

# MCF8329A センサレス・フィールド・オリエンテッド制御(FOC)の3相BLDC ゲート・ドライバ

## 1 特長

- 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
  - コード不要のシングルシャントフィールドオリエンテッド制御
  - 最大1.8kHz(電気的周波数)をサポート
  - フラックス減衰制御をサポート
  - 順方向および逆方向の巻線のサポート
  - アナログ、PWM、周波数、またはI<sup>2</sup>Cベースの制御入力
  - 構成可能なモーターの起動と停止のオプション
  - オプションの閉ループ速度、電力、電流制御、変調インデックス制御
  - 構成可能な5点リファレンスプロファイルをサポート
  - 電圧サーチ防止の保護機能により過電圧を防止
  - 自動デッドタイム補償により音響性能を向上
  - アンペアあたりの最大トルク(MTPA)をサポート
  - オフラインモーター逆起電力測定
  - DACOUTを使用した可変監視
- 65V対応の3相ゲートドライバ
  - 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
  - ブートストラップ方式のゲートドライバーアーキテクチャ
  - 最大ピーカソース/シンク電流:1A/2A
- 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
    - $V_{VM} = 24V$ ,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ で5μA(最大値)
- 速度ループの精度:内部クロックの場合に3%未満
- 構成可能不揮発性メモリ(EEPROM)にデバイス構成を保存
- 低インダクタンスのモーターをサポートするため、最大75kHzのPWM周波数に対応
- VREGに接続されたAVDDで、高精度LDO(AVDD) $3.3V \pm 3\%$ 、50mAをサポート
- 独立したドライバシャットダウンパス(DRVOFF)
- スペクトラム拡散によりEMIを軽減
- 各種保護機能を内蔵
  - 電源低電圧誤動作防止(UVLO)
  - モーターロック検出(3つの異なる種類)
  - 過電流保護(OCP)
  - サーマルシャットダウン(TSD)
  - フォルト状況表示ピン(nFAULT)

- I<sup>2</sup>C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

- ブラシレスDC(BLDC)モーター・モジュール
- コードレス掃除機
- 洗濯機と食器洗い機ポンプ
- 電気器具のファンとポンプ
- コードレスの庭園機器および電動工具、芝刈り機

## 3 概要

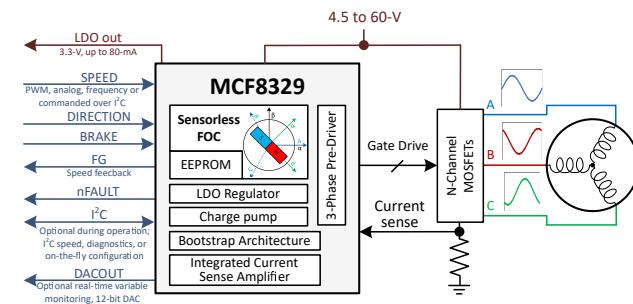
MCF8329Aは、ブラシレスDCモーター(BLDC)または永久磁石同期モーター(PMSM)を駆動するための、シングルチップでコードフリーのセンサレスFOCソリューションとなります。MCF8329Aには3つのハーフブリッジゲートドライバがあり、それぞれがハイサイドとローサイドのNチャネルパワーMOSFETを駆動できます。このデバイスは、内部のチャージポンプを使用して適切なゲート駆動電圧を生成し、ブートストラップ回路を使用してハイサイドMOSFETをオンさせます。100%デューティサイクルをサポートするためにトリクリチャージポンプを備えています。MCF8329Aは単一電源で動作でき、4.5V~60Vの広い入力電源電圧範囲に対応します。

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。単一の外部シャント抵抗をサポートする内蔵電流センシングアンプを使用して、モーター電流を検出します。MCF8329A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。

### 製品情報<sup>(1)</sup>

| 部品番号          | パッケージ    | 本体サイズ(公称)       |
|---------------|----------|-----------------|
| MCF8329A1REER | VQFN(36) | 5.00mm × 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。



### 概略回路図



このリソースの元の言語は英語です。翻訳は概要を便宜的に提供するもので、自動化ツール(機械翻訳)を使用していることがあり、TIでは翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、ti.comで必ず最新の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。

## 目次

|   |    |  |     |
|---|----|--|-----|
| 1 特長  | 1  | 7.6 EEPROM アクセスと I <sup>2</sup> C インターフェイス | 82  |
| 2 アプリケーション                                  | 1  | 7.7 EEPROM (不揮発性) レジスタ・マップ                 | 89  |
| 3 概要  | 1  | 7.8 RAM (揮発性) レジスタ・マップ                     | 137 |
| 4 改訂履歴                                      | 2  | 8 アプリケーションと実装                              | 192 |
| 5 ピン構成および機能                                 | 3  | 8.1 アプリケーション情報                             | 192 |
| 6 仕様  | 6  | 8.2 代表的なアプリケーション                           | 192 |
| 6.1 絶対最大定格                                  | 6  | 9 電源に関する推奨事項                               | 202 |
| 6.2 ESD 定格 (通信機器)                           | 7  | 9.1 バルク容量                                  | 202 |
| 6.3 推奨動作条件                                  | 8  | 10 レイアウト                                   | 203 |
| 6.4 熱に関する情報 (1 パッケージ)                       | 8  | 10.1 レイアウトのガイドライン                          | 203 |
| 6.5 電気的特性                                   | 9  | 10.2 レイアウト例                                | 204 |
| 6.6 スタンダード モードとファースト モードの SDA および SCL バスの特性 | 15 | 10.3 熱に関する注意事項                             | 205 |
| 6.7 代表的な特性                                  | 17 | 11 デバイスおよびドキュメントのサポート                      | 206 |
| 7 詳細説明                                      | 18 | 11.1 ドキュメントのサポート                           | 206 |
| 7.1 概要                                      | 18 | 11.2 サポート・リソース                             | 206 |
| 7.2 機能ブロック図                                 | 19 | 11.3 商標                                    | 206 |
| 7.3 機能説明                                    | 20 | 11.4 静電気放電に関する注意事項                         | 206 |
| 7.4 デバイスの機能モード                              | 78 | 11.5 用語集                                   | 206 |
| 7.5 外部インターフェイス                              | 79 | 12 メカニカル、パッケージ、および注文情報                     | 206 |

## 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。

| 日付            | リビジョン | 注: |
|---------------|-------|----|
| November 2023 | *     | 初版 |

## 5 ピン構成および機能

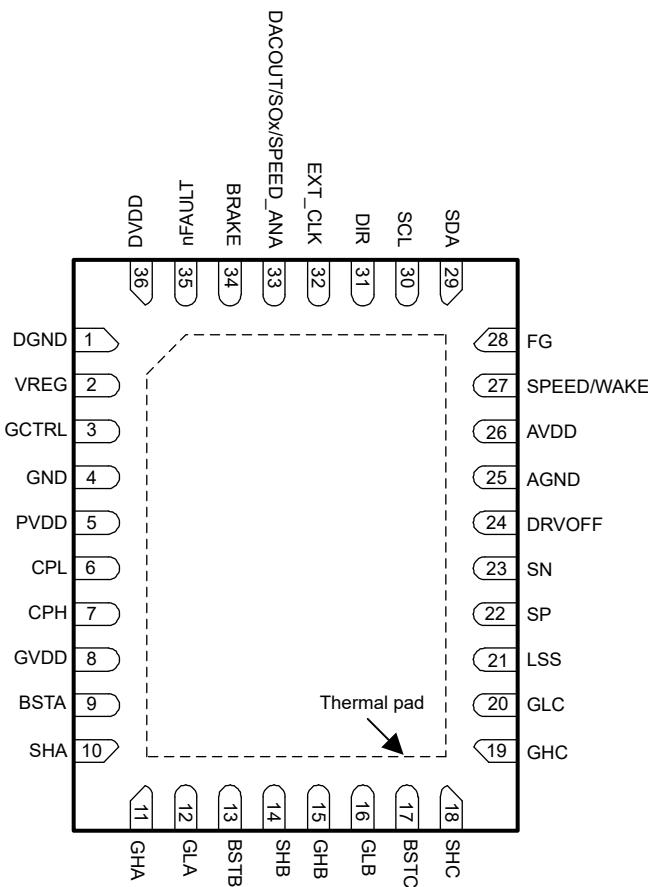


図 5-1. MCF8329A 36 ピン VQFN (露出サーマル パッド付き) 上面図

表 5-1. ピンの機能

| ピン    | 36 ピン パッケージ       | タイプ (1) | 説明   |
|-------|-------------------|---------|--|
| 名称    | <b>MCF8329A1I</b> |         |  |
| AGND  | 25                | GND     | デバイスのアナログ グランド。  |
| AVDD  | 26                | PWR     | 3.3V レギュレータ出力。X5R または X7R、0.1μF、6.3V 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 の電流を外部に供給できます (AVDD が VREG に短絡されている場合)。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。 |
| BRAKE | 34                | I       | High → モーターにブレーキをかける。<br>Low → 通常動作<br>使用しない場合、10kΩ の抵抗を介して GND に接続します。  |
| BSTA  | 9                 | O       | ブートストラップ出力ピン。X5R または X7R、1μF、25V セラミック コンデンサを BSTA ピンと SHA ピンの間に接続します。   |
| BSTB  | 13                | O       | ブートストラップ出力ピン。X5R または X7R、1μF、25V セラミック コンデンサを BSTB ピンと SHB ピンの間に接続します。   |
| BSTC  | 17                | O       | ブートストラップ出力ピン。X5R または X7R、1μF、25V セラミック コンデンサを BSTC ピンと SHC ピンの間に接続します。   |
| CPH   | 7                 | PWR     | チャージポンプのスイッチング ノード。X5R または 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   | 6                 | PWR     |  |

表 5-1. ピンの機能 (続き)

| ピン<br>名称                         | 36 ピン パッケージ<br>MCF8329A1I | タイプ <sup>(1)</sup> | 説明  |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|---|
| DACOUT/S<br>Ox/<br>SPEED_AN<br>A | 33                        | I/O                | 多目的ピン。DAC 出力、電流検出アンプ出力、アナログリファレンス入力のいずれかとして構成できます。  |
| DGND                             | 1                         | GND                | デバイス デジタル グランド  |
| DIR                              | 31                        | I                  | モーターの回転方向。<br>Low の場合、位相駆動シーケンスは OUT A → OUT C → OUT B<br>High の場合、位相駆動シーケンスは OUT A → OUT B → OUT C<br>使用しない場合、 $10\text{k}\Omega$ の抵抗を介して GND に接続します。                                |
| DRVOFF                           | 24                        | I                  | 独立したドライバ シャットダウン バス。DRVOFF を High にプルすると、ゲートドライバをフ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。  |
| DVDD                             | 36                        | PWR                | 1.5V 内部レギュレータ出力。X5R または X7R、 $1\mu\text{F}$ 、6.3V 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。   |
| EXT_CLK                          | 32                        | I                  | 外部クロック基準モードの外部クロック基準入力。   |
| FG                               | 28                        | O                  | モーター速度インジケータ出力。オープンドレイン出力には、1.8V～5V への外部プルアップ抵抗が必要です。そのピン機能を使わない場合でも、外部プルアップ抵抗を接続する必要があります。   |
| GCTRL                            | 3                         | O                  | VREG ピンを介してデジタル サブシステムに電流を供給するためのレギュレータとして使用される外部 MOSFET のゲート制御。この機能は、デバイス内部の消費電力を低減するのに役立ちます。  |
| GHA                              | 11                        | 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                              | 15                        | 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                              | 19                        | 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                              | 12                        | 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                              | 16                        | 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                              | 20                        | 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                              | 4                         | GND                | デバイスの電源グランド   |
| GVDD                             | 8                         | PWR                | ゲートドライバの電源出力。X5R または X7R、 $10\mu\text{F}$ 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 <sub>BSTx</sub> 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。                             |
| LSS                              | 21                        | 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バスであり、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                           | 35                        | O                  | フォルト インジケータ。このピンは、フォルト条件によってロジック Low にプルされます。オープンドレイン出力には、1.8V～5V への外部プルアップ抵抗が必要です。そのピン機能を使わない場合でも、外部プルアップ抵抗を接続する必要があります。   |
| PVDD                             | 5                         | 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。X5R または X7R、 $0.1\mu\text{F}$ 、PVDD の 2 倍を超える定格のセラミックコンデンサと $10\mu\text{F}$ 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                              | 30                        | I                  | I <sup>2</sup> C クロック入力   |
| SDA                              | 29                        | I/O                | I <sup>2</sup> C データライン   |
| SHA                              | 10                        | I/O                | ハイサイドソースピン。ハイサイドパワー MOSFET の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                              | 14                        | I/O                | ハイサイドソースピン。ハイサイドパワー MOSFET の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                              | 18                        | I/O                | ハイサイドソースピン。ハイサイドパワー MOSFET の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。   |

**表 5-1. ピンの機能 (続き)**

| ピン             | 36 ピン パッケージ       | タイプ <sup>(1)</sup> | 説明   |
|----------------|-------------------|--------------------|--|
| 名称             | <b>MCF8329A1I</b> |                    |  |
| SN             | 23                | 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             | 22                | 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/<br>WAKE | 27                | I                  | マルチファンクション入力。<br>デバイススリープ / ウェーク入力。<br>デバイス制御入力。アナログ、PWM、周波数方式のリファレンス (速度、電力、電流、変調インデックス) 入力をサポートしています。          |
| VREG           | 2                 | PWR                | 内部 DVDD LDO の電圧レギュレータ入力電源。AVDD または外部 3~5.5V に接続します。X5R または X7R、0.1μF、6.3V セラミック コンデンサを VREG ピンと DGND ピンの間に接続します。 |
| 放熱パッド          | -                 | 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  |
| 電圧レギュレータ ピン電圧 (VREG)         | VREG  | -0.3   | 6          | V  |
| ゲート制御ピン電圧 (GCTRL)            | GCTRL   | -0.3   | 7          | 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   | 4          | V  |
| ロジック ピン電圧                    | BRAKE, DRVOFF, DIR, EXT_CLK,<br>SCL, SDA, SPEED/WAKE,<br>DACOUT/SOx/SPEED_ANA | -0.3   | 6          | V  |
| オープンドレイン ピン出力電圧              | nFAULT, FG  | -0.3   | 6          | V  |
| ハイサイド ゲート駆動ピン電圧              | 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 ゲート駆動ピン電圧              | 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 ゲート駆動ピン電圧              | 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 ゲート駆動ピン電圧              | 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、デバイスの恒久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」の範囲外で使用した場合、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが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 (通信機器)

|                    |      |   | 値     | 単位 |
|--------------------|------|---|-------|----|
| V <sub>(ESD)</sub> | 静電放電 | 人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠 <a href="#">(1)</a>   | ±2000 | V  |
|                    |      | デバイス帯電モデル (CDM)、JEDEC 仕様 JESD22-C101 準拠 <a href="#">(2)</a> | ±750  |    |

(1) JEDEC のドキュメント JEP155 には、500V HBM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。

(2) JEDEC のドキュメント JEP157 には、250V CDM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。

## 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                 | 60                 | V    |
| $V_{PVDD\_RAMP}$          | 電源投入時の電源電圧ランプ レート               | PVDD  |     | 30                 | 30                 | V/us |
| $V_{BST}$                 | $SH_x$ 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                 | 20                 | V    |
| $I_{AVDD}$ <sup>(1)</sup> | レギュレータの外部負荷電流 (AVDD を VREG に接続) | AVDD  |     | 50                 | 50                 | mA   |
| $I_{TRICKLE}$             | トリクル チャージ ポンプの外部負荷電流            | BSTx  |     | 2                  | 2                  | μA   |
| $V_{VREG}$                | VGEG ピンの電圧                      | VREG  | 2.2 | 5.5                | 5.5                | V    |
| $V_{IN}$                  | ロジック入力電圧                        | BRAKE、DRVOFF、DIR、EXT_CLK、SPEED/WAKE、SDA、SCL | 0   | 5.5                | 5.5                | V    |
| $f_{PWM}$                 | PWM 周波数                         |   | 0   | 75                 | 75                 | kHz  |
| $V_{OD}$                  | オープンドレイン プルアップ電圧                | FG、nFAULT                                   |     | 5.5                | 5.5                | V    |
| $I_{OD}$                  | オープンドレイン出力電流                    | nFAULT                                      |     | -10                | -10                | mA   |
| $I_{GS}$ <sup>(1)</sup>   | 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                 | 30                 | mA   |
| $V_{SHSL}$                | $SH_x$ ピンのスルーレート                |   |     | 4                  | 4                  | V/ns |
| $C_{BOOT}$                | BSTx と $SH_x$ との間のコンデンサ         |   |     | 4.7 <sup>(2)</sup> | 4.7 <sup>(2)</sup> | μF   |
| $C_{GVDD}$                | GVDD と GND との間のコンデンサ            |   |     | 130                | 130                | μF   |
| $T_A$                     | 動作時周囲温度                         |   | -40 | 125                | 125                | °C   |
| $T_J$                     | 動作時接合部温度                        |   | -40 | 150                | 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 热に関する情報 (1 パッケージ)

| 熱評価基準 <sup>(1)</sup> |                     | MCF8329A   | 単位   |
|----------------------|---------------------|------------|------|
|                      |                     | REE (VQFN) |      |
|                      |                     | 36         |      |
| $R_{\theta JA}$      | 接合部から周囲への熱抵抗        | 37.7       | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 接合部からケース (上面) への熱抵抗 | 23.3       | °C/W |
| $R_{\theta JB}$      | 接合部から基板への熱抵抗        | 16         | °C/W |
| $\Psi_{JT}$          | 接合部から上面への特性パラメータ    | 3.8        | °C/W |
| $\Psi_{JB}$          | 接合部から基板への特性パラメータ    | 16         | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 接合部からケース (底面) への熱抵抗 | 5          | °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

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ 、-40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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 |
|---|-------------------------------|---|----------------|------|------|----|
| <b>電源 (PVDD, GVDD, AVDD, DVDD, VREG, GCTRL)</b> |                               |   |                |      |      |    |
| $I_{PVDDQ}$                                     | PVDD スリープ モード電流               | $V_{PVDD} = 24V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} = 0$ 、 $T_A = 25^{\circ}C$ 、AVDD を VREG に接続  | 3              | 5    | μA   |    |
|   |                               | $V_{SPEED/WAKE} = 0$ 、 $T_A = 125^{\circ}C$ 、AVDD を VREG に接続  | 3.5            | 6    | μA   |    |
| $I_{PVDDS}$                                     | PVDD スタンバイ モード電流              | $V_{PVDD} = 24V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SB}$ 、<br>DRVOFF = Low、 $T_A = 25^{\circ}C$ 、AVDD を VREG に接続  | 25             | 28   | mA   |    |
|   |                               | $V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SB}$ 、<br>DRVOFF = Low、AVDD を VREG に接続   | 25             | 28   | mA   |    |
| $I_{PVDD}$                                      | PVDD アクティブ モード電流              | $V_{PVDD} = 24V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、<br>PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、<br>$T_J = 25^{\circ}C$ 、FET もモーターも未接続、<br>AVDD を VREG に接続                     | 28             | 30   | mA   |    |
|   |                               | $V_{PVDD} = 24V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、<br>PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、<br>FET もモーターも未接続、AVDD を VREG に接続  | 28             | 30   | mA   |    |
|   |                               | $V_{PVDD} = 8V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、<br>PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、<br>$T_J = 25^{\circ}C$ 、FET もモーターも未接続、<br>AVDD は VREG に未接続、VREG = 3.3V<br>(外部) | 8.5            | 14.1 | mA   |    |
|   |                               | $V_{PVDD} = 24V$ 、 $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、<br>PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、<br>FET もモーターも未接続、AVDD は VREG に未接続、VREG = 3.3V<br>(外部)                         | 8.5            | 11.1 | mA   |    |
| $I_{VREG}$                                      | VREG ピン アクティブ モード電流           | $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、<br>PWM_FREQ_OUT = 0011b (25kHz)、<br>VREG を AVDD に接続   |                | 25   | mA   |    |
| $IL_{BSx}$                                      | ブートストラップ ピンのリーク電流             | $V_{BSTM} = V_{SHx} = 60V$ 、 $V_{GVDD} = 0V$ 、<br>$V_{SPEED/WAKE} = \text{Low}$   | 5              | 10   | 16   | μA |
| $IL_{BS\_TRAN}$                                 | 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<br>未接続  | 60             | 115  | 300  | μA |
| $V_{GVDD\_RT}$                                  | GVDD ゲートドライバ レギュレータ電圧<br>(室温) | $V_{PVDD} \geq 40V$ 、 $I_{GS} = 10mA$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$   | 11.8           | 13   | 15   | V  |
|   |                               | $22V \leq V_{PVDD} \leq 40V$ 、 $I_{GS} = 30mA$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$  | 11.8           | 13   | 15   | V  |
|   |                               | $8V \leq V_{PVDD} \leq 22V$ 、 $I_{GS} = 30mA$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$   | 11.8           | 13   | 15   | V  |
|   |                               | $6.75V \leq V_{PVDD} \leq 8V$ 、 $I_{GS} = 10mA$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$   | 11.8           | 13   | 14.5 | V  |
|   |                               | $4.5V \leq V_{PVDD} \leq 6.75V$ 、 $I_{GS} = 10mA$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$   | $V_{PVDD} - 1$ |      | 13.5 | V  |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ , -40°C  $\leq T_J \leq 150^\circ C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^\circ C$ ,  $V_{PVDD} = 24V$  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        |
|---|--|--|-------|------------------|---------------|-----------|
| $V_{GVDD}$  | GVDD ゲートドライバ レギュレータ電圧                                  | $V_{PVDD} \geq 40V$ , $I_{GS} = 10mA$                                    | 11.5  | 15.5             | 15.5          | V         |
|   |  | $22V \leq V_{PVDD} \leq 40V$ , $I_{GS} = 30mA$                           | 11.5  | 15.5             | 15.5          | V         |
|   |  | $8V \leq V_{PVDD} \leq 22V$ , $I_{GS} = 30mA$                            | 11.5  | 15.5             | 15.5          | V         |
|   |  | $6.75V \leq V_{PVDD} \leq 8V$ , $I_{GS} = 10mA$                          | 11.5  | 14.5             | 14.5          | V         |
|   |  | $4.5V \leq V_{PVDD} \leq 6.75V$ , $I_{GS} = 10mA$                        | 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)                                | $V_{PVDD} \geq 6V$ , $0mA \leq I_{AVDD} \leq 30mA$ , $T_J = 25^\circ C$  | 3.26  | 3.3              | 3.33          | V         |
|   |  | $V_{PVDD} \geq 6V$ , $30mA \leq I_{AVDD} \leq 80mA$ , $T_J = 25^\circ C$ | 3.2   | 3.3              | 3.4           | V         |
|   |  | $V_{PVDD} \geq 6V$ , $0mA \leq I_{AVDD} \leq 50mA$ , $T_J = 25^\circ C$  | 3.13  | 3.3              | 3.46          | V         |
| $V_{DVDD}$  | デジタル レギュレータ電圧  | $V_{REG} = 3.3V$   | 1.4   | 1.55             | 1.65          | V         |
| $V_{AVDD}$  | AVDD アナログ レギュレータ電圧                                     | $V_{PVDD} \geq 6V$ , $0mA \leq I_{AVDD} \leq 80mA$                       | 3.2   | 3.3              | 3.4           | V         |
|   |  | $V_{PVDD} \geq 6V$ , $0mA \leq I_{AVDD} \leq 50mA$                       | 3.125 | 3.3              | 3.5           | V         |
| $V_{GCTRL}$   | ゲート制御電圧  | $V_{PVDD} > 4.5V$  | 4.9   | 5.7              | 6.5           | V         |
| <b>ゲートドライバ (GHx, GLx, SHx, SLx)</b>                           |  |  |       |                  |               |           |
| $V_{GSHx\_LO}$  | 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 ( $V_{BSTDx} - V_{GHx}$ )      | $I_{GHx} = 100mA$ , $V_{GVDD} = 12V$ , 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 プルアップ スイッチ抵抗                                     | $I_{GHx} = 100mA$ , $V_{GVDD} = 12V$                                     | 2.7   | 4.5              | 8.4           | $\Omega$  |
| $R_{DS(ON)\_PD\_HS}$  | ハイサイド プルダウン スイッチ抵抗                                     | $I_{GHx} = 100mA$ , $V_{GVDD} = 12V$                                     | 0.5   | 1.1              | 2.4           | $\Omega$  |
| $R_{DS(ON)\_PU\_LS}$  | ローサイド プルアップ スイッチ抵抗                                     | $I_{GLx} = 100mA$ , $V_{GVDD} = 12V$                                     | 2.7   | 4.5              | 8.3           | $\Omega$  |
| $R_{DS(ON)\_PD\_LS}$  | ローサイド プルダウン スイッチ抵抗                                     | $I_{GLx} = 100mA$ , $V_{GVDD} = 12V$                                     | 0.5   | 1.1              | 2.8           | $\Omega$  |
| $I_{DRIVEP\_HS}$  | 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        |
| $I_{DRIVEP\_LS}$  | 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 プルダウン                                       | GLx から LSS   | 80    | 100              | 120           | $k\Omega$ |
| $R_{PDSA\_HS}$  | ハイサイド セミアクティブ プルダウン                                    | GHx から SHx, $V_{GSHx} = 2V$  | 8     | 10               | 12.5          | $k\Omega$ |
| <b>ブートストラップ ダイオード</b>   |  |  |       |                  |               |           |
| $V_{BOOTD}$   | ブートストラップ ダイオードの順方向電圧                                   | $I_{BOOT} = 100\mu A$  |       |                  | 0.8           | V         |
|   |  | $I_{BOOT} = 100mA$   |       |                  | 1.6           | V         |
| $R_{BOOTD}$   | ブートストラップの動的抵抗 ( $\Delta V_{BOOTD} / \Delta I_{BOOT}$ ) | $I_{BOOT} = 100mA$ および $50mA$  | 4.5   | 5.5              | 9             | $\Omega$  |
| <b>ロジック レベル入力 (BRAKE, DIR, EXT_CLK, SCL, SDA, SPEED/WAKE)</b> |  |  |       |                  |               |           |
| $V_{IL}$  | 入力ロジック Low 電圧  | $AVDD = 3\sim 3.6V$  |       |                  | $0.25^* AVDD$ | V         |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ , -40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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      |
|-----------------|----------------|--------------------------|--------|--------|------|---------|
| $V_{IH}$        | 入力ロジック High 電圧 | $AVDD = 3\sim3.6V$       | 0.65 * | $AVDD$ |      | 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  | $AVDD = 3\sim3.6V$       | -0.15  |        | 0.15 | $\mu A$ |
| $I_{IH}$        | 入力ロジック High 電流 | $AVDD = 3\sim3.6V$       | -0.3   |        | 0.1  | $\mu A$ |
| $R_{PD\_SPEED}$ | 入力プルダウン抵抗      | 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   | $\mu A$ |
| $I_{IH}$         | 入力ロジック High 電流 | ピン電圧 = 5V          | 7   | 20  | 35  | $\mu A$ |
| $R_{PD\_DRVOFF}$ | 入力プルダウン抵抗      | DRVOFF から GND に対して | 100 | 200 | 300 | kΩ      |

#### オープンドレイン出力 (nFAULT, FG)

|          |                |                 |     |     |         |
|----------|----------------|-----------------|-----|-----|---------|
| $V_{OL}$ | 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 | $V_{OD} = 3.3V$ | 0   | 0.5 | $\mu A$ |

#### 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 |      | $\mu V$ |

#### SPEED 入力 - PWM モード

|           |           |                             |      |      |     |      |
|-----------|-----------|-----------------------------|------|------|-----|------|
| $f_{PWM}$ | PWM 入力周波数 |                             | 0.01 | 95   | KHz |      |
| $f_{PWM}$ | PWM 入力分解能 | $f_{PWM} = 0.01\sim0.35kHz$ | 11   | 12   | 13  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 0.35\sim2kHz$    | 12   | 13   | 14  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 2\sim3.5kHz$     | 11   | 11.5 | 12  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 3.5\sim7kHz$     | 13   | 13.5 | 14  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 7\sim14kHz$      | 12   | 12.5 | 13  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 14\sim29.2kHz$   | 11   | 11.5 | 12  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 29.3\sim60kHz$   | 10   | 10.5 | 11  | ビット  |
|           |           | $f_{PWM} = 60\sim95kHz$     | 8    | 9    | 10  | ビット数 |

#### SPEED 入力 - 周波数モード

|                 |             |                  |   |       |    |
|-----------------|-------------|------------------|---|-------|----|
| $f_{PWM\_FREQ}$ | 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)、<br>$V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$               | 0.5 | 1  | 1.5 | $\mu s$ |
| $t_{WAKE}$              | 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)<br>$V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$ 、ISD 検出は無効化    |     | 30 | ms  |         |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ , -40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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 |
|-----------------------|--|-------|------|-------|----|
| $t_{DET\_PWM}$        | SPEED ピンでウェークアップ信号を検出するに必要な時間<br>$V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$   | 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<br>$V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$ から DVDD 電圧利用可能かつ nFault 解放まで、<br>SPEED_MODE = 01b (PWM モード) または 11b (周波数モード) |       | 3    | 5     | ms |
| $t_{EX\_SL\_DR\_PWM}$ | スリープ状態から復帰後、モーターを駆動するに必要な時間<br>$V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$ 、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に必要な時間<br>$V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SL}$ 、<br>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に必要な時間<br>$V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$ (PWM モードおよび周波数モード)、<br>SLEEP_ENTRY_TIME = 00b                                | 0.035 | 0.05 | 0.065 | ms |
|                       |  | 0.14  | 0.2  | 0.26  | ms |
|                       |  | 14    | 20   | 26    | ms |
|                       |  | 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に必要な時間<br>$V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SL}$ (アナログ モード)<br>または $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$ (PWM および周波数モード)  |       | 1    | 2     | ms |
| <b>スタンバイ モード</b>      |  |       |      |       |    |
| $t_{EX\_SB\_DR\_ANA}$ | スタンバイ モードを終了した後、モーターを駆動するに必要な時間<br>$V_{SPEED} > V_{EN\_SB}$ 、ISD 検出は無効化  |       |      | 6     | ms |
| $t_{EX\_SB\_DR\_PWM}$ | スタンバイ モードを終了した後、モーターを駆動するに必要な時間<br>$V_{SPEED} > V_{IH}$ 、ISD 検出は無効化  |       |      | 6     | ms |
| $t_{DET\_SB\_ANA}$    | スタンバイ モードを検出するに必要な時間<br>$V_{SPEED} < V_{EN\_SB}$   | 0.5   | 1    | 2     | ms |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ 、-40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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 |
|-------------------|------------------------------------|--|-------|------|-------|----|
| $t_{EN\_SB\_PWM}$ | 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 |

#### 発振器

|              |          |                       |      |  |     |
|--------------|----------|-----------------------|------|--|-----|
| $f_{OSCREF}$ | 外部クロック基準 | EXT_CLK_CONFIG = 000b | 8    |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 001b | 16   |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 010b | 32   |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 011b | 64   |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 100b | 128  |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 101b | 256  |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 110b | 512  |  | kHz |
|              |          | EXT_CLK_CONFIG = 111b | 1024 |  | kHz |

#### 保護回路

|                       |                                |                       |      |      |      |    |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|------|------|------|----|
| $V_{VREG\_UVLO}$      | レギュレータ入力の低電圧誤動作防止 (VREG-UVLO)  | 電源立ち上がり               | 1.8  | 1.9  | 2    | V  |
|                       |                                | 電源立ち下がり               | 1.7  | 1.8  | 1.9  | V  |
| $V_{VREG\_UVLO\_HYS}$ | 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ョルド | 30   | 100  | 160  | mV |
| $t_{VREG\_UVLO\_DEG}$ | 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  | 1.25 | 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               | 1.25 | 1.35 | 1.45 | V  |
| $V_{PVDD\_UV}$        | PVDD 低電圧誤動作防止スレッショルド           | $V_{PVDD}$ の立ち上がり     | 4.3  | 4.4  | 4.5  | V  |
|                       |                                | $V_{PVDD}$ の立ち下がり     | 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ョルド | 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 スレッショルド            | AVDD の立ち上がり           | 2.7  | 2.85 | 3.0  | V  |
|                       |                                | AVDD の立ち下がり           | 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ョルド | 170  | 200  | 250  | mV |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ 、-40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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 |
|------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------|------------|------------|----|
| $t_{AVDD\_POR\_DG}$                | AVDD POR グリッチ除去時間                      |                                       | 7           | 12         | 22         | μs |
| $V_{GVDD\_UV}$                     | GVDD 低電圧スレッショルド                        | $V_{GVDD}$ の立ち上がり                     | 7.3         | 7.5        | 7.8        | V  |
|                                    |  | $V_{GVDD}$ の立ち下がり                     | 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ョルド                 | 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ョルド                     | $V_{BSTx} - V_{SHx}, V_{BSTx}$ 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ョルド                 | 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ョルド 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ョルド               | 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ки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 |
| $T_{OTSD}$                         | 過熱シャットダウン温度                            | $T_J$ 立ち上がり:                          | 160         | 170        | 187        | °C |
| $T_{HYS}$                          | 過熱シャットダウンヒステリシス                        |                                       | 16          | 20         | 23         | °C |
| <b>I<sup>2</sup>C シリアルインターフェイス</b> |  |                                       |             |            |            |    |
| $V_{I2C\_L}$                       | Low レベル入力電圧                            |                                       | -0.5        | 0.3 * AVDD | 0.3 * AVDD | V  |
| $V_{I2C\_H}$                       | High レベル入力電圧                           |                                       | 0.7 * AVDD  | 5.5        | 5.5        | V  |
| $V_{I2C\_HYS}$                     | ヒステリシス                                 |                                       | 0.05 * AVDD |            |            | 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        | 0.4        | V  |
| $I_{I2C\_OL}$                      | Low レベル出力電流                            | $V_{I2C\_OL} = 0.6V$                  |             | 6          | 6          | mA |

4.5V  $\leq V_{PVDD} \leq 60V$ , -40°C  $\leq T_J \leq 150^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準値には  $T_A = 25^{\circ}C$ 、 $V_{PVDD} = 24V$  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 <sup>(1)</sup> | 10 <sup>(1)</sup>  |      | 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 <sup>(2)</sup> |      | ns |
|               |  | ファースト モード                     |                    | 250 <sup>(2)</sup> |      | ns |
| $t_{SP}$      | 入力フィルタにより抑制されるスパイクのパルス幅                                | ファースト モード                     | 0                  | 50 <sup>(3)</sup>  |      | ns |
| <b>EEPROM</b> |  |                               |                    |                    |      |    |
| $EE_{Prog}$   | プログラミング電圧  |                               | 1.35               | 1.5                | 1.65 | V  |
| $EE_{RET}$    | 保持   | $T_A = 25^{\circ}C$           |                    | 100                |      | 年  |
|               |  | $T_J = -40 \sim 150^{\circ}C$ |                    | 10                 |      | 年  |
| $EE_{END}$    | 耐久性  | $T_J = -40 \sim 150^{\circ}C$ |                    | 1000               |      | 回  |
|               |  | $T_J = -40 \sim 85^{\circ}C$  |                    | 20000              |      | 回  |

(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  $t_f$  の最大値 (300ns) は、出力段の  $t_{of}$  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 ( $R_s$ ) を接続しても、 $t_f$  の最大値の規定値を超えるません。

(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 スタンダード 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  |
|-------------------|--|--------------------------------|------------------|---------------------|----------------|-----|
| <b>スタンダード モード</b> |  |                                |                  |                     |                |     |
| $f_{SCL}$         | 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 <sup>(1)</sup>                            | I2C バス デバイス                    | 0 <sup>(2)</sup> |                     | <sup>(3)</sup> | 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 <sup>(2) (5) (6) (7)</sup> |                                |                  | 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 <sup>(8)</sup>                         |                                |                  | 400                 |                | pF  |
| $t_{VD\_DAT}$     | データ有効時間 <sup>(9)</sup>                               |                                |                  | 3.45 <sup>(3)</sup> |                | μs  |
| $t_{VD\_ACK}$     | データ有効アノリッジ時間 <sup>(10)</sup>                         |                                |                  | 3.45 <sup>(3)</sup> |                | 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 * AVDD       |                     |                | 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 * AVDD       |                     |                | V   |
| <b>ファースト モード</b>  |  |                                |                  |                     |                |     |
| $f_{SCL}$         | SCL クロック周波数  |                                | 0                | 400                 |                | kHz |

## 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      |
|---------------|---|--------------------------------|--------------------|-----|---------|
| $t_{HD\_STA}$ | (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                |     | $\mu s$ |
| $t_{LOW}$     | SCL クロックの Low の時間                         |                                | 1.3                |     | $\mu s$ |
| $t_{HIGH}$    | SCL クロックの High の時間                        |                                | 0.6                |     | $\mu s$ |
| $t_{SU\_STA}$ | 繰り返し START 条件のセットアップ時間                    |                                | 0.6                |     | $\mu s$ |
| $t_{HD\_DAT}$ | データ ホールド時間 (1)                            |                                | 0 (2)              | (3) | $\mu s$ |
| $t_{SU\_DAT}$ | データ セットアップ時間                              |                                | 100 (4)            |     | ns      |
| $t_f$         | 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                |     | $\mu s$ |
| $t_{BUF}$     | STOP 条件と START 条件の間のバス解放時間                |                                | 1.3                |     | $\mu s$ |
| $C_b$         | 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)            |     | $\mu s$ |
| $t_{VD\_ACK}$ | データ有効アノリッジ時間 (10)                         |                                | 0.9 (3)            |     | $\mu s$ |
| $V_{nL}$      | 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 * AVDD         |     | 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 * AVDD         |     | 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  $3.45\mu s$ 、ファースト モードで  $0.9\mu s$  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とき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ときより 1250ns ( $t_{f(max)} + t_{SU\_DAT} = 1000ns + 250ns$ ) 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 ( $R_s$ ) を接続しても、 $t_f$  の最大値の規定値を超ません。
- (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 代表的な特性

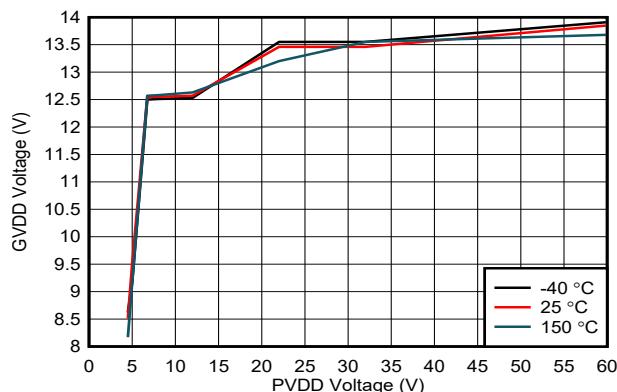


図 6-1. GVDD 電圧と PVDD 電圧との関係

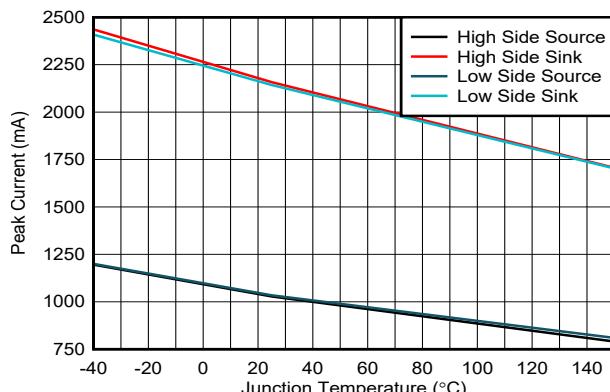


図 6-2. ドライバ・ピーク電流と接合部温度との関係

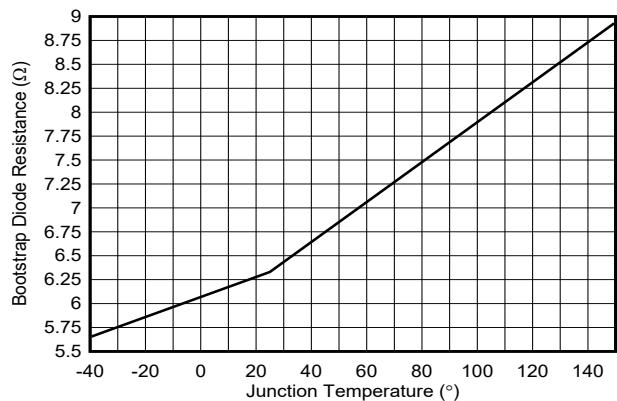


図 6-3. ブートストラップ・ダイオード抵抗と接合部温度との関係

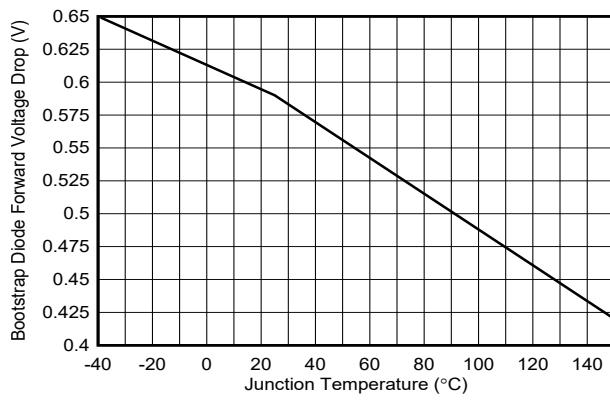


図 6-4. ブートストラップ・ダイオード順方向電圧降下と接合部温度との関係

## 7 詳細説明

### 7.1 概要

MCF8329A 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（シングルシャント構成の外付け検出抵抗が必要）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。

MCF8329A はセンサレス 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クロコントローラは不要です。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ダードアロンで動作させることができます。本デバイスでは高度な監視が可能です。1 つの 12 ビット DAC を使って、アルゴリズム内の任意の変数をアナログ出力として表示および監視できます。この機能により、速度または電力ループとモーター加速を効率的に調整できます。本デバイスは、PWM 入力、アナログ電圧、周波数入力、I<sup>2</sup>C 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）、ブース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 I<sup>2</sup>C 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。

MCF8329A デバイスは、0.4mm ピンピッチの VQFN 表面実装パッケージで供給されます。この VQFN パッケージのサイズは 5mm × 4mm です。

## 7.2 機能ブロック図

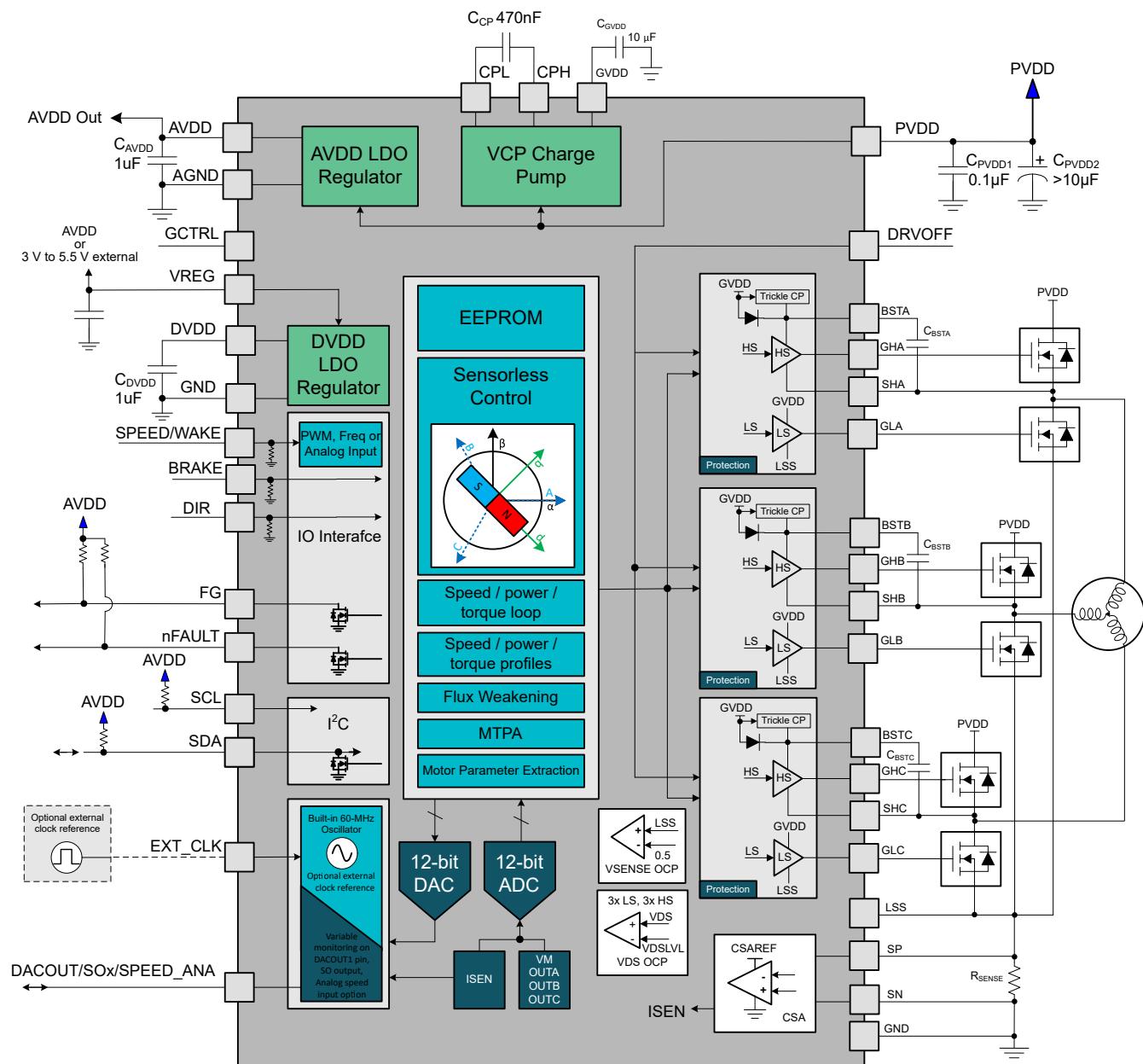


図 7-1. MCF8329A の機能ブロック図

## 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. MCF8329A の外付け部品

| 部品                  | ピン 1       | ピン 2   | 推奨  |
|---------------------|------------|--------|---|
| C <sub>PVDD1</sub>  | PVDD       | PGND   | X5R または X7R、0.1μF、PVDD の 2 倍を超える定格のコンデンサ  |
| C <sub>PVDD2</sub>  | PVDD       | PGND   | 10μF 以上、PVDD の 2 倍を超える定格のバルクコンデンサ   |
| C <sub>CP</sub>     | CPH        | CPL    | X5R または X7R、470nF、PVDD 定格コンデンサ  |
| C <sub>AVDD</sub>   | AVDD       | AGND   | X5R または X7R、1μF 以上、6.3V コンデンサ   |
| C <sub>GVDD</sub>   | GVDD       | GND    | X5R または X7R、10μF 以上、30V 定格コンデンサ   |
| C <sub>DVDD</sub>   | DVDD       | GND    | X5R または X7R、1μF、4V 以上。DVDD が出力電圧を正確に制御するには、コンデンサは、動作温度範囲全体にわたって、1.5V で 0.6μF~1.3μF の実効的な容量を持つ必要があります。 |
| C <sub>VREG</sub>   | VREG       | GND    | X5R または X7R、1μF 以上、10V コンデンサ  |
| C <sub>BSTx</sub>   | BSTx       | SHx    | X5R または X7R、1μF (標準値)、25V 定格コンデンサ   |
| R <sub>nFAULT</sub> | 1.8~5V の電源 | nFAULT | 5.1kΩ、プルアップ抵抗   |
| R <sub>FG</sub>     | 1.8~5V の電源 | FG     | 5.1kΩ、プルアップ抵抗   |
| R <sub>SDA</sub>    | 1.8~5V の電源 | SDA    | 5.1kΩ、プルアップ抵抗   |
| R <sub>SCL</sub>    | 1.8~5V の電源 | SCL    | 5.1kΩ、プルアップ抵抗   |
| R <sub>BRAKE</sub>  | BRAKE      | GND    | BRAKE ピンを使用する場合、ノイズ耐性を向上させるため、任意で 10kΩ 未満の抵抗を使用できます。  |
| R <sub>DIR</sub>    | DIR        | GND    | DIR ピンを使用する場合、ノイズ耐性を向上させるため、任意で 10kΩ 未満の抵抗を使用できます。  |

### 注

- 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、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。
- 内部プルアップを無効化し、外部電源と外部プルアップを使う場合、本デバイスがアクティブ状態になる前に、FG および nFAULT ピンは High にプルアップされる必要があります。
- DIR ピンと BRAKE ピンは、それぞれ 100kΩ の内部プルダウン抵抗を備えています。これらのピンを使用する場合、ノイズ耐性を高めるために、10kΩ のプルダウン抵抗を外部に追加できます。
- 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

MCF8329A 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、内部トリクリル 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 ドライバーアーキテクチャ

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。

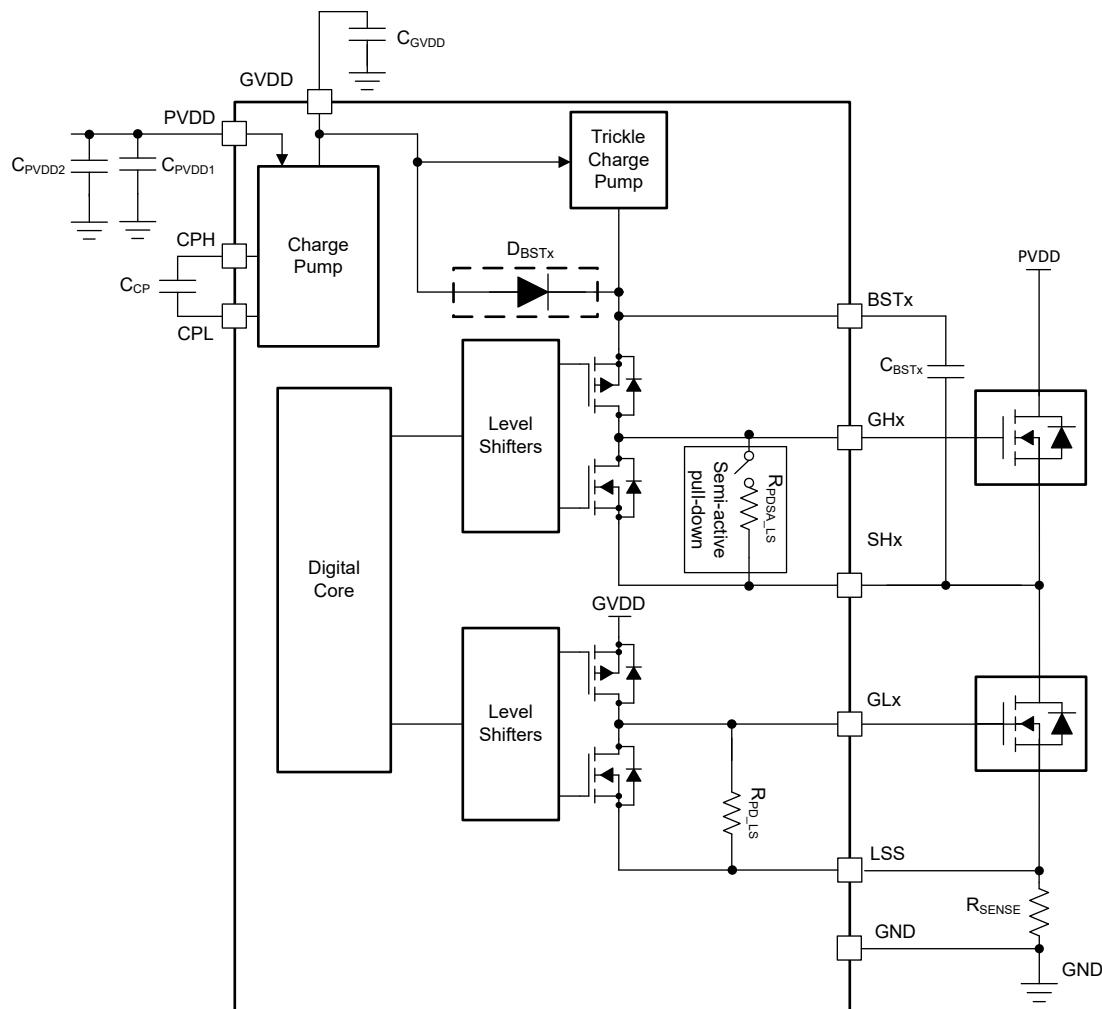


図 7-2. ゲート ドライバのブロック図

#### 7.3.2.1 デッドタイムによるクロス導通の防止

MCF8329A 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、50ns~1000ns の範囲で調整できます。

### 7.3.3 AVDD リニア電圧レギュレータ

MCF8329A には 3.3V、80mA 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。VREG が AVDD に接続されている場合、外部回路が使用できるのはわずか 50mA です。LDO の出力は 3.3V に固定されています。この レギュレータは、低消費電力 MCU や、必要な電源電流が小さい他の回路に電源電圧を供給できます。AVDD レギュレータの出力は、X5R または X7R、1μF、6.3V のセラミック コンデンサを使用して AVDD ピンの近くで AGND ピンにバイパスする必要があります。

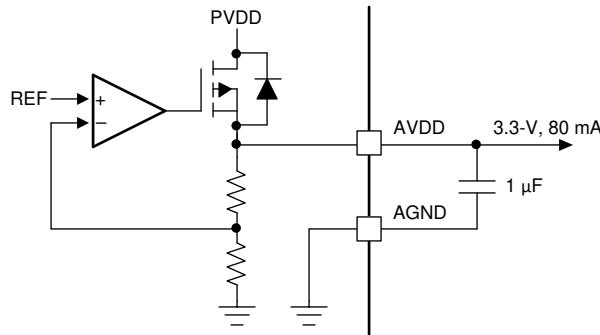


図 7-3. AVDD リニア レギュレータのブロック図

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 のように計算できます。

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

たとえば、24V の  $V_{PVDD}$  で、AVDD 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 DVDD 電圧レギュレータ

VREG ピンは、内蔵 DVDD 電圧レギュレータの電源入力として使用されます。VREG ピンに電源電圧を供給するために各種の方法 (外部の 3V~5.5V 電源 (30mA ソース) を使用、AVDD を VREG に接続、GCTRL ピンによって外部 MOSFET を制御) を選択できます。

#### 7.3.4.1 AVDD から VREG への電力供給

外部 MOSFET レギュレータも外部電源も使用しない場合、AVDD を VREG ピンに接続します (図 7-4 を参照)。このモードでは、DVDD に接続されたデジタル回路に、AVDD を使って電力が供給されます。このモードでは、外部負荷に供給できる AVDD 電流能力は 50mA に減少します。

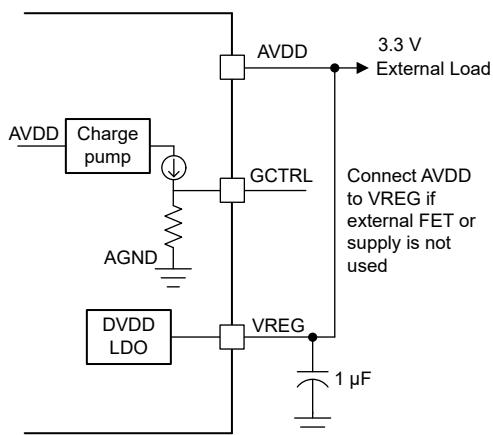


図 7-4. AVDD から VREG への電力供給

### 7.3.4.2 VREG 用の外部電源

MCF8329A は、外部電源電圧を VREG ピンに接続するための機能を備えています (図 7-5 を参照)。このモードでは、GCTRL ピンをフローティングのままにし、外部レギュレータを VREG ピンに接続する必要があります。DVDD に電力を供給するために外部 MOSFET または外部電源を使用する場合、AVDD がサポートする最大外部負荷は 80mA です。

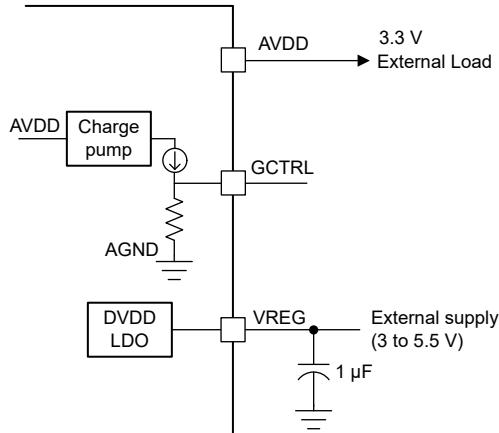


図 7-5. VREG 用の外部電源

### 7.3.4.3 VREG 電源用外部 MOSFET

MCF8329A は、レギュレータとして機能し、VREG ピンを使って内部デジタル回路に電力を供給するために使用できる外部 MOSFET を駆動する機能を備えています (セクション 7.3.4.3 を参照)。この場合、VREG を AVDD にも外部 3.3V/5V 電源にも接続しないでください。外部 MOSFET を接続すると、熱的課題を抱える使用事例のために、MCF8329A 内の消費電力を低減し、電力損失を外部 MOSFET に移転できます。

外部 MOSFET の  $V_{GS(th)}$  は、動作条件全体にわたって VREG 電圧が確実に 2.2 V~5.5 V の間になるように選択する必要があります。アプリケーションの設計例の計算については、セクション 8.2.3 を参照してください。起動時間 ( $t_{EX\_SL\_DR\_ANA}$  (アナログ入力) または  $t_{EX\_SL\_DR\_PWM}$  (PWM 入力)) の規定を満たすため、外部 MOSFET の入力容量は 2nF 未満とする必要があります。

注

GCTRL ピンはハイインピーダンスノード ( $> 1M\Omega$ ) であり、外部 MOSFET ゲートと  $C_{GCTRL}$  以外の外部負荷をこのピンに接続しないでください。GCTRL ピン (と GNDとの間) に外部負荷を接続すると、GCTRL ピンと VREG ピンの電圧が低下します。

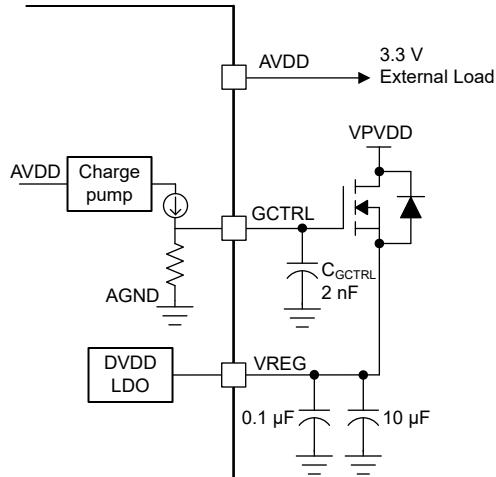


図 7-6. VREG 用の外部 MOSFET 電圧レギュレータ

### 7.3.5 ローサイド電流検出アンプ

MCF8329A 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、MCF8329A 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。

MCF8329A 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。

SP 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

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。 $I^2R_{SENSE}$  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。

### 7.3.6 デバイスインターフェイスモード

MCF8329A 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、I<sup>2</sup>C インターフェイスをサポートしています。I<sup>2</sup>C インターフェイスに加えて、本デバイスは FG、nFAULT、DIR、BRAKE、SPEED/WAKE、DACOUT/SOx/SPEED\_ANA、EXT\_CLK、DRVOFF などの I/O ピンをサポートしています。ピン配置およびインターフェイスオプションは MCT8329A と互換性があり、アプリケーション設計者はある特定のインターフェイスバージョンを使用して評価を行い、その設計に最小限の変更を加えるだけでその他の制御方法に移行できます。

#### 7.3.6.1 インターフェイス - 制御と監視

- BRAKE:** BRAKE ピンが「High」に駆動されると、MCF8329A はブレーキ状態に移行します。ブレーキ状態はローサイドブレーキです (ローサイドブレーキを参照)。MCF8329A は、ブレーキ状態に入る前に、BRAKE\_SPEED\_THRESHOLD で定義された値まで出力速度を下げます。BRAKE が「High」に駆動されている限り、MCF8329A はブレーキ状態にとどまります。BRAKE ピン入力は、I<sup>2</sup>C インターフェイスを介して BRAKE\_INPUT を設定することで上書きできます。

- **DIR:** DIR ピンはモーターの回転方向を決定します。「High」に駆動すると、シーケンスは OUTA → OUTB → OUTC となり、「Low」に駆動すると、シーケンスは OUTA → OUTC → OUTB となります。DIR ピン入力は、I<sup>2</sup>C インターフェイスを介して DIR\_INPUT を設定することで上書きできます。
- **DRVOFF:** DRVOFF ピンを「High」に駆動すると、MCF8329A 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、MCF8329A 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、MCF8329A 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。
- **DACOUT/SOx/SPEED\_ANA:** DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンは多重化された機能を備えており、このピンは DACOUT 出力ピン、電流検出アンプの出力ピン、速度（または電力または電流または開ループ電圧）制御アナログ入力ピンとして構成できます。DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンを DACOUT として構成すると、本デバイスはアルゴリズム変数、速度などを監視できます（[セクション 7.5.2](#) を参照）。DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンを SOx として構成すると、本デバイスは内蔵電流センスアンプ出力（V<sub>SOx</sub>）を監視できます。DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンを SPEED\_ANA として構成すると、ユーザーは DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンを使って速度、電力、電圧のアナログ制御入力を与えることができます。その場合、独立した速度またはスタンバイ制御入力ピンとして SPEED/WAKE ピンを使用できます。このピン機能は、EEPROM レジスタビット DAC\_SOX\_ANA\_CONFIG によって設定できます。
- **EXT\_CLK:** EXT\_CLK ピンは、外部クロック基準を供給するために使えます。その場合、内部クロックは外部クロックを使って較正されます。
- **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。

### 7.3.6.2 I<sup>2</sup>C インターフェイス

MCF8329A 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C 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。

### 7.3.7 モーター制御入力オプション

MCF8329A 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。

- 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。
- 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。
- 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 ( $i_q$ ) 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。
- 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
- SPEED/WAKE ピンまたは DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンのアナログ入力信号の振幅を変化させることで制御
- DIGITAL\_SPEED\_CTRL を設定することで、I<sup>2</sup>C を介して制御

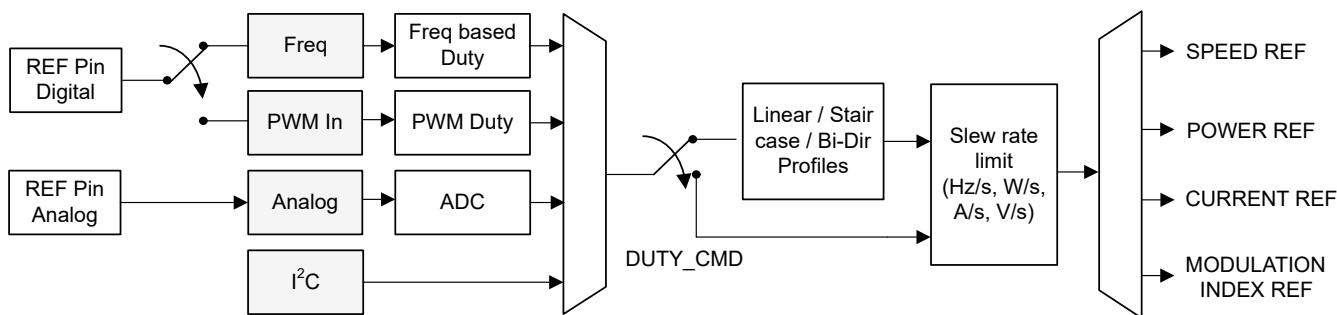


図 7-7. リファレンス入力コマンドの多重化

図 7-7 に、リファレンス (SPEED/WAKE または DACOUT/SOx/SPEED\_ANA) ピン入力 (または I<sup>2</sup>C による入力) から出力リファレンス (SPEED REF、POWER REF、CURRENT REF、MODULATION INDEX REF) までの信号路を示します。

#### 7.3.7.1 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 ( $V_{SPEED/WAKE}$ ) または DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピン (DAC\_SOX\_ANA\_CONFIG によって設定可能) によって変化します。 $0 < V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SB}$  の場合、DUTY\_CMD はゼロに設定されます。 $V_{EN\_SB} < V_{SPEED/WAKE} < V_{ANA\_FS}$  の場合、DUTY\_CMD は  $V_{SPEED/WAKE}$  に対して直線的に変化します (図 7-8 を参照)。 $V_{SPEED/WAKE} > V_{ANA\_FS}$  の場合、DUTY\_CMD は 100% にクランプされます。

アナログ制御入力として DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンを使用すると、スリープまたはスタンバイの開始 / 終了を制御するために SLEEP/WAKE ピンを独立して使用できます (表 7-6 を参照)。

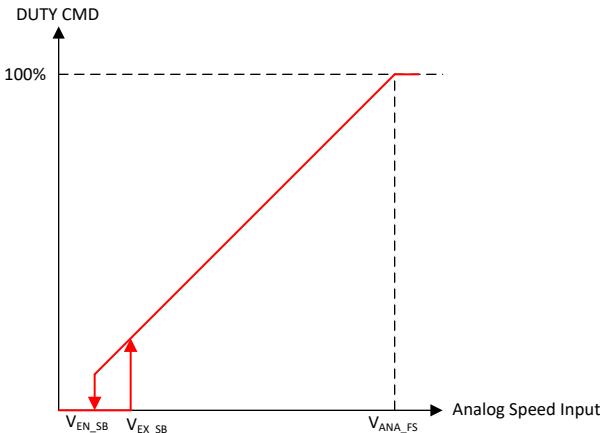


図 7-8. アナログ モード速度制御

### 7.3.7.2 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。 $0 \leq Duty_{SPEED} \leq Duty_{EN\_SB}$  の場合、DUTY\_CMD は 0 に設定されます。 $Duty_{EX\_SB} \leq Duty_{SPEED} \leq 100\%$  の場合、DUTY\_CMD は  $Duty_{SPEED}$  に比例して変化します (図 7-9 を参照)。Duty<sub>EX\_SB</sub> と Duty<sub>EN\_SB</sub> はスタンバイ開始および終了スレッショルドです。Duty<sub>EX\_SB</sub> と Duty<sub>EN\_SB</sub> 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 SPD\_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 7.3.17 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 ( $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$ ) 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。

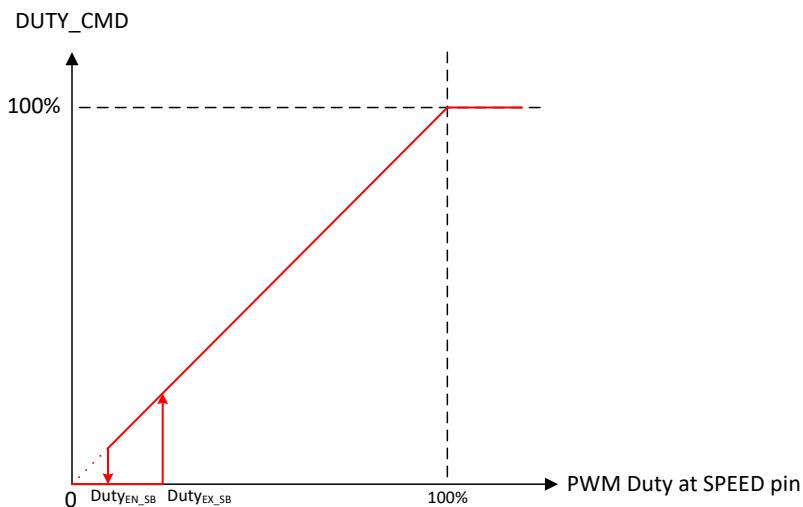


図 7-9. PWM モード モーター制御

### 7.3.7.3 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。 $0 \leq Freq_{SPEED} \leq Freq_{EN\_SB}$  の場合、DUTY\_CMD はゼロに設定されます。 $Freq_{EX\_SB} \leq Freq_{SPEED} \leq INPUT\_MAXIMUM\_FREQ$  の場合、DUTY\_CMD は  $Freq_{SPEED}$  に対して線形的に変化します (図 7-10 を参照)。Freq<sub>EX\_SB</sub> と Freq<sub>EN\_SB</sub> はスタンバイ開始および終了スレッショルドです。Freq<sub>EX\_SB</sub> と Freq<sub>EN\_SB</sub> 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。

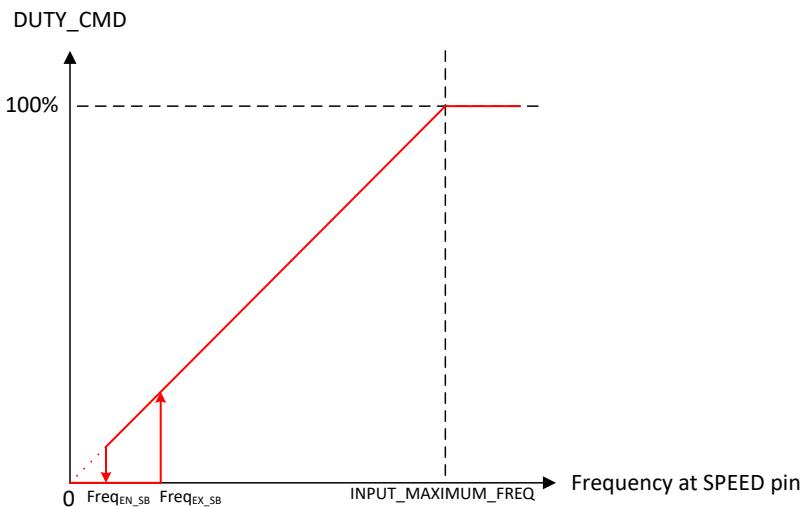


図 7-10. 周波数モード モーター制御

### 7.3.7.4 I<sup>2</sup>C 方式のモーター制御

SPEED\_MODE を 10b に設定することで、I<sup>2</sup>C 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 7-6 を参照)。

### 7.3.7.5 入力制御リファレンス プロファイル

MCF8329A 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 7.3.7.6 に示すデューティコマンド (DUTY\_CMD) 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 (Unable to auto-generate link text 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 (変調インデックス制御モード) では、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。

$$SPEED REF(Hz) = \frac{REF\_X}{255} \times Maximum\ Speed\ (Hz) \quad (4)$$

$$POWER\ REF(W) = \frac{REF\_X}{255} \times Maximum\ Power\ (W) \quad (5)$$

$$CURRENT\ (i_q)\ REF(W) = \frac{REF\_X}{255} \times ILIMIT\ (A) \quad (6)$$

$$MODULATION\ INDEX\ REF(V_s) = \frac{REF\_X}{255} \times 100\% \quad (7)$$

REF\_PROFILE\_CONFIG が 00b に設定されている場合、DUTY\_CMD に DUTY\_HYS 未満の値の変化が生じても、SPEED REF、POWER REF、CURRENT REF、MODULATION INDEX REF に何の変化も生じさせません。DUTY\_HYS は、ノイズに対する耐性を高めるため、DUTY\_CMD の前後にヒステリシス ウィンドウを生成します。

#### 7.3.7.5.1 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、

- MCF8329A 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 0V、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 0Hz) により、モーターは停止します。
- MCF8329A 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、電圧) でモーターは動作します。

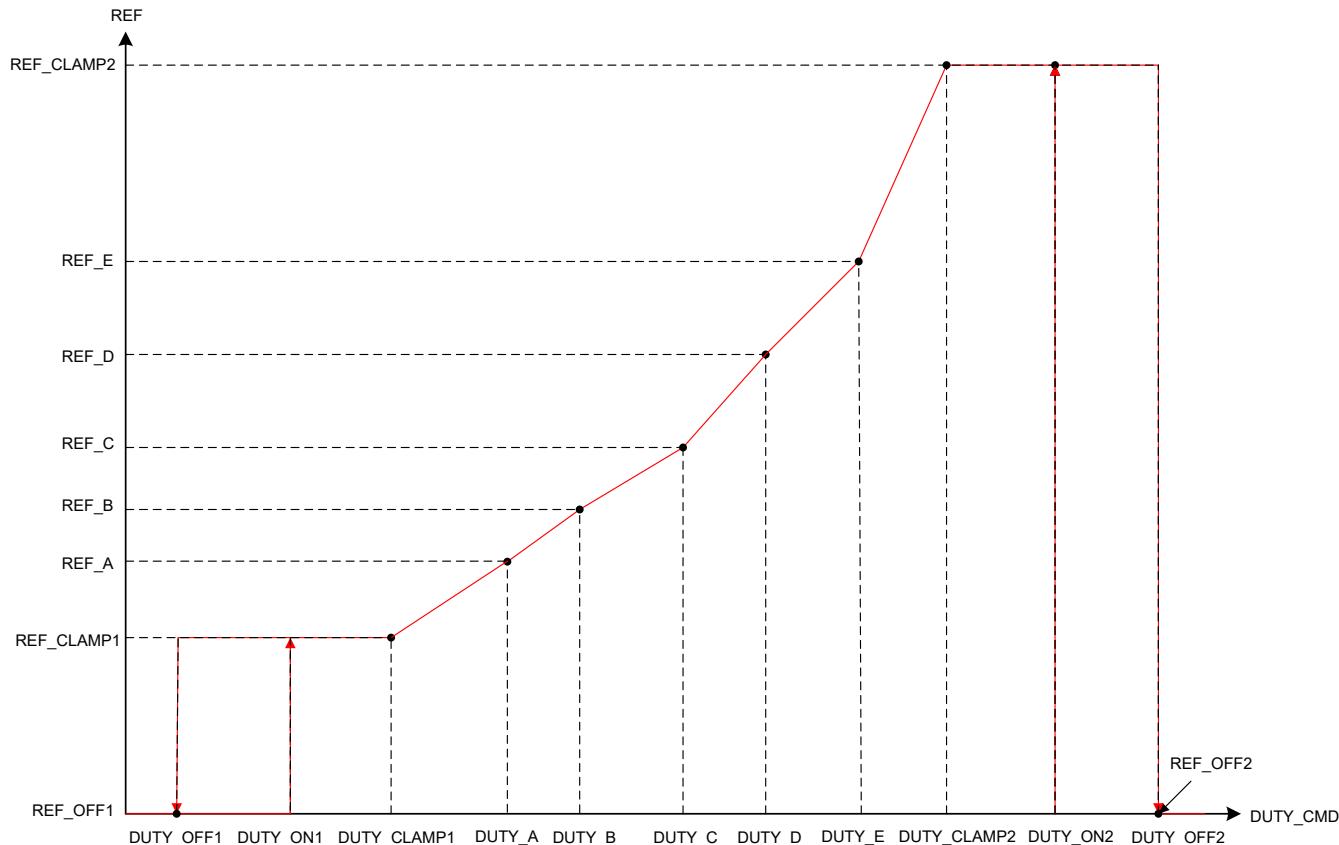


図 7-11. リニア制御プロファイル

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 7-11 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 7-11 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 7-11 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。

### 7.3.7.5.2 階段制御プロファイル

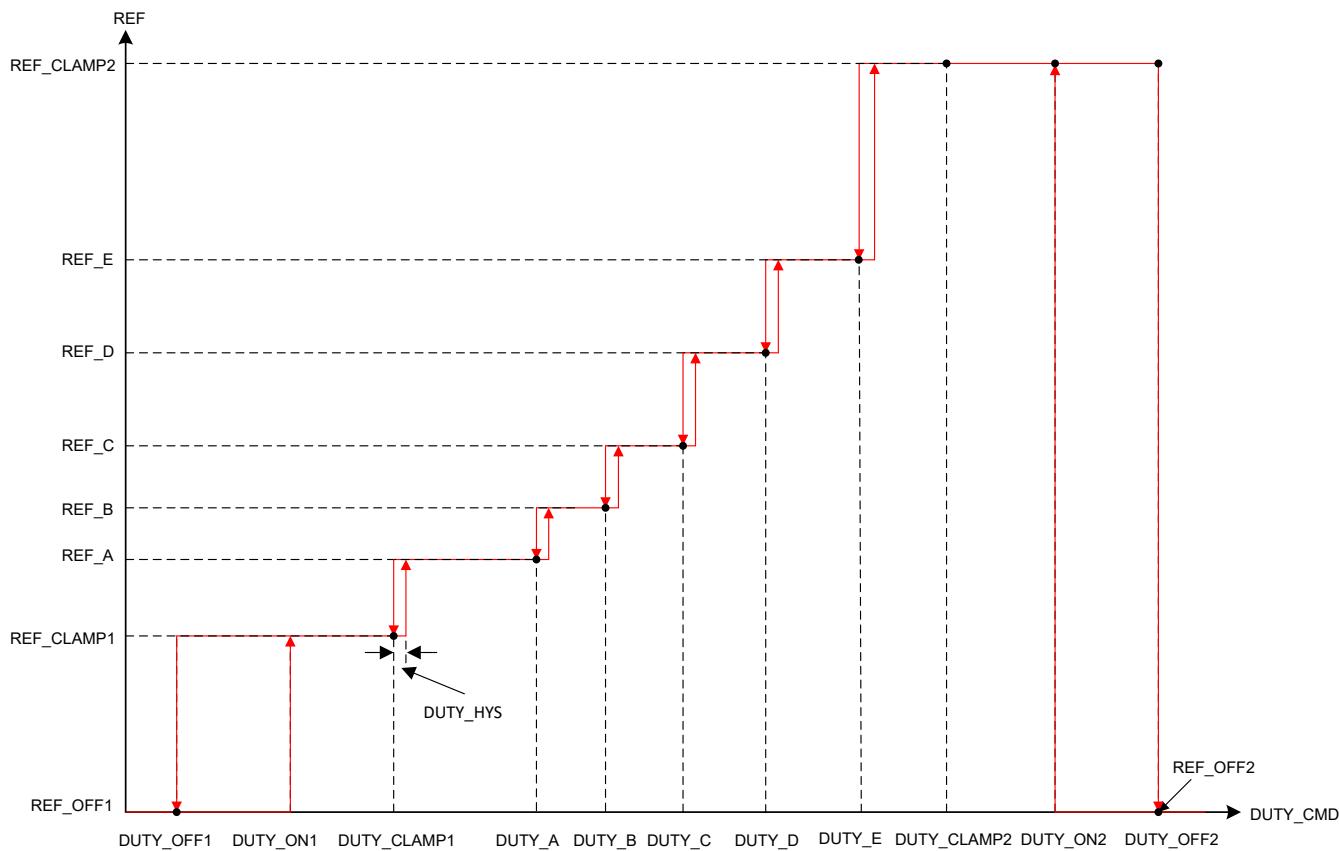


図 7-12. 階段制御プロファイル

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 7-12 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 7-12 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 7-12 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 での各階段的変化時のヒステリシスを設定します。

#### 7.3.7.5.3 双方向プロファイル

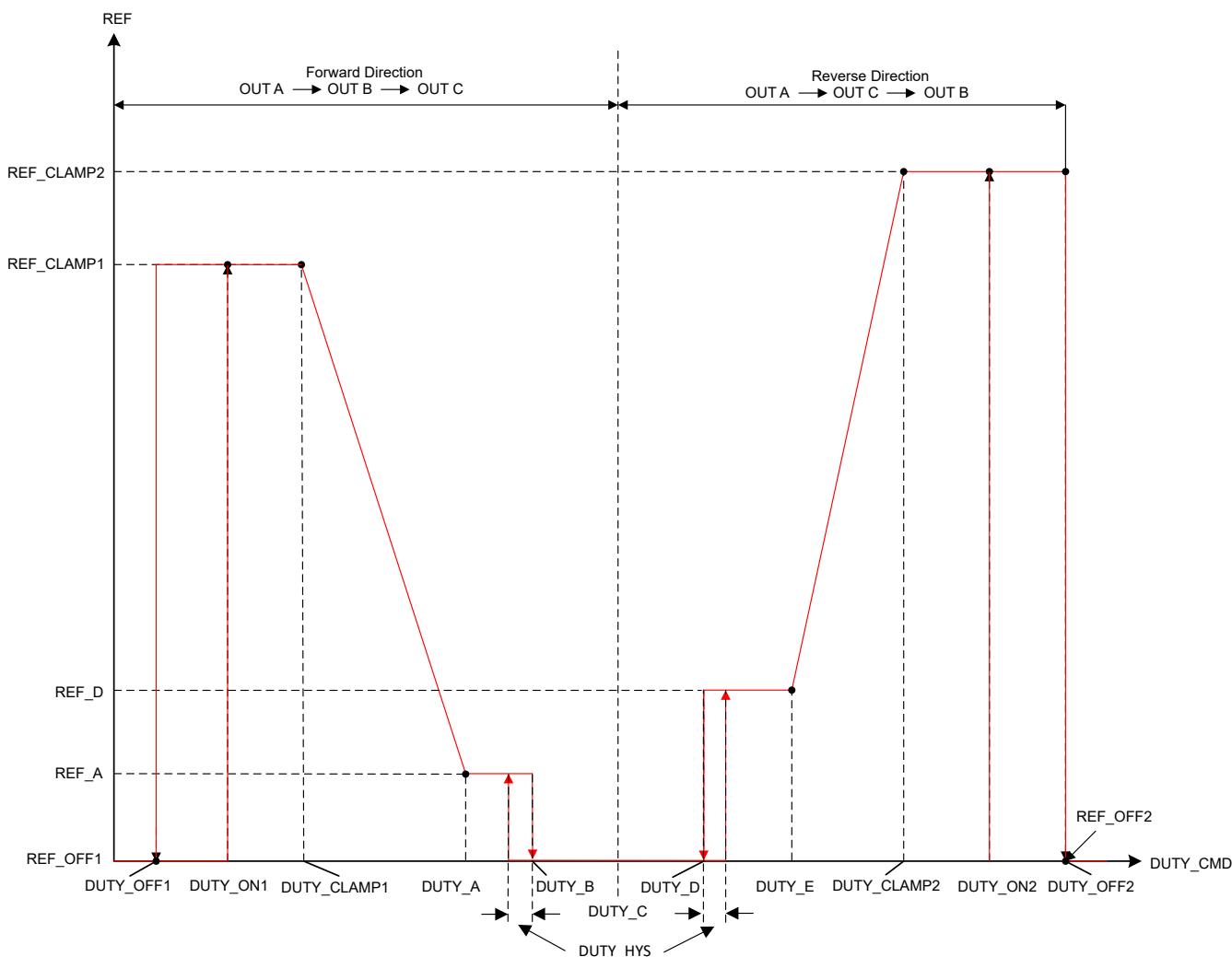


図 7-13. 双方向制御プロファイル

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 ピンと DIR\_INPUT ビットによる方向変更機能は、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 7-13 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 7-13 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 MCF8329A 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 MCF8329A が逆方向の動作状態に入るデューティ・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 7-13 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 で階段的に変化する際のヒステリシスを設定します。

### 7.3.7.6 プロファイラを使わない制御入力の伝達関数

CTRL\_MODE の設定に従い、入力制御信号としてモーター速度、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) を使用できます。

#### 速度入力の伝達関数

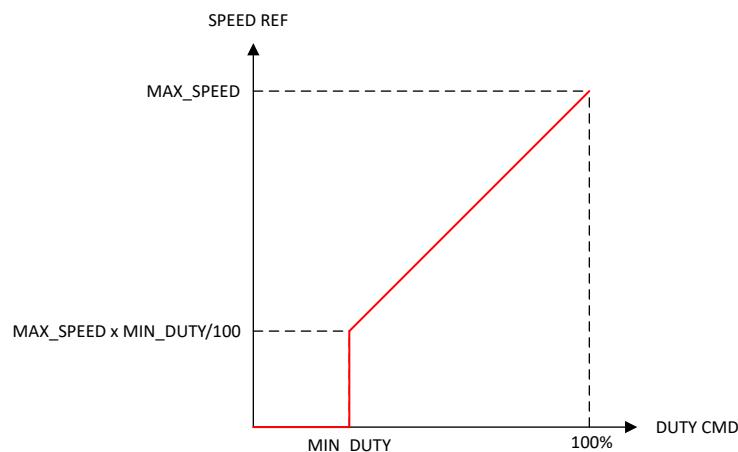


図 7-14. 速度入力の伝達関数

図 7-14 に、DUTY\_CMD と SPEED\_REF との関係を示します。速度ループが有効化されている場合、DUTY\_CMD は SPEED\_REF (単位:Hz) を設定します。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 ( $MIN\_DUTY \times MAX\_SPEED$ ) を設定します。MAX\_SPEED が 0 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。

#### 電力入力の伝達関数

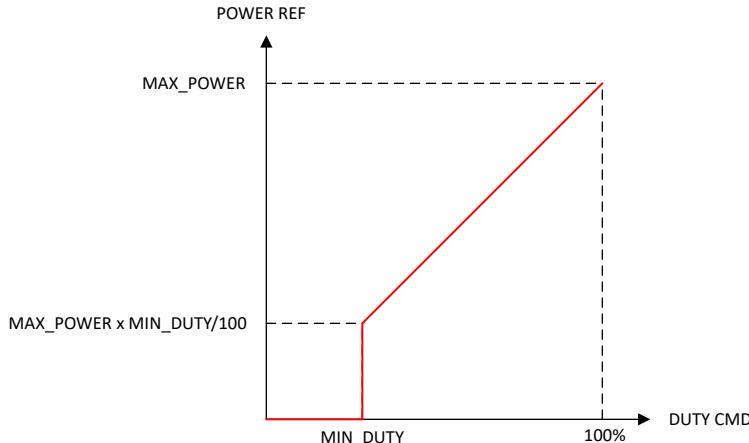


図 7-15. 電力入力の伝達関数

図 7-15 に、DUTY CMD と POWER REF との関係を示します。電力ループが有効化されている場合、DUTY CMD は POWER REF (単位:ワット) を設定します。MAX\_POWER は 100% の DUTY CMD で POWER REF を設定します。MIN\_DUTY は POWER REF の最小値 ( $\text{MIN\_DUTY} \times \text{MAX\_POWER}$ ) を設定します。MAX\_POWER が 0 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。

#### 電流入力の伝達関数

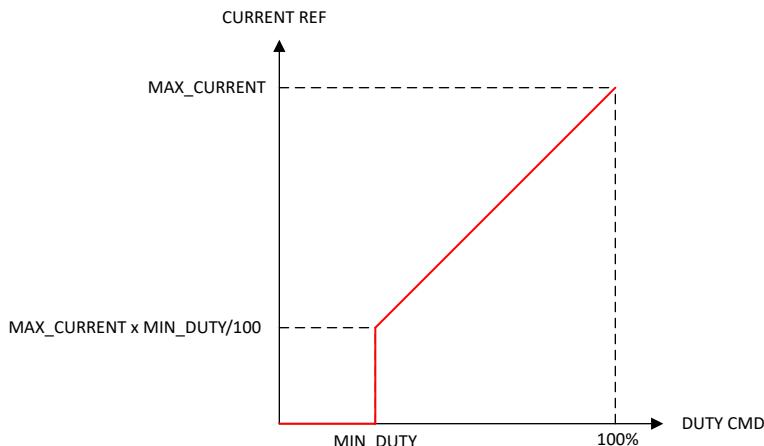


図 7-16. 電流入力の伝達関数

図 7-16 に、DUTY\_CMD と CURRENT\_REF との関係を示します。電流ループが有効化されている場合、DUTY\_CMD は Q 軸 CURRENT\_REF ( $i_{q\_ref}$ ) (単位:アンペア) を設定します。MAX\_CURRENT は ILIMIT と同じであり、100% の DUTY\_CMD で CURRENT\_REF を設定します。MIN\_DUTY は CURRENT\_REF の最小値 ( $\text{MIN\_DUTY} \times \text{MAX\_CURRENT}$ ) を設定します。

#### 注

1. MCF8329A では、MIN\_DUTY は 1% に設定されています。デューティコマンド (DUTY\_CMD) またはリファレンス (入力プロファイルからの REF\_X) のすべての値を 1% 未満に設定すると、目標リファレンス (SPEED REF、POWER REF、CURRENT REF、MODULATION INDEX REF) は 0 にクランプされ、モーターは停止状態になります。

#### 変調インデックス入力の伝達関数

変調インデックス制御モードでは、モーターに印加される電圧 (変調インデックスの直軸成分  $V_d$  と変調インデックスの横軸成分  $V_q$ ) は DUTY\_CMD に比例します (モーターに印加される MIN\_DUTY から 100% PWM デューティまで)。DUTY\_CMD が MIN\_DUTY より小さい場合、デューティサイクルを 0 にすることで、モーターに印加される電圧は 0 にクランプされます。

### 7.3.8 ブートストラップ コンデンサの初期充電

MCF8329A 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\_FREQ\_OUT 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。

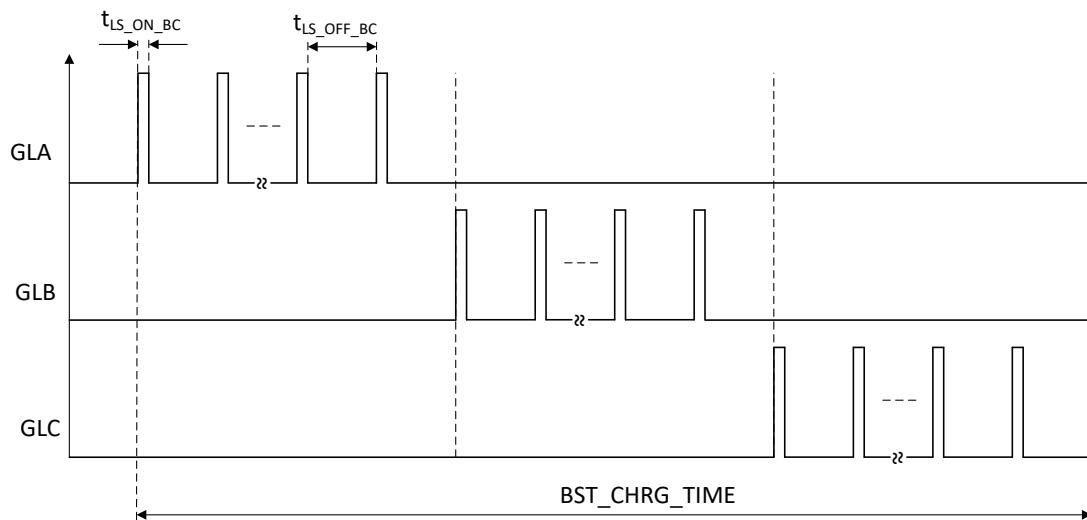


図 7-17. 起動時のブートストラップ コンデンサのプリチャージ

### 7.3.9 異なる初期条件でのモーターの起動

MCF8329A 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。MCF8329A 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。

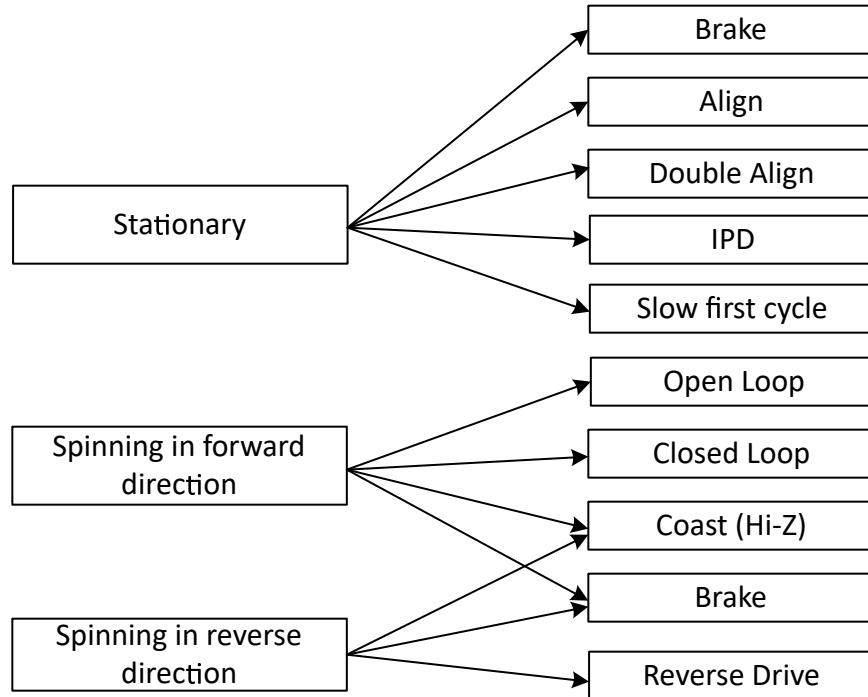


図 7-18. 異なる初期条件でのモーターの起動

#### 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。

#### 7.3.9.1 ケース 1 – モーターが停止

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。MCF8329A 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。

MCF8329A 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、閉ループ加速に移行します。

#### 7.3.9.2 ケース 2 – モーターが正方向に回転

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、MCF8329A 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ので、MCF8329A は、閉ループ動作に入るために十分な速度に達するまでモーターを加速するため、閉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。MCF8329A 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。

### 7.3.9.3 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、MCF8329A は、方向を変え、命令された方向の目標速度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ドアップ時間を達成します。

MCF8329A 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。

---

### 7.3.10 モーターの起動シーケンス (MSS)

図 7-19 に、MCF8329A 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。

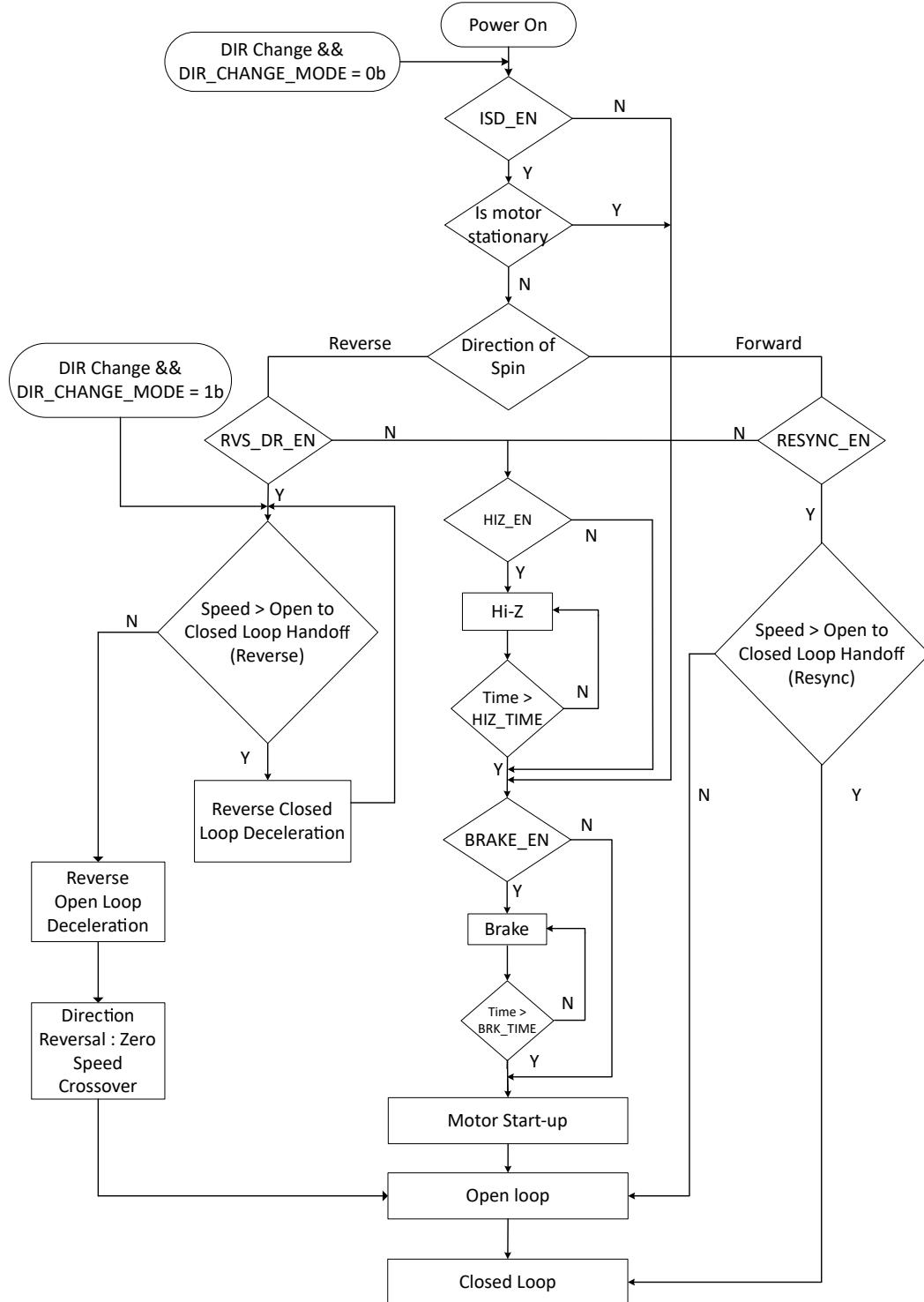


図 7-19. モーター起動フロー

|  |  |
|--|--|
| 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 MCF8329A デバイスが復帰したときは常に、MSS はこの状態で開始します。  |
| <b>DIR 変更 &amp;&amp;<br/>DIR_CHANGE_MODE = 0b<br/>判定</b> | MCF8329A 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。  |
| <b>ISD_EN 判定</b>   | パワーオン後、MCF8329A 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。                     |
| <b>ISD 状態</b>  | MSS はモーターの初期条件 (速度、回転方向) を決定します ( <a href="#">「初期速度検出 (ISD)」</a> 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、MCF8329A 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。  |
| <b>RESYNC_EN 判定</b>                                      | RESYNC_EN が 1b に設定されている場合、MCF8329A は「速度」>「閉ループ - 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」>「閉ループ - 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、MCF8329A 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 ( <a href="#">「モーターの再同期化」</a> を参照)。モーター速度が FW_DRV_RESYN_THR より小さい場合、MCF8329A は開ループ状態に遷移します。                              |
| <b>RVS_DR_EN 判定</b>                                      | 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) かどうかを調べます。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」>「閉ループ - 閉ループ ハンドオフ」(再同期) 判定                         | MSS は、MCF8329A が閉ループで減速するのに十分な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 は逆方向閉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                               | MCF8329A 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 ( <a href="#">「リバースドライブ」</a> を参照)。逆方向のモーター速度が低すぎる場合、MCF8329A 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。 |
| <b>HIZ_EN 判定</b>   | 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)<br>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。   |
| <b>BRAKE_EN 判定</b>                                       | 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 ( <a href="#">セクション 7.3.10.4</a> を参照)。   |

ブレーキ ルーチン

MCF8329A 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、MCF8329A 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 つの方法は、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方法があります。ISD 動作については、ブートストラップ 電圧が UVLO スレッショルドを超えた後にのみ、本デバイスは ISD を開始します。

### 7.3.10.1 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、MCF8329A 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。

### 7.3.10.2 モーターの再同期化

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、MCF8329A 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)。MCF8329A 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。

### 7.3.10.3 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、命令された方向と反対であると ISD が判断した場合、MCF8329A 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閉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)。MCF8329A では、REV\_DRV\_CONFIG を設定することで、正方向パラメータを使う方法と、それとは別のリバースドライブ パラメータ セットを使う方法のどちらかを選択できます。

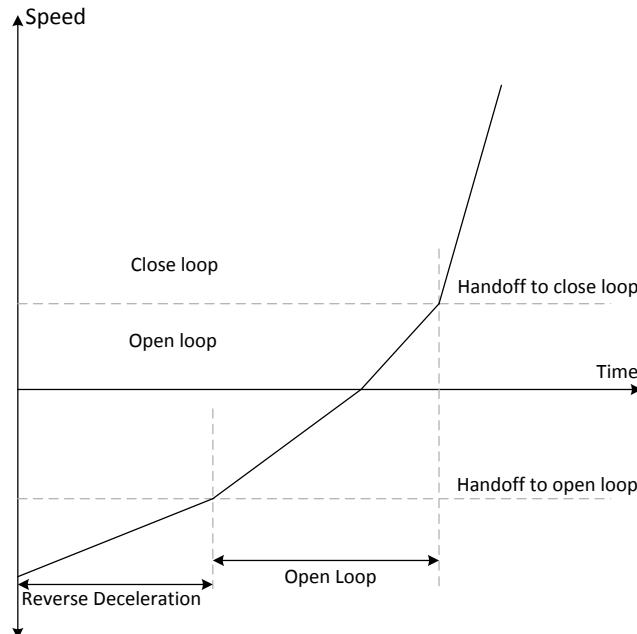


図 7-20. リバース ドライブ機能

#### 7.3.10.3.1 リバース ドライブ チューニング

MCF8329A には、リバース ドライブの開ループ - 閉ループ ハンドオフ スレッショルド、開ループ 加速度 (正負)、開ループ 電流制限値を、フォワード ドライブ動作で使われる値とは異なる値に調整する機能を備えています。リバース ドライブ 固有のパラメータは、REV\_DRV\_CONFIG を 1b に設定することで使用できます。REV\_DRV\_CONFIG が 0b に設定されている場合、MCF8329A は、フォワード ドライブ動作のために設定されたものと同じパラメータをリバース ドライブ動作時にも使います。

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度は、REV\_DRV\_OPEN\_LOOP\_ACCEL\_A1 と REV\_DRV\_OPEN\_LOOP\_ACCEL\_A2 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。

#### 7.3.10.4 モーター起動

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。

##### 7.3.10.4.1 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。MCF8329A 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。アライン中の位相パターンは ALIGN\_ANGLE に基づいて生成されます。MCF8329A では、アライン中の電流制限値は、ALIGN\_OR\_SLOW\_CURRENT\_LIMIT 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、MCF8329 は、ALIGN\_SLOW\_RAMP\_RATE によって設定された構成可能なレートで、デューティ・サイクルを 0 から電流制限値まで増加させます。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。

### 7.3.10.4.2 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  $180^\circ$  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、MCF8329A 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、MCF8329A は、第 1 のアラインの位相パターンより  $90^\circ$  進んだ第 2 のアラインの位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。

### 7.3.10.4.3 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。

#### 7.3.10.4.3.1 IPD の動作

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、MCF8329A 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。

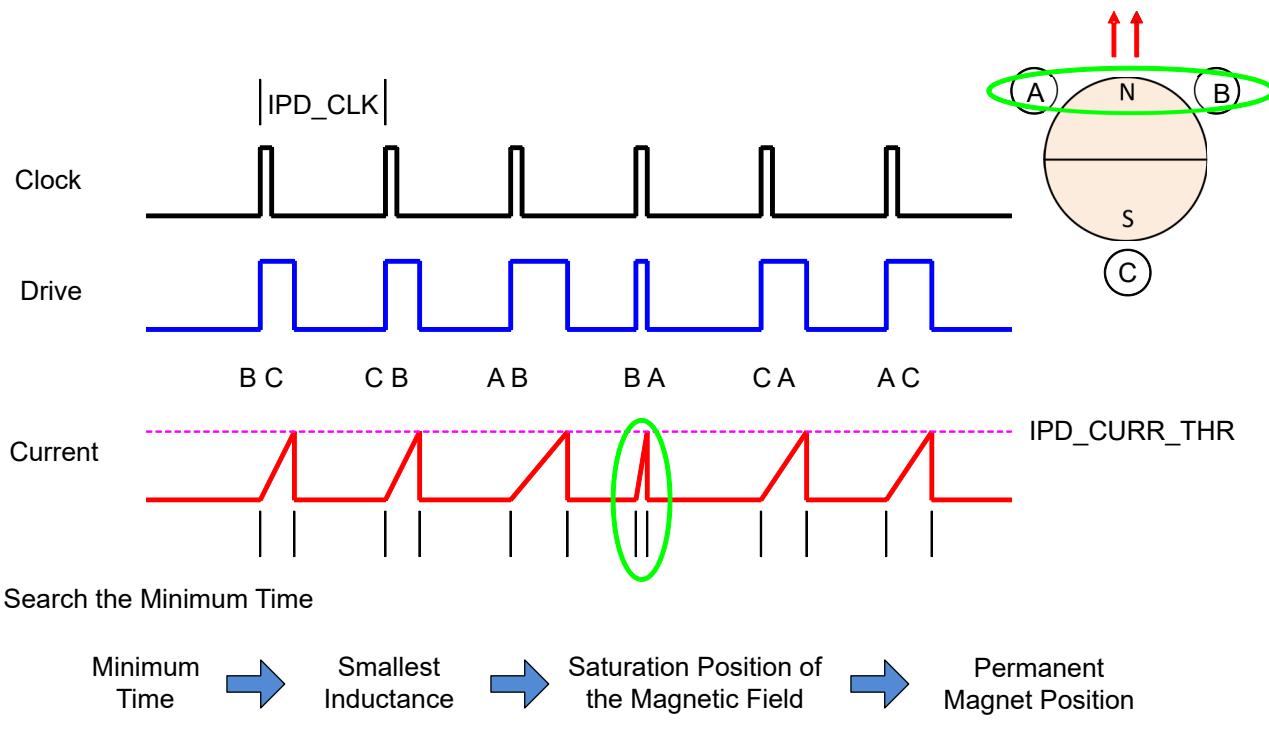


図 7-21. IPD の機能

### 注

設定可能な IPD\_CURR\_THR の最小値は、CSA\_GAIN の設定によって決まります。

- CSA\_GAIN = 40V/V の場合: 設定可能な IPD\_CURR\_THR の最小値は 20%
- CSA\_GAIN = 20V/V の場合: 設定可能な IPD\_CURR\_THR の最小値は 10%
- CSA\_GAIN = 10V/V の場合: 設定可能な IPD\_CURR\_THR の最小値は 5%
- CSA\_GAIN = 5V/V の場合: 設定可能な IPD\_CURR\_THR の最小値は 2.5%

#### 7.3.10.4.3.2 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・ダイオードを通っ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。

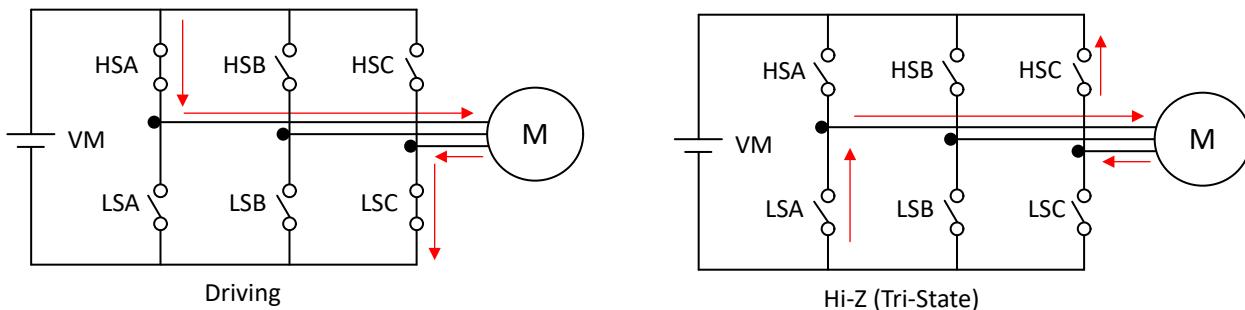


図 7-22. IPD 解放ハイ・インピーダンス・モード

#### 7.3.10.4.3.3 IPD アドバンス角度

初期位置が検出された後、MCF8329A 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  $0^\circ$ ~ $180^\circ$  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  $90^\circ$  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)。

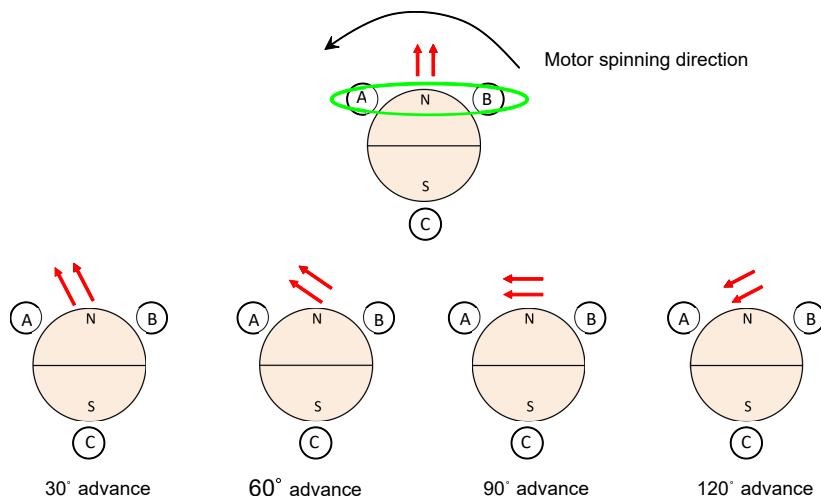


図 7-23. IPD アドバンス角度

#### 7.3.10.4.4 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、MCF8329A は、LOW\_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。

#### 7.3.10.4.5 オープン 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、MCF8329A 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)。

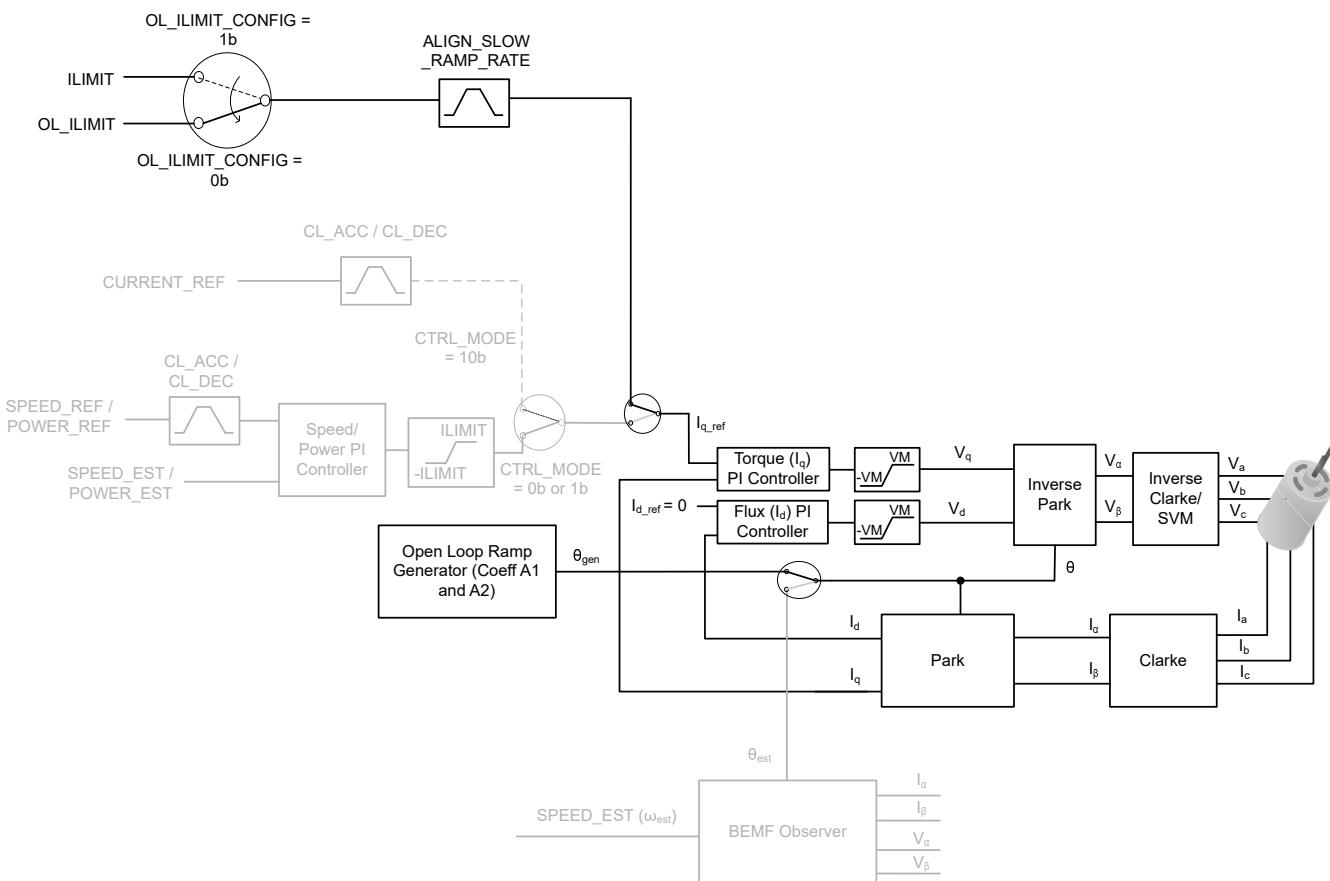


図 7-24. 開ループ

MCF8329A では、電流制限スレッショルドは OL\_ILIMIT\_CONFIG によって設定され、OL\_ILIMIT\_CONFIG の設定に基づいて ILIMIT または OL\_ILIMIT 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。MCF8329A 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。

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

#### 7.3.10.4.6 オープン ループからクローズ ループへの遷移

モーターの角度と速度を逆起電力オブザーバが推定するのに十分な速度にモーターが達すると、MCF8329A 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、遷移後、**theta\_error** ( $\Theta_{\text{gen}} - \Theta_{\text{est}}$ ) は直線的に減少します。**theta\_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\_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<sub>q</sub>\_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\_EN** の設定にかかわらず、**i<sub>q</sub>\_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  $\theta$  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、 $\theta$  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\_EN** が 1b に設定されている場合、電流 **i<sub>q</sub>\_ref** は電流減衰領域でより小さい値に減少します。**IQ\_RAMP\_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。

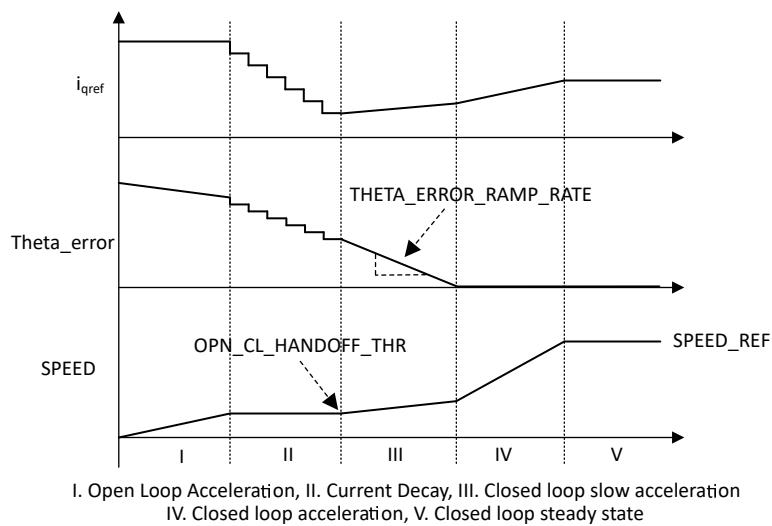


図 7-25. 開ループ - 閉ループ遷移の制御シーケンス

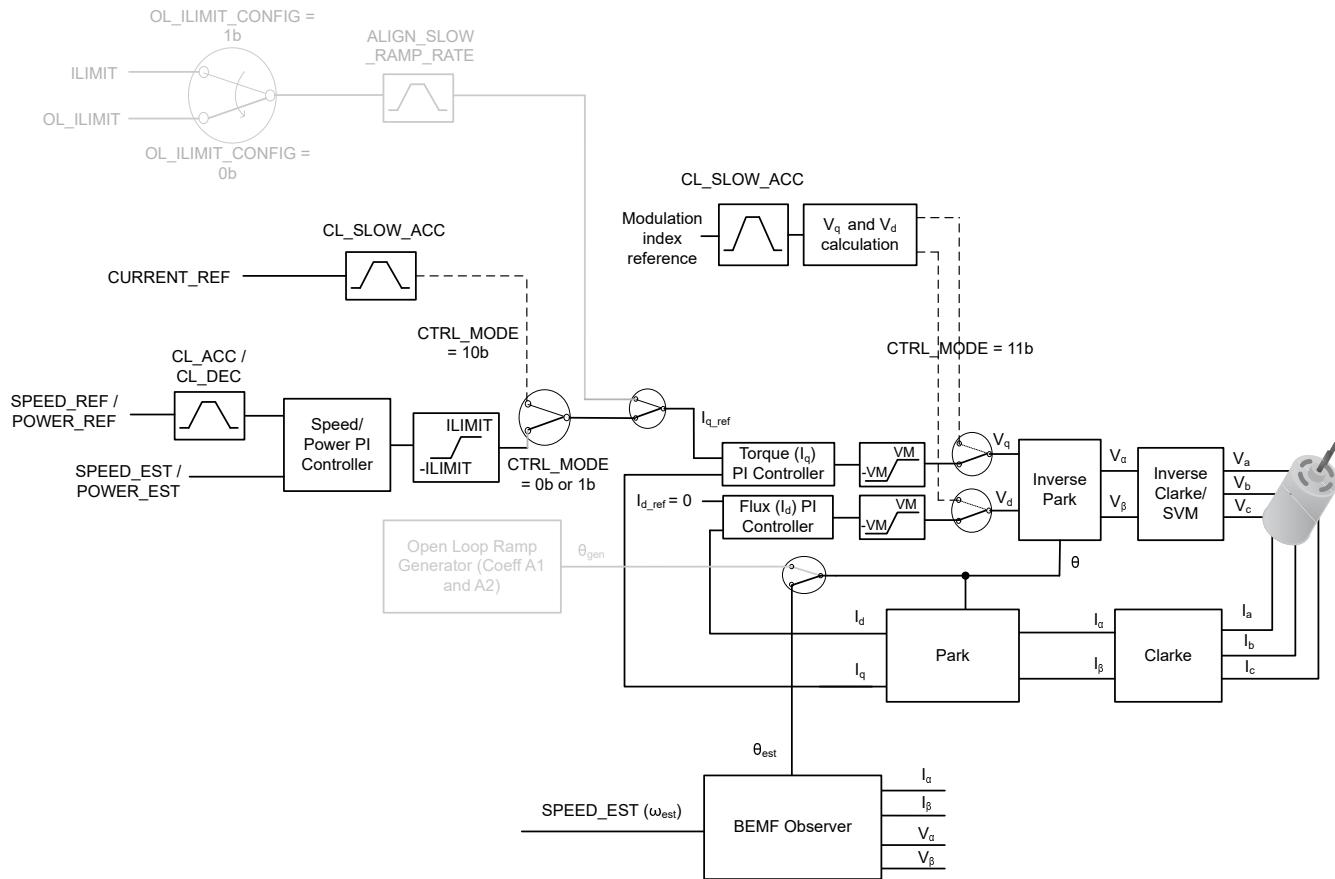


図 7-26. 開ループ - 閉ループ遷移の制御ブロック図

### 7.3.11 閉ループ制御

MCF8329A 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、逆起電力オブザーバを使ってモーターの角度 ( $\Theta_{est}$ ) と速度 (Speed\_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  $90^\circ$ ) します。フランクス減衰または 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。

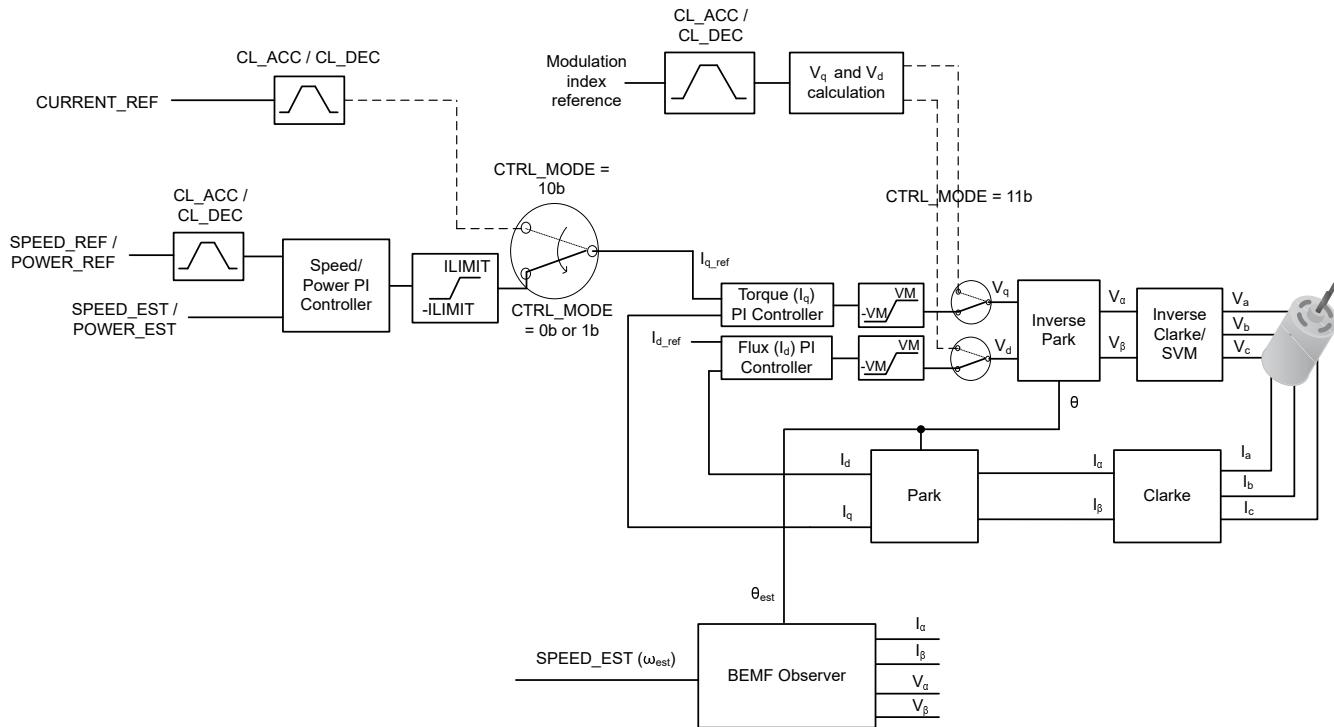


図 7-27. 閉ループ FOC 制御

### 7.3.11.1 閉ループ加速

MCF8329A では、閉ループ加速 / 減速中のリファレンス入力のスルーレートを設定できます。これにより、(アナログ、PWM、周波数、I<sup>2</sup>C からの) リファレンス入力が階段的に変化した場合でも、リファレンス入力 (速度、電力、電流、変調インデックス) を直線的に変化させることができます (図 7-28 を参照)。音響ノイズを引き起こす可能性がある、モーターに加わるトルクの急激な変化が起こらないように、このスルーレートを設定できます。閉ループ加速 / 減速スルーレート パラメータ (CL\_ACC/CL\_DEC) はそれぞれ加速 / 減速時のリファレンスのスルーレートを設定します (AVS がアクティブでない場合)。

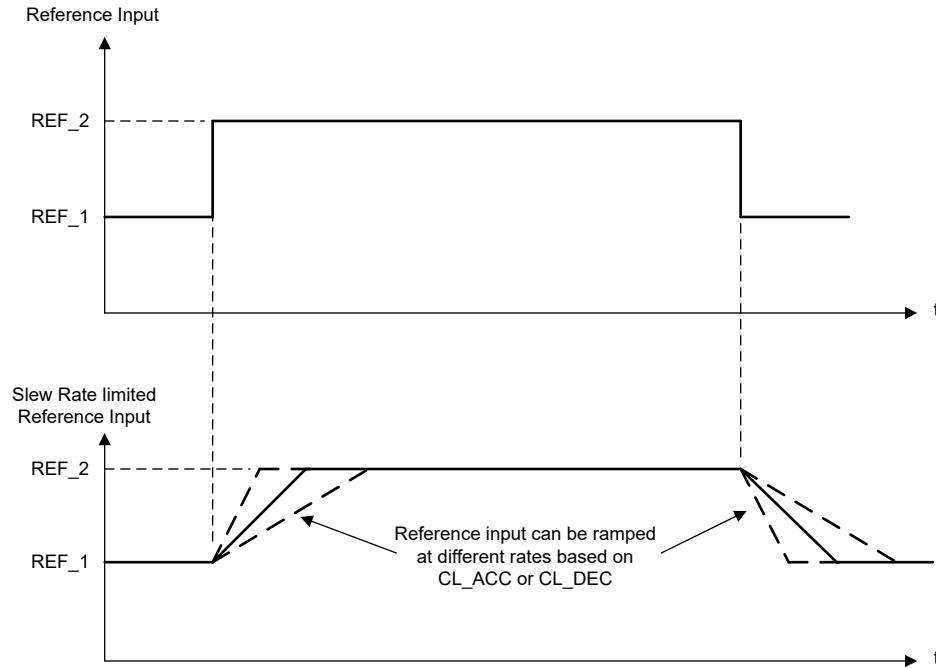


図 7-28. 閉ループ加速 / 減速スルーレート

### 7.3.11.2 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 は、デューティ コマンド入力と、ユーザーによって設定された速度プロファイルから導かれます。 SPEED\_MEAS は逆起電力オブザーバによる推定速度です。

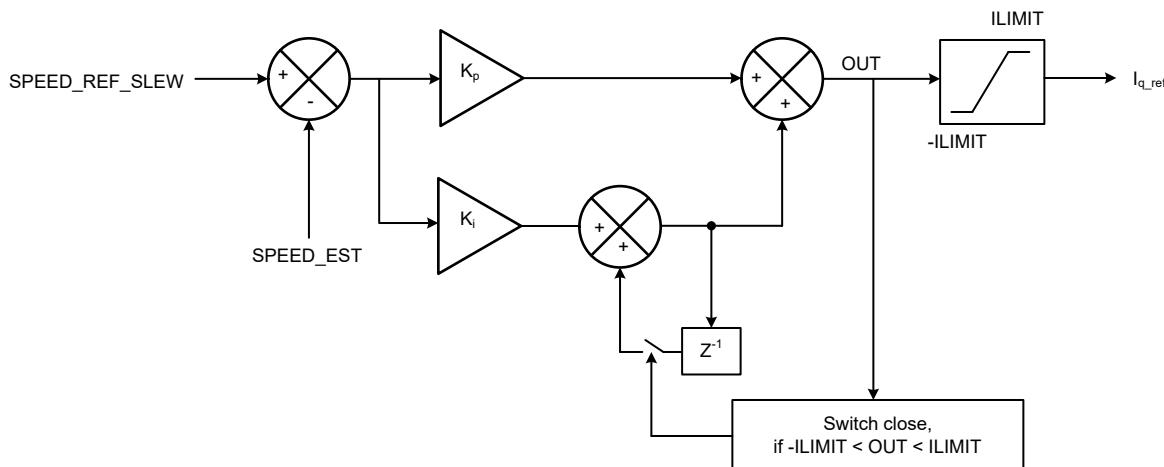


図 7-29. 速度 PI 制御

### 7.3.11.3 電流 PI 制御

MCF8329A 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 ( $V_M$ ) にクランプされます。 $I_d$  電流 PI ループが最初に実行され、 $I_d$  電流 PI ループの出力 ( $V_d$ ) が飽和しているかどうかがチェックされます。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。

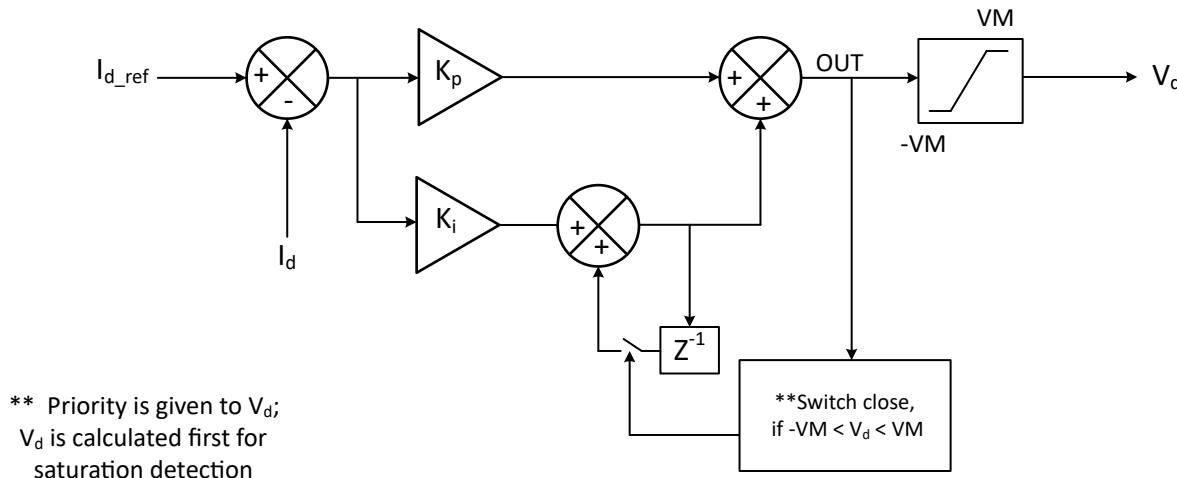


図 7-30.  $I_d$  電流 PI 制御

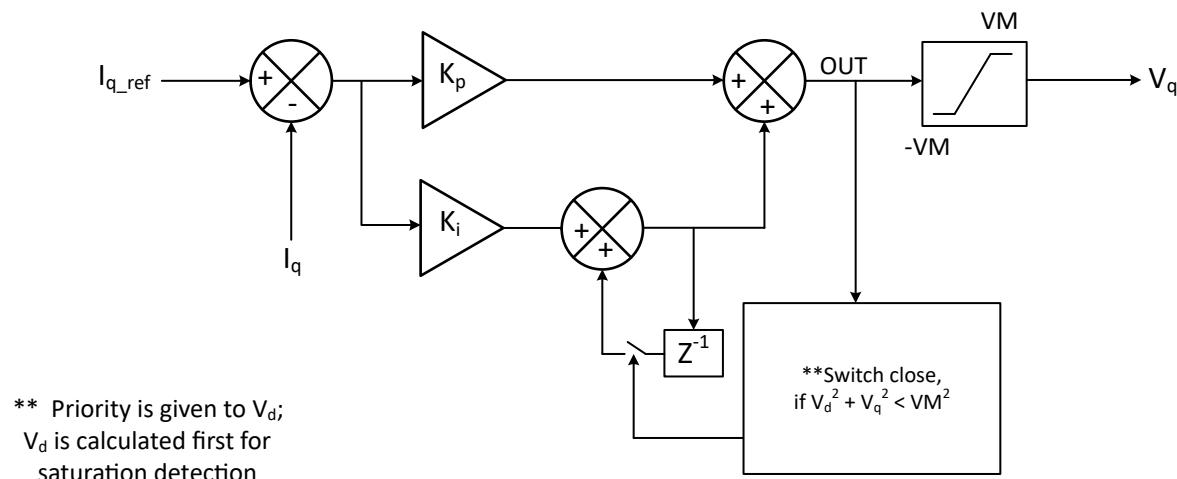


図 7-31.  $I_q$  電流 PI 制御

### 7.3.11.4 電力ループ

MCF8329A は、閉ループ電力制御のために、モーター速度の代わりに (入力 DC) 電力をレギュレートする機能を備えています。CTRL\_MODE を 01b に設定することで、(モーター速度ではなく) 入力電力レギュレーション モードが選択されます。MCF8329A が DC 入力電源から引き出すことができる最大電力は、MAX\_POWER によって設定されます。電力ループの  $K_p$  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。

$$POWER\ REF(W) = DUTY\ CMD \times Maximum\ Power\ (W) \quad (9)$$

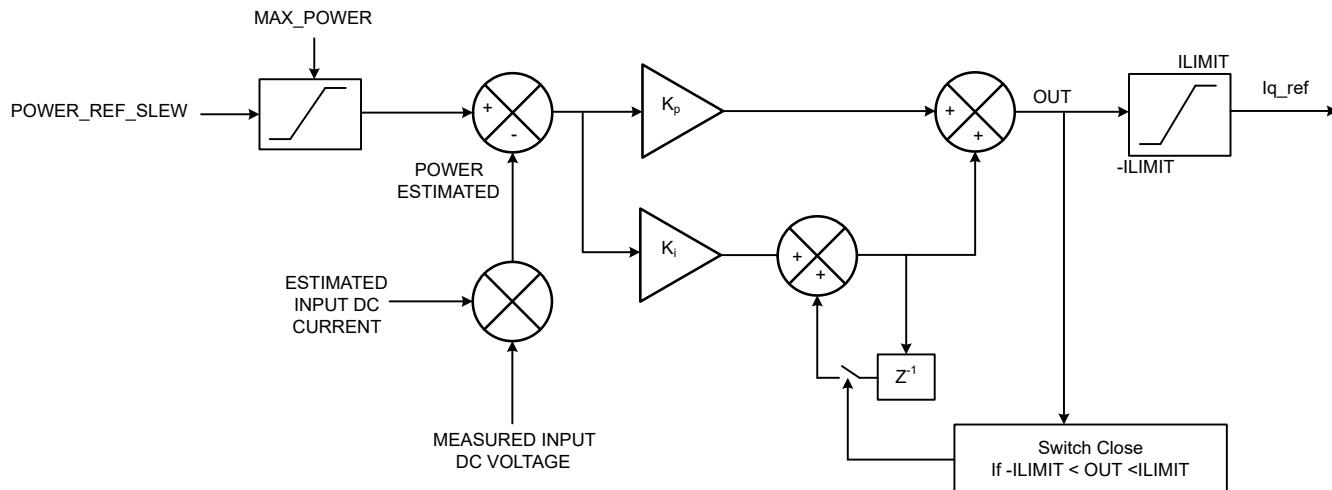


図 7-32. 閉ループ電力制御

### 7.3.11.5 変調インデックス制御

MCF8329A 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、ユーザー一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。

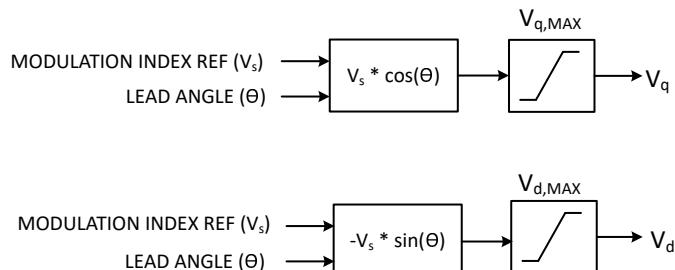


図 7-33. 開ループ電圧制御

### 注

- 変調制御モードでサポートされる最大変調インデックス (Vs) は、DIG\_DEAD\_TIME、SINGLE\_SHUNT\_BLANKING\_TIMES、PWM\_FREQ\_OUT の設定で決まります。
- MCF8329A は、変調インデックス制御モード中の還流停止モードをサポートするように設計されています。

### 7.3.12 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。MCF8329A 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。

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

$L_q$  と  $L_d$  は D 軸と Q 軸のインダクタンスです。 $i_q$  は Q 軸の電流、 $\psi_m$  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。

### 7.3.13 フラックス減衰制御

PMSM モータは、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に、MCF8329A 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  $I_{dref}$  を生成します。フラックス減衰ループの  $K_p$  および  $K_i$  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 ( $I_{d_FW}$ ) 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、 $i_q^2 + i_d^2$  は ILIMIT に制限されます。 $I_{d_FW}$  の絶対値が増加すると、循環制限を満たすため、 $i_q$  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  $I_{d_FW}$  がゼロになる変調インデックスリファレンス  $V_{s\_ref}$ （式 11 を参照）を設定できます。この設定はビット FLUX\_WEAKENING\_REFERENCE で利用できます。

$$V_{s\_ref} = \sqrt{V_{q\_ref}^2 + V_{d\_ref}^2} \quad (11)$$

$I_{dref}$  は、ゼロまたは、フラックス減衰の  $i_d$  リファレンスと MTPA の  $i_d$  リファレンスの小さい方となります。変数 FLUX\_MODE\_REFERENCE は揮発性メモリ（RAM）内で利用でき、ゼロ以外の値で  $I_{d_FW}$  と  $I_{d_MTPA}$  を上書きできます。

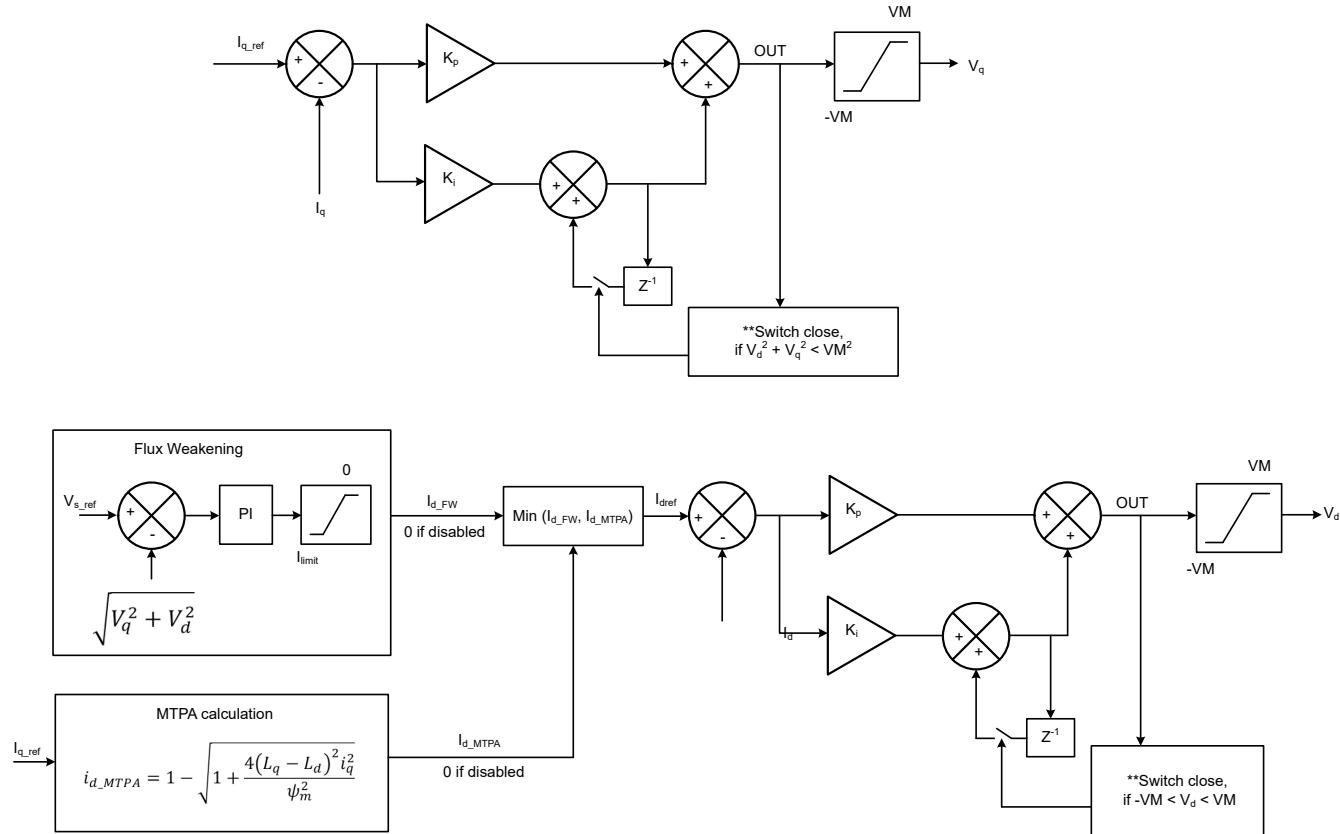


図 7-34. フラックス減衰制御

### 7.3.14 モーター パラメータ

MCF8329A 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。MCF8329A は、オフライン状態でモーター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、）モーター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。このオフラインモーター パラメータ測定機能は、モーターの製造時のばらつきを考慮に入れる上で役立ちます。

#### 7.3.14.1 モーター抵抗

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（図 7-35 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（図 7-35）における等価な位相 - センタータップ間抵抗を指します。

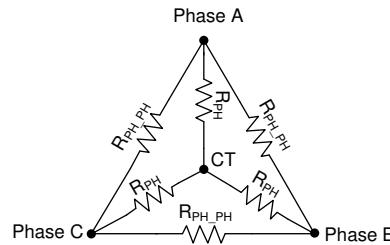


図 7-35. モーター抵抗

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) | $R_{PH}$ ( $\Omega$ ) |
|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 0x00            | 無効                    | 0x40            | 0.145                 | 0x80            | 0.465                 | 0xC0            | 2.1                   |
| 0x01            | 0.006                 | 0x41            | 0.150                 | 0x81            | 0.470                 | 0xC1            | 2.2                   |
| 0x02            | 0.007                 | 0x42            | 0.155                 | 0x82            | 0.475                 | 0xC2            | 2.3                   |
| 0x03            | 0.008                 | 0x43            | 0.160                 | 0x83            | 0.480                 | 0xC3            | 2.4                   |
| 0x04            | 0.009                 | 0x44            | 0.165                 | 0x84            | 0.485                 | 0xC4            | 2.5                   |
| 0x05            | 0.010                 | 0x45            | 0.170                 | 0x85            | 0.490                 | 0xC5            | 2.6                   |
| 0x06            | 0.011                 | 0x46            | 0.175                 | 0x86            | 0.495                 | 0xC6            | 2.7                   |
| 0x07            | 0.012                 | 0x47            | 0.180                 | 0x87            | 0.50                  | 0xC7            | 2.8                   |
| 0x08            | 0.013                 | 0x48            | 0.185                 | 0x88            | 0.51                  | 0xC8            | 2.9                   |
| 0x09            | 0.014                 | 0x49            | 0.190                 | 0x89            | 0.52                  | 0xC9            | 3.0                   |
| 0x0A            | 0.015                 | 0x4A            | 0.195                 | 0x8A            | 0.53                  | 0xCA            | 3.2                   |
| 0x0B            | 0.016                 | 0x4B            | 0.200                 | 0x8B            | 0.54                  | 0xCB            | 3.4                   |
| 0x0C            | 0.017                 | 0x4C            | 0.205                 | 8x0C            | 0.55                  | 0xCC            | 3.6                   |
| 0x0D            | 0.018                 | 0x4D            | 0.210                 | 8x0D            | 0.56                  | 0xCD            | 3.8                   |
| 0x0E            | 0.019                 | 0x4E            | 0.215                 | 0x8E            | 0.57                  | 0xCE            | 4.0                   |
| 0x0F            | 0.020                 | 0x4F            | 0.220                 | 0x8F            | 0.58                  | 0xCF            | 4.2                   |
| 0x10            | 0.022                 | 0x50            | 0.225                 | 0x90            | 0.59                  | 0xD0            | 4.4                   |
| 0x11            | 0.024                 | 0x51            | 0.230                 | 0x91            | 0.60                  | 0xD1            | 4.6                   |
| 0x12            | 0.026                 | 0x52            | 0.235                 | 0x92            | 0.61                  | 0xD2            | 4.8                   |
| 0x13            | 0.028                 | 0x53            | 0.240                 | 0x93            | 0.62                  | 0xD3            | 5.0                   |
| 0x14            | 0.030                 | 0x54            | 0.245                 | 0x94            | 0.63                  | 0xD4            | 5.2                   |
| 0x15            | 0.032                 | 0x55            | 0.250                 | 0x95            | 0.64                  | 0xD5            | 5.4                   |
| 0x16            | 0.034                 | 0x56            | 0.255                 | 0x96            | 0.65                  | 0xD6            | 5.6                   |
| 0x17            | 0.036                 | 0x57            | 0.260                 | 0x97            | 0.66                  | 0xD7            | 5.8                   |
| 0x18            | 0.038                 | 0x58            | 0.265                 | 0x98            | 0.67                  | 0xD8            | 6.0                   |
| 0x19            | 0.040                 | 0x59            | 0.270                 | 0x99            | 0.68                  | 0xD9            | 6.2                   |
| 0x1A            | 0.042                 | 5x0A            | 0.275                 | 0x9A            | 0.69                  | 0xDA            | 6.4                   |
| 0x1B            | 0.044                 | 0x5B            | 0.280                 | 0x9B            | 0.70                  | 0xDB            | 6.6                   |
| 0x1C            | 0.046                 | 0x5C            | 0.285                 | 0x9C            | 0.72                  | 0xDC            | 6.8                   |
| 0x1D            | 0.048                 | 0x5D            | 0.290                 | 0x9D            | 0.74                  | 0xDD            | 7.0                   |
| 0x1E            | 0.050                 | 0x5E            | 0.295                 | 0x9E            | 0.76                  | 0xDE            | 7.2                   |
| 0x1F            | 0.052                 | 0x5F            | 0.300                 | 0x9F            | 0.78                  | 0xDF            | 7.4                   |
| 0x20            | 0.054                 | 0x60            | 0.305                 | 0xA0            | 0.80                  | 0xE0            | 7.6                   |
| 0x21            | 0.056                 | 0x61            | 0.310                 | 0xA1            | 0.82                  | 0xE1            | 7.8                   |
| 0x22            | 0.058                 | 0x62            | 0.315                 | 0xA2            | 0.84                  | 0xE2            | 8.0                   |
| 0x23            | 0.060                 | 0x63            | 0.320                 | 0xA3            | 0.86                  | 0xE3            | 8.2                   |
| 0x24            | 0.062                 | 0x64            | 0.325                 | 0xA4            | 0.88                  | 0xE4            | 8.4                   |
| 0x25            | 0.064                 | 0x65            | 0.330                 | 0xA5            | 0.90                  | 0xE5            | 8.6                   |
| 0x26            | 0.066                 | 0x66            | 0.335                 | 0xA6            | 0.92                  | 0xE6            | 8.8                   |

表 7-2. モーター抵抗の参照表 (続き)

| MOTOR_RES (16進) | R <sub>PH</sub> (Ω) |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 0x27            | 0.068               | 0x67            | 0.340               | 0xA7            | 0.94                | 0xE7            | 9                   |
| 0x28            | 0.070               | 0x68            | 0.345               | 0xA8            | 0.96                | 0xE8            | 9.2                 |
| 0x29            | 0.072               | 0x69            | 0.350               | 0xA9            | 0.98                | 0xE9            | 9.4                 |
| 0x2A            | 0.074               | 0x6A            | 0.355               | 0xAA            | 1.00                | 0xEA            | 9.6                 |
| 0x2B            | 0.076               | 0x6B            | 0.360               | 0xAB            | 1.05                | 0xEB            | 9.8                 |
| 0x2C            | 0.078               | 0x6C            | 0.365               | 0xAC            | 1.10                | 0xEC            | 10.0                |
| 0x2D            | 0.080               | 0x6D            | 0.370               | 0xAD            | 1.15                | 0xED            | 10.5                |
| 0x2E            | 0.082               | 0x6E            | 0.375               | 0xAE            | 1.20                | 0xEE            | 11.0                |
| 0x2F            | 0.084               | 0x6F            | 0.380               | 0xAF            | 1.25                | 0xEF            | 11.5                |
| 0x30            | 0.086               | 0x70            | 0.385               | 0xB0            | 1.30                | 0xF0            | 12.0                |
| 0x31            | 0.088               | 0x71            | 0.390               | 0xB1            | 1.35                | 0xF1            | 12.5                |
| 0x32            | 0.090               | 0x72            | 0.395               | 0xB2            | 1.40                | 0xF2            | 13.0                |
| 0x33            | 0.092               | 0x73            | 0.400               | 0xB3            | 1.45                | 0xF3            | 13.5                |
| 0x34            | 0.094               | 0x74            | 0.405               | 0xB4            | 1.50                | 0xF4            | 14.0                |
| 0x35            | 0.096               | 0x75            | 0.410               | 0xB5            | 1.55                | 0xF5            | 14.5                |
| 0x36            | 0.098               | 0x76            | 0.415               | 0xB6            | 1.60                | 0xF6            | 15.0                |
| 0x37            | 0.100               | 0x77            | 0.420               | 0xB7            | 1.65                | 0xF7            | 15.5                |
| 0x38            | 0.105               | 0x78            | 0.425               | 0xB8            | 1.70                | 0xF8            | 16.0                |
| 0x39            | 0.110               | 0x79            | 0.430               | 0xB9            | 1.75                | 0xF9            | 16.5                |
| 0x3A            | 0.115               | 0x7A            | 0.435               | 0xBA            | 1.80                | 0xFA            | 17.0                |
| 0x3B            | 0.120               | 0x7B            | 0.440               | 0xBB            | 1.85                | 0xFB            | 17.5                |
| 0x3C            | 0.125               | 0x7C            | 0.445               | 0xBC            | 1.90                | 0xFC            | 18.0                |
| 0x3D            | 0.130               | 0x7D            | 0.450               | 0xBD            | 1.95                | 0xFD            | 18.5                |
| 0x3E            | 0.135               | 0x7E            | 0.455               | 0xBE            | 2.00                | 0xFE            | 19.0                |
| 0x3F            | 0.140               | 0x7F            | 0.460               | 0xBF            | 2.05                | 0xFF            | 20.0                |

### 7.3.14.2 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 (図 7-36 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 (図 7-36) 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。

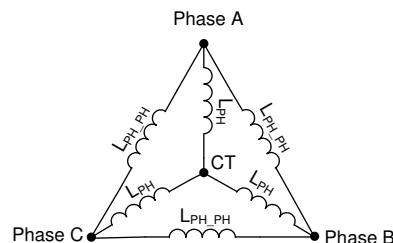


図 7-36. モーターインダクタンス

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 <sub>PH</sub> (mH) |
|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| 0x00            | 無効                   | 0x40            | 0.145                | 0x80            | 0.465                | 0xC0            | 2.1                  |
| 0x01            | 0.006                | 0x41            | 0.150                | 0x81            | 0.470                | 0xC1            | 2.2                  |
| 0x02            | 0.007                | 0x42            | 0.155                | 0x82            | 0.475                | 0xC2            | 2.3                  |
| 0x03            | 0.008                | 0x43            | 0.160                | 0x83            | 0.480                | 0xC3            | 2.4                  |
| 0x04            | 0.009                | 0x44            | 0.165                | 0x84            | 0.485                | 0xC4            | 2.5                  |
| 0x05            | 0.010                | 0x45            | 0.170                | 0x85            | 0.490                | 0xC5            | 2.6                  |
| 0x06            | 0.011                | 0x46            | 0.175                | 0x86            | 0.495                | 0xC6            | 2.7                  |
| 0x07            | 0.012                | 0x47            | 0.180                | 0x87            | 0.50                 | 0xC7            | 2.8                  |
| 0x08            | 0.013                | 0x48            | 0.185                | 0x88            | 0.51                 | 0xC8            | 2.9                  |
| 0x09            | 0.014                | 0x49            | 0.190                | 0x89            | 0.52                 | 0xC9            | 3.0                  |
| 0x0A            | 0.015                | 0x4A            | 0.195                | 0x8A            | 0.53                 | 0xCA            | 3.2                  |
| 0x0B            | 0.016                | 0x4B            | 0.200                | 0x8B            | 0.54                 | 0xCB            | 3.4                  |
| 0x0C            | 0.017                | 0x4C            | 0.205                | 8x0C            | 0.55                 | 0xCC            | 3.6                  |
| 0x0D            | 0.018                | 0x4D            | 0.210                | 8x0D            | 0.56                 | 0xCD            | 3.8                  |
| 0x0E            | 0.019                | 0x4E            | 0.215                | 0x8E            | 0.57                 | 0xCE            | 4.0                  |
| 0x0F            | 0.020                | 0x4F            | 0.220                | 0x8F            | 0.58                 | 0xCF            | 4.2                  |
| 0x10            | 0.022                | 0x50            | 0.225                | 0x90            | 0.59                 | 0xD0            | 4.4                  |
| 0x11            | 0.024                | 0x51            | 0.230                | 0x91            | 0.60                 | 0xD1            | 4.6                  |
| 0x12            | 0.026                | 0x52            | 0.235                | 0x92            | 0.61                 | 0xD2            | 4.8                  |
| 0x13            | 0.028                | 0x53            | 0.240                | 0x93            | 0.62                 | 0xD3            | 5.0                  |
| 0x14            | 0.030                | 0x54            | 0.245                | 0x94            | 0.63                 | 0xD4            | 5.2                  |
| 0x15            | 0.032                | 0x55            | 0.250                | 0x95            | 0.64                 | 0xD5            | 5.4                  |
| 0x16            | 0.034                | 0x56            | 0.255                | 0x96            | 0.65                 | 0xD6            | 5.6                  |
| 0x17            | 0.036                | 0x57            | 0.260                | 0x97            | 0.66                 | 0xD7            | 5.8                  |
| 0x18            | 0.038                | 0x58            | 0.265                | 0x98            | 0.67                 | 0xD8            | 6.0                  |
| 0x19            | 0.040                | 0x59            | 0.270                | 0x99            | 0.68                 | 0xD9            | 6.2                  |
| 0x1A            | 0.042                | 5x0A            | 0.275                | 0x9A            | 0.69                 | 0xDA            | 6.4                  |
| 0x1B            | 0.044                | 0x5B            | 0.280                | 0x9B            | 0.70                 | 0xDB            | 6.6                  |
| 0x1C            | 0.046                | 0x5C            | 0.285                | 0x9C            | 0.72                 | 0xDC            | 6.8                  |
| 0x1D            | 0.048                | 0x5D            | 0.290                | 0x9D            | 0.74                 | 0xDD            | 7.0                  |
| 0x1E            | 0.050                | 0x5E            | 0.295                | 0x9E            | 0.76                 | 0xDE            | 7.2                  |
| 0x1F            | 0.052                | 0x5F            | 0.300                | 0x9F            | 0.78                 | 0xDF            | 7.4                  |
| 0x20            | 0.054                | 0x60            | 0.305                | 0xA0            | 0.80                 | 0xE0            | 7.6                  |
| 0x21            | 0.056                | 0x61            | 0.310                | 0xA1            | 0.82                 | 0xE1            | 7.8                  |
| 0x22            | 0.058                | 0x62            | 0.315                | 0xA2            | 0.84                 | 0xE2            | 8.0                  |
| 0x23            | 0.060                | 0x63            | 0.320                | 0xA3            | 0.86                 | 0xE3            | 8.2                  |
| 0x24            | 0.062                | 0x64            | 0.325                | 0xA4            | 0.88                 | 0xE4            | 8.4                  |
| 0x25            | 0.064                | 0x65            | 0.330                | 0xA5            | 0.90                 | 0xE5            | 8.6                  |
| 0x26            | 0.066                | 0x66            | 0.335                | 0xA6            | 0.92                 | 0xE6            | 8.8                  |
| 0x27            | 0.068                | 0x67            | 0.340                | 0xA7            | 0.94                 | 0xE7            | 9                    |
| 0x28            | 0.070                | 0x68            | 0.345                | 0xA8            | 0.96                 | 0xE8            | 9.2                  |
| 0x29            | 0.072                | 0x69            | 0.350                | 0xA9            | 0.98                 | 0xE9            | 9.4                  |
| 0x2A            | 0.074                | 0x6A            | 0.355                | 0xAA            | 1.00                 | 0xEA            | 9.6                  |
| 0x2B            | 0.076                | 0x6B            | 0.360                | 0xAB            | 1.05                 | 0xEB            | 9.8                  |

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 <sub>PH</sub> (mH) |
|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| 0x2C            | 0.078                | 0x6C            | 0.365                | 0xAC            | 1.10                 | 0xEC            | 10.0                 |
| 0x2D            | 0.080                | 0x6D            | 0.370                | 0xAD            | 1.15                 | 0xED            | 10.5                 |
| 0x2E            | 0.082                | 0x6E            | 0.375                | 0xAE            | 1.20                 | 0xEE            | 11.0                 |
| 0x2F            | 0.084                | 0x6F            | 0.380                | 0xAF            | 1.25                 | 0xEF            | 11.5                 |
| 0x30            | 0.086                | 0x70            | 0.385                | 0xB0            | 1.30                 | 0xF0            | 12.0                 |
| 0x31            | 0.088                | 0x71            | 0.390                | 0xB1            | 1.35                 | 0xF1            | 12.5                 |
| 0x32            | 0.090                | 0x72            | 0.395                | 0xB2            | 1.40                 | 0xF2            | 13.0                 |
| 0x33            | 0.092                | 0x73            | 0.400                | 0xB3            | 1.45                 | 0xF3            | 13.5                 |
| 0x34            | 0.094                | 0x74            | 0.405                | 0xB4            | 1.50                 | 0xF4            | 14.0                 |
| 0x35            | 0.096                | 0x75            | 0.410                | 0xB5            | 1.55                 | 0xF5            | 14.5                 |
| 0x36            | 0.098                | 0x76            | 0.415                | 0xB6            | 1.60                 | 0xF6            | 15.0                 |
| 0x37            | 0.100                | 0x77            | 0.420                | 0xB7            | 1.65                 | 0xF7            | 15.5                 |
| 0x38            | 0.105                | 0x78            | 0.425                | 0xB8            | 1.70                 | 0xF8            | 16.0                 |
| 0x39            | 0.110                | 0x79            | 0.430                | 0xB9            | 1.75                 | 0xF9            | 16.5                 |
| 0x3A            | 0.115                | 0x7A            | 0.435                | 0xBA            | 1.80                 | 0xFA            | 17.0                 |
| 0x3B            | 0.120                | 0x7B            | 0.440                | 0xBB            | 1.85                 | 0xFB            | 17.5                 |
| 0x3C            | 0.125                | 0x7C            | 0.445                | 0xBC            | 1.90                 | 0xFC            | 18.0                 |
| 0x3D            | 0.130                | 0x7D            | 0.450                | 0xBD            | 1.95                 | 0xFD            | 18.5                 |
| 0x3E            | 0.135                | 0x7E            | 0.455                | 0xBE            | 2.00                 | 0xFE            | 19.0                 |
| 0x3F            | 0.140                | 0x7F            | 0.460                | 0xBF            | 2.05                 | 0xFF            | 20.0                 |

### 7.3.14.3 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 (図 7-37 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 (図 7-37) における等価な位相 - センタータップ間 BEMF を指します。

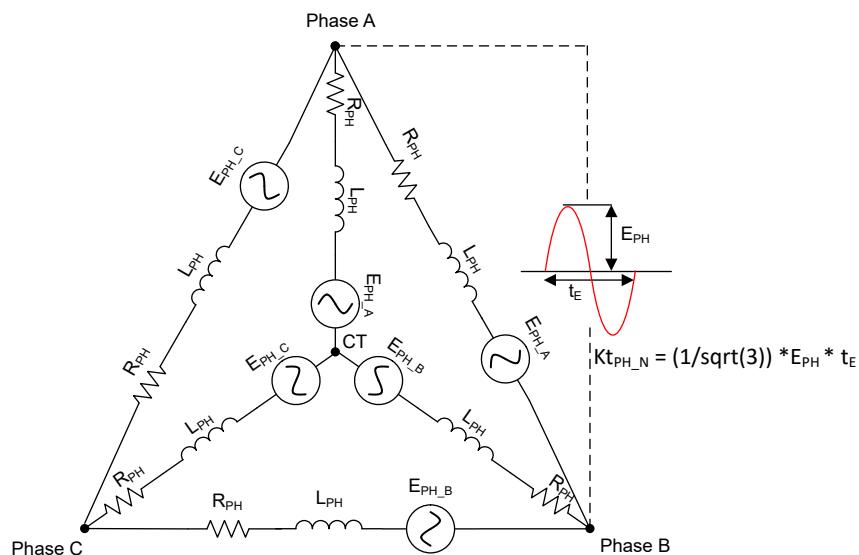


図 7-37. モーター逆起電力定数

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  $Kt_{PH\_N}$  を得る簡単な方法は、2 つの位相端子間の 1 電気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 電気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)。

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

モーター BEMF 定数 ( $Kt_{PH\_N}$ ) 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) | Kt <sub>PH_N</sub> (mV/Hz)         | MOTOR_BEMF_CONST (16 進) | Kt <sub>PH_N</sub> (mV/Hz) | MOTOR_BEMF_CONST (16 進) | Kt <sub>PH_N</sub> (mV/Hz) | MOTOR_BEMF_CONST (16 進) | Kt <sub>PH_N</sub> (mV/Hz) |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 0x00                    | 自己測定 (モーター パラメータ 抽出ツール (MPET) を参考) | 0x40                    | 14.5                       | 0x80                    | 46.5                       | 0xC0                    | 210                        |
| 0x01                    | 0.6                                | 0x41                    | 15.0                       | 0x81                    | 47.0                       | 0xC1                    | 220                        |
| 0x02                    | 0.7                                | 0x42                    | 15.5                       | 0x82                    | 47.5                       | 0xC2                    | 230                        |
| 0x03                    | 0.8                                | 0x43                    | 16.0                       | 0x83                    | 48.0                       | 0xC3                    | 240                        |
| 0x04                    | 0.9                                | 0x44                    | 16.5                       | 0x84                    | 48.5                       | 0xC4                    | 250                        |
| 0x05                    | 1.0                                | 0x45                    | 17.0                       | 0x85                    | 49.0                       | 0xC5                    | 260                        |
| 0x06                    | 1.1                                | 0x46                    | 17.5                       | 0x86                    | 49.5                       | 0xC6                    | 270                        |
| 0x07                    | 1.2                                | 0x47                    | 18.0                       | 0x87                    | 50.0                       | 0xC7                    | 280                        |
| 0x08                    | 1.3                                | 0x48                    | 18.5                       | 0x88                    | 51                         | 0xC8                    | 290                        |
| 0x09                    | 1.4                                | 0x49                    | 19.0                       | 0x89                    | 52                         | 0xC9                    | 300                        |
| 0x0A                    | 1.5                                | 0x4A                    | 19.5                       | 0x8A                    | 53                         | 0xCA                    | 320                        |
| 0x0B                    | 1.6                                | 0x4B                    | 20.0                       | 0x8B                    | 54                         | 0xCB                    | 340                        |
| 0x0C                    | 1.7                                | 0x4C                    | 20.5                       | 0x8C                    | 55                         | 0xCC                    | 360                        |
| 0x0D                    | 1.8                                | 0x4D                    | 21.0                       | 0x8D                    | 56                         | 0xCD                    | 380                        |
| 0x0E                    | 1.9                                | 0x4E                    | 21.5                       | 0x8E                    | 57                         | 0xCE                    | 400                        |
| 0x0F                    | 2.0                                | 0x4F                    | 22.0                       | 0x8F                    | 58                         | 0xCF                    | 420                        |
| 0x10                    | 2.2                                | 0x50                    | 22.5                       | 0x90                    | 59                         | 0xD0                    | 440                        |
| 0x11                    | 2.4                                | 0x51                    | 23.0                       | 0x91                    | 60                         | 0xD1                    | 460                        |
| 0x12                    | 2.6                                | 0x52                    | 23.5                       | 0x92                    | 61                         | 0xD2                    | 480                        |
| 0x13                    | 2.8                                | 0x53                    | 24.0                       | 0x93                    | 62                         | 0xD3                    | 500                        |
| 0x14                    | 3.0                                | 0x54                    | 24.5                       | 0x94                    | 63                         | 0xD4                    | 520                        |
| 0x15                    | 3.2                                | 0x55                    | 25.0                       | 0x95                    | 64                         | 0xD5                    | 540                        |
| 0x16                    | 3.4                                | 0x56                    | 25.5                       | 0x96                    | 65                         | 0xD6                    | 560                        |
| 0x17                    | 3.6                                | 0x57                    | 26.0                       | 0x97                    | 66                         | 0xD7                    | 580                        |
| 0x18                    | 3.8                                | 0x58                    | 26.5                       | 0x98                    | 67                         | 0xD8                    | 600                        |
| 0x19                    | 4.0                                | 0x59                    | 27.0                       | 0x99                    | 68                         | 0xD9                    | 620                        |
| 0x1A                    | 4.2                                | 0x5A                    | 27.5                       | 0x9A                    | 69                         | 0xDA                    | 640                        |
| 0x1B                    | 4.4                                | 0x5B                    | 28.0                       | 0x9B                    | 70                         | 0xDB                    | 660                        |
| 0x1C                    | 4.6                                | 0x5C                    | 28.5                       | 0x9C                    | 72                         | 0xDC                    | 680                        |
| 0x1D                    | 4.8                                | 0x5D                    | 29.0                       | 0x9D                    | 74                         | 0xDD                    | 700                        |
| 0x1E                    | 5.0                                | 0x5E                    | 29.5                       | 0x9E                    | 76                         | 0xDE                    | 720                        |
| 0x1F                    | 5.2                                | 0x5F                    | 30.0                       | 0x9F                    | 78                         | 0xDF                    | 740                        |
| 0x20                    | 5.4                                | 0x60                    | 30.5                       | 0xA0                    | 80                         | 0xE0                    | 760                        |

表 7-4. モーター BEMF 定数の参照テーブル (続き)

| MOTOR_BEMF_CONST (16 進) | KtPH_N (mV/Hz) |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0x21                    | 5.6            | 0x61                    | 31.0           | 0xA1                    | 82             | 0xE1                    | 780            |
| 0x22                    | 5.8            | 0x62                    | 31.5           | 0xA2                    | 84             | 0xE2                    | 800            |
| 0x23                    | 6.0            | 0x63                    | 32.0           | 0xA3                    | 86             | 0xE3                    | 820            |
| 0x24                    | 6.2            | 0x64                    | 32.5           | 0xA4                    | 88             | 0xE4                    | 840            |
| 0x25                    | 6.4            | 0x65                    | 33.0           | 0xA5                    | 90             | 0xE5                    | 860            |
| 0x26                    | 6.6            | 0x66                    | 33.5           | 0xA6                    | 92             | 0xE6                    | 880            |
| 0x27                    | 6.8            | 0x67                    | 34.0           | 0xA7                    | 94             | 0xE7                    | 900            |
| 0x28                    | 7.0            | 0x68                    | 34.5           | 0xA8                    | 96             | 0xE8                    | 920            |
| 0x29                    | 7.2            | 0x69                    | 35.0           | 0xA9                    | 98             | 0xE9                    | 940            |
| 0x2A                    | 7.4            | 0x6A                    | 35.5           | 0xAA                    | 100            | 0xEA                    | 960            |
| 0x2B                    | 7.6            | 0x6B                    | 36.0           | 0xAB                    | 105            | 0xEB                    | 980            |
| 0x2C                    | 7.8            | 0x6C                    | 36.5           | 0xAC                    | 110            | 0xEC                    | 1000           |
| 0x2D                    | 8.0            | 0x6D                    | 37.0           | 0xAD                    | 115            | 0xED                    | 1050           |
| 0x2E                    | 8.2            | 0x6E                    | 37.5           | 0xAE                    | 120            | 0xEE                    | 1100           |
| 0x2F                    | 8.4            | 0x6F                    | 38.0           | 0xAF                    | 125            | 0xEF                    | 1150           |
| 0x30                    | 8.6            | 0x70                    | 38.5           | 0xB0                    | 130            | 0xF0                    | 1200           |
| 0x31                    | 8.8            | 0x71                    | 39.0           | 0xB1                    | 135            | 0xF1                    | 1250           |
| 0x32                    | 9.0            | 0x72                    | 39.5           | 0xB2                    | 140            | 0xF2                    | 1300           |
| 0x33                    | 9.2            | 0x73                    | 40.0           | 0xB3                    | 145            | 0xF3                    | 1350           |
| 0x34                    | 9.4            | 0x74                    | 40.5           | 0xB4                    | 150            | 0xF4                    | 1400           |
| 0x35                    | 9.6            | 0x75                    | 41.0           | 0xB5                    | 155            | 0xF5                    | 1450           |
| 0x36                    | 9.8            | 0x76                    | 41.5           | 0xB6                    | 160            | 0xF6                    | 1500           |
| 0x37                    | 10.0           | 0x77                    | 42.0           | 0xB7                    | 165            | 0xF7                    | 1550           |
| 0x38                    | 10.5           | 0x78                    | 42.5           | 0xB8                    | 170            | 0xF8                    | 1600           |
| 0x39                    | 11.0           | 0x79                    | 43.0           | 0xB9                    | 175            | 0xF9                    | 1650           |
| 0x3A                    | 11.5           | 0x7A                    | 43.5           | 0xBA                    | 180            | 0xFA                    | 1700           |
| 0x3B                    | 12.0           | 0x7B                    | 44.0           | 0xBB                    | 185            | 0xFB                    | 1750           |
| 0x3C                    | 12.5           | 0x7C                    | 44.5           | 0xBC                    | 190            | 0xFC                    | 1800           |
| 0x3D                    | 13.0           | 0x7D                    | 45.0           | 0xBD                    | 195            | 0xFD                    | 1850           |
| 0x3E                    | 13.5           | 0x7E                    | 45.5           | 0xBE                    | 200            | 0xFE                    | 1900           |
| 0x3F                    | 14.0           | 0x7F                    | 46.0           | 0xBF                    | 205            | 0xFF                    | 2000           |

### 7.3.15 モーター パラメータ抽出ツール (MPET)

MCF8329A 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。パラメータのオン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 4 つの段階 (IPD、閉ループ加速、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。

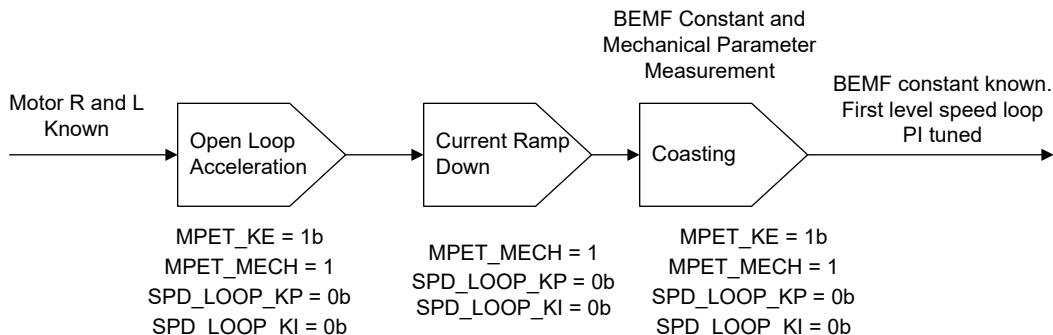


図 7-38. MPET シーケンス

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起電力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。ユーザーは MPET 専用の開ループ設定パラメータを設定できます。または、通常のモーター動作の開ループ設定パラメータを使用できます。開ループ設定の選択は、MPET\_KE\_MEAS\_PARAMETER\_SELECT によって行われます。MPET\_KE\_MEAS\_PARAMETER\_SELECT = 1b の場合、速度スルーレートは MPET\_OPEN\_LOOP\_SLEW\_RATE によって設定され、開ループ電流リファレンスは MPET\_OPEN\_LOOP\_CURR\_REF によって設定され、開ループ速度リファレンスは MPET\_OPEN\_LOOP\_SPEED\_REF によって設定されます。MPET\_KE\_MEAS\_PARAMETER\_SELECT = 0b の場合、速度スルーレートは OL\_ACC\_A1 と OL\_ACC\_A2、電流リファレンスは OL\_ILIMIT、速度リファレンスは OPN\_CL\_HANDOFF\_THR 速度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ョ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 測定中、VdcFilterDisable ビットを 1b に設定することを推奨します。
2. MPET 中、FG 信号は正確ではありません。
3. CURRENT\_LOOP\_KP と CURRENT\_LOOP\_KI がゼロに設定されている場合、MCF8329A 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。

### 7.3.16 電圧サーチ防止 (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  $V_{PVDD}$  の電圧サーチ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。AVS が無効化されている場合、減速度は CL\_DEC\_CONFIG によって設定されます。

### 7.3.17 出力 PWM スイッチング周波数

MCF8329A 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 10~75kHz 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より高い PWM スイッチング周波数を必要とします。

注

15kHz の倍数の PWM 周波数を使うことで、電流ループの帯域幅を拡大できるため、モーターの高速動作時に最高の性能を得ることができます。

### 7.3.18 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。MCF8329A 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 に設定する必要があります。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（「リバースドライブ」を参照）またはモーター停止中（「アクティブ・スピンドル」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。

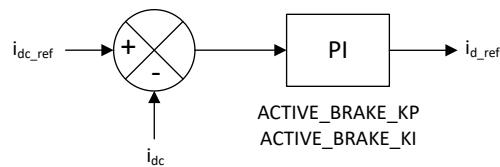


図 7-39. アクティブブレーキの  $i_d$  電流制御ループ

**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、MCF8329A 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。

**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT** は、その値を下回るとアクティブ ブレーキ動作を終える、現在の速度と目標速度の差を設定します。たとえば、**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT** が 5% に設定されていると仮定します。モーターの初期速度が 100%、目標速度が 10% に設定されている場合、モーター速度を 15% に下げるのに、MCF8329A はアクティブ ブレーキを使います。15% の速度に達すると、MCF8329A はアクティブ ブレーキ動作を終了し、AVS を使ってモーター速度を 10% まで下げます。

**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** は、それを下回るとアクティブ ブレーキが使われる、変調インデックスを設定します。たとえば、**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** が 50%、**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_ENTRY** が 5%、**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT** が 2.5% に設定されていると仮定します。モーターの初期速度が 70% (対応する変調インデックスは 90%)、目標速度が 40% (対応する変調インデックスは 60%) に設定されている場合、MCF8329A は AVS を使って 40% の目標速度までモーターを減速します。なぜなら、最終的な速度に対応する変調インデックス (60%) が **ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** (50%) より大きいためです。同様に、最終速度コマンドが 10% である場合 (対応する変調インデックスは 30%)、MCF8329A は 30% の速度 (対応する変調インデックスは 50%) まで AVS を使い、30% ~ 15% の速度ではアクティブ ブレーキに切り替えます (最終速度 (10%) + **ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT** (5%))。そして、15%~10% の速度で AVS を使いアクティブ ブレーキを完了します。**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** を 100% に設定してアクティブ ブレーキ チューニングを開始することをテキサス・インスツルメンツは推奨します。アクティブ ブレーキ中に DC バス電圧スパイクが観測された場合、この電圧スパイクが除去されるように **ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** を段階的に減らします。**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** が 0% に設定されている場合、(**ACTIVE\_BRAKE\_EN** が 1b に設定されている場合でも) MCF8329A は AVS で順方向に減速します。逆方向 (方向変更中) の場合、**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** は適用されないため、MCF8329A はアクティブ ブレーキで減速します。

### 注

1. **ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_ENTRY**、  
**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT**、**ACTIVE\_BRAKE\_MOD\_INDEX\_LIMIT** 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 ブレーキを動作させる場合、**ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_ENTRY** は **ACTIVE\_BRAKE\_SPEED\_DELTA\_LIMIT\_EXIT** よりも大きい値に設定する必要があります。
3. 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する必要があります。
4. 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。

### 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 レッグのハイサイド 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し、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。MCF8329A 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、モーターの電気的周波数が 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 電圧検出のスケーリング

MCF8329A 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、動作電圧全体にわたって検出電圧を 3V 未満に制限するための内蔵分圧器 (5V/V, 10V/V, 20V/V の電圧スケーリング) を使って検出されます。ビット DYN\_VOLT\_SCALING\_EN を 0b に設定すると、動的電圧スケーリングが無効化され、MCF8329A は 20V/V のゲインを使用します。ビット DYN\_VOLT\_SCALING\_EN を 1b に設定すると、動的な電圧スケーリングが有効化され、MCF8329A 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リングを選択します。

注

15 V を超える DC バス電圧が予測される場合、動的電圧スケーリングを無効化することを推奨します。

### 7.3.21 モーター停止オプション

MCF8329A は、MTR\_STOP によって設定できる各種のモーター停止方法を備えています。

#### 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 000b 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、MCF8329A 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。MCF8329A がモーター駆動からハイ・インピーダンス状態に遷移すると、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・ダイオードを通じて電源にエネルギーが逆流します(図 7-40 の例を参照)。

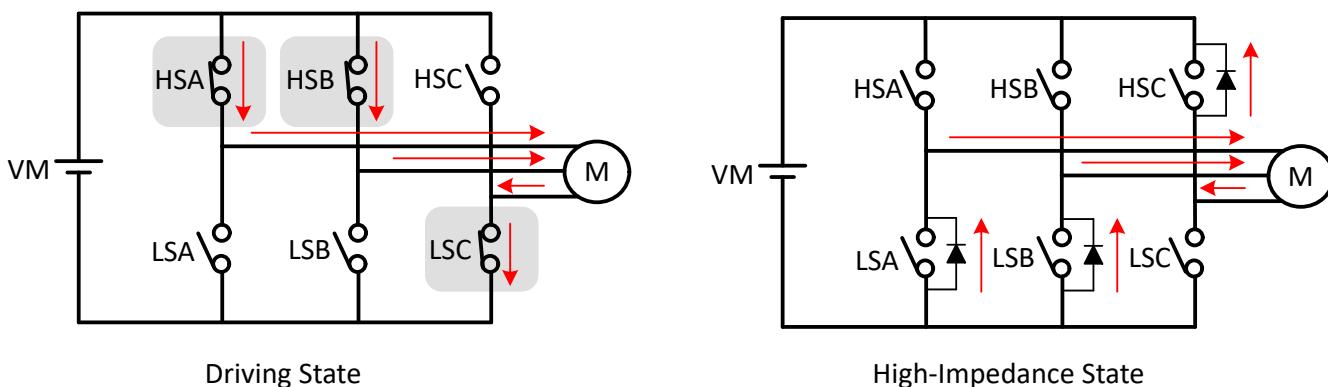


図 7-40. コースト(ハイ・インピーダンス)モード

この例では、ハイサイド位相 A MOSFET (HSA)、ハイサイド位相 B MOSFET (HSB) を経由してモーターに電流が印加され、ローサイド位相 C の MOSFET (LSC) を経由して戻ります。モーター停止コマンドが受信されると、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逆流します。

#### 7.3.21.2 還流モード

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、MCF8329A 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。

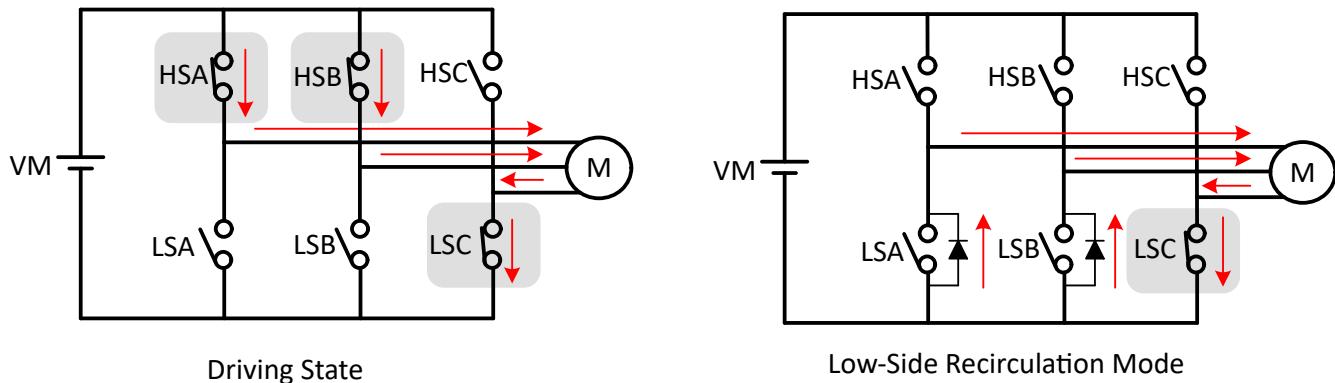


図 7-41. ローサイド還流

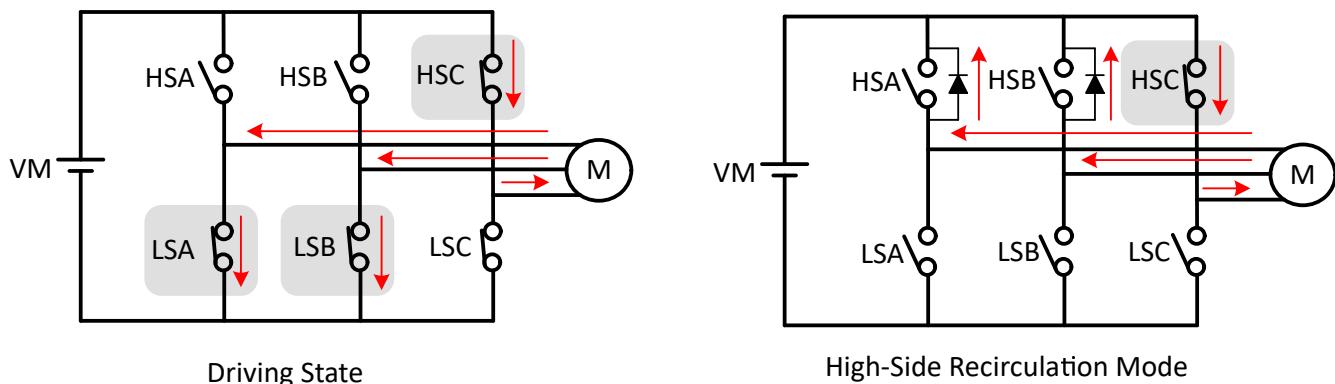


図 7-42. ハイサイド還流

#### 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010bまたは011b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、MCF8329A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、MCF8329Aはハイインピーダンス状態に遷移します。

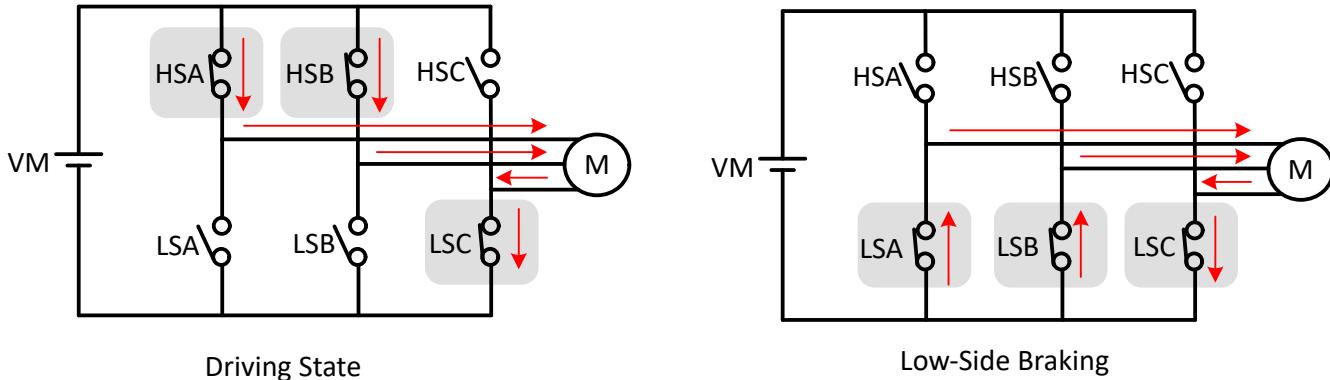


図 7-43. ローサイドブレーキ

MCF8329A 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、MCF8329A はローサイド ブレーキ状態にとどまります。

#### 7.3.21.4 アクティブ・ спин・ダウン

アクティブ・スピンドル・モードは、MTR\_STOP を 100b 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、MCF8329A 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 を下げることで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 スレッショルドは、MCF8329A 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 構成

MCF8329A 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。MCF8329A 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、MCF8329A 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、MCF8329A 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ョルドをモーターの逆起電力が下回るまで、MCF8329A 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 極のモーターに適した FG\_DIV 値を設定することで、これを実現できます。

図 7-44 に、1 電気的サイクル (2 極) ごとに 1 回、2 電気的サイクル (4 極) ごとに 1 回、3 電気的サイクル (6 極) ごとに 1 回、4 電気的サイクル (8 極) ごとに 1 回 (以下同様)、それぞれ MCF8329A が FG パルスを出力するように設定されている場合の FG 出力を示します。

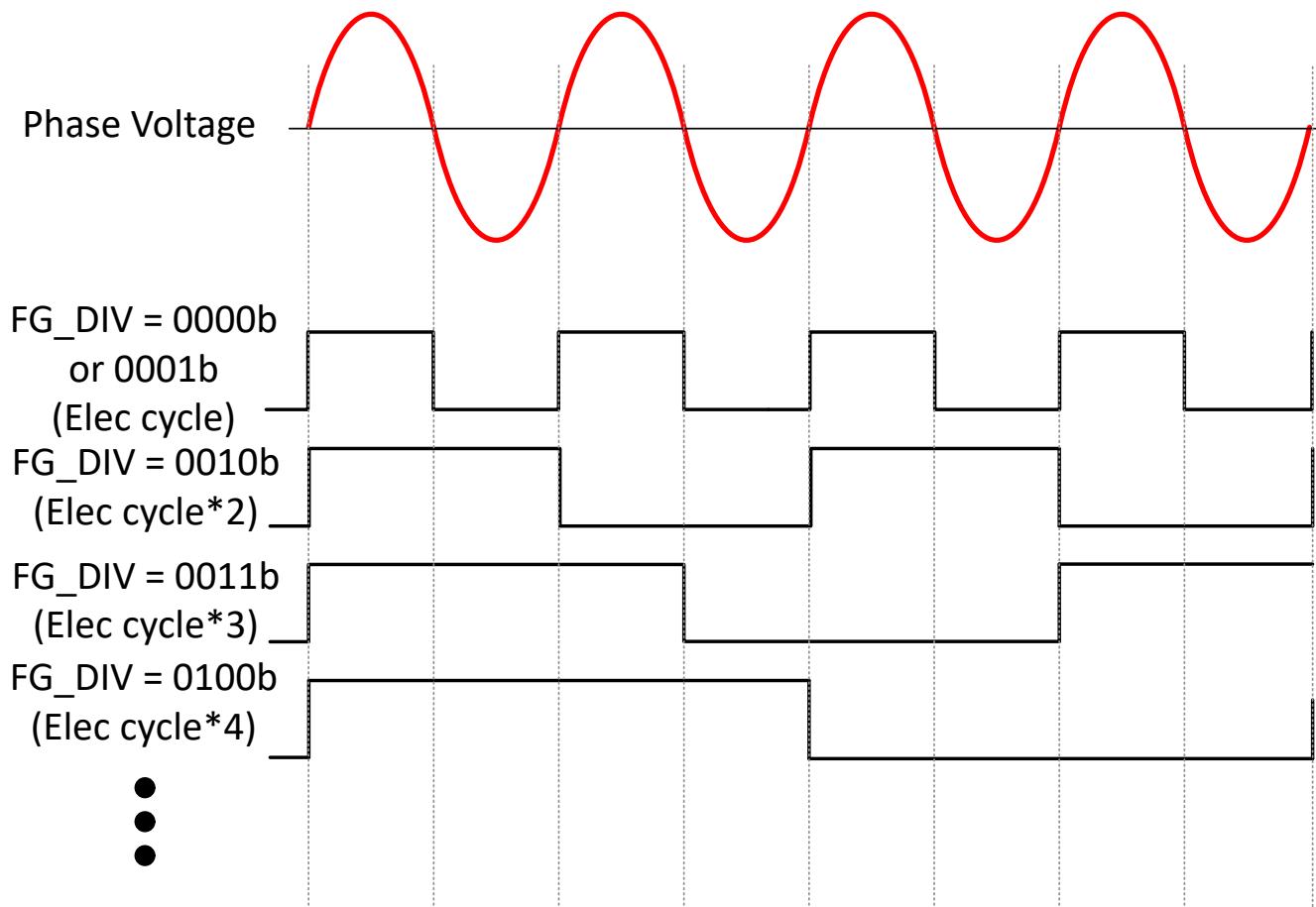


図 7-44. FG 分周器

### 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。

MCF8329A 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、閉ループ、開ループで 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。

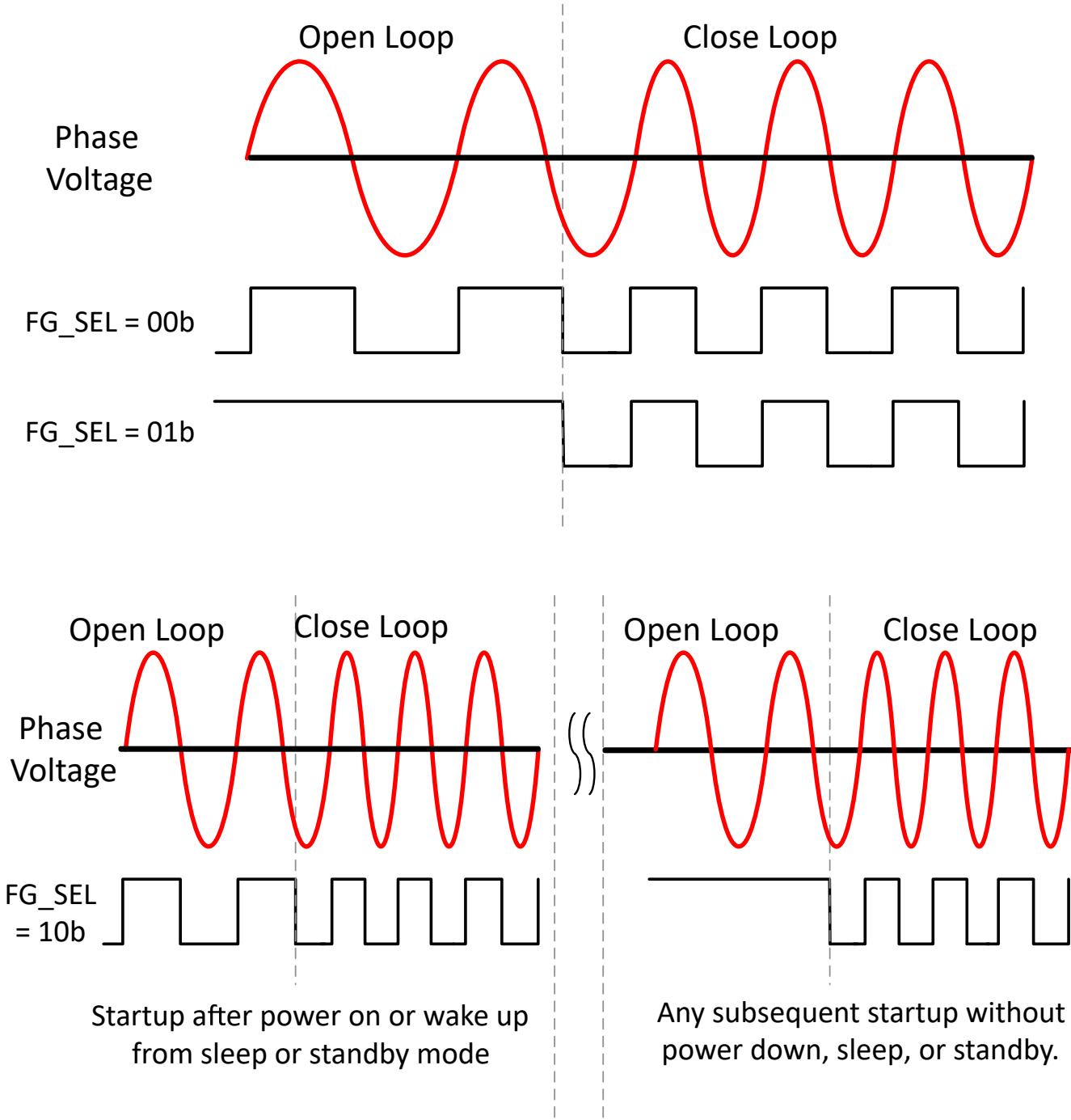


図 7-45. 開ループ中の FG の動作

#### 7.3.22.3 モーター停止時の FG

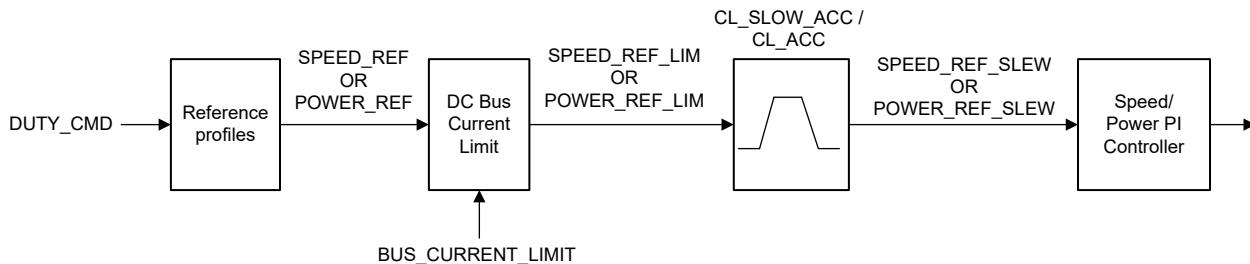
モーターが回転を停止したときの FG ピンの状態は、FG\_IDLE\_CONFIG によって設定できます。モーターの停止は FG\_BEMF\_THRESHOLD によって判断されます。

#### 7.3.22.4 フォルト中の FG の動作

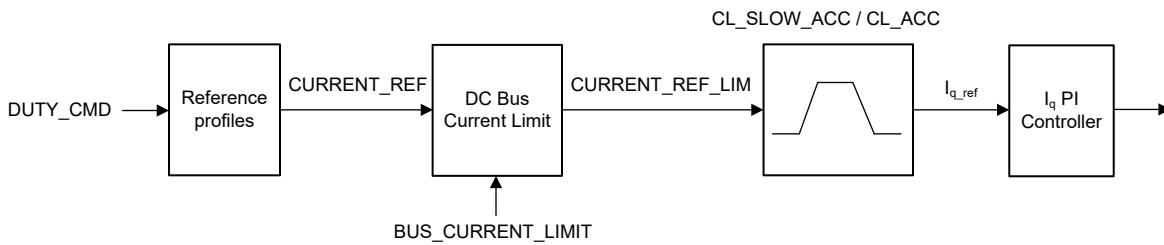
フォルト (nFAULT ピンで通知されるフォルト) 中の FG の動作は FG\_FAULT\_CONFIG によって設定できます。

### 7.3.23 DC バス電流制限

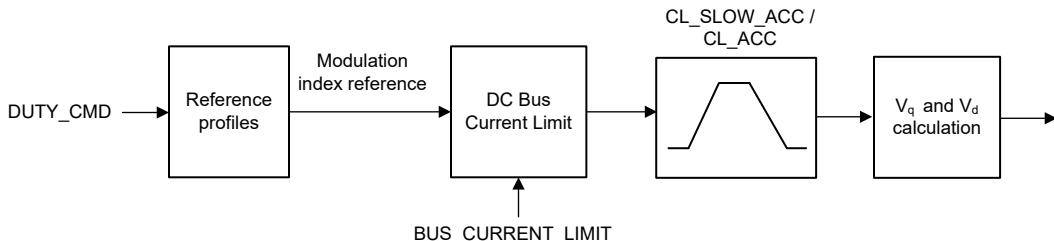
DC バス電流制限機能は、定電流モードに移行せずに、ソースから供給される電流を制限するアプリケーションで使用できます。DC バス電流制限機能は、`BUS_CURRENT_LIMIT_ENABLE` を 1b に設定することで有効化できます。DC バス電流制限スレッショルドは `BUS_CURRENT_LIMIT` によって設定できます。DC バス電流制限は速度リファレンスを制限します。[図 7-46](#)、[図 7-47](#)、[図 7-48](#) に、機能図を示します。この機能を有効化すると、ソースからの電流が制限されるようモーターの速度が制限される場合があります。このアルゴリズムは、位相電流、位相電圧、DC バス電圧の測定値を使ってバス電流を推定します。電流制限ステータスは `BUS_CURRENT_LIMIT_STATUS` で通知されます。



**図 7-46. 速度または電力制御モードの DC バス電流制限の機能ブロック図**



**図 7-47. 電流制御モードの DC バス電流制限の機能ブロック図**



**図 7-48. 変調インデックス制御モードの DC バス電流制限の機能ブロック図**

#### 注

- アクティブ ブレーキが有効な場合、DC バス電流制限機能は利用できません。
- `BUS_CURRENT_LIMIT` 付近でのチャタリングを避けるため、MCF8329A はこの設定点の前後に 5% のヒステリシスを実装しています。

### 7.3.24 保護機能

MCF8329A 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�オルト イベントに対して保護されます。[表 7-5](#) に、各種の�オルトの応答、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 として)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なります。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 として)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、クリアされるのに最大 200ms を要することがあります。
- (I2C 経由の) CLR\_FLT コマンドを使用すると、ラッチ、リトライ、自動復帰 フォルトを含め、すべてのフォルトをクリアできます。

表 7-5. フォルト動作および応答

| フォルト                          | 条件                                 | 設定                                    | 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:<br>$V_{PVDD} > V_{PVDD\_UV}$  |
| AVDD POR (AVDD_POR)           | $V_{AVDD} < V_{AVDD\_POR}$         | —                                     | nFAULT                                   | ディセーブル               | ディセーブル | 自動:<br>$V_{AVDD} > V_{AVDD\_POR}$ |
| 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 <sup>2</sup> | アクティブ  | ラッチ:<br>CLR_FLT                   |
|                               |                                    | GVDD_UV_MODE = 1b                     | nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup> | アクティブ  | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$         |
| BSTx 低電圧 (BST_UV)             | $V_{BSTx} - V_{SHx} < V_{BST\_UV}$ | DIS_BST_FLT = 0b<br>BST_UV_MODE = 0b  | nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup> | アクティブ  | ラッチ:<br>CLR_FLT                   |
|                               |                                    | DIS_BST_FLT = 0b<br>BST_UV_MODE = 1b  | nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup> | アクティブ  | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$         |
| V <sub>Ds</sub> 過電流 (VDS_OCP) | $V_{DS} > V_{SEL\_VDS\_LVL}$       | DIS_VDS_FLT = 0b<br>VDS_FLT_MODE = 0b | nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup> | アクティブ  | ラッチ:<br>CLR_FLT                   |
|                               |                                    | DIS_VDS_FLT = 0b<br>VDS_FLT_MODE = 1b | nFAULT および GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup> | アクティブ  | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$         |

表 7-5. フォルト動作および応答 (続き)

| フォルト   | 条件                               | 設定                                    | 通知  | ゲートドライバ                                     | ロジック  | 復帰                        |
|--|----------------------------------|---------------------------------------|---|---|-------|---------------------------|
| $V_{SENSE}$ 過電流<br>(SEN_OCP) $V_{SENSE}$<br>過電流<br>(SEN_OCP) | $V_{SP} > V_{SENSE\_LVL}$        | DIS_SNS_FLT = 0b<br>SNS_FLT_MODE = 0b | nFAULT および<br>GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup>                        | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT           |
|  |                                  | DIS_SNS_FLT = 0b<br>SNS_FLT_MODE = 1b | nFAULT および<br>GATE_DRIVER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup>                        | アクティブ | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$ |
| 3 モーター ロック<br>(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 = 0000b または 0001b        | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT           |
|  |                                  | MTR_LCK_MODE = 0010b または 0011b        | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT           |
|  |                                  | MTR_LCK_MODE = 0100b または 0101b        | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$ |
|  |                                  | MTR_LCK_MODE = 0110b または 0111b        | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$ |
|  |                                  | MTR_LCK_MODE = 1000b                  | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない                   |
|  |                                  | MTR_LCK_MODE = 1001b~1111b            | なし  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない                   |
| ハードウェア ロック検出電流制限<br>(HW_LOCK_ILIMIT)                         | 位相電流 ><br>HW_LOCK_ILIMIT         | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 0000b または 0001b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT           |
|  |                                  | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 0010b または 0011b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT           |
|  |                                  | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 0100b または 0101b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$ |
|  |                                  | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 0110b または 0111b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | リトライ:<br>$t_{LCK\_RETRY}$ |
|  |                                  | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 1000b           | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない                   |
|  |                                  | HW_LOCK_ILIMIT_MODE = 1001b~1111b     | なし  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない                   |

表 7-5. フォルト動作および応答 (続き)

| フォルト                                  | 条件   | 設定                                 | 通知   | ゲートドライバ                                     | ロジック  | 復帰   |
|---------------------------------------|--|------------------------------------|--|---|-------|--|
| ADC によるロック検出<br>電流制限<br>(LOCK_ILIMIT) | 位相電流 ><br>LOCK_ILIMIT  | LOCK_ILIMIT_MODE = 0000b または 0001b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT  |
|                                       |  | LOCK_ILIMIT_MODE = 0010b または 0011b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT  |
|                                       |  | LOCK_ILIMIT_MODE = 0100b または 0101b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | リトライ:<br>tLCK_RETRY                                      |
|                                       |  | LOCK_ILIMIT_MODE = 0110b または 0111b | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | ローサイド<br>ブレーキロジック                           | アクティブ | リトライ:<br>tLCK_RETRY                                      |
|                                       |  | LOCK_ILIMIT_MODE = 1000b           | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない  |
|                                       |  | LOCK_ILIMIT_MODE = 1001b~1111b     | なし   | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない  |
| IPD タイムアウト フォルト<br>(IPD_T1_FAULT)     | IPD 時間 > 約<br>500ms、IPD 電流増<br>加または低減中                       | IPD_TIMEOUT_FAULT_EN = 0b          | -  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない  |
|                                       |  | IPD_TIMEOUT_FAULT_EN = 1b          | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | リトライ:<br>tLCK_RETRY                                      |
| IPD 周波数 フォルト<br>(IPD_FREQ_FAULT)      | 前の IPD の電流減衰<br>前の IPD パルス                                   | IPD_FREQ_FAULT_EN = 0b             | -  | アクティブ                                       | アクティブ | 何も起こらない  |
|                                       |  | IPD_FREQ_FAULT_EN = 1b             | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | リトライ:<br>tLCK_RETRY                                      |
| MPET 逆起電力 フォルト<br>(MPET_BEMF_FAULT)   | モーターの逆起電力<br><<br>STAT_DETECT_THR                            | MPET_CMD = 1 または<br>MPET_KE = 1    | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | ハイインピーダンス                                   | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT  |
| 最大 V <sub>PVDD</sub> (過電圧)<br>フォルト    | MAX_VM_MOTOR ≠ 000b の場合、<br>V <sub>PVDD</sub> > MAX_VM_MOTOR | MAX_VM_MODE = 0b                   | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | ラッチ:<br>CLR_FLT  |
|                                       |  | MAX_VM_MODE = 1b                   | nFAULT および<br>CONTROLLER_FAULT_STATUS レジスタ | Low に設定 <sup>2</sup><br>(MOSFET はハイインピーダンス) | アクティブ | 自動:<br>(V <sub>VM</sub> < MAX_VM_MOTOR - VM_UV_OV_HYS) V |

表 7-5. フォルト動作および応答 (続き)

| フォルト                     | 条件   | 設定  | 通知  | ゲートドライバ   | ロジック  | 復帰  |
|--------------------------|--|---|---|---|-------|---|
| 最小 $V_{PVDD}$ (低電圧) フォルト | $MIN\_VM\_MOTOR \neq 0000b$ 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 <sup>2</sup> (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 <sup>2</sup> (MOSFET はハイインピーダンス)        | アクティブ | 自動: $(V_{VM} > MIN\_VM\_MOTOR + VM\_UV\_OV\_HYS) V$ |
| バス電流制限                   | $I_{VM} > BUS\_CURRENT\_LIMIT$                               | $BUS\_CURRENT\_LIMIT\_ENABLE = 1b$          | nFAULT および $CONTROLLER\_FAULT\_STATUS$ レジスタ   | アクティブ: DC バス電流を制限するため、モーターの速度 / 電力 / 電流が制限されます。 | アクティブ | 自動: $I_{VM} < BUS\_CURRENT\_LIMIT$ になると、制限は解消されます。  |
| 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。                    |
| 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 $> EXT\_WD\_CONFIG$                         | $EXT\_WD\_EN = 1b$<br>$EXT\_WD\_FAULT = 0b$ | nFAULT および $CONTROLLER\_FAULT\_STATUS$ レジスタ   | アクティブ   | アクティブ | 何も起こらない   |
|                          |  | $EXT\_WD\_EN = 1b$<br>$EXT\_WD\_FAULT = 1b$ | nFAULT および $CONTROLLER\_FAULT\_STATUS$ レジスタ   | Low に設定 <sup>2</sup>                            | アクティブ | ラッチ: CLR_FLT  |
| 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 <sup>2</sup>                            | 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 <sup>2</sup>                            | アクティブ | 自動: $T_J < T_{OTSD} - T_{HYS}$                      |

- 無効化: GLx はパッシブ プルダウン、GHx はセミアクティブ プルダウン
- 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。

#### 7.3.24.1 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）。

#### 7.3.24.2 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。

#### 7.3.24.3 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。

#### 7.3.24.4 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。

#### 7.3.24.5 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ョ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。

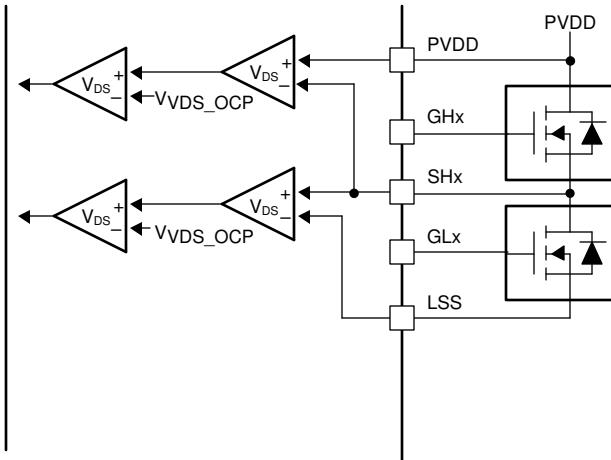


図 7-49. MCF8329A の VDS モニタ

#### 7.3.24.6 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 スレッショルドを、 $t_{DS\_DG}$  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。VSENSE スレッショルドは 0.5V に固定されています。DIS\_SNS\_FLT を 1b に設定することで、VSEN\_OCP を無効化できます。

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、VSEN\_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、VSEN\_OCP 条件が解消され、tLCK\_RETRY の時間が経過すると、通常動作が再開されます。

#### 7.3.24.7 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。

#### 7.3.24.8 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ョルドを提供します。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 スレッショ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。このスレッショルドは 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。

##### 7.3.24.8.1 HW\_LOCK\_ILIMIT ラッチ付きシャットダウン(HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 00xxb)

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。

- HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0000b または 0001b: すべての MOSFET はターンオフしています。

- HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0010b または 0011b:すべてのローサイド MOSFET 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)。

#### 7.3.24.8.2 HW\_LOCK\_ILIMIT 自動復帰 (HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 01xxb)

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。

- HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0100b または 0101b:すべての MOSFET はターンオフしています。
- HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0110b または 0111b:すべてのローサイド MOSFET 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。

#### 7.3.24.8.3 HW\_LOCK\_ILIMIT 通知のみ (HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 1000b)

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。

#### 7.3.24.8.4 HW\_LOCK\_ILIMIT 無効 (HW\_LOCK\_ILIMIT\_MODE = 1001b~1111b)

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。

### 7.3.24.9 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ョルドを提供します。MCF8329A 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。このスレッショルドは 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。

#### 7.3.24.9.1 LOCK\_ILIMIT ラッチ付きシャットダウン (LOCK\_ILIMIT\_MODE = 00xxb)

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 MCF8329A 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。

- LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0000b または 0001b: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)。
- LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0010b または 0011b: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)。

### 7.3.24.9.2 LOCK\_ILIMIT 自動復帰 (LOCK\_ILIMIT\_MODE = 01xxb)

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 MCF8329A 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。

- **LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0100b** または **0101b**: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)。
- **LOCK\_ILIMIT\_MODE = 0110b** または **0111b**: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。

### 7.3.24.9.3 LOCK\_ILIMIT 通知のみ (LOCK\_ILIMIT\_MODE = 1000b)

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。

### 7.3.24.9.4 LOCK\_ILIMIT 無効 (LOCK\_ILIMIT\_MODE = 1xx1b)

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。

### 7.3.24.10 モーター・ロック (MTR\_LCK)

モーター動作中、MCF8329A 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。

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。

#### 7.3.24.10.1 MTR\_LCK ラッチ付きシャットダウン (MTR\_LCK\_MODE = 00xxb)

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 = 0000b** または **0001b**: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 = 0010b** または **0011b**: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)。

#### 7.3.24.10.2 MTR\_LCK 自動復帰 (MTR\_LCK\_MODE= 01xxb)

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 = 0100b** または **0101b**: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 = 0110b または 0111b: 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<sub>LCK\_RETRY</sub> 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<sub>LCK\_RETRY</sub> 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。

#### 7.3.24.10.3 MTR\_LCK 通知のみ (MTR\_LCK\_MODE = 1000b)

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。

#### 7.3.24.10.4 MTR\_LCK 無効 (MTR\_LCK\_MODE = 1xx1b)

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。

#### 7.3.24.11 モーター・ロック検出

MCF8329A 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。MCF8329A 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。

##### 7.3.24.11.1 ロック 1: 異常速度 (ABN\_SPEED)

MCF8329A 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。

このスレッショルドは 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。

##### 7.3.24.11.2 ロック 2: 異常 BEMF (ABN\_BEMF)

MCF8329 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。

##### 7.3.24.11.3 ロック 3: モーター フォルトなし (NO\_MTR)

MCF8329A 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。

### 7.3.24.12 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ョ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。

### 7.3.24.13 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、MCF8329A 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\_CURRTHR** 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\_CURRTHR** 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\_CURRTHR** に達しない) 場合、**IPD\_T1FAULT** 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、MCF8329A 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。

## 7.4 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、I<sup>2</sup>C 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 7-6 に、スリープ状態の開始と終了を示します。

表 7-6. 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、<br>DEV_MODE = 1b  | スリープの終了   | スタンバイの開始、<br>DEV_MODE = 0b  | スタンバイの終了  |
|--------------------------------|--|---|---|---|
| SPEED/WAKE ピンのアナログ入力           | $V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SL}$<br>(SLEEP_ENTRY_TIME = 00b または 01b の場合、<br>$t_{DET\_SL\_ANA}$ の間、<br>SLEEP_ENTRY_TIME = 10b または 11b の場合、<br>$t_{DET\_SL\_PWM}$ の間) | $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SL}$                     | $V_{SPEED/WAKE} < V_{EN\_SB}$   | $V_{SPEED/WAKE} > V_{EX\_SB}$   |
| DACOUT/SOx/SPEED_ANA ピンのアナログ入力 | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$  | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$                         | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$ または<br>$V_{DACOUT/SOx/SPEED\_ANA} < V_{EN\_SB}$                   | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$ かつ<br>$V_{DACOUT/SOx/SPEED\_ANA} > V_{EX\_SB}$                |
| PWM                            | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$<br>( $t_{DET\_SL\_PWM}$ の間)  | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$<br>( $t_{DET\_PWM}$ の間) | $Duty_{SPEED/WAKE} < Duty_{EN\_SB}$ ( $t_{DET\_SL\_PWM}$ の間)                                | $Duty_{SPEED/WAKE} > Duty_{EX\_SB}$ ( $t_{DET\_PWM}$ の間)                                |
| 周波数                            | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$<br>( $t_{DET\_SL\_PWM}$ の間)  | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$<br>( $t_{DET\_PWM}$ の間) | $Freq_{SPEED/WAKE} < Freq_{EN\_SB}$ ( $t_{DET\_SL\_PWM}$ の間)                                | $Freq_{SPEED/WAKE} > Freq_{EX\_SB}$ ( $t_{DET\_PWM}$ の間)                                |
| I <sup>2</sup> C               | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$  | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$                         | $V_{SPEED/WAKE} < V_{IL}$ または<br>$DIGITAL\_SPEED\_CTRL < DIGITAL\_SPEED\_CTRL_E$<br>$N\_SB$ | $V_{SPEED/WAKE} > V_{IH}$ かつ<br>$DIGITAL\_SPEED\_CTRL > DIGITAL\_SPEED\_CTRL_E$<br>$SB$ |

#### 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、I<sup>2</sup>C 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ョルドは、次のとおりです。

表 7-7. スタンバイモードの開始 / 終了スレッショルド

| 制御入力源 | スタンバイ開始 / 終了スレッショルド                             | REF_PROFILE_CONFIG = 00b              | REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b  |
|-------|---|---------------------------------------|---|
| アナログ  | $V_{EN\_SB}$ または $V_{EX\_SB}$                   | (1% と DUTY_HYS の大きい方) × $V_{ANA\_FS}$ | $REF_X = MAX\_SPEED$ または $MAX\_POWER$ または $ILIMIT$ または $MODULATION\_INDEX$ の 1% |
| PWM   | Duty <sub>EN_Sb</sub> または Duty <sub>EX_Sb</sub> | 1% と DUTY_HYS の大きい方                   | $REF_X = MAX\_SPEED$ または $MAX\_POWER$ または $ILIMIT$ または $MODULATION\_INDEX$ の 1% |

**表 7-7. スタンバイ モードの開始 / 終了スレッショルド (続き)**

| 制御入力源            | スタンバイ開始 / 終了スレッショルド   | REF_PROFILE_CONFIG = 00b                              | REF_PROFILE_CONFIG ≠ 00b   |
|------------------|---|---|--|
| I <sup>2</sup> C | DIGITAL_SPEED_CTRL <sub>EN_SB</sub> または DIGITAL_SPEED_CTRL <sub>EX_SB</sub> | (1% と DUTY_HYS の大きい方) × 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 <sub>EN_SB</sub> または Freq <sub>EX_SB</sub>                             | (1% と DUTY_HYS の大きい方) × 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% |

**注**

制御ソースが DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピン経由のアナログ入力である場合、または制御入力ソースが I<sup>2</sup>C モードの DIGITAL\_SPEED\_CTRL である場合、SPEED/WAKE ピンを論理 Low にすると、本デバイスはスタンバイモードに移行します。

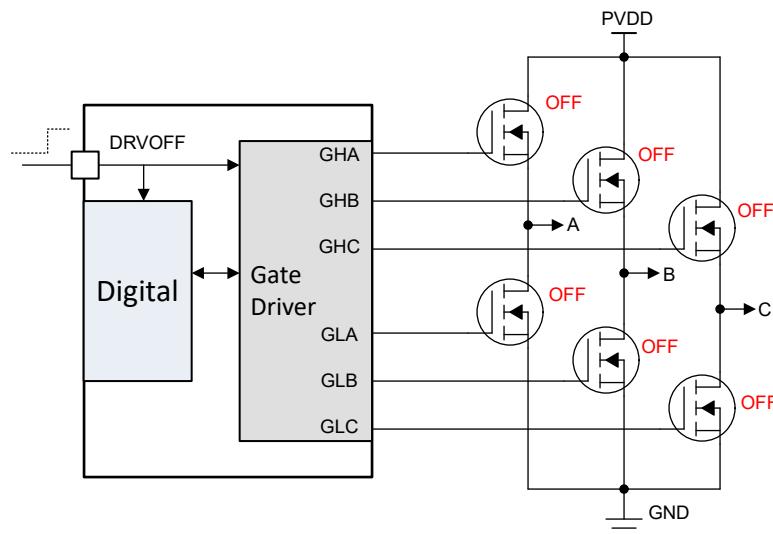
#### 7.4.1.3 フォルト・リセット (CLR\_FLT)

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。MCF8329A は DRVOFF ピンのロジック High を検出すると、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<sub>SINK</sub> の電流で t<sub>SD\_SINK\_DIG</sub> 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**

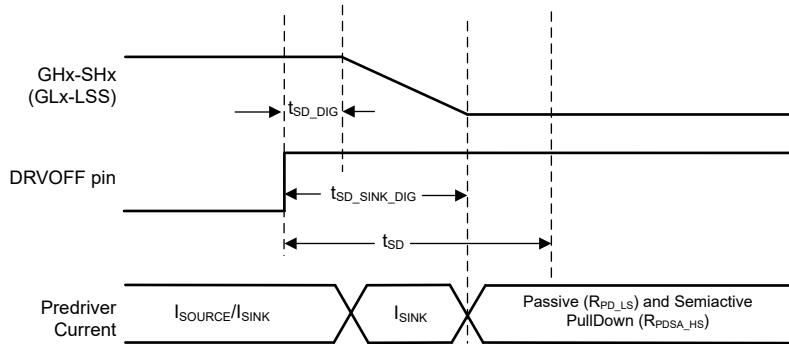


図 7-51. ゲート ドライバ シャットダウン シーケンス

#### 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) MCF8329A はモーター起動シーケンスを実行します (セクション 7.3.10 を参照)。

### 7.5.2 DAC 出力

MCF8329A は、デジタル変数に相当するアナログ電圧を、12 ビットの分解能と 3V の最大電圧で DACOUT ピンに出力する 12 ビット DAC を備えています。DACOUT ピンに出力される信号は、アルゴリズム変数をリアルタイムで追跡するのに便利であり、速度コントローラまたはモーター加速時間の調整に利用できます。DACOUT の変数のアドレスは DACOUT1\_VAR\_ADDR によって設定されます。

#### 注

フォルト、ブレーキ、ハイ インピーダンス状態では、選択された変数の DACOUT 値は不正確である場合があります。

### 7.5.3 電流検出アンプ出力

MCF8329A は、DACOUT/SOx/SPEED\_ANA を設定することで、内蔵の電流検出アンプ出力を DACOUT/SOx/SPEED\_ANA ピンに出力できます。

### 7.5.4 発振器ソース

MCF8329A 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。MCF8329A 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。

MCF8329A がタイミング測定または速度ループの精度要件を満たさない場合、MCF8329A は外部クロック基準をサポートすることもできます。

EMI 性能を高めるため、MCF8329A 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。

#### 7.5.4.1 外部クロック・ソース

任意のより正確なクロック基準を EXT\_CLK ピンに接続することで、広い動作温度範囲にわたって MCF8329A の速度ループ精度を高めることができます (図 7-52 を参照)。EXT\_CLK は、内部クロック発振器を較正し、外部クロックの精度と

一致させるために使用されます。外部クロック・ソースは、CLK\_SEL を 11b に設定し、かつ EXT\_CLK\_EN を 1b に設定することで選択できます。外部クロック・ソースの周波数は EXT\_CLK\_CONFIG によって設定できます。

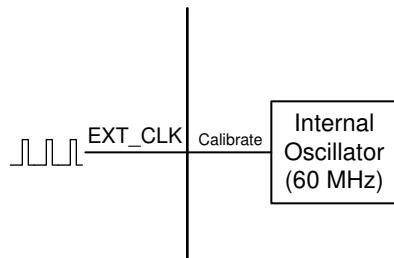


図 7-52. 外部クロック基準

---

注

外部クロックは任意であり、より高いクロック精度が求められる場合に使えます。MCF8329A は、すべてのモードで常に内部発振器を使って起動します。

---

## 7.6 EEPROM アクセスと I<sup>2</sup>C インターフェイス

### 7.6.1 EEPROM アクセス

MCF8329A 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、I<sup>2</sup>C 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が可能ですが、I<sup>2</sup>C 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・レジスタは、アドレス 0x000080～0x0000AE に配置されます。

#### 注

MCF8329A 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

MCF8329A 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、停止検出スレッショルド、リバースドライブハンドオフスレッショルドなど) 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、K<sub>p</sub>、K<sub>i</sub> 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、オン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、PWM 周波数、FG 信号パラメータなど) 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ョルドなど) 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 K<sub>p</sub>、K<sub>i</sub> 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 K<sub>p</sub>、K<sub>i</sub>、最大速度など) をレジスタ 0x00008E (CLOSED\_LOOP4) に書き込みます。
9. フォルト制御設定 (複数の電流制限、ロック電流制限値および動作、リトライ時間など) をレジスタ 0x000090 (FAULT\_CONFIG1) に書き込みます。
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ョルドなど) 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. その他の設定 (ISD 実行時間およびタイムアウト、MPET パラメータなど) をレジスタ 0x0000A0 (INT\_ALGO\_1) に書き込みます。
13. その他の設定 (追加の MPET パラメータ、IPD 高分解能イネーブル、アクティブブレーキ電流スルーレート、フラックス減衰など) をレジスタ 0x0000A2 (INT\_ALGO\_2) に書き込みます。
14. ピン設定 (速度入力モード (アナログまたは PWM)、BRAKE ピンモードなど) をレジスタ 0x0000A4 (PIN\_CONFIG1) に書き込みます。
15. クロックソース選択、ピン 33 設定、ウォッチドッグ設定などのデバイス設定をレジスタ 0x0000A6 および 0x0000A8 (DEVICE\_CONFIG1 と DEVICE\_CONFIG2) に書き込みます。
16. ペリフェラル設定 (デッドタイム、バス電流制限、DIR 入力、SSM イネーブルなど) をレジスタ 0x0000AA (PERI\_CONFIG1) に書き込みます。

17. ゲートドライバ設定(スルーレート、CSA ゲイン、OCP レベル、モード、OVP イネーブル、レベル、降圧電圧レベル、降圧電流制限など)をレジスタ 0x0000AC および 0x0000AE (GD\_CONFIG1 と GD\_CONFIG2) に書き込みます。
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、300ms の間待ちます。

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 レジスタを更新した後、シャドウ レジスタの内容を EEPROM にコピーするため、ステップ 18 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

MCF8329A 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・レジスタ (0x000080~0x0000AE) に読み込むため、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. I<sup>2</sup>C 読み出しコマンドを使って、シャドウ・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)。

### 7.6.2 I<sup>2</sup>C シリアル・インターフェイス

MCF8329A は I<sup>2</sup>C シリアル・インターフェイス経由で外部 MCU と接続します。MCF8329A は、コントローラと接続する I<sup>2</sup>C ターゲットです。外部 MCU は、MCF8329A 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 / 書き込みのためにこのインターフェイスを使うことができます。

#### 注

信頼性の高い通信を確保するため、I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C データ・ワード

表 7-8 に、I<sup>2</sup>C データ・ワードのフォーマットを示します。

**表 7-8. I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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。MCF8329A のパケットごとに、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ため、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けます。表 7-9 に、制御ワードのフォーマットを示します。

**表 7-9. 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かを示します。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、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 MCF8329A は想定します。読み出し動作の場合、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 I<sup>2</sup>C 読み出し要求を MCF8329A は要求します。**

**CRC\_EN – 巡回冗長性検査 (CRC) イネーブル:** MCF8329A は、データの整合性を検証するため、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 によって MCF8329A に送信されるデータの長さを決定します。MCF8329A 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 7-10. データ長の構成

| DLEN の値 | データ長   |
|---------|--------|
| 00b     | 16 ビット |
| 01b     | 32 ビット |
| 10b     | 64 ビット |
| 11b     | 予約済み   |

**MEM\_SEC – メモリ・セクション:** MCF8329A 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 MCF8329A 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:** MCF8329A 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。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 I<sup>2</sup>C 書き込み動作

MCF8329A での I<sup>2</sup>C を介した書き込みトランザクションには、次のシーケンスが含まれます (図 7-53 を参照)。

1. I<sup>2</sup>C START 条件。
2. START の後に I<sup>2</sup>C ターゲット ID バイトが続きます。このバイトは、7 ビットのターゲット ID と 0b に設定された R/W ビットとで構成されます。黄色の枠で囲まれた ACK は、受信されたターゲット ID を MCF8329A が処理したことを示します。この ID が I<sup>2</sup>C ターゲット ID と一致していることを根拠に、このトランザクションは進められます。受信されたターゲット ID が MCF8329A の I<sup>2</sup>C ID と一致しない場合、そのトランザクションは無視され、MCF8329A は ACK を送信しません。
3. ターゲット ID バイトの後に、24 ビットの制御ワードが 1 バイトずつ送信されます。書き込みトランザクションであるため、制御ワードのビット 23 は 0b に設定されます。ACK (青色の枠で囲まれた部分) は、「(制御ワードの) 前のバイトの受信が完了したため、次のバイトを送信してもよい」という、MCF8329A がコントローラに送信したアノリッジに対応します。
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。コントローラが送信するバイト数は制御ワードの 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、[セクション 7.6.2.4](#) 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 つの連続した 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\_1 と見なされます。Addr\_2 は、Addr\_1 を 0x2 ずつインクリメントすることで、MCF8329A 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\_1 に書き込まれ、次の 4 バイトは Addr\_2 に書き込まれます。
- d. ACK (青色の枠で囲まれた部分) は、「前のバイトの受信が完了したため、次のバイトを送信してもよい」という、MCF8329A がコントローラに送信したアクノリッジに対応します。
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。MCF8329A は、CRC バイトを受信すると ACK を送信します。
6. トランザクションを終了するための、コントローラからの I<sup>2</sup>C STOP 条件。

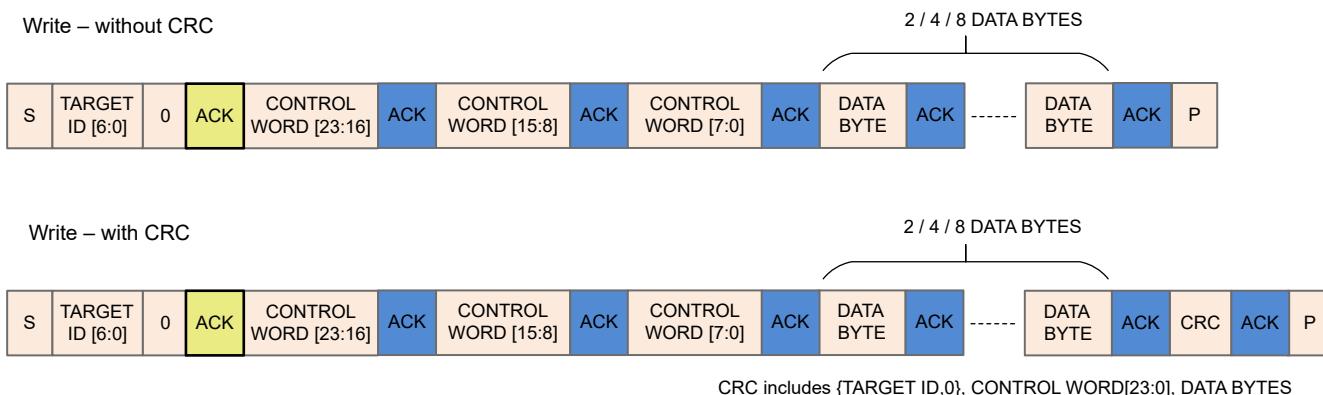


図 7-53. I<sup>2</sup>C 書き込みトランザクション シーケンス

### 7.6.2.3 I<sup>2</sup>C 読み取り動作

MCF8329A での I<sup>2</sup>C を介した読み出しトランザクションには、次のシーケンスが含まれます ([図 7-54](#) を参照)。

1. トランザクションを開始するためのコントローラからの I<sup>2</sup>C START 条件。
2. START の後に I<sup>2</sup>C ターゲット ID バイトが続きます。このバイトは、7 ビットのターゲット ID と 0b に設定された R/W ビットとで構成されます。ACK (黄色の枠で囲まれた部分) は、受信されたターゲット ID を MCF8329A が処理したことを示します。この ID が I<sup>2</sup>C ターゲット ID と一致していることを根拠に、このトランザクションは進められます。受信されたターゲット ID が MCF8329A の I<sup>2</sup>C ID と一致しない場合、そのトランザクションは無視され、MCF8329A は ACK を送信しません。
3. ターゲット ID バイトの後に、24 ビットの制御ワードが 1 バイトずつ送信されます。読み出しトランザクションであるため、制御ワードのビット 23 は 1b に設定されます。ACK (青色の枠で囲まれた部分) は、「(制御ワードの) 前のバイトの受信が完了したため、次のバイトを送信してもよい」という、MCF8329A がコントローラに送信したアクノリッジに対応します。
4. 制御ワードの後に、繰り返し START (RS、先行する STOP なしで START) または通常の START (P の後に S) が続き、MCF8329A から I<sup>2</sup>C コントローラへの、(リードバックされる) データの転送が開始されます。RS または S の後に、7 ビットのターゲット ID と 1b に設定された R/W ビットが続き、読み出しトランザクションが開始されます。MCF8329A は、読み出しトランザクション要求を受信したことをアクノリッジするため、ACK (RS の後の灰色の枠で囲まれた部分) をコントローラに送信します。
5. 読み出しトランザクション要求をアクノリッジした後、MCF8329A はデータ バイトを SDA に 1 バイトずつ送信します。MCF8329A が送信するデータ バイト数は制御ワードの 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、[セクション 7.6.2.4](#) 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コントローラに返されます。

- c. 64 ビット読み出し – 64 ビットは 2 つの連続した 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\_1 と見なされます。Addr\_2 は、Addr\_1 を 0x2 ずつインクリメントすることで、MCF8329A によって内部的に計算されます。MCF8329A 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\_1 から読み出され、次の 4 バイトは Addr\_2 から読み出されます。
  - d. オレンジ色の枠で囲まれた ACK は、「前のバイトの受信が完了したため、次のバイトを送信してもよい」という、MCF8329A がコントローラに送信したアクノリッジに対応します。
6. 制御ワード内で CRC が有効化されている場合、MCF8329A は追加の CRC バイトを最後に送信します。コントローラは CRC バイトを読み出した後で、最後の ACK (オレンジ色の枠で囲まれた部分) を送信する必要があります。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. トランザクションを終了するための、コントローラからの I<sup>2</sup>C STOP 条件。

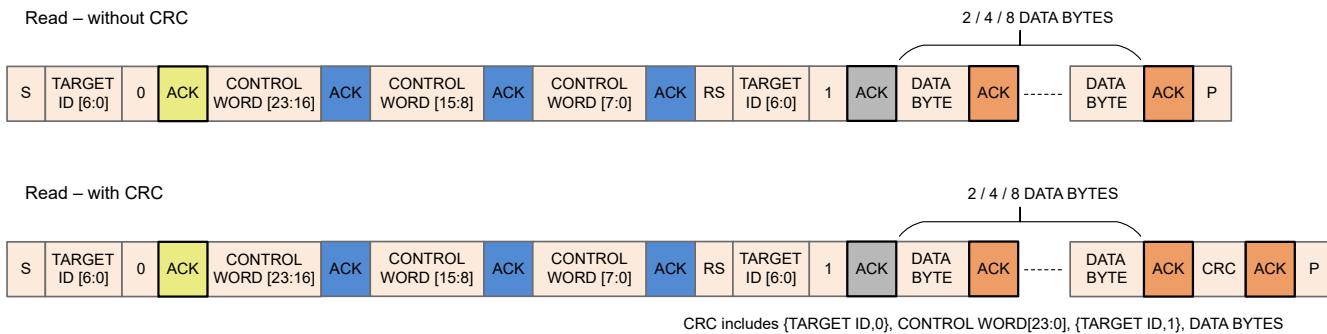


図 7-54. I<sup>2</sup>C 読み出しトランザクション シーケンス

#### 7.6.2.4 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C ターゲット ID は 0x60 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 7-11. 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 <sup>2</sup> C 書き込み | OP_R/W  | CRC_EN | DLEN      | MEM_SEC   | MEM_PAGE  | MEM_A    | MEM_A   | DB0     | DB1   | DB2     | DB3   | CRC バイト |      |     |
| 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   |      |     |
| 0x60      | 0x0                   | 0x0     | 0x1    | 0x1       | 0x0       | 0x0       | 0x0      | 0x0     | 0x80    | 0xCD  | 0xAB    | 0x34  | 0x12    | 0x45 |     |
| 0xC0      | 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 7-12. 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 <sup>2</sup> C 書き込み | OP_R/W  | CRC_EN | DLEN      | MEM_SEC   | MEM_PAGE  | 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   |  |  |  |     |
| 0x60      | 0x0                   | 0x0     | 0x1    | 0x2       | 0x0       | 0x0       | 0x0      | 0x0      | 0x80        | 0x67452301EFCDAB89 | 0x45    |  |  |  |     |
| 0xC0      | 0x60                  |         |        |           |           |           | 0x00     |          | 0x80        | 0x67452301EFCDAB89 | 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 7-13. 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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   |       |
| 0x60      | 0x0                   | 0x1     | 0x1    | 0x1       | 0x0       | 0x0       | 0x0      | 0x80     | 0x60     | 0x1                   | 0xCD  | 0xAB  | 0x34  | 0x12  | 0x56    |       |
| 0xC0      | 0xD0                  |         |        |           | 0x00      |           |          | 0x80     | 0xC1     |                       | 0xCD  | 0xAB  | 0x34  | 0x12  | 0x56    |       |

### 7.6.2.5 内部バッファ

MCF8329A は、I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C Rx データ用に 2 つのバッファ (ピンポン)、I<sup>2</sup>C 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れます。MCF8329A 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、I<sup>2</sup>C 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。

MCF8329A 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 MCF8329A 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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、MCF8329A 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、MCF8329A 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 I<sup>2</sup>C 読み出し (I<sup>2</sup>C 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 ( $x^8 + x^2 + x + 1$ ) と CRC 初期値 (0xFF) が使用されます。

**書き込み動作時の CRC 計算:**外部 MCU が MCF8329A 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。MCF8329A 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 MCF8329A を読み出す際に CRC が有効化されている場合、MCF8329A 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、MCF8329A から送信されるデータ バイトが必要です。MCF8329A 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

## 7.7 EEPROM (不揮発性) レジスタ・マップ

### 7.7.1 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 7-14 に示します。表 7-14 に記載されていないレジスタ オフセットアドレスは、すべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-14. 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 の設定           | <a href="#">セクション 7.7.1.1</a>  |
| 82h   | REV_DRIVE_CONFIG | リバースドライブ設定        | <a href="#">セクション 7.7.1.2</a>  |
| 84h   | MOTOR_STARTUP1   | モーター起動設定 1        | <a href="#">セクション 7.7.1.3</a>  |
| 86h   | MOTOR_STARTUP2   | モーター起動設定 2        | <a href="#">セクション 7.7.1.4</a>  |
| 88h   | CLOSED_LOOP1     | 閉ループ設定 1          | <a href="#">セクション 7.7.1.5</a>  |
| 8Ah   | CLOSED_LOOP2     | 閉ループ設定 2          | <a href="#">セクション 7.7.1.6</a>  |
| 8Ch   | CLOSED_LOOP3     | 閉ループ設定 3          | <a href="#">セクション 7.7.1.7</a>  |
| 8Eh   | CLOSED_LOOP4     | 閉ループ設定 4          | <a href="#">セクション 7.7.1.8</a>  |
| 94h   | REF_PROFILES1    | リファレンス プロファイル設定 1 | <a href="#">セクション 7.7.1.9</a>  |
| 96h   | REF_PROFILES2    | リファレンス プロファイル設定 2 | <a href="#">セクション 7.7.1.10</a> |
| 98h   | REF_PROFILES3    | リファレンス プロファイル設定 3 | <a href="#">セクション 7.7.1.11</a> |
| 9Ah   | REF_PROFILES4    | リファレンス プロファイル設定 4 | <a href="#">セクション 7.7.1.12</a> |
| 9Ch   | REF_PROFILES5    | リファレンス プロファイル設定 5 | <a href="#">セクション 7.7.1.13</a> |
| 9Eh   | REF_PROFILES6    | リファレンス プロファイル設定 6 | <a href="#">セクション 7.7.1.14</a> |

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 7-15 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 7-15. 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   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.7.1.1 ISD\_CONFIG レジスタ (オフセット = 80h) [リセット = 00000000h]

ISD\_CONFIG を表 7-16 に示します。

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

**表 7-16. ISD\_CONFIG レジスタのフィールドの説明**

| ピット   | フィールド                      | タイプ | リセット | 説明  |
|-------|----------------------------|-----|------|---|
| 31    | PARITY                     | R/W | 0h   | パリティビット   |
| 30    | ISD_EN                     | R/W | 0h   | ISD イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 29    | BRAKE_EN                   | R/W | 0h   | MSS 中のブレーキ イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 28    | HIZ_EN                     | R/W | 0h   | MSS 中のハイ インピーダンス イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 27    | RVS_DR_EN                  | R/W | 0h   | リバース ドライブ イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 26    | RESYNC_EN                  | R/W | 0h   | 再同期イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 25-22 | FW_DRV_RESYN_THR           | R/W | 0h   | 閉ループに再同期する速度スレッショルドの最小値 (MAX_SPEED の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 35%<br>7h = 40%<br>8h = 45%<br>9h = 50%<br>Ah = 55%<br>Bh = 60%<br>Ch = 70%<br>Dh = 80%<br>Eh = 90%<br>Fh = 100%                     |
| 21    | 予約済み                       | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 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киング時間<br>0h = 0.25μs<br>1h = 0.5μs<br>2h = 0.75μs<br>3h = 1μs<br>4h = 1.25μs<br>5h = 1.5μs<br>6h = 1.75μs<br>7h = 2μs<br>8h = 2.25μs<br>9h = 2.5μs<br>Ah = 2.75μs<br>Bh = 3μs<br>Ch = 3.5μs<br>Dh = 4μs<br>Eh = 5μs<br>Fh = 6μs |

表 7-16. 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   |
|-------|--------------------|-----|------|--|
| 16-13 | BRK_TIME           | R/W | 0h   | MSS 中のブレーキ時間<br>0h = 10ms<br>1h = 50ms<br>2h = 100ms<br>3h = 200ms<br>4h = 300ms<br>5h = 400ms<br>6h = 500ms<br>7h = 750ms<br>8h = 1s<br>9h = 2s<br>Ah = 3s<br>Bh = 4s<br>Ch = 5s<br>Dh = 7.5s<br>Eh = 10s<br>Fh = 15s                                   |
| 12-9  | HIZ_TIME           | R/W | 0h   | MSS 中のハイインピーダンス時間<br>0h = 10ms<br>1h = 50ms<br>2h = 100ms<br>3h = 200ms<br>4h = 300ms<br>5h = 400ms<br>6h = 500ms<br>7h = 750ms<br>8h = 1s<br>9h = 2s<br>Ah = 3s<br>Bh = 4s<br>Ch = 5s<br>Dh = 7.5s<br>Eh = 10s<br>Fh = 15s                              |
| 8-6   | STAT_DETECTTHR     | 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<br>0h = 100mV<br>1h = 150mV<br>2h = 200mV<br>3h = 500mV<br>4h = 1000mV<br>5h = 1500mV<br>6h = 2000mV<br>7h = 3000mV   |
| 5-2   | REV_DRV_HANDOFFTHR | R/W | 0h   | リバース ドライブ時に開ループに遷移するために使われる速度スレッショルド (MAX_SPEED の %)<br>0h = 2.5%<br>1h = 5%<br>2h = 7.5%<br>3h = 10%<br>4h = 12.5%<br>5h = 15%<br>6h = 20%<br>7h = 25%<br>8h = 30%<br>9h = 40%<br>Ah = 50%<br>Bh = 60%<br>Ch = 70%<br>Dh = 80%<br>Eh = 90%<br>Fh = 100% |

**表 7-16. 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   |
|-----|---------------------------|-----|------|--|
| 1-0 | 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 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 15%<br>1h = 25%<br>2h = 35%<br>3h = 50% |

### 7.7.1.2 REV\_DRIVE\_CONFIG レジスタ (オフセット = 82h) [リセット = 00000000h]

REV\_DRIVE\_CONFIG を表 7-17 に示します。

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

表 7-17. 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 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<br>0h = 0.01Hz/s<br>1h = 0.05Hz/s<br>2h = 1Hz/s<br>3h = 2.5Hz/s<br>4h = 5Hz/s<br>5h = 10Hz/s<br>6h = 25Hz/s<br>7h = 50Hz/s<br>8h = 75Hz/s<br>9h = 100Hz/s<br>Ah = 250Hz/s<br>Bh = 500Hz/s<br>Ch = 750Hz/s<br>Dh = 1000Hz/s<br>Eh = 5000Hz/s<br>Fh = 10000Hz/s                |
| 26-23 | REV_DRV_OPEN_LOOP_ACCEL_A2 | R/W | 0h   | リバースドライブ時の開ループ加速度係数 A2<br>0h = 0.0Hz/s2<br>1h = 0.05Hz/s2<br>2h = 1Hz/s2<br>3h = 2.5Hz/s2<br>4h = 5Hz/s2<br>5h = 10Hz/s2<br>6h = 25Hz/s2<br>7h = 50Hz/s2<br>8h = 75Hz/s2<br>9h = 100Hz/s2<br>Ah = 250Hz/s2<br>Bh = 500Hz/s2<br>Ch = 750Hz/s2<br>Dh = 1000Hz/s2<br>Eh = 5000Hz/s2<br>Fh = 10000Hz/s2 |
| 22-20 | ACTIVE_BRAKE_CURRENT_LIMIT | R/W | 0h   | アクティブブレーキ時のバス電流の制限値 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 10%<br>1h = 20%<br>2h = 30%<br>3h = 40%<br>4h = 50%<br>5h = 60%<br>6h = 70%<br>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。<br>Kp = ACTIVE_BRAKE_KP / 2 <sup>7</sup>   |
| 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。<br>Ki = ACTIVE_BRAKE_KI / 2 <sup>9</sup>   |

### 7.7.1.3 MOTOR\_STARTUP1 レジスタ (オフセット = 84h) [リセット = 00000000h]

MOTOR\_STARTUP1 を表 7-18 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

モータ一起動設定値 1 を設定するためのレジスタ

**表 7-18. 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 30-29 | MTR_STARTUP          | R/W | 0h   | モーターの起動方法<br>0h = アライン<br>1h = ダブル アライン<br>2h = IPD<br>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<br>0h = 1A/s<br>1h = 5A/s<br>2h = 10A/s<br>3h = 25A/s<br>4h = 50A/s<br>5h = 100A/s<br>6h = 150A/s<br>7h = 250A/s<br>8h = 500A/s<br>9h = 1000A/s<br>Ah = 2000A/s<br>Bh = 5000A/s<br>Ch = 10000A/s<br>Dh = 20000A/s<br>Eh = 50000A/s<br>Fh = 無制限 |
| 24-21 | ALIGN_TIME           | R/W | 0h   | アライン時間<br>0h = 10ms<br>1h = 50ms<br>2h = 100ms<br>3h = 200ms<br>4h = 300ms<br>5h = 400ms<br>6h = 500ms<br>7h = 750ms<br>8h = 1s<br>9h = 1.5s<br>Ah = 2s<br>Bh = 3s<br>Ch = 4s<br>Dh = 5s<br>Eh = 7.5s<br>Fh = 10s   |

表 7-18. 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_CUR<br>RENT_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<br>(BASE_CURRENT の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95%   |
| 16-14 | IPD_CLK_FREQ                     | R/W | 0h   | IPD クロック周波数<br>0h = 50Hz<br>1h = 100Hz<br>2h = 250Hz<br>3h = 500Hz<br>4h = 1000Hz<br>5h = 2000Hz<br>6h = 5000Hz<br>7h = 10000Hz  |
| 13-9  | IPD_CURR_THR                     | R/W | 0h   | IPD 電流レッショルド (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 2.5%<br>1h = 5%<br>2h = 7.5%<br>3h = 10%<br>4h = 12.5%<br>5h = 15%<br>6h = 20%<br>7h = 25%<br>8h = 30%<br>9h = 36.67%<br>Ah = 40%<br>Bh = 46.67%<br>Ch = 53.33%<br>Dh = 60%<br>Eh = 66.67%<br>Fh = 72%<br>10h = NA<br>11h = NA<br>12h = NA<br>13h = NA<br>14h = NA<br>15h = NA<br>16h = NA<br>17h = NA<br>18h = NA<br>19h = NA<br>1Ah = NA<br>1Bh = NA<br>1Ch = NA<br>1Dh = NA<br>1Eh = NA<br>1Fh = NA |
| 8     | 予約済み                             | R/W | 0h   | 予約済み   |

**表 7-18. MOTOR\_STARTUP1 レジスタのフィールドの説明 (続き)**

| ピット | フィールド            | タイプ | リセット | 説明  |
|-----|------------------|-----|------|---|
| 7-6 | IPD_ADV_ANGLE    | R/W | 0h   | IPD アドバンス角度<br>0h = 0°<br>1h = 30°<br>2h = 60°<br>3h = 90°                              |
| 5-4 | IPD_REPEAT       | R/W | 0h   | IPD の実行回数<br>0h = 1 回<br>1h = 平均 2 回<br>2h = 平均 3 回<br>3h = 平均 4 回                      |
| 3   | OL_ILIMIT_CONFIG | R/W | 0h   | 開ループ電流制限値の設定<br>0h = OL_ILIMIT によって開ループ電流制限値を設定<br>1h = ILIMIT によって開ループ電流制限値を設定         |
| 2   | IQ_RAMP_DOWN_EN  | R/W | 0h   | 開ループから閉ループへの遷移のための $I_q$ ランプ ダウン<br>0h = $I_q$ ランプ ダウンを無効化<br>1h = $I_q$ ランプ ダウンを有効化    |
| 1   | ACTIVE_BRAKE_EN  | R/W | 0h   | 減速時のアクティブ ブレーキの有効化<br>0h = アクティブ ブレーキを無効化<br>1h = アクティブ ブレーキを有効化                        |
| 0   | REV_DRV_CONFIG   | R/W | 0h   | リバース ドライブの開ループ構成設定<br>0h = フォワード ドライブに基づく開ループ電流、A1、A2<br>1h = リバース ドライブに基づく開ループ電流、A1、A2 |

#### 7.7.1.4 MOTOR\_STARTUP2 レジスタ (オフセット = 86h) [リセット = 00000000h]

MOTOR\_STARTUP2 を表 7-19 に示します。

概略表に戻ります。

モータ一起動設定値 2 を設定するためのレジスタ

表 7-19. 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/W | 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 %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95%   |
| 26-23 | OL_ACC_A1 | R/W | 0h   | 開ループ加速度係数 A1<br>0h = 0.01Hz/s<br>1h = 0.05Hz/s<br>2h = 1Hz/s<br>3h = 2.5Hz/s<br>4h = 5Hz/s<br>5h = 10Hz/s<br>6h = 25Hz/s<br>7h = 50Hz/s<br>8h = 75Hz/s<br>9h = 100Hz/s<br>Ah = 250Hz/s<br>Bh = 500Hz/s<br>Ch = 750Hz/s<br>Dh = 1000Hz/s<br>Eh = 5000Hz/s<br>Fh = 10000Hz/s                |
| 22-19 | OL_ACC_A2 | R/W | 0h   | 開ループ加速度係数 A2<br>0h = 0.0Hz/s2<br>1h = 0.05Hz/s2<br>2h = 1Hz/s2<br>3h = 2.5Hz/s2<br>4h = 5Hz/s2<br>5h = 10Hz/s2<br>6h = 25Hz/s2<br>7h = 50Hz/s2<br>8h = 75Hz/s2<br>9h = 100Hz/s2<br>Ah = 250Hz/s2<br>Bh = 500Hz/s2<br>Ch = 750Hz/s2<br>Dh = 1000Hz/s2<br>Eh = 5000Hz/s2<br>Fh = 10000Hz/s2 |

**表 7-19. MOTOR\_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)**

| ピット   | フィールド               | タイプ | リセット | 説明  |
|-------|---------------------|-----|------|---|
| 18    | AUTO_HANDOFF_EN     | R/W | 0h   | 自動ハンドオフ イネーブル<br>0h = 自動ハンドオフを無効化 (かつ OPN_CL_HANDOFF_THR を使用)<br>1h = 自動ハンドオフを有効化   |
| 17-13 | OPN_CL_HANDOFF_TH_R | R/W | 0h   | 開ループから閉ループへのハンドオフ スレッショルド MAX_SPEED の %)<br>0h = 1%<br>1h = 2%<br>2h = 3%<br>3h = 4%<br>4h = 5%<br>5h = 6%<br>6h = 7%<br>7h = 8%<br>8h = 9%<br>9h = 10%<br>Ah = 11%<br>Bh = 12%<br>Ch = 13%<br>Dh = 14%<br>Eh = 15%<br>Fh = 16%<br>10h = 17%<br>11h = 18%<br>12h = 19%<br>13h = 20%<br>14h = 22.5%<br>15h = 25%<br>16h = 27.5%<br>17h = 30%<br>18h = 32.5%<br>19h = 35%<br>1Ah = 37.5%<br>1Bh = 40%<br>1Ch = 42.5%<br>1Dh = 45%<br>1Eh = 47.5%<br>1Fh = 50% |

表 7-19. MOTOR\_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ピット  | フィールド                   | タイプ | リセット | 説明  |
|------|-------------------------|-----|------|---|
| 12-8 | ALIGN_ANGLE             | R/W | 0h   | アライン角<br>0h = 0°<br>1h = 10°<br>2h = 20°<br>3h = 30°<br>4h = 45°<br>5h = 60°<br>6h = 70°<br>7h = 80°<br>8h = 90°<br>9h = 110°<br>Ah = 120°<br>Bh = 135°<br>Ch = 150°<br>Dh = 160°<br>Eh = 170°<br>Fh = 180°<br>10h = 190°<br>11h = 210°<br>12h = 225°<br>13h = 240°<br>14h = 250°<br>15h = 260°<br>16h = 270°<br>17h = 280°<br>18h = 290°<br>19h = 315°<br>1Ah = 330°<br>1Bh = 340°<br>1Ch = 350°<br>1Dh = 予約済み<br>1Eh = 予約済み<br>1Fh = 予約済み |
| 7-4  | SLOW_FIRST_CYCLE_FREQ_Q | R/W | 0h   | スロー ファースト サイクル起動の最初のサイクルの周波数<br>0h = 0.1%<br>1h = 0.2%<br>2h = 0.3%<br>3h = 0.4%<br>4h = 0.5%<br>5h = 0.7%<br>6h = 1.0%<br>7h = 1.2%<br>8h = 1.5%<br>9h = 2.0%<br>Ah = 2.5%<br>Bh = 3%<br>Ch = 3.5%<br>Dh = 4%<br>Eh = 4.5%<br>Fh = 5%  |
| 3    | FIRST_CYCLE_FREQ_SEL    | R/W | 0h   | アライン、ダブル アライン、IPD 起動オプションの開ループでの最初のサイクルの周波数<br>0h = 0Hz<br>1h = SLOW_FIRST_CYCLE_FREQ で定義   |

**表 7-19. MOTOR\_STARTUP2 レジスタのフィールドの説明 (続き)**

| ピット | フィールド                 | タイプ | リセット | 説明   |
|-----|-----------------------|-----|------|--|
| 2-0 | THETA_ERROR_RAMP_RATE | R/W | 0h   | 推定角度と開ループ角度の差を小さくするためのランプ レート<br>0h = 0.01°/ms<br>1h = 0.05°/ms<br>2h = 0.1°/ms<br>3h = 0.15°/ms<br>4h = 0.2°/ms<br>5h = 0.5°/ms<br>6h = 1°/ms<br>7h = 2°/ms |

### 7.7.1.5 CLOSED\_LOOP1 レジスタ (オフセット = 88h) [リセット = 00000000h]

CLOSED\_LOOP1 を表 7-20 に示します。

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

表 7-20. 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/W | 0h   | パリティビット  |
| 30    | 予約済み          | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 29-25 | CL_ACC        | R/W | 0h   | 閉ループ加速度<br>速度モード (Hz/s)<br>電力モード (W/s)<br>電流モード (A/s)<br>電圧モード (毎秒 0.1% の変調インデックス)<br>0h = 0.5<br>1h = 1<br>2h = 2.5<br>3h = 5<br>4h = 7.5<br>5h = 10<br>6h = 20<br>7h = 40<br>8h = 60<br>9h = 80<br>Ah = 100<br>Bh = 200<br>Ch = 300<br>Dh = 400<br>Eh = 500<br>Fh = 600<br>10h = 700<br>11h = 800<br>12h = 900<br>13h = 1000<br>14h = 2000<br>15h = 4000<br>16h = 6000<br>17h = 8000<br>18h = 10000<br>19h = 20000<br>1Ah = 30000<br>1Bh = 40000<br>1Ch = 50000<br>1Dh = 60000<br>1Eh = 70000<br>1Fh = 無制限 |
| 24    | CL_DEC_CONFIG | R/W | 0h   | 閉ループ減速設定<br>0h = CL_DEC によって設定された閉ループ減速<br>1h = CL_ACC によって設定された閉ループ減速   |

**表 7-20. 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。<br>速度モード (Hz/s)<br>電力モード (W/s)<br>電流モード (A/s)<br>電圧モード (毎秒 0.1% の変調インデックス)<br>注: 速度モードで AVS が有効化されている場合、または CL_DEC_CONFIG が「1」に設定されている場合、この構成ビットは使用されません。<br>0h = 0.5<br>1h = 1<br>2h = 2.5<br>3h = 5<br>4h = 7.5<br>5h = 10<br>6h = 20<br>7h = 40<br>8h = 60<br>9h = 80<br>Ah = 100<br>Bh = 200<br>Ch = 300<br>Dh = 400<br>Eh = 500<br>Fh = 600<br>10h = 700<br>11h = 800<br>12h = 900<br>13h = 1000<br>14h = 2000<br>15h = 4000<br>16h = 6000<br>17h = 8000<br>18h = 10000<br>19h = 20000<br>1Ah = 30000<br>1Bh = 40000<br>1Ch = 50000<br>1Dh = 60000<br>1Eh = 70000<br>1Fh = 無制限 |
| 18-15 | PWM_FREQ_OUT | R/W | 0h   | PWM 出力周波数<br>0h = 10kHz<br>1h = 15kHz<br>2h = 20kHz<br>3h = 25kHz<br>4h = 30kHz<br>5h = 35kHz<br>6h = 40kHz<br>7h = 45kHz<br>8h = 50kHz<br>9h = 55kHz<br>Ah = 60kHz<br>Bh = 65kHz<br>Ch = 70kHz<br>Dh = 75kHz<br>Eh = 該当なし<br>Fh = 該当なし   |
| 14    | 予約済み         | R/W | 0h   | 予約済み  |

表 7-20. 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 選択<br>0h = ISD、開ループ、閉ループで FG を出力 (HW 構成)<br>1h = 閉ループのみで FG を出力<br>2h = 初回は開ループで FG を出力<br>3h = 未定義  |
| 11-8  | FG_DIV                    | R/W | 0h   | FG の分周係数<br>0h = 1 分周 (2 極モーターの機械的速度)<br>1h = 1 分周 (2 極モーターの機械的速度)<br>2h = 2 分周 (4 極モーターの機械的速度)<br>3h = 3 分周 (6 極モーターの機械的速度)<br>4h = 4 分周 (8 極モーターの機械的速度) ...<br>Fh = 15 分周 (30 極モーターの機械的速度)  |
| 7     | FG_CONFIG                 | R/W | 0h   | FG 出力構成<br>0h = モーターが駆動されている限り FG はアクティブ<br>1h = FG_BEMF_THR で定義された 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 出力の BEMF スレッショルド。SHx ピンの電圧を電圧ゲインで割った値として計算されます。<br>電圧ゲイン = 20V/V、BUS_VOLT = 60<br>電圧ゲイン = 10V/V、BUS_VOLT = 30<br>電圧ゲイン = 5V/V、BUS_VOLT = 15<br>0h = ±1mV<br>1h = ±2mV<br>2h = ±5mV<br>3h = ±10mV<br>4h = ±20mV<br>5h = ±30mV<br>6h = 該当なし<br>7h = 該当なし |
| 3     | AVS_EN                    | R/W | 0h   | AVS イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 2     | DEADTIME_COMP_EN          | R/W | 0h   | デッドタイム補償イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 1     | 予約済み                      | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 0     | LOW_SPEED_RECIRC_BRAKE_EN | R/W | 0h   | MTR_STOP がリサーチュレーション (還流) モードであり、かつモーターがアラインまたは開ループで動作している際に、モーター停止オプションを適用<br>0h = ハイインピーダンス<br>1h = ローサイドブレーキ   |

### 7.7.1.6 CLOSED\_LOOP2 レジスタ (オフセット = 8Ah) [リセット = 00000000h]

CLOSED\_LOOP2 を表 7-21 に示します。

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

**表 7-21. 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 30-28 | MTR_STOP          | R/W | 0h   | モーター停止オプション<br>0h = ハイインピーダンス<br>1h = 還流モード<br>2h = ローサイドブレーキ<br>3h = ローサイドブレーキ<br>4h = アクティブスピンダウン<br>5h = 未定義<br>6h = 未定義<br>7h = 未定義   |
| 27-24 | MTR_STOP_BRK_TIME | R/W | 0h   | モーター停止時のブレーキ時間<br>0h = 1ms<br>1h = 1ms<br>2h = 1ms<br>3h = 1ms<br>4h = 1ms<br>5h = 5ms<br>6h = 10ms<br>7h = 50ms<br>8h = 100ms<br>9h = 250ms<br>Ah = 500ms<br>Bh = 1000ms<br>Ch = 2500ms<br>Dh = 5000ms<br>Eh = 10000ms<br>Fh = 15000ms |
| 23-20 | ACT_SPIN_THR      | R/W | 0h   | アクティブスピンダウンの速度スレッショルド (MAX_SPEED の %)<br>0h = 100%<br>1h = 90%<br>2h = 80%<br>3h = 70%<br>4h = 60%<br>5h = 50%<br>6h = 45%<br>7h = 40%<br>8h = 35%<br>9h = 30%<br>Ah = 25%<br>Bh = 20%<br>Ch = 15%<br>Dh = 10%<br>Eh = 5%<br>Fh = 2.5%  |

表 7-21. 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   | その値を下回るとブレーキが作動する、BRAKE ピンとモーター停止オプション (ローサイド ブレーキ) の速度スレッショルド (MAX_SPEED の %)<br>0h = 100%<br>1h = 90%<br>2h = 80%<br>3h = 70%<br>4h = 60%<br>5h = 50%<br>6h = 45%<br>7h = 40%<br>8h = 35%<br>9h = 30%<br>Ah = 25%<br>Bh = 20%<br>Ch = 15%<br>Dh = 10%<br>Eh = 5%<br>Fh = 2.5% |
| 15-8  | MOTOR_RES              | R/W | 0h   | モーター位相抵抗の 8 ビット値  |
| 7-0   | MOTOR_IND              | R/W | 0h   | モーター位相インダクタンスの 8 ビット値   |

### 7.7.1.7 CLOSED\_LOOP3 レジスタ (オフセット = 8Ch) [リセット = 00000000h]

CLOSED\_LOOP3 を表 7-22 に示します。

[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

**表 7-22. 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/W | 0h   | パリティ ビット  |
| 30-23 | MOTOR_BEMF_CONST | R/W | 0h   | モーター BEMF 定数の 8 ビット値  |
| 22-13 | CURR_LOOP_KP     | R/W | 0h   | Iq および Id PI ループの 10 ビット Kp 値。<br>CURR_LOOP_KP は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。<br>$Kp = VALUE / 10^SCALE$<br>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   | Iq および Id PI ループの 10 ビット Ki 値。<br>CURR_LOOP_KI は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。<br>$Ki = 1000 \times VALUE / 10^SCALE$<br>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 Kp の 3 MSB ビット。<br>SPD_LOOP_KP は 2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。<br>$Kp = 0.01 \times VALUE / 10^SCALE$  |

### 7.7.1.8 CLOSED\_LOOP4 レジスタ (オフセット = 8Eh) [リセット = 00000000h]

CLOSED\_LOOP4 を表 7-23 に示します。

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

表 7-23. 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 30-24 | SPD_LOOP_KP | R/W | 0h   | 速度ループ Kp の 7 LSB ビット。<br>SPD_LOOP_KP は<br>2 つの部分 (SCALE(10:9)、VALUE(8:0)) に分かれています。<br>Kp = 0.01 × VALUE / 10^SCALE.  |
| 23-14 | SPD_LOOP_KI | R/W | 0h   | 速度ループ Ki の 10 ビット値。<br>SPD_LOOP_KI は<br>2 つの部分 (SCALE(9:8)、VALUE(7:0)) に分かれています。<br>Ki = 0.1 × VALUE / 10^SCALE.  |
| 13-0  | MAX_SPEED   | R/W | 0h   | 速度の最大値を電気的 Hz で設定するための 14 ビット値。<br>0~9600d = MAX_SPEED/6<br>9601d~16383d = (MAX_SPEED/4 - 800)<br>例: MAX_SPEED が 0x5DC (1500d) の場合、最大モーター速度 (Hz)<br>は 1500/6 = 250Hz<br>MAX_SPEED が 0x2710 (10000d) の場合、最大モーター速度 (Hz) は<br>(10000/4) - 800 = 1700Hz |

### 7.7.1.9 REF\_PROFILES1 レジスタ (オフセット = 94h) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILE1 を表 7-24 に示します。

[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

**表 7-24. REF\_PROFILE1 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/W | 0h   | パリティ ビット   |
| 30-29 | REF_PROFILE_CONFIG | R/W | 0h   | リファレンス プロファイルの設定<br>0h = リファレンス モード<br>1h = リニア モード<br>2h = 階段モード<br>3h = 双方向モード |
| 28-21 | DUTY_ON1           | R/W | 0h   | Duty_ON1 の設定<br>ターンオン デューティ サイクル (%) = {(DUTY_ON1/255) × 100}                    |
| 20-13 | DUTY_OFF1          | R/W | 0h   | Duty_OFF1 の設定<br>ターンオフ デューティ サイクル (%) = {(DUTY_OFF1/255) × 100}                  |
| 12-5  | DUTY_CLAMP1        | R/W | 0h   | Duty_CLAMP1 の設定<br>クランプのデューティ サイクル (%) = {(DUTY_CLAMP1/255) × 100}               |
| 4-0   | DUTY_A             | R/W | 0h   | デューティ サイクル A の 5 MSB ビット   |

### 7.7.1.10 REF\_PROFILES2 レジスタ (オフセット = 96h) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILES2 を表 7-25 に示します。

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

表 7-25. 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/W | 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<br>デューティ サイクル A (%) = {(DUTY_A/255) × 100} |
| 27-20 | DUTY_B | R/W | 0h   | Duty_B の設定<br>デューティ サイクル B (%) = {(DUTY_B/255) × 100}                  |
| 19-12 | DUTY_C | R/W | 0h   | Duty_C の設定<br>デューティ サイクル C (%) = {(DUTY_C/255) × 100}                  |
| 11-4  | DUTY_D | R/W | 0h   | Duty_D の設定<br>デューティ サイクル D (%) = {(DUTY_D/255) × 100}                  |
| 3-0   | DUTY_E | R/W | 0h   | デューティ サイクル E の 4 MSB ビット   |

### 7.7.1.11 REF\_PROFILES3 レジスタ (オフセット = 98h) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILES3 を表 7-26 に示します。

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

**表 7-26. 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/W | 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<br>デューティ サイクル E (%) = {(DUTY_E/255) × 100} |
| 26-19 | DUTY_ON2    | R/W | 0h   | Duty_ON2 の設定<br>ターンオン デューティ サイクル (%) = {(DUTY_ON2/255) × 100}          |
| 18-11 | DUTY_OFF2   | R/W | 0h   | Duty_OFF2 の設定<br>ターンオフ デューティ サイクル (%) = {(DUTY_OFF2/255) × 100}        |
| 10-3  | DUTY_CLAMP2 | R/W | 0h   | Duty_CLAMP2 の設定<br>クランプのデューティ サイクル (%) = {(DUTY_CLAMP2/255) × 100}     |
| 2-1   | DUTY_HYS    | R/W | 0h   | デューティ ヒステリシス<br>0h = 0%<br>1h = 0.8%<br>2h = 2%<br>3h = 4%             |
| 0     | RESERVED    | R/W | 0h   | 予約済み   |

### 7.7.1.12 REF\_PROFILES4 レジスタ (オフセット = 9Ah) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILES4 を表 7-27 に示します。

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

表 7-27. 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/W | 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<br>ターンオフ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF\_OFF1/255) \times 100\}$    |
| 22-15 | REF_CLAMP1 | R/W | 0h   | リファレンス クランプ 1 の設定<br>クランプ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF\_CLAMP1/255) \times 100\}$ |
| 14-7  | REF_A      | R/W | 0h   | リファレンス A の設定<br>リファレンス A (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF\_A/255) \times 100\}$              |
| 6-0   | REF_B      | R/W | 0h   | REF_B の 7 MSB の設定   |

### 7.7.1.13 REF\_PROFILES5 レジスタ (オフセット = 9Ch) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILE5 を表 7-28 に示します。

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

**表 7-28. REF\_PROFILE5 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/W | 0h   | パリティ ビット  |
| 30    | REF_B    | R/W | 0h   | REF_B の 1 LSB の設定<br>リファレンス B (リファレンスの最大値の %) = {(REF_B/255) × 100} |
| 29-22 | REF_C    | R/W | 0h   | リファレンス C の設定<br>リファレンス C (リファレンスの最大値の %) = {(REF_C/255) × 100}      |
| 21-14 | REF_D    | R/W | 0h   | リファレンス D の設定<br>リファレンス D (リファレンスの最大値の %) = {(REF_D/255) × 100}      |
| 13-6  | REF_E    | R/W | 0h   | リファレンス E の設定<br>リファレンス E (リファレンスの最大値の %) = {(REF_E/255) × 100}      |
| 5-0   | RESERVED | R/W | 0h   | 予約済み  |

### 7.7.1.14 REF\_PROFILES6 レジスタ (オフセット = 9Eh) [リセット = 00000000h]

REF\_PROFILES6 を表 7-29 に示します。

[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

表 7-29. 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/W | 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<br>ターンオフ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF\_OFF2/255) \times 100\}$ |
| 22-15 | REF_CLAMP2 | R/W | 0h   | クランプ リファレンスの設定<br>クランプ リファレンス (リファレンスの最大値の %) = $\{(REF\_CLAMP2/255) \times 100\}$ |
| 14-0  | RESERVED   | R/W | 0h   | 予約済み   |

### 7.7.2 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 7-30 に示します。表 7-30 に記載されていないレジスタ オフセット アドレスは、すべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

**表 7-30. 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 7.7.2.1 |
| A2h   | INT_ALGO_2 | 内部アルゴリズム設定 2 | セクション 7.7.2.2 |

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 7-31 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 7-31. Internal\_Algorithm\_Configuration のアセス タイプ コード**

| アセス タイプ       | コード | 説明               |
|---------------|-----|------------------|
| 読み取りタイプ       |     |                  |
| R             | R   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.7.2.1 INT\_ALGO\_1 レジスタ (オフセット = A0h) [リセット = 00000000h]

INT\_ALGO\_1 を表 7-32 に示します。

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

表 7-32. 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/W | 0h   | パリティ ビット  |
| 30-29 | ACTIVE_BRAKE_SPEED<br>_DELTA_LIMIT_EXIT | R/W | 0h   | アクティブ ブレーキ状態を脱するための速度リファレンス差<br>(MAX_SPEED の %)<br>0h = 2.5%<br>1h = 5%<br>2h = 7.5%<br>3h = 10%  |
| 28-27 | SPEED_PIN_GLITCH_FILTER                 | R/W | 0h   | PWM および周波数入力モードで SPEED/WAKE ピンに適用されるグリッヂ フィルタ<br>0h = グリッヂ フィルタなし<br>1h = 0.2μs<br>2h = 0.5μs<br>3h = 1.0μs                             |
| 26    | FAST_ISD_EN                             | R/W | 0h   | ISD 中の高速検出の有効化<br>0h = 高速 ISD を無効化<br>1h = 高速 ISD を有効化  |
| 25-24 | ISD_STOP_TIME                           | R/W | 0h   | モーターが停止していると判断する際の根拠となる持続時間<br>0h = 1ms<br>1h = 5ms<br>2h = 50ms<br>3h = 100ms  |
| 23-22 | ISD_RUN_TIME                            | R/W | 0h   | モーターが動作していると判断する際の根拠となる持続時間<br>0h = 1ms<br>1h = 5ms<br>2h = 50ms<br>3h = 100ms  |
| 21-20 | ISD_TIMEOUT                             | R/W | 0h   | 速度または方向を ISD が確実には検出できない場合のタイムアウト<br>0h = 500ms<br>1h = 750ms<br>2h = 1000ms<br>3h = 2000ms   |
| 19-17 | AUTO_HANDOFF_MIN_B<br>EMF               | R/W | 0h   | 自動ハンドオフのための BEMF の最小値<br>0h = 0mV<br>1h = 100mV<br>2h = 200mV<br>3h = 500mV<br>4h = 1000mV<br>5h = 2000mV<br>6h = 2500mV<br>7h = 3000mV |
| 16-15 | RESERVED                                | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 14-13 | RESERVED                                | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 12-11 | RESERVED                                | R/W | 0h   | 予約済み  |

**表 7-32. 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  |
|------|------------------------------|-----|------|---|
| 10-8 | MPET_OPEN_LOOP_CU<br>RR_REF  | R/W | 0h   | MPET の開ループ電流リファレンス (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 10%<br>1h = 20%<br>2h = 30%<br>3h = 40%<br>4h = 50%<br>5h = 60%<br>6h = 70%<br>7h = 80% |
| 7-6  | MPET_OPEN_LOOP_SP<br>EED_REF | R/W | 0h   | MPET の開ループ速度リファレンス (MAXIMUM_SPEED の %)<br>0h = 15%<br>1h = 25%<br>2h = 35%<br>3h = 50%  |
| 5-3  | MPET_OPEN_LOOP_SL<br>EW_RATE | R/W | 0h   | MPET の開ループ加速度<br>0h = 0.1Hz/s<br>1h = 0.5Hz/s<br>2h = 1Hz/s<br>3h = 2Hz/s<br>4h = 3Hz/s<br>5h = 5Hz/s<br>6h = 10Hz/s<br>7h = 20Hz/s   |
| 2-0  | REV_DRV_OPEN_LOOP<br>_DEC    | R/W | 0h   | リバース ドライブでの開ループ減速時に適用される開ループ加速度の %<br>0h = 50%<br>1h = 60%<br>2h = 70%<br>3h = 80%<br>4h = 90%<br>5h = 100%<br>6h = 125%<br>7h = 150% |

### 7.7.2.2 INT\_ALGO\_2 レジスタ (オフセット = A2h) [リセット = 00000000h]

INT\_ALGO\_2 を表 7-33 に示します。

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

表 7-33. 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/W | 0h   | パリティ ビット   |
| 30-21 | FLUX_WEAKENING_KP                  | R/W | 0h   | フックス減衰 Kp の 10 ビット値<br>FLUX_WEAKENING_KP は 2 つの部分<br>(SCALE(9:8) と VALUE(7:0)) に分かれています。<br>Kp = 0.1 × VALUE / 10^SCALE  |
| 20-11 | FLUX_WEAKENING_KI                  | R/W | 0h   | フックス減衰 Ki の 10 ビット値<br>FLUX_WEAKENING_KI は 2 つの部分<br>(SCALE(9:8) と VALUE(7:0)) に分かれています。<br>Ki = 10.0 × VALUE / 10^SCALE   |
| 10    | FLUX_WEAKENING_EN                  | R/W | 0h   | フックス減衰イネーブル<br>0h = フックス減衰を無効化<br>1h = フックス減衰を有効化  |
| 9-6   | CL_SLOW_ACC                        | R/W | 0h   | 閉ループに遷移した直後、エスティメータがまだ完全にはアラインされていない場合の閉ループ加速度<br>速度モード (Hz/s)<br>電力モード (W/s)<br>電流モード (A/s)<br>電圧モード (毎秒 0.1% の変調インデックス)<br>0h = 0.1<br>1h = 1<br>2h = 2<br>3h = 3<br>4h = 5<br>5h = 10<br>6h = 20<br>7h = 30<br>8h = 40<br>9h = 50<br>Ah = 100<br>Bh = 200<br>Ch = 500<br>Dh = 750<br>Eh = 1000<br>Fh = 2000 |
| 5-3   | ACTIVE_BRAKE_BUS_CURRENT_SLEW_RATE | R/W | 0h   | アクティブ ブレーキ時のバス電流スルーレート (A/s)<br>0h = 10A/s<br>1h = 50A/s<br>2h = 100A/s<br>3h = 250A/s<br>4h = 500A/s<br>5h = 1000A/s<br>6h = 5000A/s<br>7h = 無制限  |
| 2     | 予約済み                               | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 1     | MPET_KE_MEAS_PARA_METER_SELECT     | R/W | 0h   | MPET パラメータの選択<br>0h = 通常のモーター動作のために設定されたパラメータ (スルーレートは OL_ACC_A1, OL_ACC_A2、電流リファレンスは OL_ILIMIT、速度リファレンスは OPN_CL_HANDOFF_THR)<br>1h = MPET 固有のパラメータ (スルーレートは MPET_OPEN_LOOP_SLEW_RATE、電流リファレンスは MPET_OPEN_LOOP_CURR_REF、速度リファレンスは MPET_OPEN_LOOP_SPEED_REF)  |

**表 7-33. 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                                    |
|-----|----------------------------|-----|------|---------------------------------------|
| 0   | IPD_HIGH_RESOLUTION<br>_EN | R/W | 0h   | IPD 高分解能イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化 |

### 7.7.3 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 7-34 に示します。表 7-34 に記載されていないレジスタ オフセットアドレスは、すべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-34. 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 | <a href="#">セクション 7.7.3.1</a> |
| A6h   | DEVICE_CONFIG1 | デバイス設定 1    | <a href="#">セクション 7.7.3.2</a> |
| A8h   | DEVICE_CONFIG2 | デバイス設定 2    | <a href="#">セクション 7.7.3.3</a> |
| AAh   | PERI_CONFIG1   | ペリフェラル設定 1  | <a href="#">セクション 7.7.3.4</a> |
| ACh   | GD_CONFIG1     | ゲートドライバ設定 1 | <a href="#">セクション 7.7.3.5</a> |
| AEh   | GD_CONFIG2     | ゲートドライバ設定 2 | <a href="#">セクション 7.7.3.6</a> |

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 7-35 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 7-35. 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   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.7.3.1 PIN\_CONFIG レジスタ (オフセット = A4h) [リセット = 00000000h]

PIN\_CONFIG を表 7-36 に示します。

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

**表 7-36. 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/W | 0h   | パリティ ビット   |
| 30-28 | FLUX_WEAKENING_CURRENT_RATIO | R/W | 0h   | フラックス減衰電流リファレンスの最大値 (ILIMIT の %)<br>0h = 循環制限のみを適用<br>1h = 80%<br>2h = 70%<br>3h = 60%<br>4h = 50%<br>5h = 40%<br>6h = 30%<br>7h = 20%   |
| 27    | VdcFilterDisable             | R/W | 0h   | Vdc フィルタの無効化<br>0h = Vdc フィルタを有効化<br>1h = Vdc フィルタを無効化   |
| 26-22 | LEAD_ANGLE                   | R/W | 0h   | 進角 (度)<br>0~15 = 1 × ビット値<br>15~31 = 2 × (ビット値 - 15) + 15  |
| 21-11 | MAX_POWER                    | R/W | 0h   | 最大電力 (W)<br>0~1023 = 1 × ビット値<br>1024~2047 = 2 × (ビット値 - 1024) + 1024  |
| 10-9  | FG_IDLE_CONFIG               | R/W | 0h   | 停止時の FG の設定<br>0h = FG_CONFIG の条件で、FG は継続し、終了状態は未定義 (コースト中に FG を定義)<br>1h = FG はハイインピーダンス (外部からプルアップされる。)<br>2h = FG は Low にプルされる。<br>3h = FG はハイインピーダンス (外部からプルアップされる。)                                 |
| 8-7   | FG_FAULT_CONFIG              | R/W | 0h   | フォルト時の FG 信号の動作<br>0h = FG はハイインピーダンス (外部からプルアップされる。)<br>1h = FG はハイインピーダンス (外部からプルアップされる。)<br>2h = FG は Low にプルされる。<br>3h = FG_CONFIG が 1 の場合、FG_BEMF_THR によって設定された BEMF スレッショルドを BEMF が下回るまで、FG はアクティブ |
| 6     | 予約済み                         | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 5     | BRAKE_PIN_MODE               | R/W | 0h   | ブレーキ ピン モード<br>0h = ローサイド ブレーキ<br>1h = 予約済み  |
| 4     | 予約済み                         | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 3-2   | BRAKE_INPUT                  | R/W | 0h   | ブレーキ ピンのオーバーライド<br>0h = ハードウェア ピンとしての BRAKE<br>1h = BRAKE_PIN_MODE に従って、ピンとブレーキをオーバーライド<br>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<br>3h = ハードウェア ピンとしての BRAKE   |
| 1-0   | SPEED_MODE                   | R/W | 0h   | SPEED ピンによるリファレンス コマンド モードの設定<br>0h = アナログ モード<br>1h = SPEED 入力ピンのデューティ サイクルによる制御<br>2h = レジスタ オーバーライド モード<br>3h = SSPEED 入力ピンの周波数による制御  |

### 7.7.3.2 DEVICE\_CONFIG1 レジスタ (オフセット = A6h) [リセット = 00000000h]

DEVICE\_CONFIG1 を表 7-37 に示します。

概略表に戻ります。

デバイスを設定するためのレジスタ

表 7-37. DEVICE\_CONFIG1 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 30    | MTPA_EN            | R/W | 0h   | アンペアあたり最大トルク (MTPA) 動作を有効化<br>0h = MTPA を無効化<br>1h = MTPA を有効化              |
| 29-28 | DAC_SOX_ANA_CONFIG | R/W | 0h   | ピン 33 の設定<br>0h = DACOUT<br>1h = CSA_OUT<br>2h = ANA_ON_PIN<br>3h = CSA_OUT |
| 27    | 予約済み               | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 26-20 | I2C_SLAVE_ADDR     | R/W | 0h   | I2C スレーブ アドレス   |
| 19-5  | RESERVED           | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 4~3   | SLEW_RATE_I2C_PINS | R/W | 0h   | I2C ピンのスルーレート制御<br>0h = 4.8mA<br>1h = 3.9mA<br>2h = 1.86mA<br>3h = 30.8mA   |
| 2     | PULLUP_ENABLE      | R/W | 0h   | nFault および FG ピンの内部プルアップ イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化                      |
| 1-0   | BUS_VOLT           | R/W | 0h   | 最大 DC バス電圧の設定 (V)<br>0h = 15V<br>1h = 30V<br>2h = 60V<br>3h = 未定義           |

### 7.7.3.3 DEVICE\_CONFIG2 レジスタ (オフセット = A8h) [リセット = 00000000h]

DEVICE\_CONFIG2 を表 7-38 に示します。

概略表に戻ります。

デバイスを設定するためのレジスタ

**表 7-38. DEVICE\_CONFIG2 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/W | 0h   | パリティビット   |
| 30-16 | INPUT_MAXIMUM_FREQ      | R/W | 0h   | 「SPEED 入力ピンの周波数による制御」を使った制御モードの SPEED ピンの入力周波数 (100% デューティサイクルに対応)<br>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   | SLEEP_ENTRY_TIME の間、入力ソースが継続的にスリープ開始スレッショルド以下に維持されると、本デバイスはスリープモードに移行します。<br>0h = SPEED ピンが 50μs の間 Low にとどまると、スリープに移行<br>1h = SPEED ピンが 200μs の間 Low にとどまると、スリープに移行<br>2h = SPEED ピンが 20ms の間 Low にとどまると、スリープに移行<br>3h = SPEED ピンが 200ms の間 Low にとどまると、スリープに移行 |
| 13    | 予約済み                    | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 12    | DYNAMIC_VOLTAGE_GAIN_EN | R/W | 0h   | あらゆる電圧レベルで最適な電圧分解能が得られるように、電圧ゲインを 1ms のレートで調整する機能<br>0h = 動的電圧ゲインを無効化<br>1h = 動的電圧ゲインを有効化   |
| 11    | DEV_MODE                | R/W | 0h   | デバイスモード選択<br>0h = スタンバイモード<br>1h = スリープモード  |
| 10-9  | CLK_SEL                 | R/W | 0h   | クロックソース<br>0h = 内部発振器<br>1h = N/A<br>2h = N/A<br>3h = 外部クロック入力  |
| 8     | EXT_CLK_EN              | R/W | 0h   | 外部クロックモードイネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 7-5   | EXT_CLK_CONFIG          | R/W | 0h   | 外部クロックの設定<br>0h = 8kHz<br>1h = 16kHz<br>2h = 32kHz<br>3h = 64kHz<br>4h = 128kHz<br>5h = 256kHz<br>6h = 512kHz<br>7h = 1024kHz   |
| 4     | EXT_WD_EN               | R/W | 0h   | 外部ウォッチドッグイネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 3-2   | EXT_WD_CONFIG           | R/W | 0h   | I2C モードでの外部ウォッチドッグの設定<br>0h = 1s<br>1h = 2s<br>2h = 5s<br>3h = 10s  |
| 1     | 予約済み                    | R/W | 0h   | 予約済み  |
| 0     | EXT_WD_FAULT_MODE       | R/W | 0h   | 外部ウォッチドッグのフォルトモード<br>0h = 通知のみ<br>1h = ハイインピーダンスでラッチ  |

### 7.7.3.4 PERI\_CONFIG1 レジスタ (オフセット = AAh) [リセット = 40000000h]

PERI\_CONFIG1 を表 7-39 に示します。

概略表に戻ります。

ペリフェラル 1 へのレジスタ

表 7-39. PERI\_CONFIG1 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/W | 0h   | パリティビット  |
| 30    | SPREAD_SPECTRUM_M<br>ODULATION_DIS | R/W | 1h   | スペクトラム拡散調変の無効化<br>0h = SSM を有効化<br>1h = SSM を無効化   |
| 29-26 | DIG_DEAD_TIME                      | R/W | 0h   | デッドタイム<br>0h = 0<br>1h = 50ns<br>2h = 100ns<br>3h = 150ns<br>4h = 200ns<br>5h = 250ns<br>6h = 300ns<br>7h = 350ns<br>8h = 400ns<br>9h = 450ns<br>Ah = 500ns<br>Bh = 600ns<br>Ch = 700ns<br>Dh = 800ns<br>Eh = 900ns<br>Fh = 1000ns |
| 25-22 | BUS_CURRENT_LIMIT                  | R/W | 0h   | バス電流制限 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95%           |
| 21    | BUS_CURRENT_LIMIT_E<br>NABLE       | R/W | 0h   | バス電流制限イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 20-19 | DIR_INPUT                          | R/W | 0h   | DIR ピンのオーバーライド<br>0h = ハードウェアピンとしての DIR<br>1h = 時計回り (OUTA-OUTB-OUTC) で DIR ピンをオーバーライド<br>2h = 反時計回り (OUTA-OUTC-OUTB) で DIR ピンをオーバーライド<br>3h = ハードウェアピンとしての DIR  |
| 18    | DIR_CHANGE_MODE                    | R/W | 0h   | DIR ピンステータスの変更に対する応答<br>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。<br>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える。   |
| 17    | 予約済み                               | R/W | 0h   | 予約済み   |

**表 7-39. PERI\_CONFIG1 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   |
|-------|--------------------------------------|-----|------|--|
| 16-13 | ACTIVE_BRAKE_SPEED_DELTA_LIMIT_ENTRY | R/W | 0h   | アクティブ ブレーキ状態に入るための速度リファレンス差 (MAX_SPEED の %)<br>0h = 2.5%<br>1h = 5%<br>2h = 10%<br>3h = 15%<br>4h = 20%<br>5h = 25%<br>6h = 30%<br>7h = 35%<br>8h = 40%<br>9h = 45%<br>Ah = 50%<br>Bh = 60%<br>Ch = 70%<br>Dh = 80%<br>Eh = 90%<br>Fh = 100% |
| 12-10 | ACTIVE_BRAKE_MOD_INDEX_LIMIT         | R/W | 0h   | その値を下回るとアクティブ ブレーキが作動する変調インデックス<br>0h = 0%<br>1h = 40%<br>2h = 50%<br>3h = 60%<br>4h = 70%<br>5h = 80%<br>6h = 90%<br>7h = 100%  |
| 9     | SPD_RANGE_SELECT                     | R/W | 0h   | SPEED/WAKE ピン PWM 入力周波数選択<br>0h = 325Hz～100kHz の速度 PWM 入力<br>1h = 10Hz～325Hz の速度 PWM 入力  |
| 8     | 予約済み                                 | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 7-6   | FLUX_WEAKENING_REFERENCE             | R/W | 0h   | フラックス減衰モードでトラッキングされる変調インデックス リファレンス<br>0h = 70%<br>1h = 80%<br>2h = 90%<br>3h = 95%  |
| 5-4   | CTRL_MODE                            | R/W | 0h   | 制御モード<br>0h = 速度制御<br>1h = 電力制御<br>2h = 電流制御<br>3h = 変調インデックス制御  |
| 3-0   | SALIENCY_PERCENTAGE                  | R/W | 0h   | $((Lq-Ld) \times 100)/(4 \times (Lq+Ld))$ で計算される突極率  |

### 7.7.3.5 GD\_CONFIG1 レジスタ (オフセット = ACh) [リセット = 00000000h]

GD\_CONFIG1 を 表 7-40 に示します。

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

**表 7-40. GD\_CONFIG1 レジスタ フィールドの説明**

| ピット   | フィールド             | タイプ | リセット | 説明   |
|-------|-------------------|-----|------|--|
| 31    | PARITY            | R/W | 0h   | パリティビット  |
| 30-26 | RESERVED          | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 25-24 | BST_CHRG_TIME     | R/W | 0h   | ブートストラップ コンデンサの充電時間<br>0h = 0ms<br>1h = 3ms<br>2h = 6ms<br>3h = 12ms |
| 23    | SNS_FLT_MODE      | R/W | 0h   | 過電流フォルト検出モード<br>0h = ラッチ モード<br>1h = tLCK_RETRY 後にリトライ               |
| 22    | VDS_FLT_MODE      | R/W | 0h   | VDS 過電流フォルト モード<br>0h = ラッチ モード<br>1h = tLCK_RETRY 後にリトライ            |
| 21    | BST_UV_MODE       | R/W | 0h   | BST 低電圧フォルト モード<br>0h = ラッチ モード<br>1h = tLCK_RETRY 後にリトライ            |
| 20    | GVDD_UV_MODE      | R/W | 0h   | GVDD 低電圧フォルト モード<br>0h = ラッチ モード<br>1h = tLCK_RETRY 後にリトライ           |
| 19    | 予約済み              | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 18    | 予約済み              | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 17    | 予約済み              | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 16    | DIS_BST_FLT       | R/W | 0h   | BST フォルトの無効化<br>0h = BST フォルトを有効化<br>1h = BST フォルトを無効化               |
| 15    | OTS_AUTO_RECOVERY | R/W | 0h   | OTS 自動復帰<br>0h = OTS はフォルトをラッチ<br>1h = OTS は自動復帰                     |
| 14-10 | RESERVED          | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 9     | DIS_SNS_FLT       | R/W | 0h   | 検出フォルトの無効化<br>0h = SNS OCP フォルトを有効化<br>1h = SNS OCP フォルトを無効化         |
| 8     | DIS_VDS_FLT       | R/W | 0h   | VDS フォルトの無効化<br>0h = VDS フォルトを有効化<br>1h = VDS フォルトを無効化               |
| 7     | 予約済み              | R/W | 0h   | 予約済み   |

**表 7-40. GD\_CONFIG1 レジスタ フィールドの説明 (続き)**

| ピット | フィールド       | タイプ | リセット | 説明   |
|-----|-------------|-----|------|--|
| 6-3 | SEL_VDS_LVL | R/W | 0h   | VDS_OCP レベル選択<br>0h = 0.06 V<br>1h = 0.12 V<br>2h = 0.18 V<br>3h = 0.24 V<br>4h = 0.3 V<br>5h = 0.36 V<br>6h = 0.42 V<br>7h = 0.48 V<br>8h = 0.6 V<br>9h = 0.8 V<br>Ah = 1.0 V<br>Bh = 1.2 V<br>Ch = 1.4 V<br>Dh = 1.6 V<br>Eh = 1.8 V<br>Fh = 2.0 V |
| 2   | 予約済み        | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 1-0 | CSA_GAIN    | R/W | 0h   | 電流検出アンプ (CSA) ゲイン<br>0h = 5 V/V<br>1h = 10 V/V<br>2h = 20 V/V<br>3h = 40 V/V   |

### 7.7.3.6 GD\_CONFIG2 レジスタ (オフセット = AEh) [リセット = 00000000h]

GD\_CONFIG2 を 表 7-41 に示します。

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

表 7-41. GD\_CONFIG2 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/W | 0h   | パリティビット  |
| 30-15 | RESERVED     | R/W | 0h   | 予約済み   |
| 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 (15 ビット値)<br>ベース電流 (A) = 1.5 / (RSENSE × CSA_GAIN)<br>BASE_CURRENT = ベース電流 (A) × 32768 / 1200<br>例: 15A の場合、15 × 32768 / 1200 を入力 |

#### 7.7.4 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 7-42 に示します。表 7-42 に記載されてい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されます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

**表 7-42. 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 | �ルト設定 1 | <a href="#">セクション 7.7.4.1</a> |
| 92h   | FAULT_CONFIG2 | �ルト設定 2 | <a href="#">セクション 7.7.4.2</a> |

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 7-43 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 7-43. 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   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.7.4.1 FAULT\_CONFIG1 レジスタ (オフセット = 90h) [リセット = 00000000h]

FAULT\_CONFIG1 を表 7-44 に示します。

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

**表 7-44. 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/W | 0h   | パリティビット  |
| 30-27 | ILIMIT         | R/W | 0h   | ピーク位相電流の制限値 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95%          |
| 26-23 | HW_LOCK_ILIMIT | R/W | 0h   | コンパレータによるロック検出電流の制限値 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95% |
| 22-19 | LOCK_ILIMIT    | R/W | 0h   | ADC によるロック検出電流の制限値 (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 5%<br>1h = 10%<br>2h = 15%<br>3h = 20%<br>4h = 25%<br>5h = 30%<br>6h = 40%<br>7h = 50%<br>8h = 60%<br>9h = 65%<br>Ah = 70%<br>Bh = 75%<br>Ch = 80%<br>Dh = 85%<br>Eh = 90%<br>Fh = 95%   |

表 7-44. FAULT\_CONFIG1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

| ピット   | フィールド            | タイプ | リセット | 説明  |
|-------|------------------|-----|------|---|
| 18-15 | LOCK_ILIMIT_MODE | R/W | 0h   | <p>ロック電流制限モード</p> <p>0h = ILIMIT ロック検出によりFAULTをラッチ、nFAULTはアクティブ、ゲートドライバはトライステート</p> <p>1h = ILIMIT ロック検出によりFAULTをラッチ、nFAULTはアクティブ、ゲートドライバはトライステート</p> <p>2h = ILIMIT ロック検出によりFAULT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 = ILIMIT ロック検出によりFAULT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>4h = LCK_RETRY 時間後、FAULT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、FAULT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。</p> <p>5h = LCK_RETRY 時間後、FAULT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、FAULT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。</p> <p>6h = AUTO_RETRY_TIMES の回数だけ、LCK_RETRY 時間後にFAULT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がオン)になり、nFAULTはアクティブになる。</p> <p>7h = LCK_RETRY 時間後、FAULT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、FAULT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>8h = 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>9h = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Ah = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Bh = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Ch = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Dh = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Eh = ILIMIT ロックを無効化</p> <p>Fh = 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のグリッヂ除去時間</p> <p>0h = グリッヂ除去なし</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>   |

表 7-44. 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   |
|------|----------------------|-----|------|--|
| 10-7 | LCK_RETRY            | R/W | 0h   | ロック検出リトライ時間<br>0h = 300ms<br>1h = 500ms<br>2h = 1s<br>3h = 2s<br>4h = 3s<br>5h = 4s<br>6h = 5s<br>7h = 6s<br>8h = 7s<br>9h = 8s<br>Ah = 9s<br>Bh = 10s<br>Ch = 11s<br>Dh = 12s<br>Eh = 13s<br>Fh = 14s   |
| 6-3  | MTR_LCK_MODE         | R/W | 0h   | モーター ロック モード<br>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ライステート<br>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、ゲートドライバはトライステート<br>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)<br>3h = 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)<br>4h = 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。<br>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、ゲートドライバはトライステートになり、nFAULT はアクティブになる。<br>6h = 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 がオン) になり、nFAULT はアクティブになる。<br>7h = 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。<br>8h = 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。<br>9h = モーター ロック検出を無効化<br>Ah = モーター ロック検出を無効化<br>Bh = モーター ロック検出を無効化<br>Ch = モーター ロック検出を無効化<br>Dh = モーター ロック検出を無効化<br>Eh = モーター ロック検出を無効化<br>Fh = モーター ロック検出を無効化 |
| 2    | IPD_TIMEOUT_FAULT_EN | R/W | 0h   | IPD タイムアウト フォルトイネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 1    | IPD_FREQ_FAULT_EN    | R/W | 0h   | IPD 周波数フォルトイネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |

**表 7-44. 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  |
|-----|----------------------|-----|------|---|
| 0   | SATURATION_FLAGS_E_N | R/W | 0h   | 電流ループと速度ループの飽和の表示の有効化<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化 |

### 7.7.4.2 FAULT\_CONFIG2 レジスタ (オフセット = 92h) [リセット = 00000000h]

FAULT\_CONFIG2 を表 7-45 に示します。

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

**表 7-45. 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/W | 0h   | パリティビット  |
| 30    | LOCK1_EN          | R/W | 0h   | ロック 1 (異常速度) イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 29    | LOCK2_EN          | R/W | 0h   | ロック 2 (異常 BEMF) イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化  |
| 28    | LOCK3_EN          | R/W | 0h   | ロック 3 (モーターなし) イネーブル<br>0h = 無効化<br>1h = 有効化   |
| 27-25 | LOCK_ABN_SPEED    | R/W | 0h   | 異常速度ロック スレッショルド (MAX_SPEED の %)<br>0h = 130%<br>1h = 140%<br>2h = 150%<br>3h = 160%<br>4h = 170%<br>5h = 180%<br>6h = 190%<br>7h = 200%                                      |
| 24-22 | ABNORMAL_BEMF_THR | R/W | 0h   | 異常 BEMF ロック スレッショルド (BEMF の期待値の %) BEMF 期待値<br>= MOTOR_BEMF_CONST × 速度の期待値<br>0h = 40%<br>1h = 45%<br>2h = 50%<br>3h = 55%<br>4h = 60%<br>5h = 65%<br>6h = 67.5%<br>7h = 70% |
| 21-19 | NO_MTR_THR        | R/W | 0h   | モーターなしロック スレッショルド (BASE_CURRENT の %)<br>0h = 1%<br>1h = 2%<br>2h = 3%<br>3h = 4%<br>4h = 5%<br>5h = 7.5%<br>6h = 10%<br>7h = 20%   |

表 7-45. 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  |
|-------|---------------------|-----|------|---|
| 18-15 | HW_LOCK_ILIMIT_MODE | R/W | 0h   | ハードウェアロック検出電流モード<br>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ライステート<br>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、ゲートドライバはトライステート<br>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)<br>3h = 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)<br>4h = 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る。<br>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、ゲートドライバはトライステートになる。<br>6h = 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)になる。<br>7h = 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)になる。<br>8h = 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。<br>9h = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Ah = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Bh = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Ch = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Dh = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Eh = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化<br>Fh = ハードウェア ILIMIT ロック検出を無効化 |
| 14-12 | HW_LOCK_ILIMIT_DEG  | R/W | 0h   | ハードウェアロック検出電流制限のグリッヂ除去時間<br>0h = グリッヂ除去なし<br>1h = 1μs<br>2h = 2μs<br>3h = 3μs<br>4h = 4μs<br>5h = 5μs<br>6h = 6μs<br>7h = 7μs   |
| 11    | VM_UV_OV_HYS        | R/W | 0h   | DC バス低電圧および過電圧自動復帰のヒステリシス<br>0h = 0.5V (UV), 1V (OV)<br>1h = 1V (UV), 2V (OV)   |
| 10-8  | MIN_VM_MOTOR        | R/W | 0h   | モーターを駆動するための DC バス低電圧<br>0h = 無制限<br>1h = 5.0V<br>2h = 6.0V<br>3h = 7.0V<br>4h = 8.0V<br>5h = 10.0V<br>6h = 12.0V<br>7h = 15.0V   |

表 7-45. 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   |
|-----|------------------|-----|------|--|
| 7   | MIN_VM_MODE      | R/W | 0h   | DC バス低電圧フォルト復帰モード<br>0h = 低電圧時にラッチ<br>1h = 電圧が許容範囲内に入ると自動的にクリア   |
| 6-4 | MAX_VM_MOTOR     | R/W | 0h   | モーターを駆動するための DC バス過電圧<br>0h = 無制限<br>1h = 10.0V<br>2h = 15.0V<br>3h = 22.0V<br>4h = 32.0V<br>5h = 40.0V<br>6h = 50.0V<br>7h = 60.0V                |
| 3   | MAX_VM_MODE      | R/W | 0h   | DC バス過電圧フォルト復帰モード<br>0h = 過電圧時にラッチ<br>1h = 電圧が許容範囲内に入ると自動的にクリア   |
| 2-0 | AUTO_RETRY_TIMES | R/W | 0h   | 自動リトライ回数。いずれかのフォルト モードが「リトライ」として設定されている場合にのみ、このフィールドは使用されます。<br>0h = 制限なし<br>1h = 2<br>2h = 3<br>3h = 5<br>4h = 7<br>5h = 10<br>6h = 15<br>7h = 20 |

## 7.8 RAM (揮発性) レジスタ・マップ

### 7.8.1 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 7-46 に示します。表 7-46 に記載されていないレジスタ オフセット アドレスは、すべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-46. FAULT\_STATUS レジスタ

| オフセット | 略称                       | レジスタ名             | セクション                         |
|-------|--------------------------|-------------------|-------------------------------|
| E0h   | GATE_DRIVER_FAULT_STATUS | FAULT STATUS レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.1.1</a> |
| E2h   | CONTROLLER_FAULT_STATUS  | FAULT STATUS レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.1.2</a> |

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 7-47 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 7-47. 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 |

### 7.8.1.1 GATE\_DRIVER\_FAULT\_STATUS レジスタ (オフセット = E0h) [リセット = 00000000h]

GATE\_DRIVER\_FAULT\_STATUS を表 7-48 に示します。

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

**表 7-48. 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 フォルト レジスタの論理和<br>0h = ゲート ドライバ フォルト 条件は未検出<br>1h = ゲート ドライバ フォルト 条件を検出済み |
| 30   | RESERVED      | R   | 0h   | 予約済み  |
| 29   | OTS_FAULT     | R   | 0h   | 過熱 フォルト<br>0h = 過熱警告 / シャットダウンは未検出<br>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 フォルト ステータス<br>0h = 過電流 条件は未検出<br>1h = 過電流 条件を検出済み                     |
| 27   | OCP_SNS_FAULT | R   | 0h   | 過電流 検出 フォルト ステータス<br>0h = 過電流 条件は未検出<br>1h = 過電流 条件を検出済み                      |
| 26   | BST_UV_FAULT  | R   | 0h   | ブートストラップ UV 保護 ステータス<br>0h = VM で BST 低電圧 条件は未検出<br>1h = VM で BST 低電圧 条件を検出済み |
| 25   | GVDD_UV_FLT   | R   | 0h   | GVDD UV フォルト ステータス<br>0h = VM で GVDD 低電圧 条件は未検出<br>1h = VM で GVDD 低電圧 条件を検出済み |
| 24   | DRV_OFF       | R   | 0h   | DRV OFF ステータス<br>0h = DRV はオン<br>1h = DRVOFF 状態を検出済み                          |
| 23-0 | RESERVED      | R   | 0h   | 予約済み  |

### 7.8.1.2 CONTROLLER\_FAULT\_STATUS レジスタ (オフセット = E2h) [リセット = 00000000h]

CONTROLLER\_FAULT\_STATUS を表 7-49 に示します。

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

**表 7-49. 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 フォルトステータス レジスタの論理和 |
| 30   | RESERVED                 | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 29   | IPD_FREQ_FAULT           | R   | 0h   | IPD 周波数フォルトの表示            |
| 28   | IPD_T1_FAULT             | R   | 0h   | IPD T1 フォルトの表示            |
| 27   | RESERVED                 | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 26   | BUS_CURRENT_LIMIT_STATUS | R   | 0h   | バス電流制限のステータスの表示           |
| 25   | RESERVED                 | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 24   | MPET_BEMF_FAULT          | R   | 0h   | BEMF 定数測定中のエラーの表示         |
| 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   | モーターなしフォルトの表示             |
| 20   | MTR_LCK                  | R   | 0h   | モーター ロックの 1 つがトリガされたことの表示 |
| 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 ロック制限フォルトの表示       |
| 17   | DCBUS_UNDER_VOLTAGE      | R   | 0h   | DC バス低電圧フォルトの表示           |
| 16   | DCBUS_OVER_VOLTAGE       | R   | 0h   | DC バス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                |
| 13-4 | 予約済み                     | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 3    | WATCHDOG_FAULT           | R   | 0h   | ウォッチドッピング フォルトの表示         |
| 2    | RESERVED                 | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 1    | 予約済み                     | R   | 0h   | 予約済み                      |
| 0    | RESERVED                 | R   | 0h   | 予約済み                      |

### 7.8.2 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 7-50 に示します。表 7-50 に記載されてい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されます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

**表 7-50. 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        | <a href="#">セクション 7.8.2.1</a> |
| EEh   | ALGO_DEBUG2 | アルゴリズム制御レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.2.2</a> |
| F0h   | CURRENT_PI  | 使用されている電流 PI コントローラ | <a href="#">セクション 7.8.2.3</a> |
| F2h   | SPEED_PI    | 使用されている速度 PI コントローラ | <a href="#">セクション 7.8.2.4</a> |
| F4h   | DAC_1       | DAC1 制御レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.2.5</a> |

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 7-51 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 7-51. 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   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.8.2.1 ALGO\_DEBUG1 レジスタ (オフセット = ECh) [リセット = 00000000h]

ALGO\_DEBUG1 を表 7-52 に示します。

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

**表 7-52. 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    | SPEED_OVER_RIDE           | W   | 0h   | SPEED_MODE ビットを制御するために使用。<br>SPEED_OVER_RIDE =「1」の場合、ユーザーは I2C シリアル インターフェイスを使用してデューティコマンドを書き込むことができます。<br>0h = アナログ / PWM モードを使った SPEED_MODE<br>1h = DIGITAL_SPEED_CTRL を使った SPEED_MODE  |
| 30-16 | DIGITAL_SPEED_CTRL        | W   | 0h   | I2C によるデジタル デューティコマンド<br>OVERRIDE = 1 の場合、SPEED_MODE は DIGITAL_SPEED_CTRL を使用します。   |
| 15    | CLOSED_LOOP_DIS           | W   | 0h   | 閉ループの無効化<br>0h = 閉ループを有効化<br>1h = 閉ループを無効化、閉ループでのモーター整流   |
| 14    | FORCE_ALIGN_EN            | W   | 0h   | アライン状態強制イネーブル<br>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。<br>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    | FORCE_SLOW_FIRST_CYCLE_EN | W   | 0h   | 「スロー ファースト サイクル」強制イネーブル<br>0h = 「スロー ファースト サイクル」状態の強制を無効化。<br>MTR_STARTUP が「スロー ファースト サイクル」に設定されている場合、本デバイスは「スロー ファースト サイクル」状態から復帰します。<br>1h = 「スロー ファースト サイクル」状態の強制を有効化。<br>MTR_STARTUP が「スロー ファースト サイクル」に設定されている場合、本デバイスは「スロー ファースト サイクル」状態にとどまります。 |
| 12    | FORCE_IPD_EN              | W   | 0h   | IPD 強制イネーブル<br>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。<br>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              | W   | 0h   | ISD 強制イネーブル<br>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。<br>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    | FORCE_ALIGN_ANGLE_SRC_SEL | W   | 0h   | アライン角の状態を強制する際の根拠の選択<br>0h = ALIGN_ANGLE によって設定されたアライン角を強制<br>1h = FORCED_ALIGN_ANGLE によって設定されたアライン角を強制   |
| 9-0   | RESERVED                  | W   | 0h   | 予約済み  |

### 7.8.2.2 ALGO\_DEBUG2 レジスタ (オフセット = EEh) [リセット = 00000000h]

ALGO\_DEBUG2 を表 7-53 に示します。

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

**表 7-53. 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    | RESERVED                      | W   | 0h   | 予約済み  |
| 30-28 | FORCE_RECIRCULATE_STOP_SECTOR | W   | 0h   | モーター停止強制条件中に、特定のセクタで還流を行うために使用<br>0h = 停止条件の前の最後のセクタ<br>1h = セクタ 1<br>2h = セクタ 2<br>3h = セクタ 3<br>4h = セクタ 4<br>5h = セクタ 5<br>6h = セクタ 6<br>7h = 停止条件の前の最後のセクタ  |
| 27    | FORCE_RECIRCULATE_STOP_EN     | W   | 0h   | 還流停止強制イネーブル<br>0h = 還流停止強制を有効化<br>1h = 還流停止強制を無効化   |
| 26    | CURRENT_LOOP_DIS              | W   | 0h   | FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS と<br>FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS を制御するために使用。<br>CURRENT_LOOP_DIS = '1' の場合、電流ループと速度ループを無効化<br>0h = 電流ループを有効化<br>1h = 電流ループを無効化  |
| 25-16 | FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS     | 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。<br>CURRENT_LOOP_DIS = 0b1 の場合、<br>FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS によって Vd を設定します。<br>mdRef = FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS / 500<br>(FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS < 500 の場合)<br>(FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS - 1024) / 500<br>(FORCE_VD_CURRENT_LOOP_DIS > 524 の場合)<br>有効な値: 0~500 と 524~1024 |
| 15-6  | FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS     | 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<br>CURRENT_LOOP_DIS = 0b1 の場合、<br>FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS によって Vq を設定します。<br>mqRef = FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS / 500<br>(FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS < 500 の場合)<br>(FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS - 1024) / 500<br>(FORCE_VQ_CURRENT_LOOP_DIS > 524 の場合)<br>有効な値: 0~500 と 524~1024  |
| 5     | MPET_CMD                      | 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                          | W   | 0h   | 予約済み  |
| 3     | 予約済み                          | W   | 0h   | 予約済み  |
| 2     | MPET_KE                       | W   | 0h   | モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター BEMF 定数測定の有効化<br>0h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター BEMF 定数測定を無効化<br>1h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター BEMF 定数測定を有効化  |
| 1     | MPET_MECH                     | W   | 0h   | モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター機械的パラメータ測定の有効化<br>0h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター機械的パラメータ測定を無効化<br>1h = モーター パラメータ測定ルーチン中のモーター機械的パラメータ測定を有効化  |

表 7-53. ALGO\_DEBUG2 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                                  |
|-----|-------------------|-----|------|-------------------------------------|
| 0   | MPET_WRITE_SHADOW | W   | 0h   | 1 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。 |

### 7.8.2.3 CURRENT\_PI レジスタ (オフセット = F0h) [リセット = 00000000h]

CURRENT\_PI を表 7-54 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

使用されている電流 PI コントローラ

表 7-54. 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<br>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<br>CURR_LOOP_KP と同じ倍率 |

#### 7.8.2.4 SPEED\_PI レジスタ (オフセット = F2h) [リセット = 00000000h]

SPEED\_PI を表 7-55 に示します。

概略表に戻ります。

使用されている速度 PI コントローラ

表 7-55. 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<br>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<br>SPD_LOOP_KP と同じ倍率 |

### 7.8.2.5 DAC\_1 レジスタ (オフセット = F4h) [リセット = 00000000h]

DAC\_1 を表 7-56 に示します。

概略表に戻ります。

DAC1 制御レジスタ

**表 7-56. 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 | W   | 0h   | DACOUT1 の増倍率<br>DACOUT1_VAR_ADDR に含まれるアドレスから抽出されたアルゴリズム変数と $2^{DACOUT1\_ENUM\_SCALING}$ を乗算した値<br>DACOUT1_SCALING がゼロの場合にのみ、<br>DACOUT1_ENUM_SCALING は効力を生じます。   |
| 16-13 | DACOUT1_SCALING      | W   | 0h   | DACOUT1 スケーリング係数<br>DACOUT1_VAR_ADDR に含まれるアドレスから抽出されたアルゴリズム変数と $DACOUT1\_SCALING / 8$ を乗算した値実際の電圧は<br>DACOUT1_UNIPOLAR に依存します。<br>DACOUT1_UNIPOLAR = 1 の場合、0V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 8 の 0pu, 3V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 8 の 1pu<br>DACOUT1_UNIPOLAR = 0 の場合、0V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 8 の -1pu, 3V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 8 の 1pu<br>0h = s Enum の最大値が 31 であるとして処理<br>1h = 1/8<br>2h = 2/8<br>3h = 3/8<br>4h = 4/8<br>5h = 5/8<br>6h = 6/8<br>7h = 7/8<br>8h = 8/8<br>9h = 9/8<br>Ah = 10/8<br>Bh = 11/8<br>Ch = 12/8<br>Dh = 13/8<br>Eh = 14/8<br>Fh = 15/8 |
| 12    | DACOUT1_UNIPOLAR     | W   | 0h   | DACOUT1 の出力を設定<br>DACOUT1_UNIPOLAR = 1 の場合、0V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 16 の 0pu, 3V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 16 の 1pu<br>DACOUT1_UNIPOLAR = 0 の場合、0V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 16 の -1pu, 3V == アルゴリズム変数 *<br>DACOUT1_SCALING / 16 の 1pu<br>0h = バイポーラ (1.5V のオフセット)<br>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   |

### 7.8.3 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 7-57 に示します。表 7-57 に記載されていないレジスタ オフセット アドレスは、すべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-57. 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 | <a href="#">セクション 7.8.3.1</a> |
| E6h   | MTR_PARAMS       | システム ステータス レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.3.2</a> |
| E8h   | ALGO_STATUS_MPET | システム ステータス レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.3.3</a> |

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 7-58 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 7-58. 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 |

### 7.8.3.1 ALGO\_STATUS レジスタ (オフセット = E4h) [リセット = 00000000h]

ALGO\_STATUS を表 7-59 に示します。

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

**表 7-59. 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   | 適用される変調インデックスを示す 16 ビット値。<br>適用される変調インデックス = VOLT_MAG * 100 / 32768%                 |
| 15-4  | DUTY_CMD        | R   | 0h   | PWM / アナログ モードでデコードされたデューティコマンドを示す 12 ビット値。<br>DUTY_CMD (%) = DUTY_CMD / 4096 * 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。<br>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   |

### 7.8.3.2 MTR\_PARAMS レジスタ (オフセット = E6h) [リセット = 00000000h]

MTR\_PARAMS を表 7-60 に示します。

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

表 7-60. 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 | RESERVED         | 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   | RESERVED         | R   | 0h   | 予約済み                  |

### 7.8.3.3 ALGO\_STATUS\_MPET レジスタ (オフセット = E8h) [リセット = 00000000h]

ALGO\_STATUS\_MPET を表 7-61 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

各種 MPET パラメータのステータス

**表 7-61. 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    | RESERVED         | R   | 0h   | 予約済み                               |
| 30    | RESERVED         | 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。              |
| 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。             |
| 27-24 | MPET_PWM_FREQ    | R   | 0h   | BEMF 定数測定中に使用される PWM 周波数を示す 4 ビット値 |
| 23-0  | RESERVED         | R   | 0h   | 予約済み                               |

#### 7.8.4 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 7-62 に示します。表 7-62 に記載されていないレジスタ オフセットアドレスはすべて予約済みと見なされます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-62. 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 7.8.4.1 |

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 7-63 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 7-63. 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   | 読み取り             |
| 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 |

### 7.8.4.1 ALGO\_CTRL1 レジスタ (オフセット = EAh) [リセット = 00000000h]

ALGO\_CTRL1 を表 7-64 に示します。

概略表に戻ります。

制御設定

**表 7-64. 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   | 設定を EEPROM に書き込みます。  |
| 30    | EEPROM_READ              | R/W | 0h   | デフォルト設定を EEPROM から読み出します。  |
| 29    | CLR_FLT                  | W   | 0h   | すべての�オルトをクリアします。   |
| 28    | CLR_FLT_RETRY_COUN T     | W   | 0h   | �オルトリトライ回数をクリアします。   |
| 27-20 | EEPROM_WRITE_ACCE SS_KEY | W   | 0h   | EEPROM 書き込みアクセスキー  |
| 19-11 | FORCED_ALIGN_ANGLE       | W   | 0h   | 強制アライン状態 (FORCE_ALIGN_EN = 1) 中に使用される 9 ビット値 (単位:度)。適用される角度 = FORCED_ALIGN_ANGLE % 360deg  |
| 10    | WATCHDOG_TICKLE          | W   | 0h   | I2C モードでウォッチドッグをティッケルするための RAM ビット。<br>EXT_WD_CONFIG ごとに、外部コントローラはこのビットを 1b に書き込む必要があります。MCF8329 はこのビットを 0b にリセットします。  |
| 9-0   | FLUX_MODE_REFEREN CE     | W   | 0h   | モーターが閉ループで動作している際の ID リファレンス (BASE_CURRENT の %) を設定<br>idRef = (FLUX_MODE_REFERENCE/500) * BASE_CURRENT<br>(FLUX_MODE_REFERENCE < 500 の場合)<br>idRef = (FLUX_MODE_REFERENCE - 1024)/500 *<br>BASE_CURRENT (FLUX_MODE_REFERENCE > 524 の場合)<br>有効な値は 0~500 と 524~1024 |

### 7.8.5 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 7-65 に示します。表 7-65 に記載されてい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されます。これらのレジスタの内容を変更してはいけません。

表 7-65. ALGORITHM\_VARIABLES レジスタ

| オフセット | 略称                    | レジスタ名                | セクション                          |
|-------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 196h  | ALGORITHM_STATE       | 電流アルゴリズム状態レジスタ       | <a href="#">セクション 7.8.5.1</a>  |
| 19Ch  | FG_SPEED_FDBK         | FG 速度帰還レジスタ          | <a href="#">セクション 7.8.5.2</a>  |
| 40Eh  | BUS_CURRENT           | DC バス電流計算値レジスタ       | <a href="#">セクション 7.8.5.3</a>  |
| 43Ch  | PHASE_CURRENT_A       | 位相 A 測定電流レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.4</a>  |
| 43Eh  | PHASE_CURRENT_B       | 位相 B 測定電流レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.5</a>  |
| 440h  | PHASE_CURRENT_C       | 位相 C 測定電流レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.6</a>  |
| 450h  | CSA_GAIN_FEEDBACK     | CSA ゲイン レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.7</a>  |
| 458h  | VOLTAGE_GAIN_FEEDBACK | 電圧ゲイン レジスタ           | <a href="#">セクション 7.8.5.8</a>  |
| 45Ch  | VM_VOLTAGE            | VM 電圧レジスタ            | <a href="#">セクション 7.8.5.9</a>  |
| 460h  | PHASE_VOLTAGE_VA      | 位相 A 電圧レジスタ          | <a href="#">セクション 7.8.5.10</a> |
| 462h  | PHASE_VOLTAGE_VB      | 位相 B 電圧レジスタ          | <a href="#">セクション 7.8.5.11</a> |
| 464h  | PHASE_VOLTAGE_VC      | 位相 C 電圧レジスタ          | <a href="#">セクション 7.8.5.12</a> |
| 4AAh  | SIN_COMMUTATION_ANGLE | 整流角の正弦               | <a href="#">セクション 7.8.5.13</a> |
| 4ACh  | COS_COMMUTATION_ANGLE | 整流角の余弦               | <a href="#">セクション 7.8.5.14</a> |
| 4CCh  | IALPHA                | IALPHA 電流レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.15</a> |
| 4CEh  | IBETA                 | IBETA 電流レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.16</a> |
| 4D0h  | VALPHA                | VALPHA 電圧レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.17</a> |
| 4D2h  | VBETA                 | VBETA 電圧レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.18</a> |
| 4DCh  | ID                    | D 軸電流測定値レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.19</a> |
| 4DEh  | IQ                    | Q 軸電流測定値レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.20</a> |
| 4E0h  | VD                    | VD 電圧レジスタ            | <a href="#">セクション 7.8.5.21</a> |
| 4E2h  | VQ                    | VQ 電圧レジスタ            | <a href="#">セクション 7.8.5.22</a> |
| 51Ah  | IQ_REF_ROTOR_ALIGN    | アライン電流リファレンス         | <a href="#">セクション 7.8.5.23</a> |
| 532h  | SPEED_REF_OPEN_LOOP   | 開ループ速度レジスタ           | <a href="#">セクション 7.8.5.24</a> |
| 542h  | IQ_REF_OPEN_LOOP      | 開ループ電流リファレンス         | <a href="#">セクション 7.8.5.25</a> |
| 5D0h  | SPEED_REF_CLOSED_LOOP | 速度リファレンス レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.26</a> |
| 60Ah  | ID_REF_CLOSED_LOOP    | D 軸電流ループ リファレンス レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.5.27</a> |
| 60Ch  | IQ_REF_CLOSED_LOOP    | Q 軸電流ループ リファレンス レジスタ | <a href="#">セクション 7.8.5.28</a> |
| 6B0h  | ISD_STATE             | ISD 状態レジスタ           | <a href="#">セクション 7.8.5.29</a> |
| 6BAh  | ISD_SPEED             | ISD 速度レジスタ           | <a href="#">セクション 7.8.5.30</a> |
| 6E4h  | IPD_STATE             | IPD 状態レジスタ           | <a href="#">セクション 7.8.5.31</a> |
| 71Ah  | IPD_ANGLE             | IPD 角度計算値レジスタ        | <a href="#">セクション 7.8.5.32</a> |
| 75Ch  | ED                    | BEMF_EQ 推定値レジスタ      | <a href="#">セクション 7.8.5.33</a> |
| 75Eh  | EQ                    | BEMF ED 推定値レジスタ      | <a href="#">セクション 7.8.5.34</a> |
| 76Eh  | SPEED_FDBK            | 速度帰還レジスタ             | <a href="#">セクション 7.8.5.35</a> |
| 774h  | THETA_EST             | 回転子位置推定値レジスタ         | <a href="#">セクション 7.8.5.36</a> |

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 7-66 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 7-66. 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 |

### 7.8.5.1 ALGORITHM\_STATE レジスタ (オフセット = 196h) [リセット = 0000h]

ALGORITHM\_STATE を表 7-67 に示します。

概略表に戻ります。

電流アルゴリズム状態レジスタ

表 7-67. ALGORITHM\_STATE レジスタのフィールドの説明

| ピット  | 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<br>0h = MOTOR_IDLE<br>1h = MOTOR_ISD<br>2h = MOTOR_TRISTATE<br>3h = MOTOR_BRAKE_ON_START<br>4h = MOTOR_IPD<br>5h = MOTOR_SLOW_FIRST_CYCLE<br>6h = MOTOR_ALIGN<br>7h = MOTOR_OPEN_LOOP<br>8h = MOTOR_CLOSED_LOOP_UNALIGNED<br>9h = MOTOR_CLOSED_LOOP_ALIGNED<br>Ah = MOTOR_CLOSED_LOOP_ACTIVE_BRAKING<br>Bh = MOTOR_SOFT_STOP<br>Ch = MOTOR_RECIRCULATE_STOP<br>Dh = MOTOR_BRAKE_ON_STOP<br>Eh = MOTOR_FAULT<br>Fh = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_CHECK<br>10h = MOTOR_MPET_MOTOR_STOP_WAIT<br>11h = MOTOR_MPET_MOTOR_BRAKE<br>12h = MOTOR_MPET_ALGORITHM_PARAMETERS_INIT<br>13h = MOTOR_MPET_RL_MEASURE<br>14h = MOTOR_MPET_KE_MEASURE<br>15h = MOTOR_MPET_STALL_CURRENT_MEASURE<br>16h = MOTOR_MPET_TORQUE_MODE<br>17h = MOTOR_MPET_DONE<br>18h = MOTOR_MPET_FAULT |

### 7.8.5.2 FG\_SPEED\_FDBK レジスタ (オフセット = 19Ch) [リセット = 00000000h]

FG\_SPEED\_FDBK を表 7-68 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

FG からの速度帰還

表 7-68. 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   | 回転子速度の推定値の絶対値を示す 32 ビット符号なし値<br>推定速度 = $(\text{FG\_SPEED\_FDBK} / 2^{27}) * \text{MAXIMUM\_SPEED\_HZ}$ |

### 7.8.5.3 BUS\_CURRENT レジスタ (オフセット = 40Eh) [リセット = 00000000h]

BUS\_CURRENT を表 7-69 に示します。

概略表に戻ります。

供給電流計算値レジスタ

表 7-69. 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   | バス電流を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IBus = (BUS\_CURRENT / 2^{27}) * Base\_Current / (2^{CSA\_GAIN\_FEEDBACK})$ |

#### 7.8.5.4 PHASE\_CURRENT\_A レジスタ (オフセット = 43Ch) [リセット = 00000000h]

PHASE\_CURRENT\_A を表 7-70 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

位相 A 電流測定値レジスタ

**表 7-70. 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   | 位相 A 電流の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$I_a = (\text{PHASE\_CURRENT\_A} / 2^{27}) * \text{Base\_Current} / (2^{\text{CSA\_GAIN\_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.5 PHASE\_CURRENT\_B レジスタ (オフセット = 43Eh) [リセット=00000000h]

PHASE\_CURRENT\_B を表 7-71 に示します。

概略表に戻ります。

位相 B 電流測定値レジスタ

表 7-71. 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   | 位相 B 電流の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IB = (\text{PHASE\_CURRENT\_B} / 2^{27}) * \text{Base\_Current} / (2^{\text{CSA\_GAIN\_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.6 PHASE\_CURRENT\_C レジスタ (オフセット = 440h) [リセット=00000000h]

PHASE\_CURRENT\_C を表 7-72 に示します。

概略表に戻ります。

位相 C 電流測定値レジスタ

**表 7-72. 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   | 位相 C 電流の測定値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IC = (\text{PHASE\_CURRENT\_C} / 2^{27}) * \text{Base\_Current} / (2^{\text{CSA\_GAIN\_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.7 CSA\_GAIN\_FEEDBACK レジスタ (オフセット = 450h) [リセット = 0000h]

CSA\_GAIN\_FEEDBACK を表 7-73 に示します。

概略表に戻ります。

CSA ゲイン レジスタ

表 7-73. 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<br>0h = 40V/V<br>1h = 20V/V<br>2h = 10V/V<br>3h = 5V/V |

### 7.8.5.8 VOLTAGE\_GAIN\_FEEDBACK レジスタ (オフセット = 458h) [リセット = 0000h]

VOLTAGE\_GAIN\_FEEDBACK を表 7-74 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

電圧ゲイン レジスタ

表 7-74. 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<br>0h = 15V<br>1h = 30V<br>2h = 60V |

### 7.8.5.9 VM\_VOLTAGE レジスタ (オフセット = 45Ch) [リセット = 00000000h]

VM\_VOLTAGE を表 7-75 に示します。

概略表に戻ります。

電源電圧レジスタ

表 7-75. VM\_VOLTAGE 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 | VM_VOLTAGE | R   | 0h   | DC バス電圧を示す 32 ビット値。<br>DC バス電圧 = VM_VOLTAGE * 60 / 2 <sup>27</sup> |

### 7.8.5.10 PHASE\_VOLTAGE\_VA レジスタ (オフセット = 460h) [リセット=00000000h]

PHASE\_VOLTAGE\_VA を表 7-76 に示します。

概略表に戻ります。

位相 A 電圧レジスタ

表 7-76. 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 中の位相電圧 Va を示す 32 ビット値<br>位相 A 電圧 = PHASE_VOLTAGE_VA * 60 / (sqrt(3) * 2 <sup>27</sup> ) |

### 7.8.5.11 PHASE\_VOLTAGE\_VB レジスタ (オフセット = 462h) [リセット=00000000h]

PHASE\_VOLTAGE\_VB を表 7-77 に示します。

概略表に戻ります。

位相 B 電圧レジスタ

表 7-77. 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 中の位相電圧 Vb を示す 32 ビット値<br>位相 B 電圧 = PHASE_VOLTAGE_VB * 60 / (sqrt(3) * 2 <sup>27</sup> ) |

### 7.8.5.12 PHASE\_VOLTAGE\_VC レジスタ (オフセット = 464h) [リセット = 0h]

PHASE\_VOLTAGE\_VC を表 7-78 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

位相 C 電圧レジスタ

**表 7-78. 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  |
|-----|------------------|-----|------|---|
| 2   | PHASE_VOLTAGE_VC | R   | 0h   | ISD 中の位相電圧 Vc を示す 32 ビット値<br>位相 C 電圧 = PHASE_VOLTAGE_VC * 60 / (sqrt(3) * 2 <sup>27</sup> ) |
| 1-0 | 予約済み             | R   | 0h   |   |

### 7.8.5.13 SIN\_COMMUTATION\_ANGLE レジスタ (オフセット = 4AAh) [リセット = 00000000h]

SIN\_COMMUTATION\_ANGLE を表 7-79 に示します。

概略表に戻ります。

整流角の正弦

表 7-79. 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   | 整流角の正弦を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$\text{SinCommutationAngle} = (\text{SIN_COMMUTATION_ANGLE} / 2^{27})$ |

### 7.8.5.14 COS\_COMMUTATION\_ANGLE レジスタ (オフセット = 4ACh) [リセット = 00000000h]

COS\_COMMUTATION\_ANGLE を表 7-80 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

整流角の余弦

表 7-80. 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   | 整流角の余弦を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$\text{CosCommuteAngle} = (\text{COS_COMMUTATION_ANGLE} / 2^{27})$ |

### 7.8.5.15 IALPHA レジスタ (オフセット = 4CCh) [リセット = 00000000h]

IALPHA を表 7-81 に示します。

概略表に戻ります。

IALPHA 電流レジスタ

表 7-81. IALPHA 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 | IALPHA | R   | 0h   | IALPHA の計算値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IAlpha = (IALPHA / 2^{27}) * Base_Current / (2^{CSA_GAIN_FEEDBACK})$ |

### 7.8.5.16 IBETA レジスタ (オフセット = 4CEh) [リセット = 00000000h]

IBETA を表 7-82 に示します。

概略表に戻ります。

IBETA 電流レジスタ

表 7-82. IBETA 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 | IBETA | R   | 0h   | IBETA の計算値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IBeta = (IBETA / 2^{27}) * Base_Current / (2^{CSA\_GAIN\_FEEDBACK})$ |

### 7.8.5.17 VALPHA レジスタ (オフセット = 4D0h) [リセット = 00000000h]

VALPHA を表 7-83 に示します。

概略表に戻ります。

VALPHA 電圧レジスタ

表 7-83. VALPHA 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 | VALPHA | R   | 0h   | VALPHA の計算値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$VAlpha = (VALPHA / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.18 VBETA レジスタ (オフセット = 4D2h) [リセット = 00000000h]

VBETA を表 7-84 に示します。

概略表に戻ります。

VBETA 電圧レジスタ

表 7-84. VBETA 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 | VBETA | R   | 0h   | VBETA の計算値を示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$VBeta = (VBETA / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.19 ID レジスタ (オフセット = 4DCh) [リセット=00000000h]

ID を表 7-85 に示します。

概略表に戻ります。

D 軸電流測定値レジスタ

表 7-85. ID 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    | R   | 0h   | ID 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。<br>$Id = (ID / 2^{27}) * \text{Base_Current} / (2^{\text{CSA_GAIN_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.20 IQ レジスタ (オフセット = 4DEh) [リセット=00000000h]

IQ を表 7-86 に示します。

概略表に戻ります。

Q 軸電流測定値レジスタ

表 7-86. IQ 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    | R   | 0h   | $Iq$ 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。<br>$Iq = (IQ / 2^{27}) * \text{Base_Current} / (2^{\text{CSA_GAIN_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.21 VD レジスタ (オフセット = 4E0h) [リセット = 00000000h]

VD を表 7-87 に示します。

概略表に戻ります。

VD 電圧レジスタ

表 7-87. VD 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 | VD    | R   | 0h   | 印加される Vd 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。<br>$Vd = (VD / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.22 VQ レジスタ (オフセット = 4E2h) [リセット = 00000000h]

VQ を表 7-88 に示します。

概略表に戻ります。

VQ 電圧レジスタ

表 7-88. VQ 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 | VQ    | R   | 0h   | 印加される $V_q$ 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。<br>$V_q = (VQ / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.23 IQ\_REF\_ROTOR\_ALIGN レジスタ (オフセット = 51Ah) [リセット=00000000h]

IQ\_REF\_ROTOR\_ALIGN を表 7-89 に示します。

概略表に戻ります。

アライン電流リファレンス

表 7-89. IQ\_REF\_ROTOR\_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_ROTOR_ALIGN | R   | 0h   | アライン電流リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IqRefRotorAlign = (IQ\_REF\_ROTOR\_ALIGN / 2^{27}) * Base\_Current / (2^{CSA\_GAIN\_FEEDBACK})$ |

### 7.8.5.24 SPEED\_REF\_OPEN\_LOOP レジスタ (オフセット = 532h) [リセット=00000000h]

SPEED\_REF\_OPEN\_LOOP を表 7-90 に示します。

[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

**表 7-90. 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   | 開ループ速度を示す 32 ビット符号付き値。この値は、OUTA-OUTB-OUTC の場合は正、OUTA-OUTC-OUTB の場合は負の数であり、2 の補数で表されます。<br>$\text{OpenLoopSpeedRef} = (\text{SPEED\_REF\_OPEN\_LOOP} / 2^{27}) * \text{max\_Speed (Hz)}$ |

### 7.8.5.25 IQ\_REF\_OPEN\_LOOP レジスタ (オフセット = 542h) [リセット= 00000000h]

IQ\_REF\_OPEN\_LOOP を表 7-91 に示します。

概略表に戻ります。

開ループ電流リファレンス

表 7-91. 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   | 開ループ電流リファレンスを示す 32 ビット符号付き値。負の数は 2 の補数で表されます。<br>$IqRefOpenLoop = (IQ\_REF\_OPEN\_LOOP / 2^{27}) * Base\_Current / (2^{CSA\_GAIN\_FEEDBACK})$ |

### 7.8.5.26 SPEED\_REF\_CLOSED\_LOOP レジスタ (オフセット = 5D0h) [リセット = 00000000h]

SPEED\_REF\_CLOSED\_LOOP を表 7-92 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

速度リファレンス レジスタ

**表 7-92. 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。負の数は 2 の補数で表されます。<br>速度制御モードでは、閉ループの速度リファレンス (Hz) = $(\text{SPEED\_REF\_CLOSED\_LOOP} / 2^{27}) * \text{MAX\_SPEED} (\text{Hz})$<br>電力制御モードでは、閉ループの電力リファレンス (W) = $(\text{SPEED\_REF\_CLOSED\_LOOP} / 2^{27}) * \text{MAX\_POWER} (W)$<br>電流制御モードでは、閉ループの IQ 電流リファレンス (A) = $(\text{SPEED\_REF\_CLOSED\_LOOP} / 2^{27}) * \text{Base\_Current} / (2^{\text{CSA\_GAIN\_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.27 ID\_REF\_CLOSED\_LOOP レジスタ (オフセット = 60Ah) [リセット = 00000000h]

ID\_REF\_CLOSED\_LOOP を表 7-93 に示します。

概略表に戻ります。

電流ループ リファレンス レジスタ

表 7-93. 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   | 磁束ループの Id_ref 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。<br>$\text{IdRefClosedLoop} = (\text{ID_REF_CLOSED_LOOP} / 2^{27}) * \text{Base_Current} / (2^{\text{CSA_GAIN_FEEDBACK}})$ |

### 7.8.5.28 IQ\_REF\_CLOSED\_LOOP レジスタ (オフセット = 60Ch) [リセット = 00000000h]

IQ\_REF\_CLOSED\_LOOP を表 [7-94](#) に示します。

[概略表](#)に戻ります。

電流ループ リファレンス レジスタ

**表 7-94. 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   | トルク ループの Iq_ref 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。<br>$IqRefClosedLoop = (IQ\_REF\_CLOSED\_LOOP / 2^{27}) * Base\_Current / (2^{CSA\_GAIN\_FEEDBACK})$ |

### 7.8.5.29 ISD\_STATE レジスタ (オフセット = 6B0h) [リセット = 0000h]

ISD\_STATE を表 7-95 に示します。

概略表に戻ります。

ISD 状態レジスタ

表 7-95. 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<br>0h = ISD_INIT<br>1h = ISD_MOTOR_STOP_CHECK<br>2h = ISD_ESTIM_INIT<br>3h = ISD_RUN_MOTOR_CHECK<br>4h = ISD_MOTOR_DIRECTION_CHECK<br>5h = ISD_COMPLETE<br>6h = ISD_FAULT |

### 7.8.5.30 ISD\_SPEED レジスタ (オフセット = 6BAh) [リセット = 00000000h]

ISD\_SPEED を表 7-96 に示します。

概略表に戻ります。

ISD 速度レジスタ

表 7-96. 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<br>$\text{Isd 速度} = (\text{ISD\_SPEED} / 2^{27}) * \text{max\_Speed (Hz)}$ |

### 7.8.5.31 IPD\_STATE レジスタ (オフセット = 6E4h) [リセット = 0000h]

IPD\_STATE を表 7-97 に示します。

概略表に戻ります。

IPD 状態レジスタ

表 7-97. 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<br>0h = IPD_INIT<br>1h = IPD_VECTOR_CONFIG<br>2h = IPD_RUN<br>3h = IPD_SLOW_RISE_CLOCK<br>4h = IPD_SLOW_FALL_CLOCK<br>5h = IPD_WAIT_CURRENT_DECAY<br>6h = IPD_GET_TIMES<br>7h = IPD_SET_NEXT_VECTOR<br>8h = IPD_CALC_SECTOR_RISE<br>9h = IPD_CALC_ROTOR_POSITION<br>Ah = IPD_CALC_ANGLE<br>Bh = IPD_COMPLETE<br>Ch = IPD_FAULT |

### 7.8.5.32 IPD\_ANGLE レジスタ (オフセット = 71Ah) [リセット = 00000000h]

IPD\_ANGLE を表 7-98 に示します。

概略表に戻ります。

IPD 角度計算値レジスタ

表 7-98. 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 ビット値<br>$\text{IpdaAngle} = (\text{IPD\_ANGLE} / 2^{27}) * 360$ (度) |

### 7.8.5.33 ED レジスタ (オフセット = 75Ch) [リセット = 00000000h]

ED を表 7-99 に示します。

概略表に戻ります。

BEMF EQ 推定値レジスタ

表 7-99. ED 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 | ED    | R   | 0h   | ED 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。<br>$Ed = (ED / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.34 EQ レジスタ (オフセット = 75Eh) [リセット = 00000000h]

EQ を表 7-100 に示します。

概略表に戻ります。

BEMF ED 推定値レジスタ

表 7-100. EQ 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 | EQ    | R   | 0h   | EQ 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。<br>$Eq = (EQ / 2^{27}) * 60 / \sqrt{3}$ |

### 7.8.5.35 SPEED\_FDBK レジスタ (オフセット = 76Eh) [リセット = 00000000h]

SPEED\_FDBK を表 7-101 に示します。

概略表に戻ります。

速度帰還レジスタ

表 7-101. 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   | 回転子速度の推定値を示す 32 ビット符号付き値。この値は、OUTA-OUTB-OUTC の場合は正、OUTA-OUTC-OUTB の場合は負の数であり、2 の補数で表されます。<br>推定速度 = (SPEED_FDBK / 2 <sup>27</sup> ) * MAXIMUM_SPEED_HZ |

### 7.8.5.36 THETA\_EST レジスタ (オフセット = 774h) [リセット = 00000000h]

THETA\_EST を表 7-102 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

回転子位置推定値レジスタ

表 7-102. 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。負の数は 2 の補数で表されます。<br>角度の推定値 = $(\text{THETA\_EST} / 2^{27}) * 360$ (度) |

## 8 アプリケーションと実装

### 注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インストルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インストルメンツ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。

### 8.1 アプリケーション情報

MCF8329A は、コードレス掃除機、HVAC のプロワ / 換気扇、家電のファン、ポンプ、医療用 CPAP のプロワなどの 3 相センサレス台形波モーター制御アプリケーションで使用されます。

### 8.2 代表的なアプリケーション

図 8-1 に、MCF8329A 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。

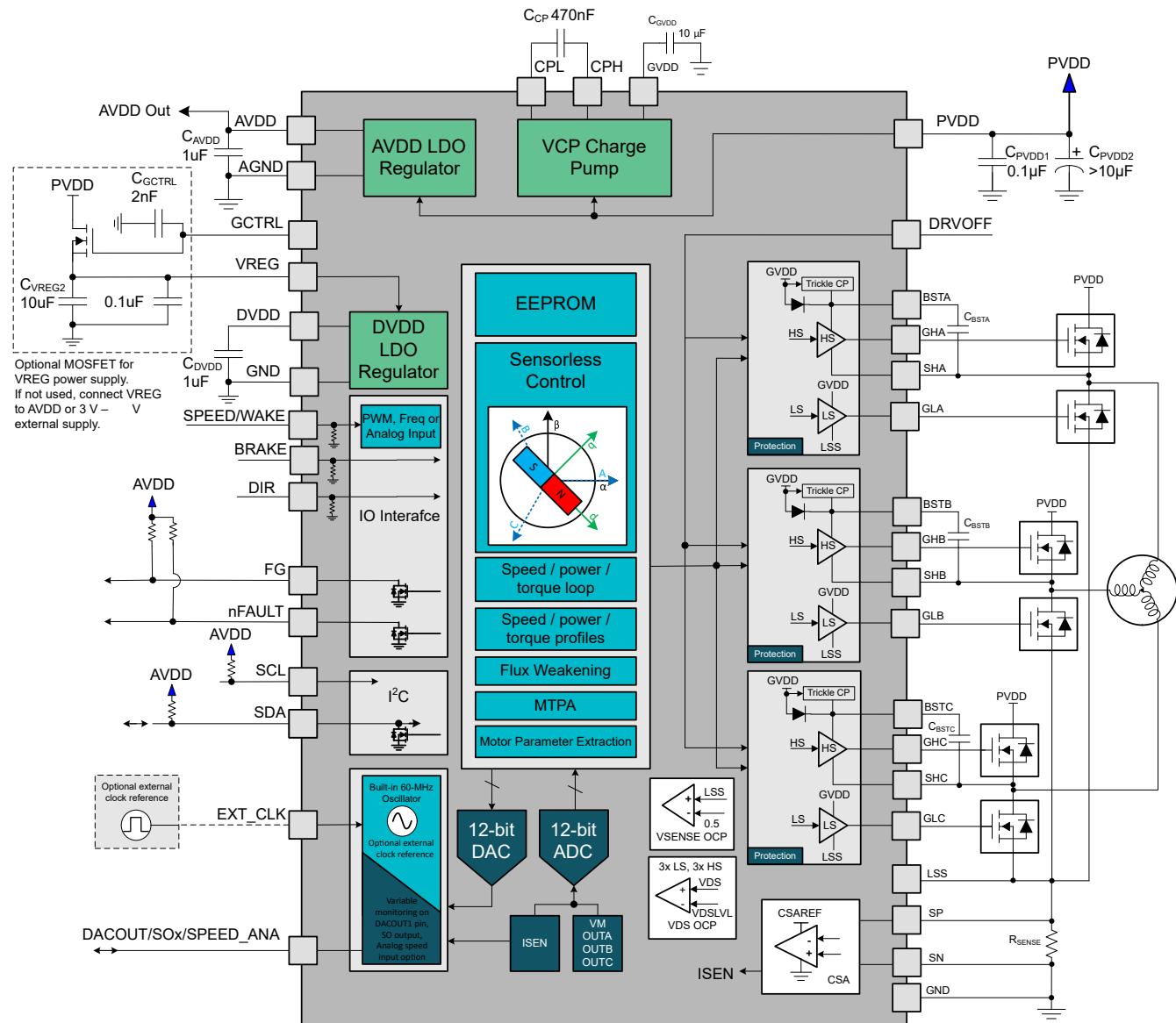


図 8-1. MCF8329A の代表的な回路図

表 8-1 に、MCF8329A のデフォルトの EEPROM 設定を示します。モーターの起動と閉ループ動作が確実に行われるよう、デフォルト値が選択されています。

表 8-1. 推奨されるデフォルト値

| 住所の名前            | アドレス       | 推奨値        |
|------------------|------------|------------|
| ISD_CONFIG       | 0x00000080 | 0x64A2D4A1 |
| REV_DRIVE_CONFIG | 0x00000082 | 0x48300000 |
| MOTOR_STARTUP1   | 0x00000084 | 0x10A64CC0 |
| MOTOR_STARTUP2   | 0x00000086 | 0x2D81C007 |
| CLOSED_LOOP1     | 0x00000088 | 0x1D7181B8 |
| CLOSED_LOOP2     | 0x0000008A | 0x0AAD0000 |
| CLOSED_LOOP3     | 0x0000008C | 0x00000000 |
| CLOSED_LOOP4     | 0x0000008E | 0x000004B0 |
| REF_PROFILES1    | 0x00000094 | 0x00000000 |

表 8-1. 推奨されるデフォルト値 (続き)

| 住所の名前          | アドレス       | 推奨値        |
|----------------|------------|------------|
| REF_PROFILES2  | 0x00000096 | 0x00000000 |
| REF_PROFILES3  | 0x00000098 | 0x00000004 |
| REF_PROFILES4  | 0x0000009A | 0x00000000 |
| REF_PROFILES5  | 0x0000009C | 0x00000000 |
| REF_PROFILES6  | 0x0000009E | 0x00000000 |
| FAULT_CONFIG1  | 0x00000090 | 0x465A31A6 |
| FAULT_CONFIG2  | 0x00000092 | 0x71422888 |
| PIN_CONFIG     | 0x000000A4 | 0x40032309 |
| DEVICE_CONFIG1 | 0x000000A6 | 0x00100002 |
| DEVICE_CONFIG2 | 0x000000A8 | 0x03E8C00C |
| PERI_CONFIG1   | 0x000000AA | 0x69845CC0 |
| GD_CONFIG1     | 0x000000AC | 0x0000807B |
| GD_CONFIG2     | 0x000000AE | 0x00000400 |
| INT_ALGO_1     | 0x000000A0 | 0x0946027D |
| INT_ALGO_2     | 0x000000A2 | 0x020082E3 |

### 8.2.1 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 8-2. 設計パラメータ

| 設計パラメータ           | 略号                | 数値の例    |
|-------------------|-------------------|---------|
| 電源電圧              | V <sub>PVDD</sub> | 24V     |
| モーターのピーク電流        | I <sub>PEAK</sub> | 20A     |
| PWM 周波数           | f <sub>PWM</sub>  | 20kHz   |
| MOSFET VDS スルーレート | SR                | 120V/μs |
| MOSFET 入力ゲート容量    | Q <sub>G</sub>    | 54nC    |
| MOSFET 入力ゲート容量    | Q <sub>GD</sub>   | 14nC    |
| デッド・タイム           | t <sub>dead</sub> | 200ns   |
| 過電流保護             | I <sub>OCP</sub>  | 30A     |

### 8.2.2 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<sub>GVDD</sub> はゲート駆動の電源電圧
- V<sub>BOOTD</sub> はブートストラップ・ダイオードの順方向電圧降下
- V<sub>BSTUV</sub> 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・コンデンサの両端に生じ得る電位差の最大値は **6.7V** です。通常は、ブートストラップ・コンデンサと **GVDD** コンデンサの両方のリップル電圧をできるだけ小さくすることが推奨されます。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** のリッ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。

$$Q_{TOT} = Q_G + \frac{I_{LBS\_TRAN}}{f_{SW}} \quad (14)$$

$$Q_{TOT} = 54\text{nC} + 115\mu\text{A} / 20\text{kHz} = 54\text{nC} + 5.8\text{nC} = 59.8\text{nC}$$

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、 $\Delta V_{BSTx}$  が **1V** と仮定して、次のように推定できます。

$$C_{BST\_MIN} = \frac{Q_{TOT}}{\Delta V_{BSTx}} \quad (15)$$

$$C_{BST\_MIN} = 59.8\text{nC} / 1\text{V} = 59.8\text{nF}$$

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・バイアス電圧で必要であることに注意する必要があります。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。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。

$$C_{GVDD} \geq 10 \times C_{BSTx} \quad (16)$$

$$C_{GVDD} = 10 * 100\text{nF} = 1\mu\text{F}$$

このアプリケーション例では、**1μF** 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、**1μF** 以上の  $C_{BSTx}$  と **10μF** 以上の  $C_{GVDD}$  を使用することを推奨します。

### 8.2.3 VREG 電源用外部 MOSFET の選択

MCF8329A デバイスは、VREG ピンを経由して内部デジタル回路に電力を供給するためのレギュレータとして機能できる外部 MOSFET を (GCTRL ピンを使って) 駆動する機能を備えています (セクション 7.3.4.3 を参照)。動作条件全体にわたって VREG ピンの電圧が **2.2V~5.5V** になるように、外部 MOSFET を選択します。計算例として、MOSFET を選択するために式 17 を使って、最小 GCTRL ピン電圧が **4.9V** のときの最小 VREG ピン電圧 (**2.4V**) を求めます ( $V_{GCTRL(min)} - V_{VREG(min)} = 2.5\text{V}$ )。式 18 を使って、最大 GCTRL ピン電圧のときの VREG ピンの最大電圧が **5.5V** 未満になるように設計します。

$$V_{GS(th)\_max} + V_{PVDD} \left( \frac{C_{GD}}{C_{GD} + C_{GCTRL}} \right) + \left( 1.3 \times I_{GATE\_LEAK} \times 10^6 \right) < 2.5\text{V} \quad (17)$$

$$V_{GCTRL(max)} - V_{GS(th)\_min} < 5.5\text{V} \quad (18)$$

ここで、

$V_{GS(th)}_{max}$  は、外部 MOSFET のゲート - ソース間スレッショルド電圧の動作条件全体での最大値

$V_{GS(th)}_{min}$  は、外部 MOSFET のゲート - ソース間スレッショルド電圧の動作条件全体での最小値

$V_{PVDD}$  は、外部 MOSFET のドレイン電圧

$C_{GD}$  は、外部 MOSFET のゲート - ドレイン間容量

$C_{GCTRL}$  は、GCTRL ピンと GND との間に接続された容量

$I_{GATE\_LEAK}$  は、外部 MOSFET のゲートリークの最大値

$V_{GCTRL(max)}$  は、GCTRL ピン電圧の最大値

GCTRL ピンの電圧が GCTRL ピンの最大動作電圧より 0.5V 以上大きくならないように外部 MOSFET を選択する必要があるため、式 19 を使って MOSFET を選択します。

$$V_{PVDD} \left( \frac{C_{GD}}{C_{GD} + C_{GCTRL}} \right) + (1.3 \times I_{GATE\_LEAK} \times 10^6) < 0.5 V \quad (19)$$

表 8-3. 外部 MOSFET の例

| 部品番号        | $V_{DS}$ (V) | 最大 $V_{GS(th)}$ (V) | $C_{iss}$ (pF) | GCTRL - GND 容量 (nF) | GCTRL 起動時間 (ms) |
|-------------|--------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------|
| CSD18534Q5A | 60           | 2.3                 | 1770           | 2                   | 20              |

## 8.2.4 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 MCF8329A デバイスに損傷を与え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、 $R_{DS,on}$  スイッチング損失により 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・スイッチング時間 ( $t_{rise,fall}$ ) の間の関係を以下の式に示します。

$$SR_{DS} = \frac{V_{DS}}{t_{rise,fall}} \quad (20)$$

$$I_{GATE} = \frac{Q_{gd}}{t_{rise,fall}} \quad (21)$$

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、ゲート駆動流設定を増やすことを推奨します。

## 8.2.5 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。MCF8329A 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用いてゲート・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。

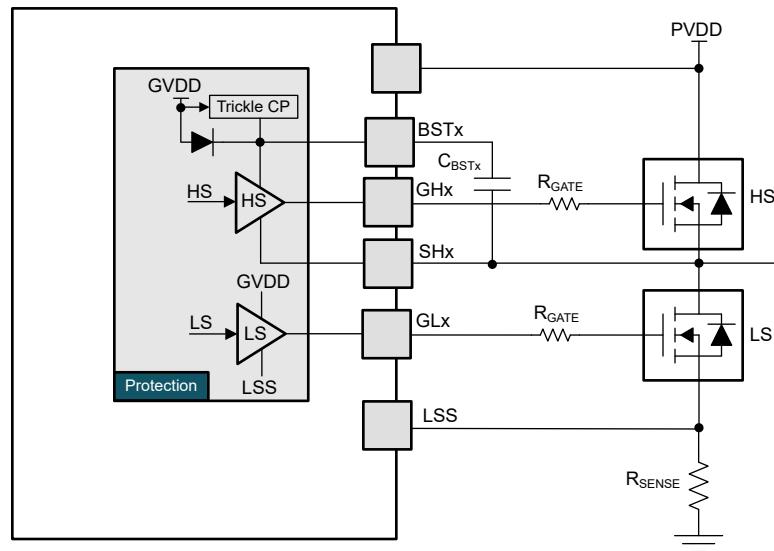


図 8-2. ゲート・ドライバ出力(直列抵抗を使用)

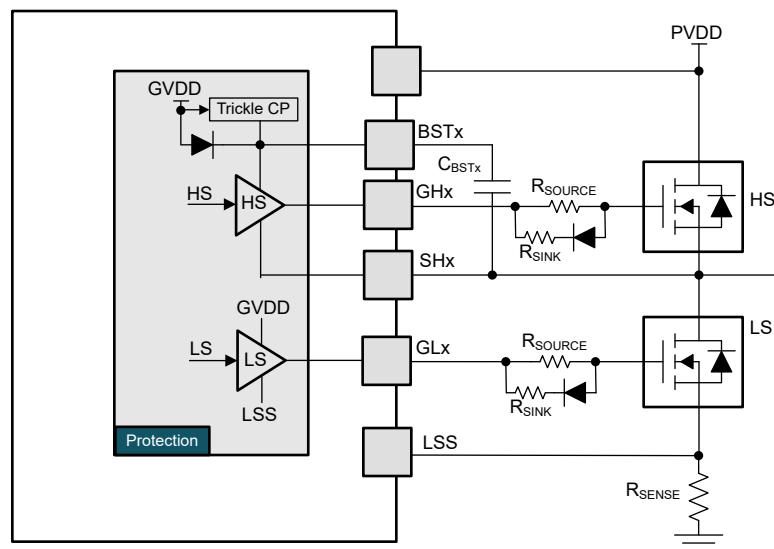


図 8-3. ゲート・ドライバ出力(別個のソースおよびシンク電流経路を使用)

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

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、設計とアプリケーションについて複数の事項を考慮する必要があります。この設計とアプリケーションの考慮事項は、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、レイアウト手法を理解していれば対処できます。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](#)』アプリケーションノートを参照してください。

### 8.2.6 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ため、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。

### 8.2.7 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、位相リンクの減衰、ゲート-ソース間の強ブルダウン経路の提供に有用です。これらの部品は、MCF8329A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。

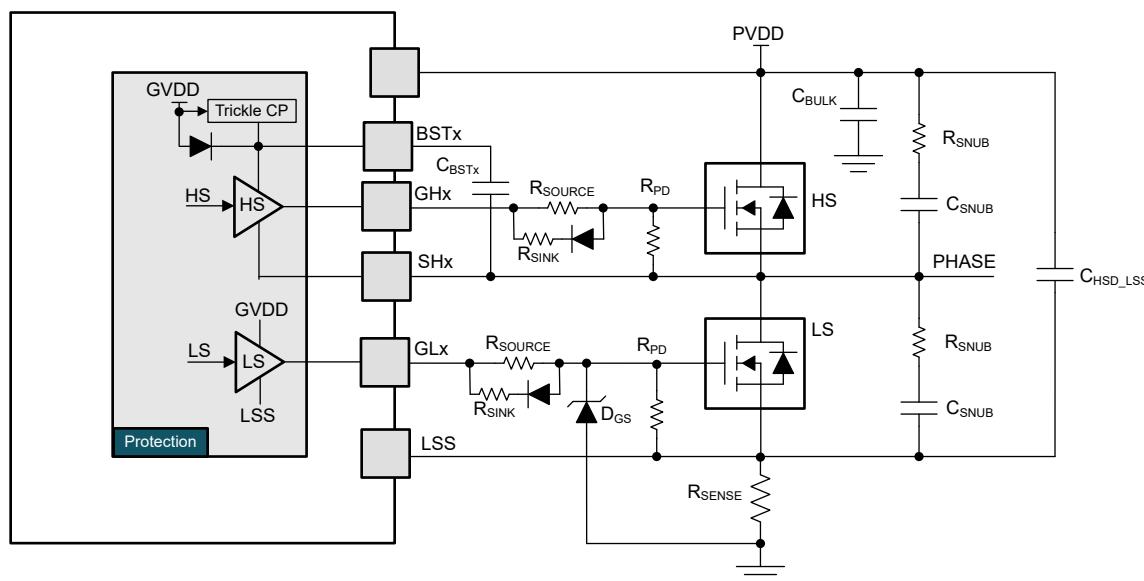


図 8-4. 任意の外部出力段部品

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 8-4. 出力段のデバッグに関する一般的な問題と解決策

| 問題  | 解決策                        | 部品  |
|---|----------------------------|---|
| 必要なゲート駆動電流が大きすぎて、MOSFETのV <sub>DS</sub> 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) |

表 8-4. 出力段のデバッグに関する一般的な問題と解決策 (続き)

| 問題   | 解決策  | 部品   |
|--|--|--|
| 位相のスイッチ・ノード (SHx) でのリンクングにより、EMI 放射が増加する。                    | RC スナップを各 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) ( <a href="#">モーター・ドライバのための適切な RC スナップ設計</a> を使って、リンク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)   |
| 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 - ソース間ブルダウントラミー (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)  |

## 8.2.8 アプリケーション曲線

### 8.2.8.1 モーター起動

図 8-5 に、各種モーター動作での FG 波形と位相電流波形を示します。

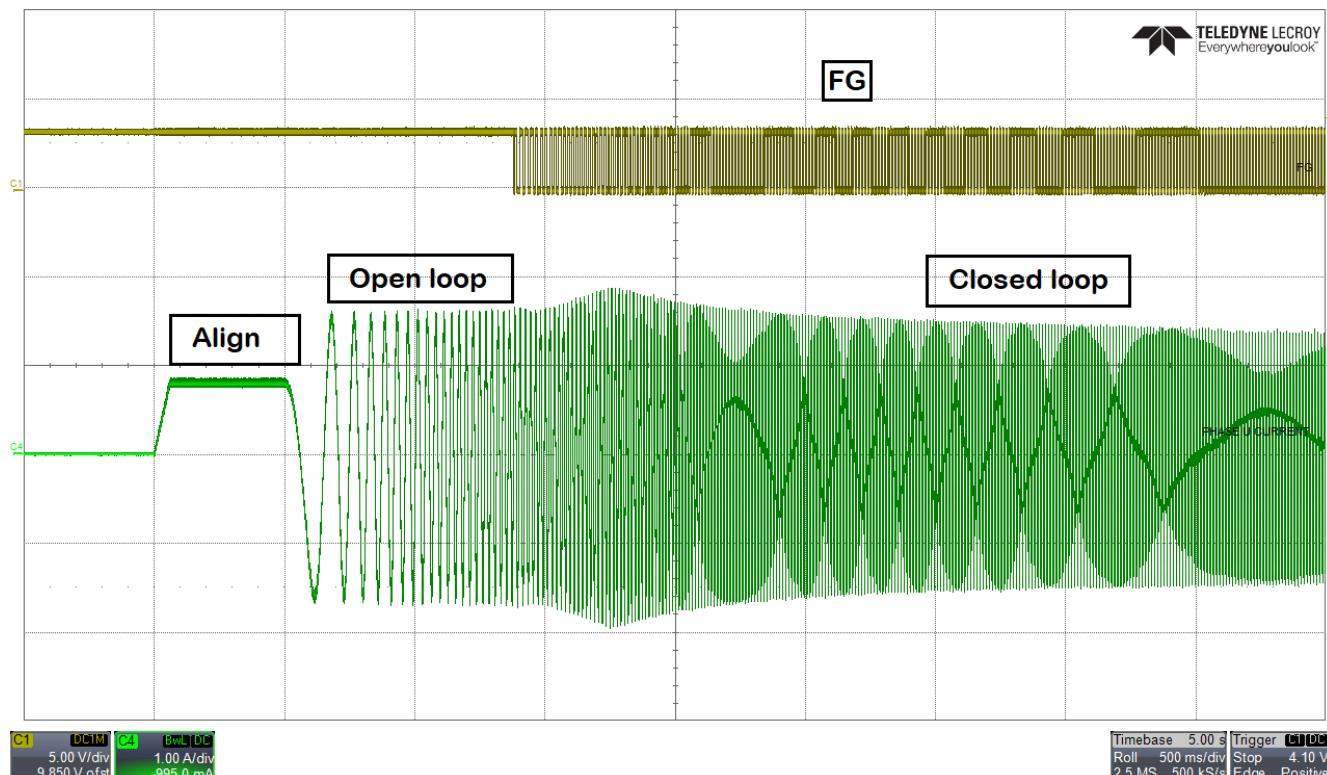


図 8-5. モーターの起動 - FG と位相電流

### 高速 (1.8kHz) 動作

図 8-6 に、1.8kHz の速度 (2 極、108kRPM) での高速モーターの位相電流波形と FG 信号を示します。

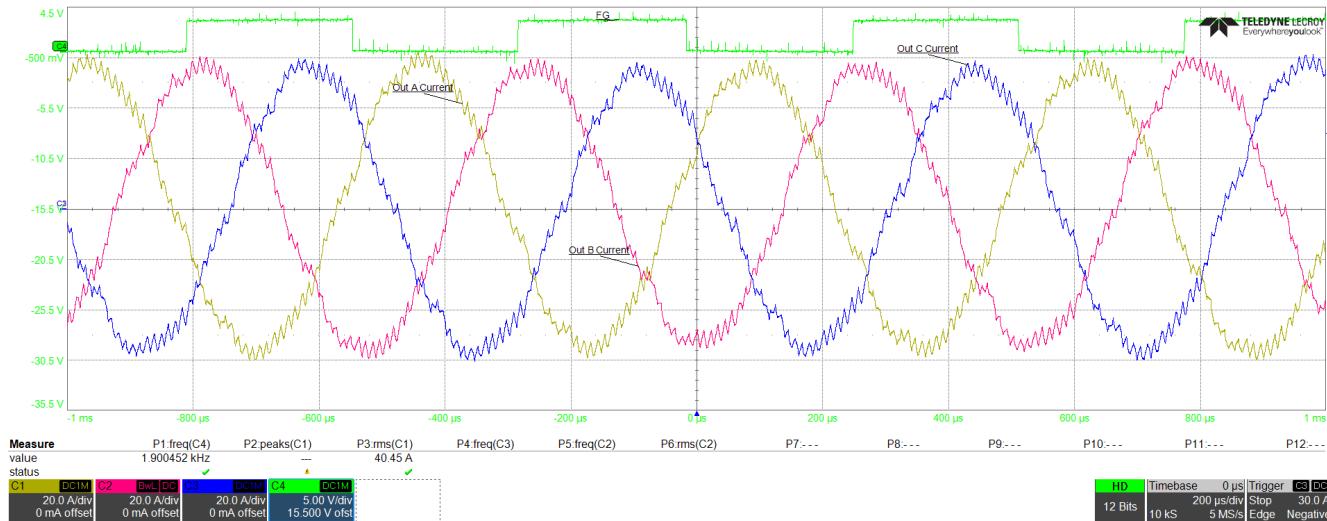


図 8-6. 1.8kHz のモーター速度時の位相電流

### アクティブブレーキによる迅速な減速

非常に大きい減速レートでモーター速度を減速させると、モーターからの機械的エネルギーが電源に戻り、DC 電源電圧が上昇する可能性があります。アクティブブレーキ機能は、エネルギーを DC バスに戻さずに、より迅速な減速を実現するのに役立ちます。図 8-7 に、アクティブブレーキが無効化されており、500Hz/s の減速率でモーターを 100% 速度から 20% 速度まで減速させる際の、電源電圧のオーバーシュートを示します。図 8-8 に、アクティブブレーキが有効化されている際の、電源電圧のオーバーシュートがない状態を示します。

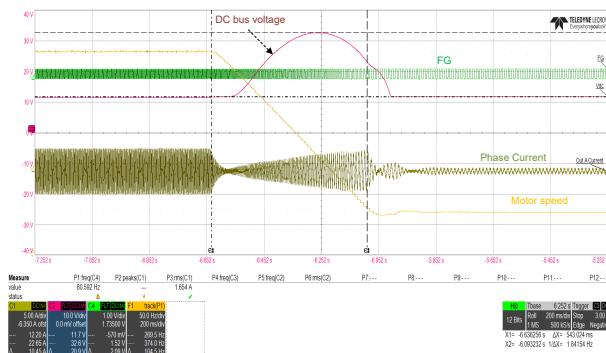


図 8-7. DC パススパイク (アクティブブレーキ無効、AVS 無効)

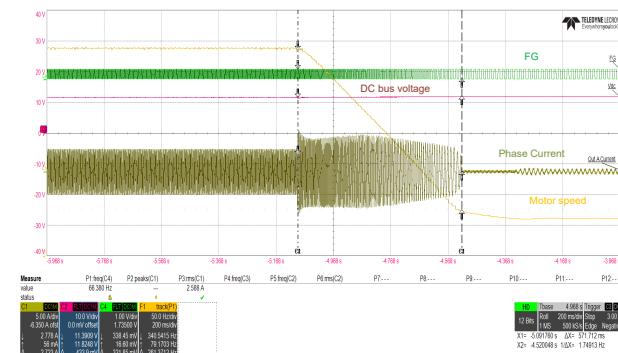


図 8-8. DC パス電圧 (アクティブブレーキ有効、AVS 無効)

### 8.2.8.2 デッドタイム補償

図 8-9 に、デッドタイム補償が無効化されている場合の位相電流波形を示します。位相電流の基本周波数は 40Hz です。位相電流の高速フーリエ変換 (FFT) プロットは 160Hz と 220Hz の高調波を示しています。図 8-10 に、デッドタイム補償が有効化されている場合の位相電流波形を示します。位相電流はより正弦波的に見え、位相電流の FFT プロットに高調波はありません。

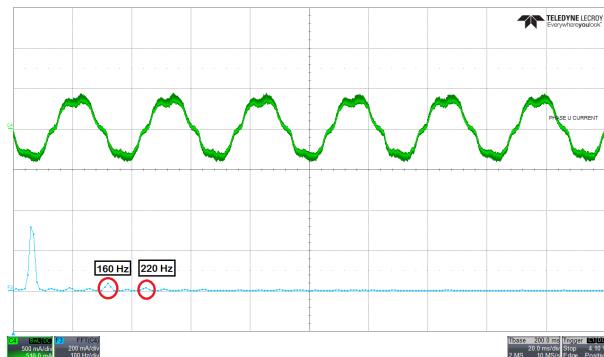


図 8-9. 位相電流と FFT - デッド タイム補償を無効化

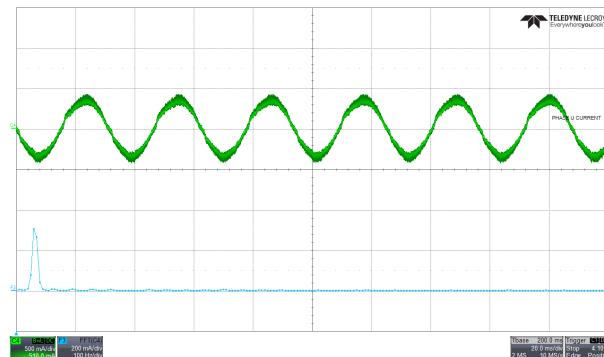


図 8-10. 位相電流と FFT - デッド タイム補償を有効化

## 9 電源に関する推奨事項

MCF8329A 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  $10\mu F$  と  $0.1\mu F$  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・バイパス容量と共に可能です。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。

### 9.1 バルク容量

適切なローカル・バルク容量の確保は、モーター駆動システムの設計において重要な要素です。一般に、バルク容量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、ステッパ)
- 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、または負荷ダンプが発生した場合、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。モーター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。

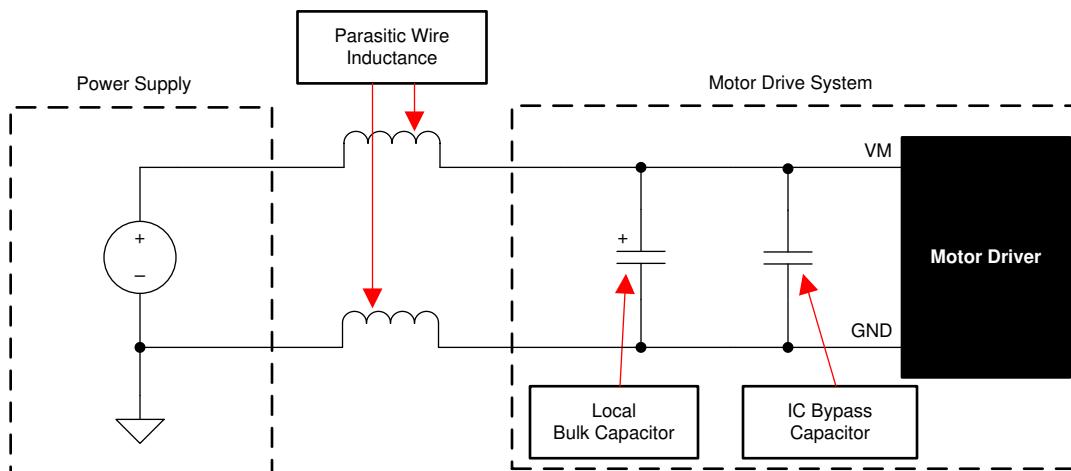


図 9-1. 外部電源を使用したモーター駆動システムの構成例

## 10 レイアウト

### 10.1 レイアウトのガイドライン

推奨値  $0.1\mu F$  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 (PGND) 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 PGND ピンに接続されたグランド 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。これには電解コンデンサを使用できます。容量は  $10\mu F$  以上としてください。

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 ピンの間に低 ESR のセラミック コンデンサを配置します。これには、PVDD の定格を持つ  $470nF$  のタイプ X5R または X7R 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、ポートストラップ 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 X5R または X7R で  $6.3V$  の定格を持つ  $1\mu F$  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 X5R または X7R で  $4V$  以上の定格を持つ  $1\mu F$  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 GND ピンまでのパスを最短にします。

タイプ X5R または X7R の定格を持つ適切な低 ESR セラミック コンデンサを使用して、VREG ピンをバイパスします。

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 のゲートまであり、その後ハイサイド MOSFET のソースを通って 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 のゲートまであり、その後ローサイド MOSFET のソースを通って PGND 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  $15\sim20mil$  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にします。

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 グランドに接続されたグランド領域を、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。

## 10.2 レイアウト例

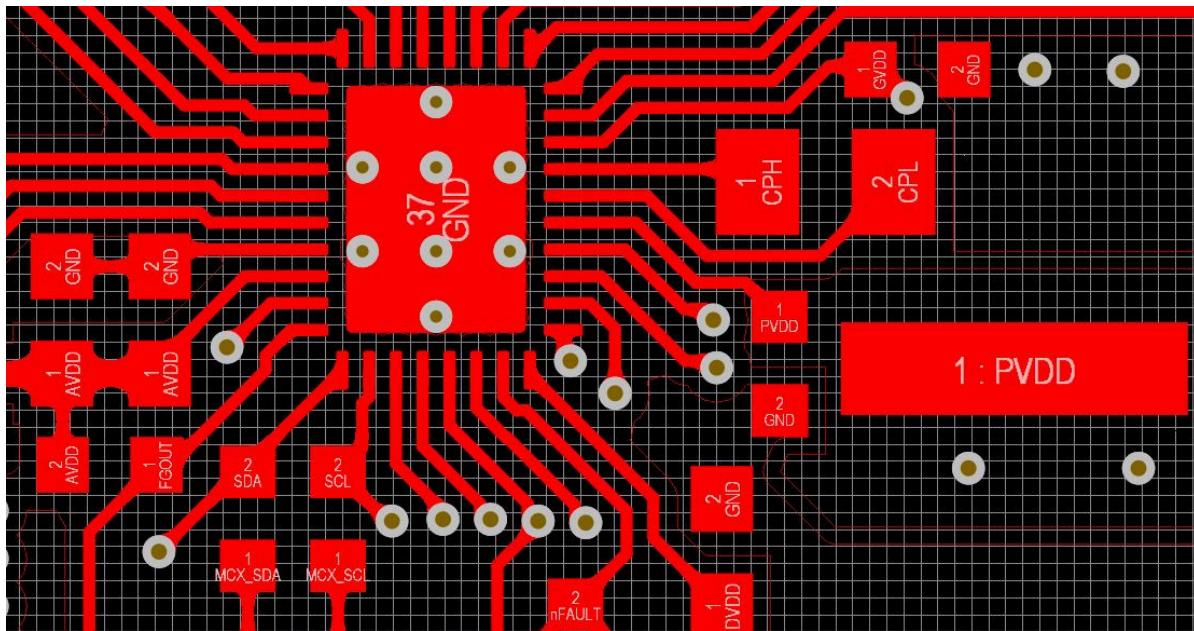


図 10-1. MCF8329A デバイスのレイアウト例

## 10.3 热に関する注意事項

MCF8329A 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。

### 10.3.1 消費電力

MCF8329A 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/SON 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、設計で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お勧めします。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。これらの情報は、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ます。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。

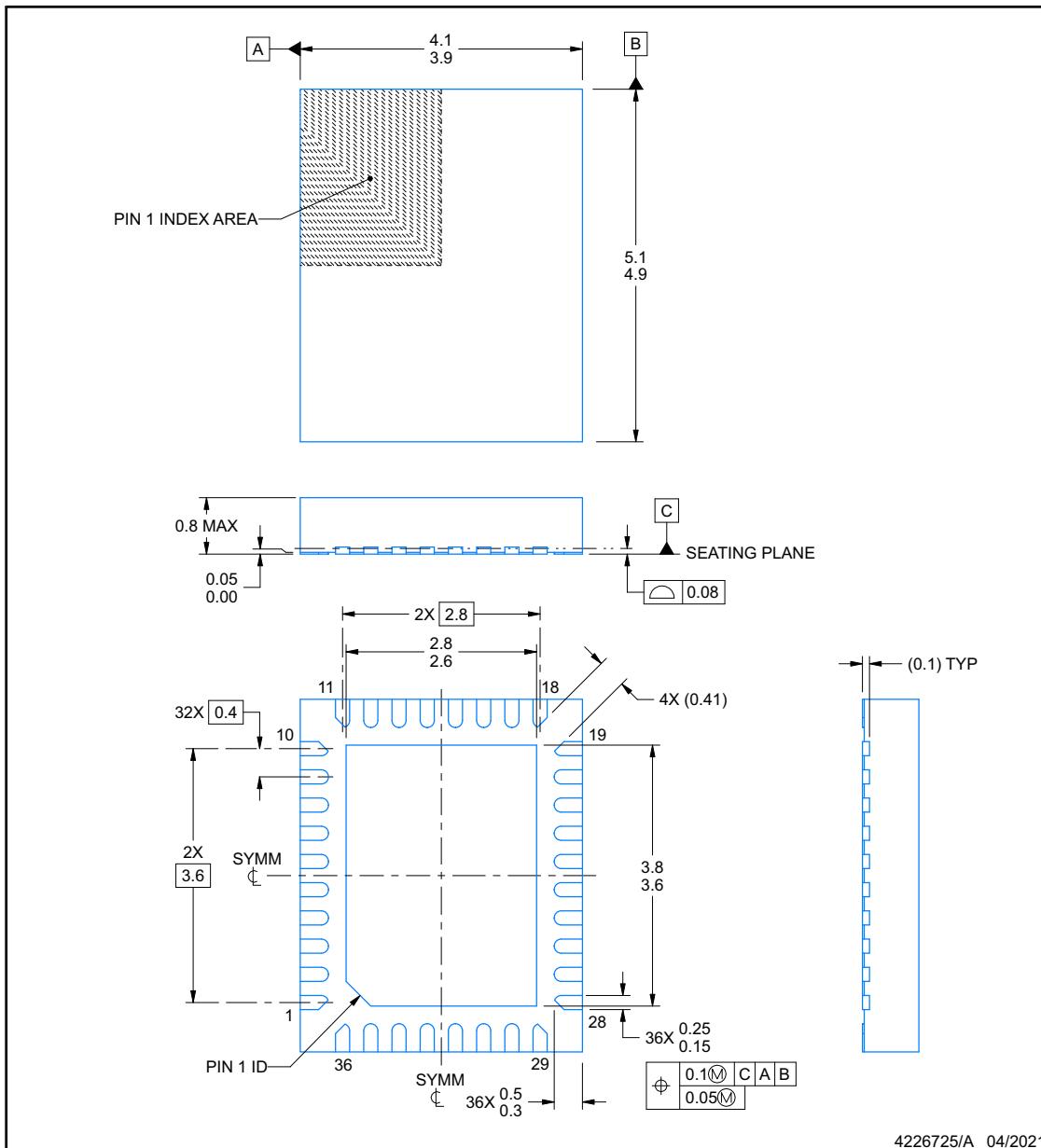


## PACKAGE OUTLINE

**REE0036A**

**WQFN - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4226725/A 04/2021

### NOTES:

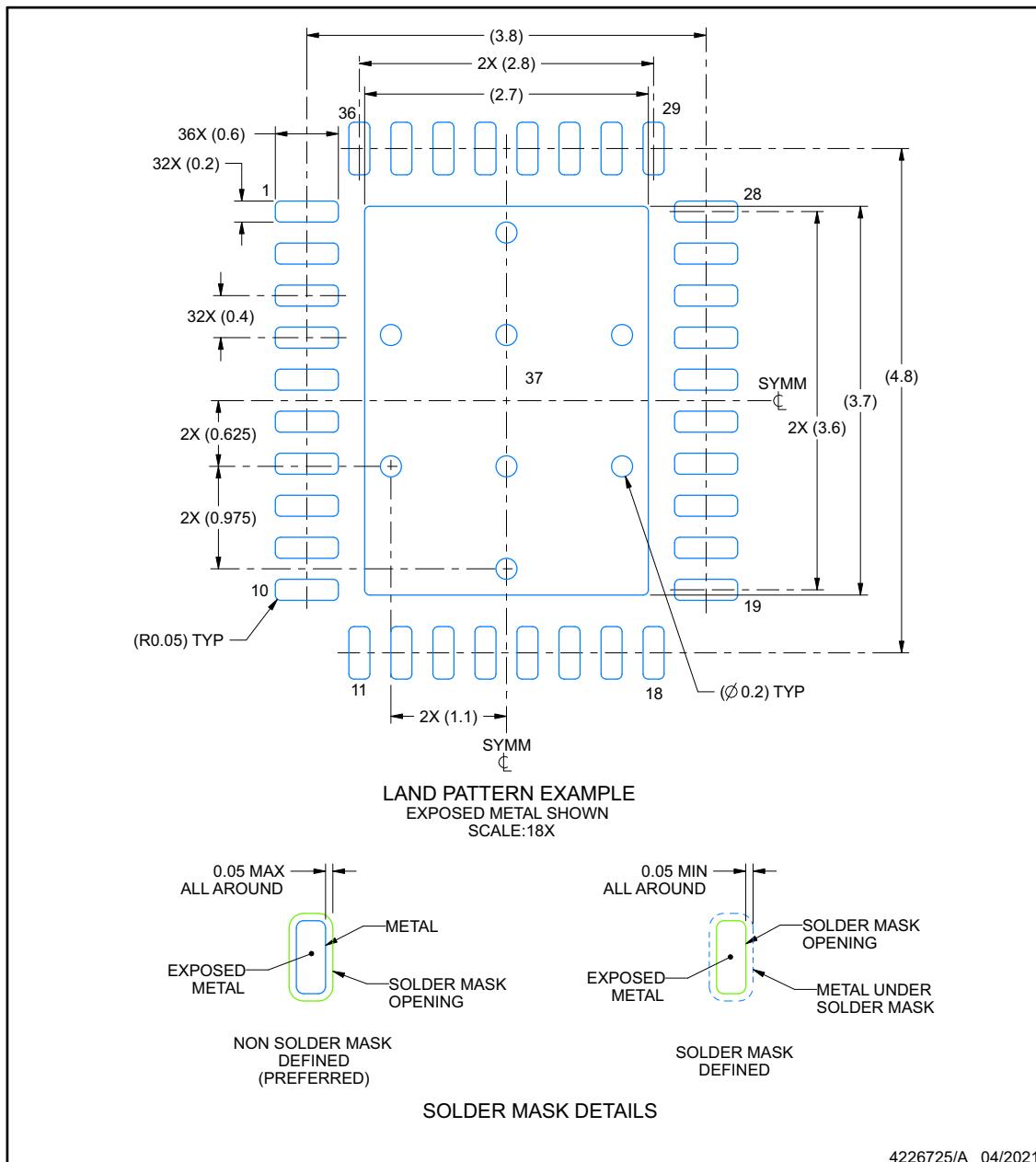
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

## EXAMPLE BOARD LAYOUT

REE0036A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

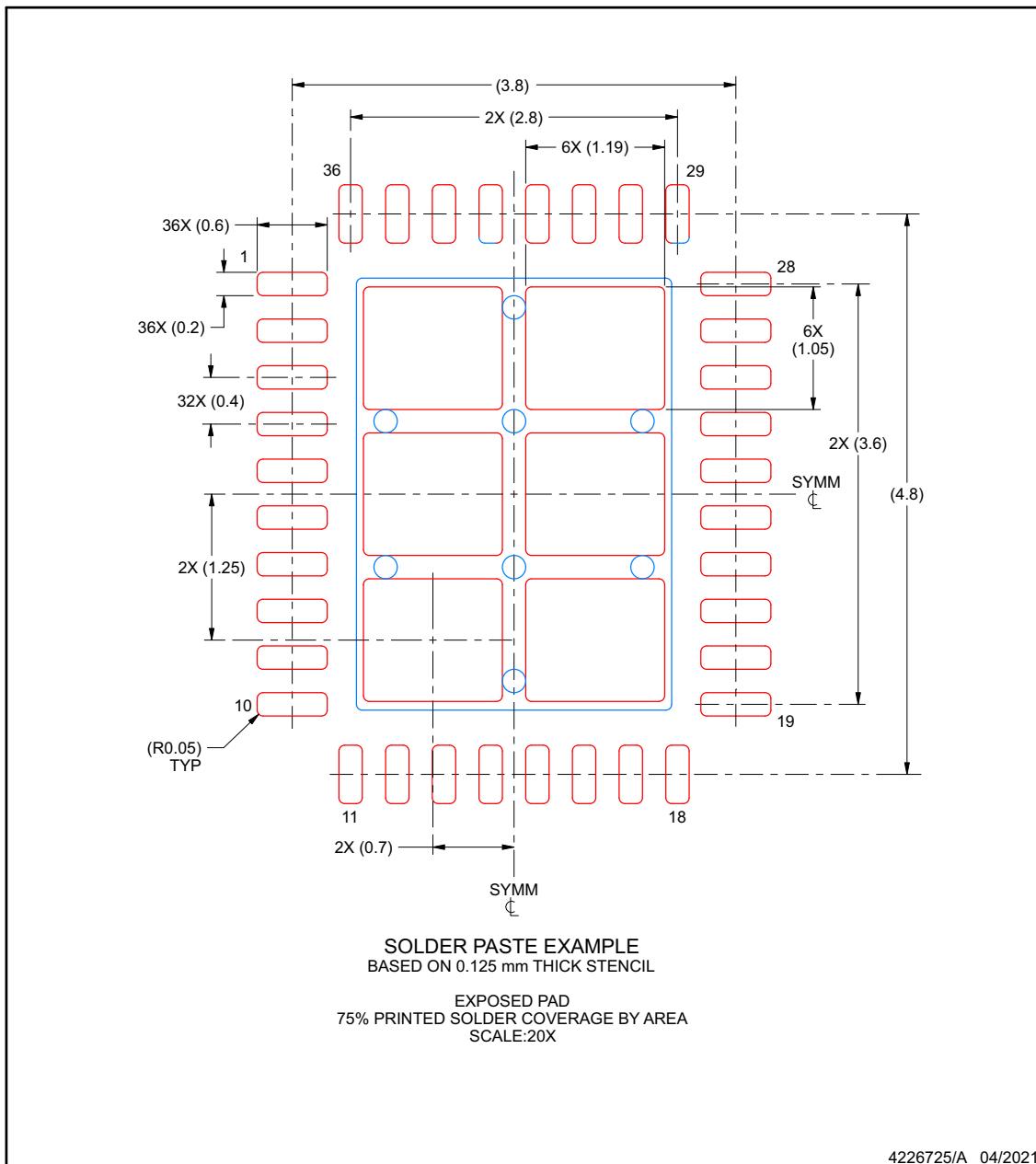
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).

## EXAMPLE STENCIL DESIGN

**REE0036A**

**WQFN - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

5. 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<br>(1) | Material type<br>(2) | Package   Pins  | Package qty   Carrier | RoHS<br>(3) | Lead finish/<br>Ball material<br>(4) | MSL rating/<br>Peak reflow<br>(5) | Op temp (°C) | Part marking<br>(6) |
|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| MCF8329A1IREER        | Active        | Production           | WQFN (REE)   36 | 5000   LARGE T&R      | Yes         | NIPDAU                               | Level-2-260C-1 YEAR               | -40 to 125   | MCF8329<br>A1I      |
| MCF8329A1IREER.A      | Active        | Production           | WQFN (REE)   36 | 5000   LARGE T&R      | Yes         | NIPDAU                               | Level-2-260C-1 YEAR               | -40 to 125   | MCF8329<br>A1I      |
| MCF8329A1IREER.B      | Active        | Production           | WQFN (REE)   36 | 5000   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 125   |                     |

<sup>(1)</sup> **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

<sup>(2)</sup> **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.

<sup>(3)</sup> **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

<sup>(4)</sup> **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.

<sup>(5)</sup> **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.

<sup>(6)</sup> **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.

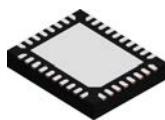
**OTHER QUALIFIED VERSIONS OF MCF8329A :**

- Automotive : [MCF8329A-Q1](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

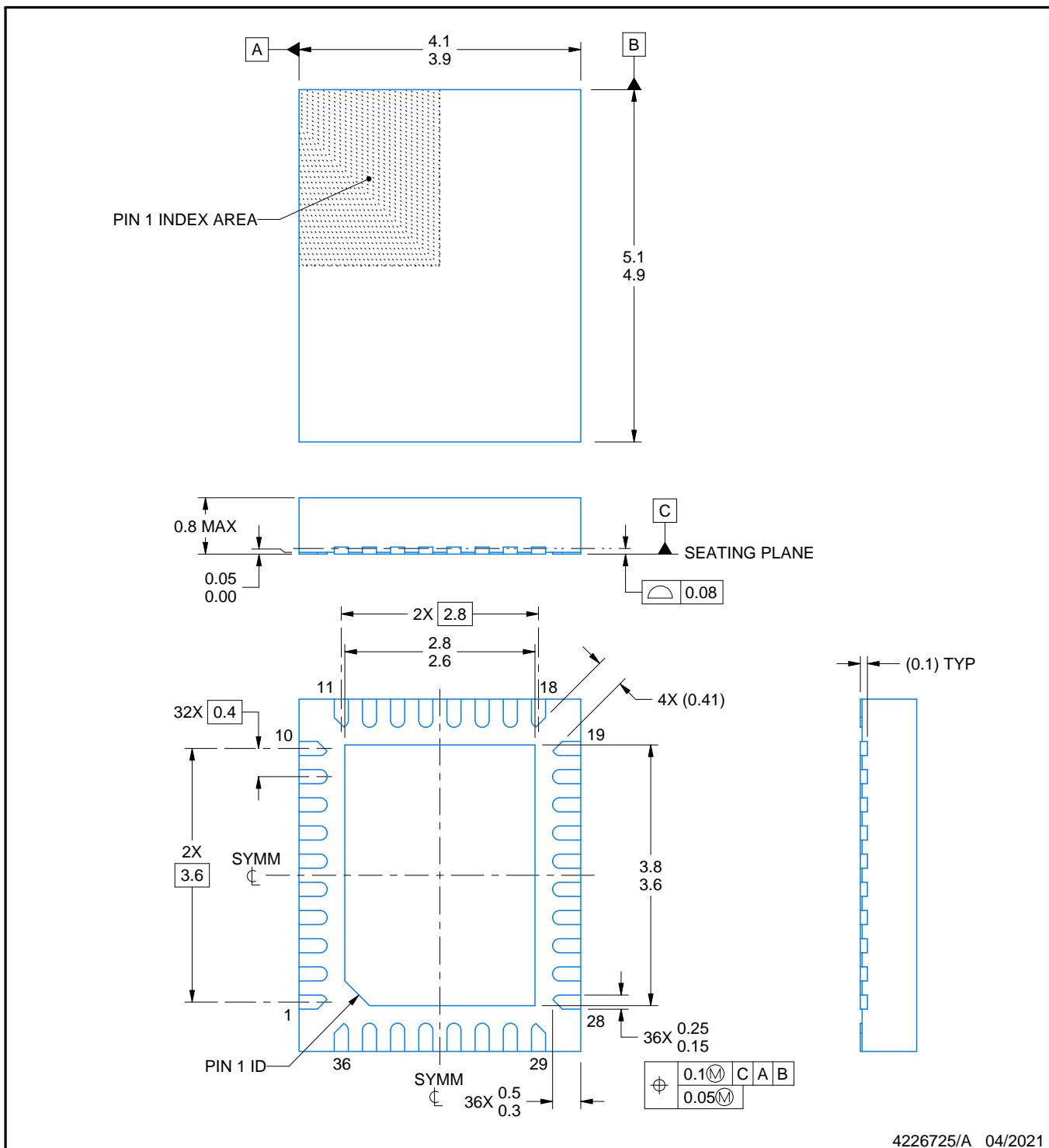
**REE0036A**



## PACKAGE OUTLINE

**WQFN - 0.8 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4226725/A 04/2021

### NOTES:

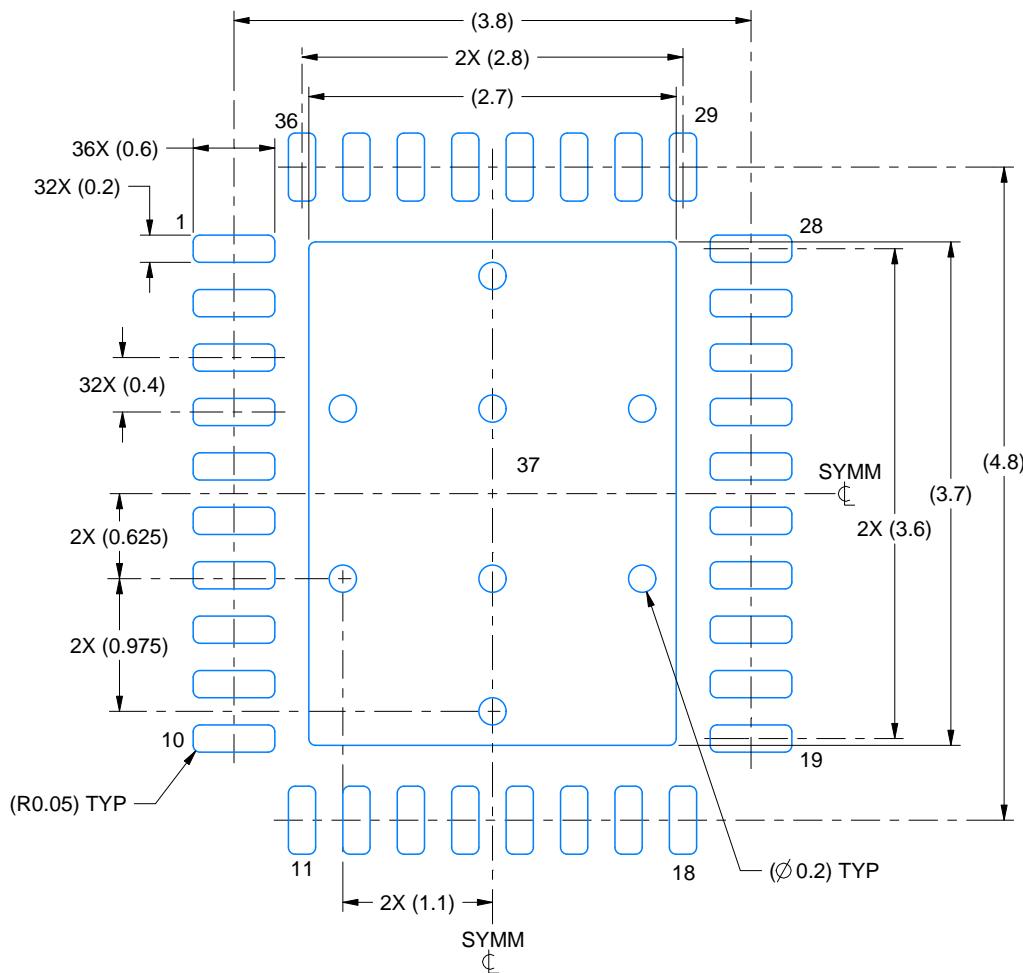
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

## **EXAMPLE BOARD LAYOUT**

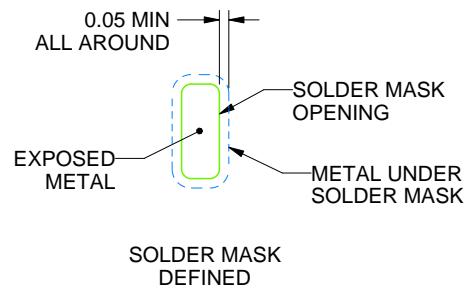
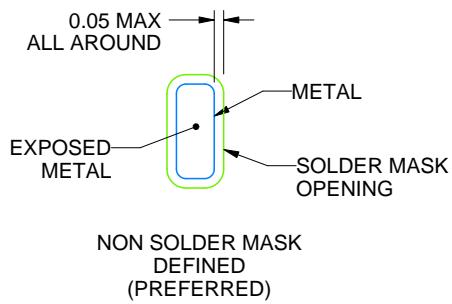
**REE0036A**

## **WQFN - 0.8 mm max height**

## PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



**LAND PATTERN EXAMPLE**  
**EXPOSED METAL SHOWN**  
**SCALE:18X**



## SOLDER MASK DETAILS

4226725/A 04/2021

## NOTES: (continued)

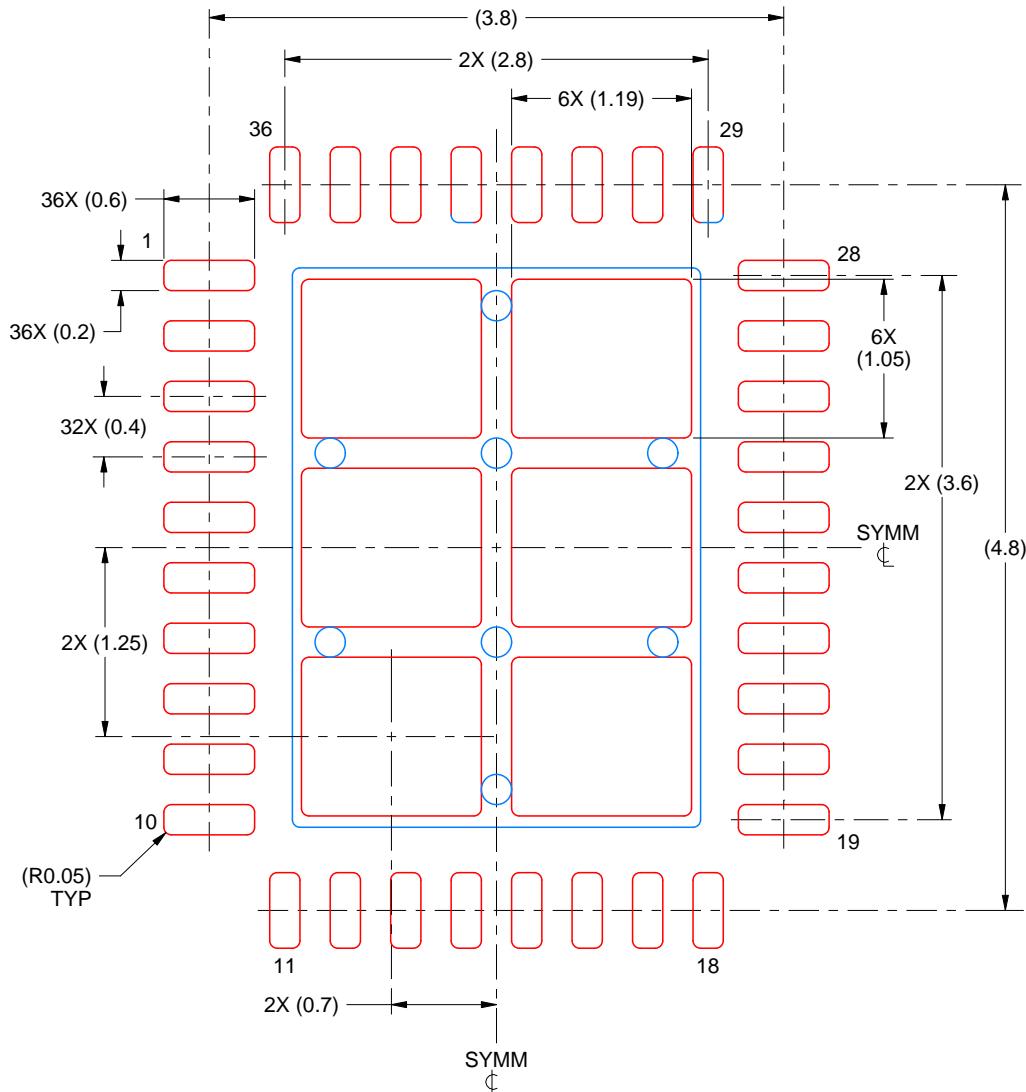
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

REE0036A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE  
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD  
75% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA  
SCALE:20X

4226725/A 04/2021

NOTES: (continued)

5. 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默示保証、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、明示的または默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、(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