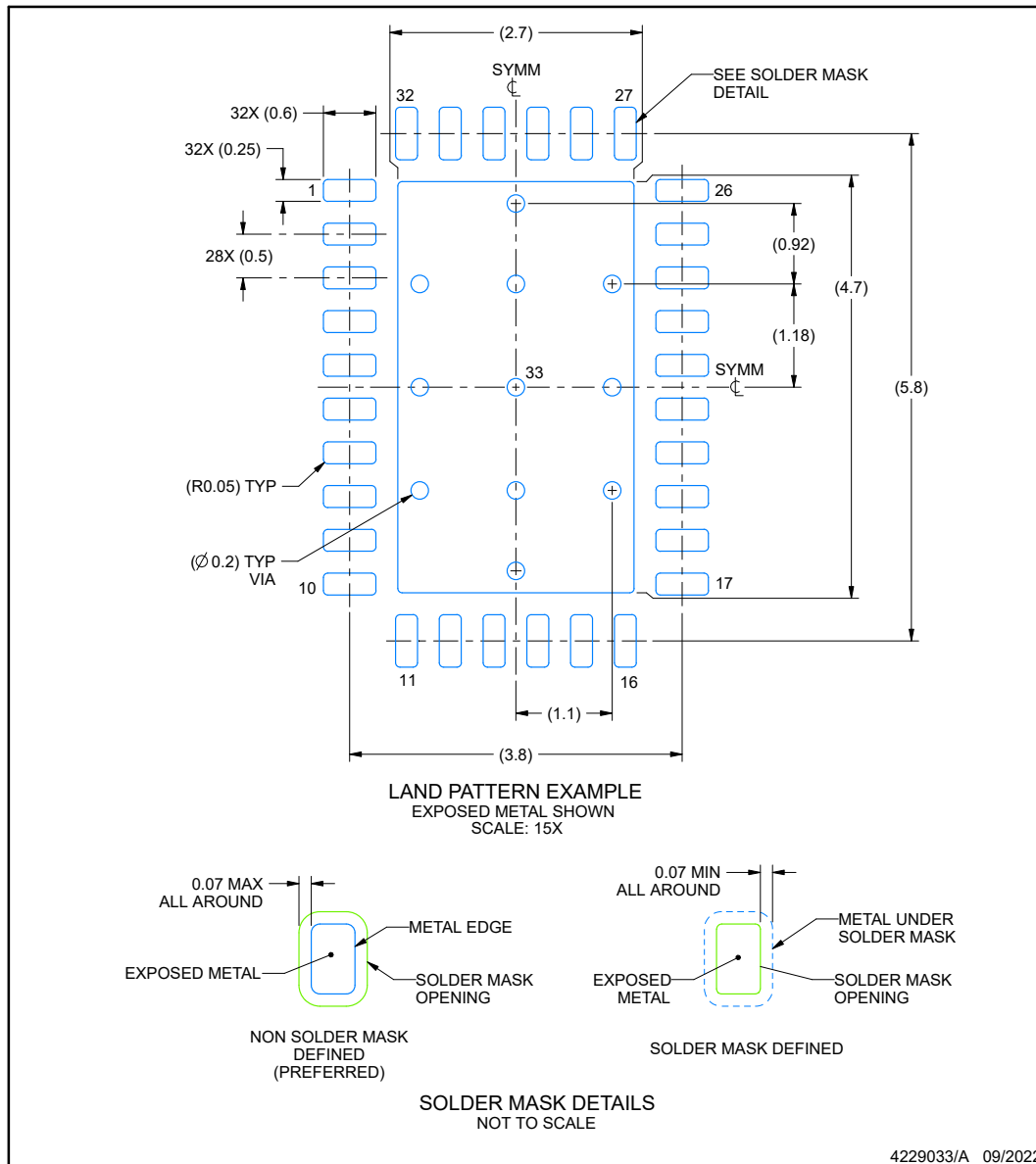
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

RRY0032A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

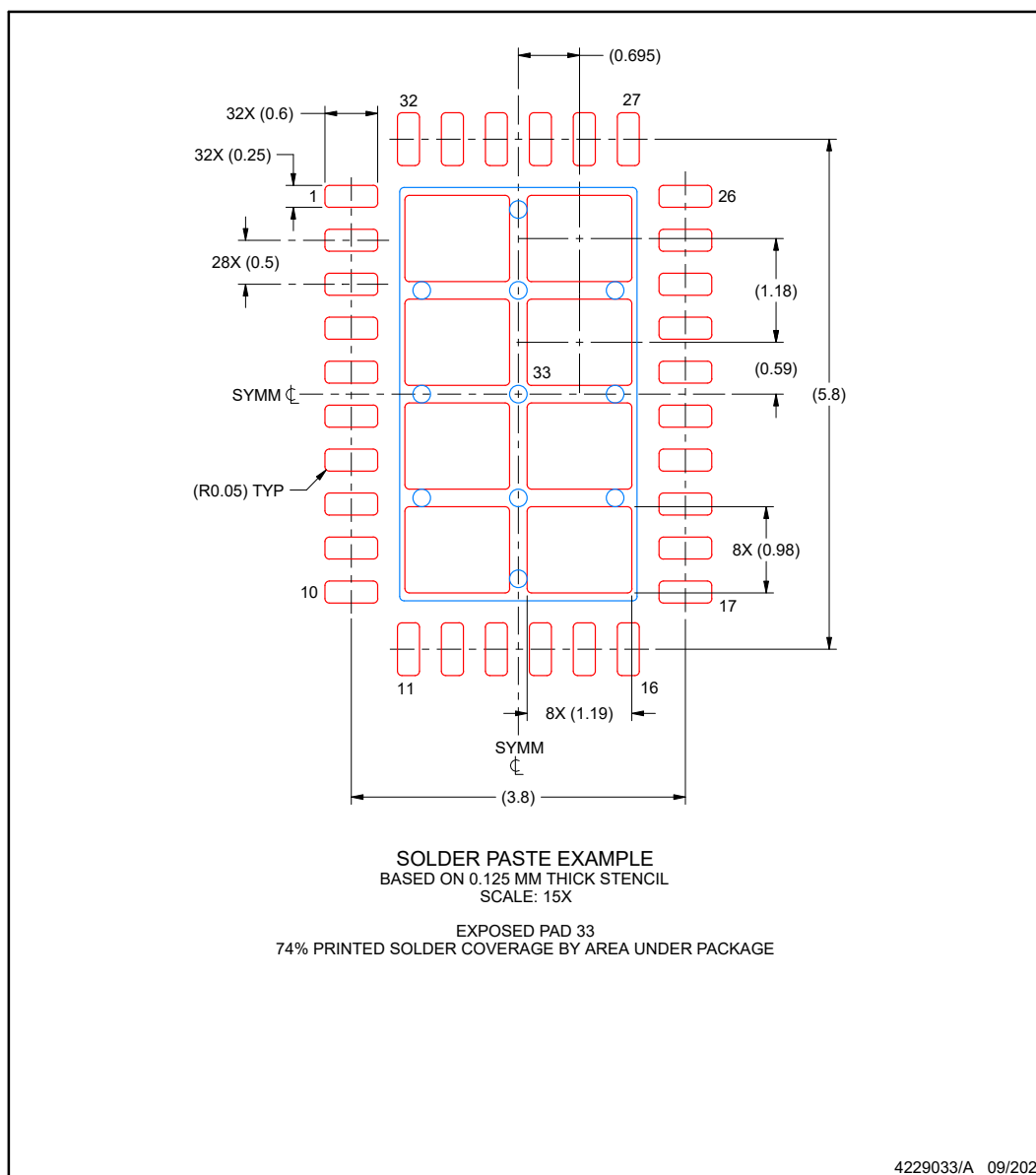
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slue271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RRY0032A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

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

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
MCF8329HSIQRYYRQ1	Active	Production	WQFN (RRY) 32	5000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	MCF8329 HSIQ

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

GENERIC PACKAGE VIEW

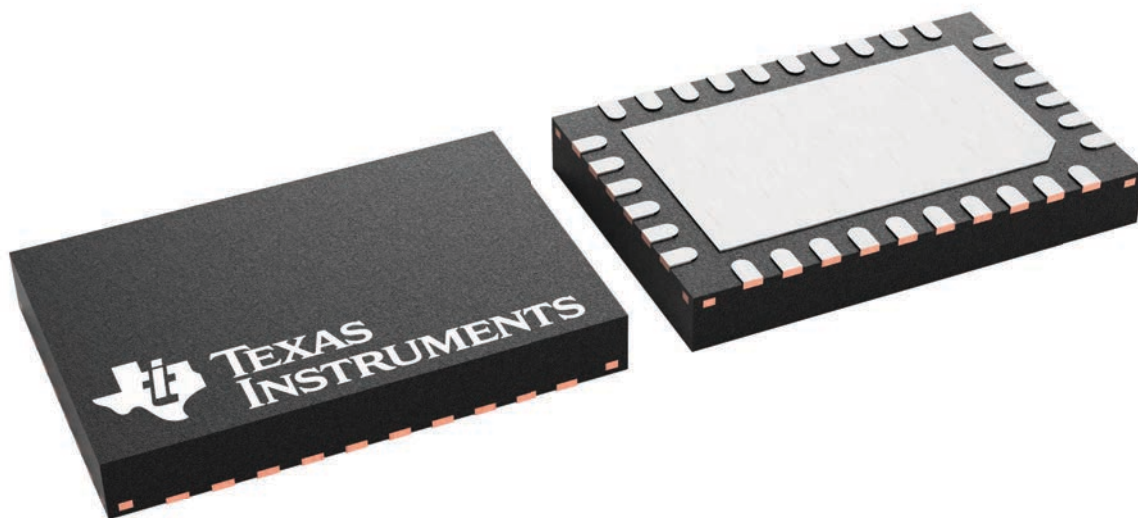
RRY 32

WQFN - 0.8 mm max height

4 x 6, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

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

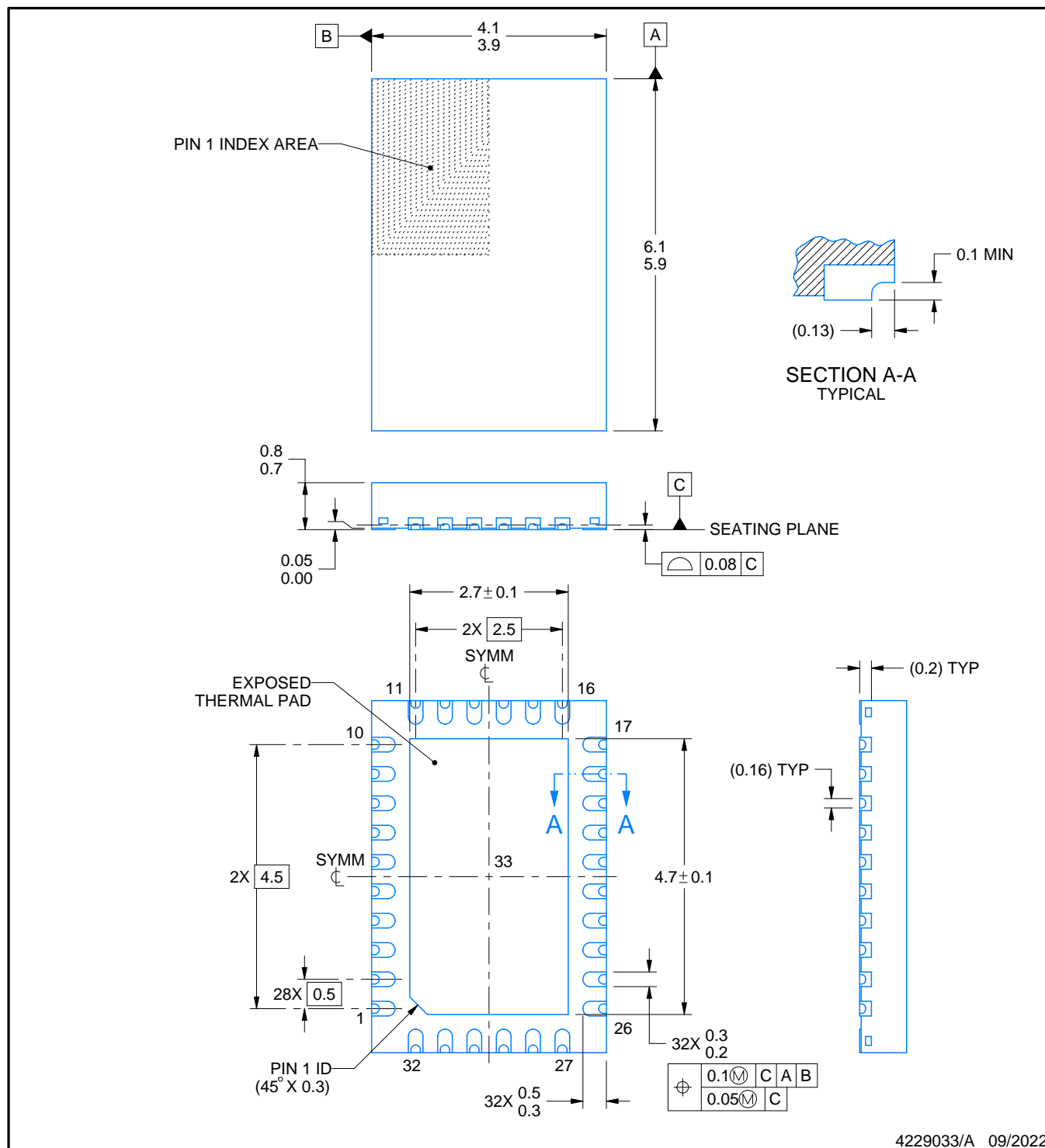




PACKAGE OUTLINE

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

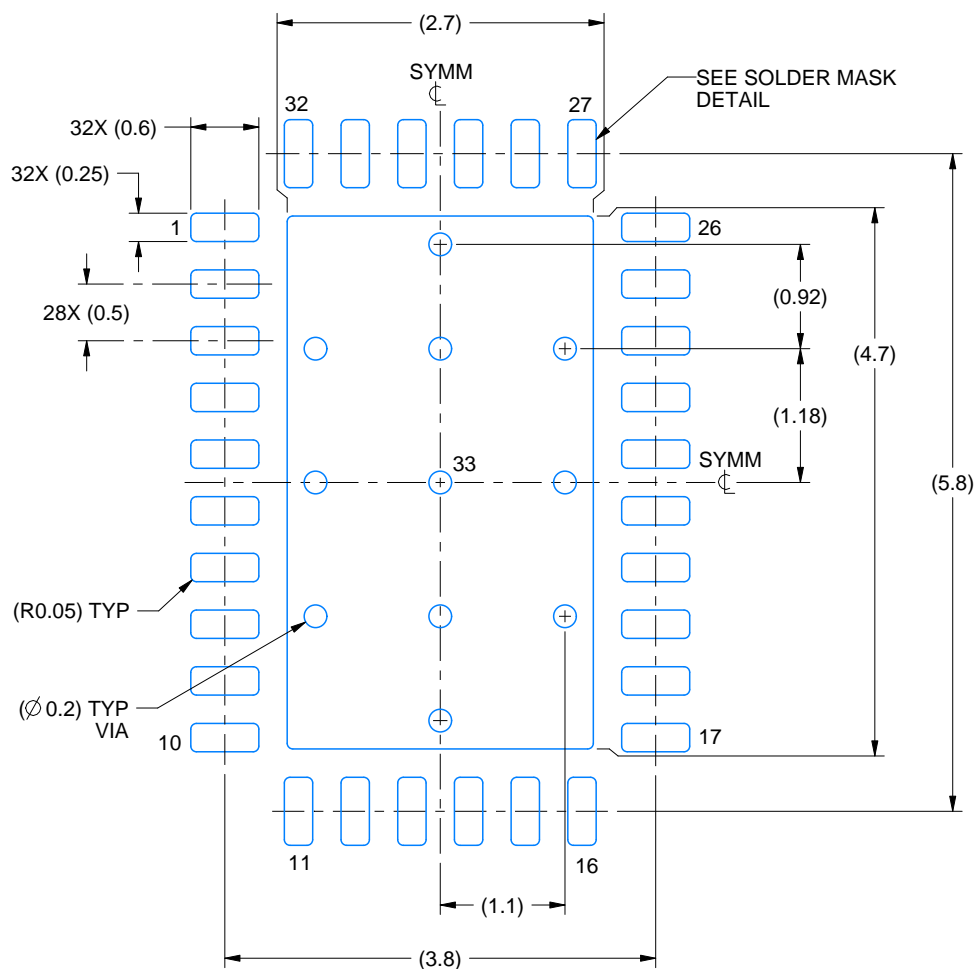
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

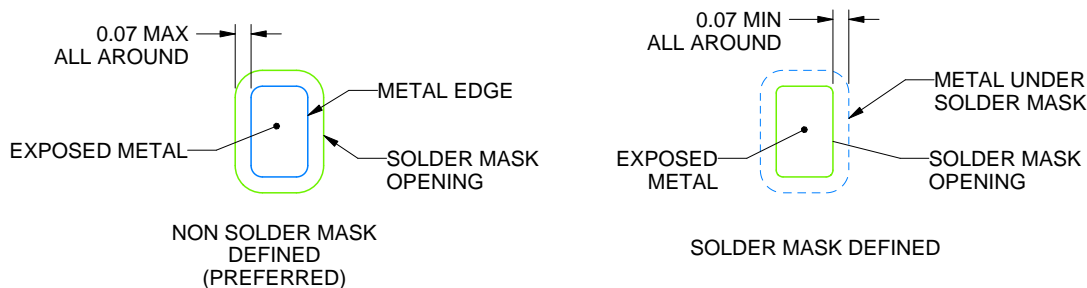
RRY0032A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4229033/A 09/2022

NOTES: (continued)

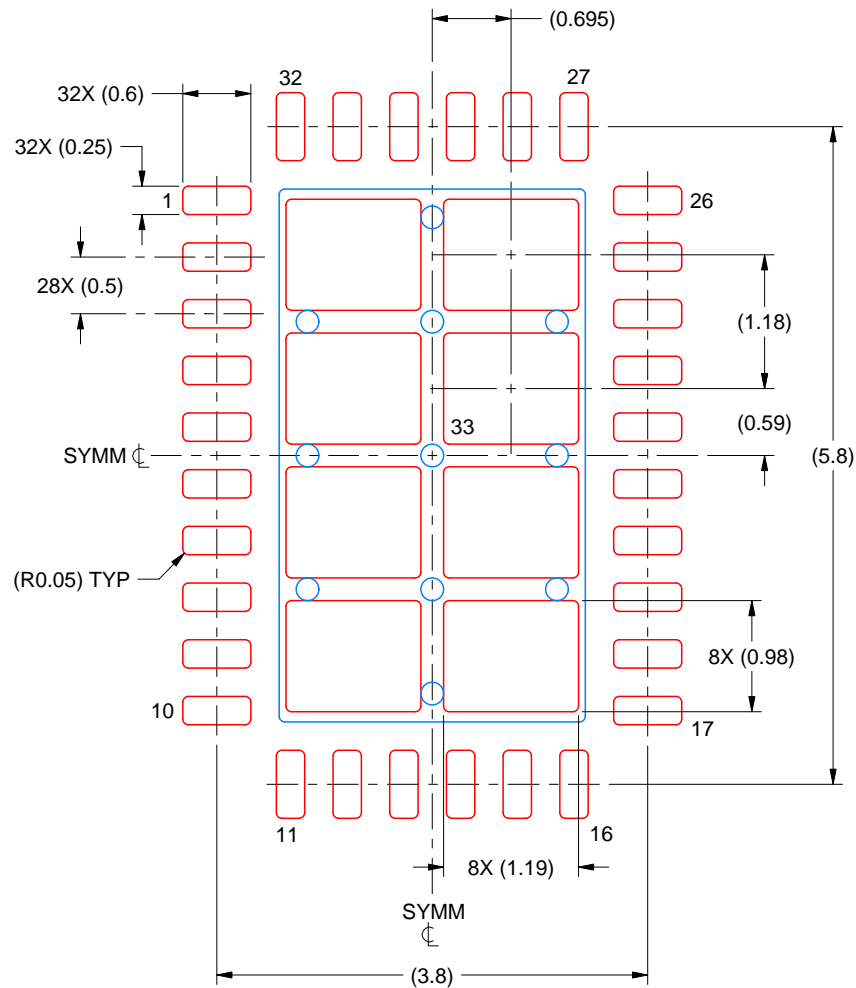
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RRY0032A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



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

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

4229033/A 09/2022

NOTES: (continued)

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

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月