

# デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた 低背型クワッド31.25Aまたはシングル125A $\mu$ Moduleレギュレータ

## 特長

- 制御および監視用のデジタル・インターフェースを備えたデジタル調整可能な4つのアナログ・ループ
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~16V
- 出力電圧範囲: 0.7V~1.35V
- $\pm 0.5\%$ のDC出力精度 (0.75V)
- $\pm 4.5\%$ の電流リードバック精度: 0°C~125°C
- 低出力電圧レンジに対し最適化
- 400kHz、PMBus準拠のI<sup>2</sup>Cシリアル・インターフェース
- 最大125Hzの遠隔測定ポーリング・レートに対応
- 16ビット $\Sigma$ - $\Delta$ ADCを内蔵
- 複数モジュールを並列接続して電流を分担
- 15mm × 22mm × 5.71mmのBGAパッケージ

### 読み出し可能なデータ:

- 入力および出力電圧、電流、温度
- 動作時ピーク値、動作時間、フォルト、警告
- 内蔵EEPROMフォルト・ログ記録

### 書き込み可能データおよび設定可能パラメータ:

- 出力電圧、電圧のシーケンシングとマージニング
- デジタル・ソフトスタート/ストップ・ランプ、アナログ・ループのプログラム
- OV/UV/OT、UVLO、周波数、位相

## アプリケーション

- マルチレール・プロセッサ電源、設定変更可能なコア電源

## 概要

LTM<sup>®</sup>4682はクワッド31.25Aまたはシングル125A降圧 $\mu$ Module<sup>®</sup>(パワー・マイクロモジュール)DC/DCレギュレータで、PMBusを介してパワー・マネージメント・パラメータの遠隔設定とテレメトリ・モニタリングが可能です。LTM4682は、デジタルでプログラム可能なアナログ制御ループで構成され、より広い帯域幅と優れた過渡応答を実現するよう最適化されています。

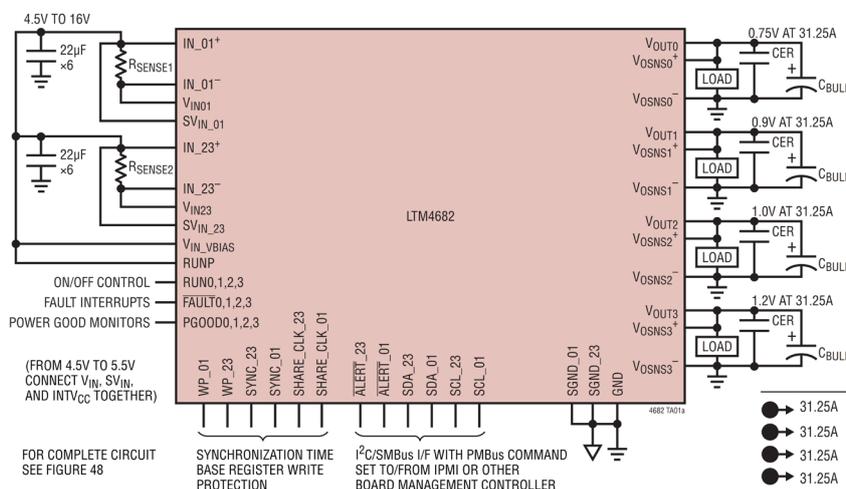
LTM4682は2線式シリアル・インターフェースを備えており、出力のマージニング、チューニング、ランプ・アップおよびランプ・ダウンを行うことができます。ランピングのスルー・レートはプログラム可能で、遅延時間のシーケンシングも可能です。また、真の入力電流検出、出力電流および電圧、出力電力、温度、動作時間、およびピーク値を読み出すことができます。EEPROM内容のカスタム設定は必要ありません。起動時の出力電圧、スイッチング周波数、およびチャンネル位相角割り当ては、ピンストラップ抵抗によって設定できます。LTpowerPlay<sup>®</sup>グラフィカル・ユーザ・インターフェース(GUI)、DC1613A USB/PMBusコンバータ、評価用キットが提供されています。

LTM4682は15mm × 22mm × 5.71mm BGAパッケージで提供され、SnPb仕上げまたはRoHSに適合した仕上げの端子を選択できます。

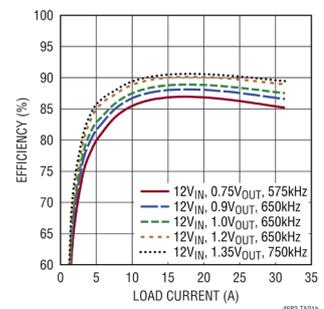
本紙記載の登録商標および商標は、全て各社の所有に属します。

## 標準的応用例

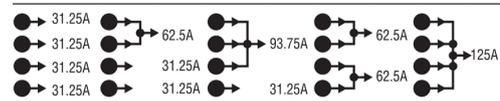
制御および監視用のデジタル・インターフェースを備えた  
クワッド31.25A  $\mu$ Moduleレギュレータ



シングル・チャンネル効率と  
負荷電流の関係



構成設定可能な出力アレイ



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

## 目次

|   |    |   |           |
|---|----|---|-----------|
| 特長.....   | 1  | 表 4. LTM4682 の従属アドレス設定用の ASEL <sub>nn</sub> ピンストラップ参照表<br>(MFR_CONFIG_ALL[6] の設定に関わらず使用可能)..... | 37        |
| アプリケーション.....   | 1  | 表 5. 7ビットおよび8ビット・アドレス指定で表した LTM4682 の<br>MFR_ADDRESS コマンドの例.....                                | 37        |
| 標準的応用例.....   | 1  | フォルトの検出と処理.....   | 37        |
| 概要.....   | 1  | ステータス・レジスタと ALERT のマスキング.....   | 38        |
| 絶対最大定格.....   | 4  | 図 5. LTM4682 の各コントローラのステータス・レジスタの概要.....  | 39        |
| 発注情報.....   | 4  | FAULT <sub>n</sub> ピンへのフォルトのマッピング.....  | 40        |
| ピン配置.....   | 4  | パワー・グッド・ピン.....   | 40        |
| 電気的特性.....  | 5  | CRC 保護.....   | 40        |
| 代表的な性能特性.....   | 12 | シリアル・インターフェース.....  | 40        |
| ピン機能.....   | 15 | 通信保護.....   | 40        |
| 簡略化したブロック図.....   | 23 | デバイスのアドレス指定.....  | 40        |
| 機能図.....  | 24 | V <sub>OUT</sub> と I <sub>IN/OUT</sub> のフォルトに対する応答.....   | 41        |
| テスト回路.....  | 25 | 出力過電圧フォルト応答.....  | 41        |
| 動作.....   | 27 | 出力低電圧応答.....  | 42        |
| パワー・モジュールの概説.....   | 27 | ピーク出力過電流フォルト応答.....   | 42        |
| パワー・モジュールの概要と主な機能.....  | 27 | タイミング・フォルトに対する応答.....   | 42        |
| ECC 機能付き EEPROM.....  | 28 | V <sub>IN</sub> OV フォルトに対する応答.....  | 42        |
| パワーアップと初期化.....   | 29 | OT/UT フォルトに対する応答.....   | 42        |
| ソフトスタート.....  | 30 | 内部過熱フォルト応答.....   | 42        |
| タイム・ベース・シーケンシング.....  | 30 | 過熱フォルトと低温フォルトの応答.....   | 42        |
| 電圧ベース・シーケンシング.....  | 31 | ピーク出力過電流フォルト応答.....   | 43        |
| シャットダウン.....  | 31 | 外部フォルトに対する応答.....   | 43        |
| 軽負荷電流動作.....  | 31 | フォルト・ログ記録.....  | 43        |
| スイッチング周波数と位相.....   | 32 | バスのタイムアウト保護.....  | 43        |
| PWM ループ補償.....  | 32 | PMBus、SMBus、 <sup>2</sup> C の 2 線式インターフェースにおける類似性.....  | 44        |
| 出力電圧の検出.....  | 32 | PMBus シリアル・デジタル・インターフェース.....   | 44        |
| INTV <sub>CC</sub> /V <sub>BIAS</sub> の電力.....  | 32 | 表 6. サポートしているデータ・フォーマットを表す略号.....   | 45        |
| 出力電流検出と 1mΩ 未満の DCR による電流検出.....  | 33 | 図 6. PMBus のタイミング図.....   | 45        |
| 入力電流の検出.....  | 33 | 図 7～図 24: PMBus プロトコル.....  | 46        |
| PolyPhase による負荷分担.....  | 33 | <b>PMBus コマンドの概要</b> .....  | <b>49</b> |
| 内部温度の検出.....  | 34 | PMBus コマンド.....   | 49        |
| R <sub>CONFIG</sub> (抵抗設定) ピン.....  | 34 | 表 7. PMBus コマンドの概要 (注: データ・フォーマットを表す略号の<br>詳細は表 8 に記載).....                                     | 49        |
| 表 1. LTM4682 の出力電圧粗設定用の VOUT <sub>n</sub> _CFG ピンストラップ<br>参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1b の場合は使用不可)、<br>上側抵抗 = 14.3kΩ.....  | 35 | 表 8. データ・フォーマットの略号.....   | 54        |
| 表 2. LTM4682 の出力電圧精密設定用の VTRIM <sub>n</sub> _CFG ピンストラップ<br>参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1b の場合は使用不可)、<br>上側抵抗 = 14.3kΩ.....  | 35 |   |           |
| 表 3. LTM4682 のスイッチング周波数とチャンネル位相インターリーブ角の<br>設定用の FSWPH <sub>nn</sub> _CFG ピンストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] =<br>1b の場合は使用不可)、nn = 01 または 23 チャンネル、上側抵抗を 14.3kΩ<br>に設定..... | 36 |   |           |

## 目次

|   |    |                            |            |
|---|----|----------------------------|------------|
| アプリケーション情報.....                                       | 55 | 標準的応用例.....                | 76         |
| $V_{IN}$ から $V_{OUT}$ への降圧比.....                      | 55 | <b>PMBus コマンドの詳細</b> ..... | <b>81</b>  |
| 入力コンデンサ.....  | 55 | アドレス指定と書込み保護.....          | 81         |
| 出力コンデンサ.....  | 55 | 汎用設定コマンド.....              | 83         |
| 軽負荷電流動作.....  | 55 | オン/オフ/マージン.....            | 84         |
| スイッチング周波数と位相.....                                     | 56 | PWM設定.....                 | 86         |
| 出力電流制限値のプログラミング.....                                  | 57 | 電圧.....                    | 89         |
| 最小オン時間に関する考慮事項.....                                   | 58 | 入力電圧と制限値.....              | 89         |
| 可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ.....                           | 58 | 出力電圧と制限値.....              | 90         |
| デジタル・サーボ・モード.....                                     | 58 | 出力電流と制限値.....              | 93         |
| ソフトオフ(シーケンシングによるオフ).....                              | 59 | 入力電流と制限値.....              | 95         |
| 低電圧ロックアウト.....  | 60 | 温度.....                    | 96         |
| フォルトの検出と処理.....                                       | 60 | 電力段DCRの温度キャリブレーション.....    | 96         |
| オープンドレイン・ピン.....                                      | 60 | 電力段の温度制限値.....             | 96         |
| フェーズ・ロック・ループと周波数同期.....                               | 61 | タイミング.....                 | 97         |
| 入力電流検出アンプ.....  | 62 | タイミング - オン・シーケンス/ランプ.....  | 97         |
| プログラマブル・ループ補償.....                                    | 62 | タイミング - オフ・シーケンス/ランプ.....  | 98         |
| 過渡応答の確認.....  | 63 | 再起動の前提条件.....              | 99         |
| PolyPhase 構成.....                                     | 64 | フォルト応答.....                | 99         |
| USB- $I^2C$ /SMBus/PMBus コントローラとシステム内のLTM4682の接続..... | 64 | すべてのフォルトに対するフォルト応答.....    | 99         |
| LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI.....                | 65 | 入力電圧フォルト応答.....            | 100        |
| PMBus 通信とコマンド処理.....                                  | 65 | 出力電圧フォルト応答.....            | 100        |
| 熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング.....                          | 67 | 出力電流フォルト応答.....            | 103        |
| 表 10~表 12: 出力電流のディレーティング.....                         | 71 | デバイス温度フォルト応答.....          | 104        |
| 表 13. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択:                           |    | 外部温度フォルト応答.....            | 105        |
| 負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/ $\mu$ s.....               | 72 | フォルトの共有.....               | 106        |
| 表 14. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: オールセラミック                  |    | フォルト共有のための伝搬.....          | 106        |
| 構成、負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/ $\mu$ s.....            | 72 | フォルト共有のための応答.....          | 108        |
| 表 15. デュアル接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択:                      |    | スクラッチパッド.....              | 108        |
| バルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、                            |    | 識別情報.....                  | 109        |
| 負荷ステップ10Aから30A、スルー・レート20A/ $\mu$ s.....               | 73 | フォルト、警告、およびステータス.....      | 110        |
| 表 16. クワッド接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択:                      |    | 遠隔測定.....                  | 116        |
| バルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、                            |    | NVMメモリ・コマンド.....           | 120        |
| 負荷ステップ10Aから40A、スルー・レート15A/ $\mu$ s.....               | 73 | 格納/復元.....                 | 120        |
| EMI性能.....  | 74 | フォルト・ログ記録.....             | 121        |
| 安全に関する考慮事項.....                                       | 74 | ブロック・メモリの書込み/読み出し.....     | 125        |
| レイアウトのチェックリスト/サンプル.....                               | 75 | <b>パッケージの説明</b> .....      | <b>126</b> |
|   |    | 表 25. LTM4682のBGAピン配置..... | 126        |
|   |    | <b>パッケージの説明</b> .....      | <b>127</b> |
|   |    | <b>改訂履歴</b> .....          | <b>129</b> |
|   |    | <b>パッケージ写真</b> .....       | <b>130</b> |
|   |    | <b>設計リソース</b> .....        | <b>130</b> |
|   |    | <b>関連製品</b> .....          | <b>130</b> |

# LTM4682

## 絶対最大定格

(Note 1)

### 端子電圧

$V_{INnn}$  (Note 4)、 $SV_{IN\_nn}$ 、 $I_{IN\_nn}^+$ 、 $I_{IN\_nn}^-$ 、  
 $V_{IN\_VBIAS}$ 、 $RUNP$  ..... -0.3V~18V  
 $(SV_{IN\_nn} - I_{IN\_nn}^+)$ 、 $(I_{IN\_nn}^+ - I_{IN\_nn}^-)$  ..... -0.3V~0.3V  
 $SWn$  ..... -1V~18V、トランジエント時は -5V~18V  
 $INTV_{CC\_nn}$ 、 $V_{BIAS}$  ..... -0.3V~6V  
 $V_{OUTn}$  ..... -0.3V~2.0V  
 $V_{OSNSn}^+$  ..... -0.3V~2.0V  
 $V_{OSNSn}^-$  ..... -0.3V~0.3V  
 $RUNn$ 、 $SDA\_nn$ 、 $SCL\_nn$ 、 $\overline{ALERT\_nn}$  ..... -0.3V~5.5V  
 $FSWPH\_nn\_CFG$ 、 $V_{OUTn\_CFG}$ 、  
 $VTRIMn\_CFG$ 、 $ASEL\_nn$  ..... -0.3V~2.75V  
 $\overline{FAULTn}$ 、 $SYNC\_nn$ 、 $SHARE\_CLK\_nn$ 、  
 $WP\_nn$ 、 $PGOODn$  ..... -0.3V~3.6V  
 $COMPna$ 、 $COMPnb$  ..... -0.3V~2.7V  
 $TSNSn$  ..... -0.3V~0.8V  
 $n = 0, 1, 2, 3$ 、および  $nn = 01, 23$   
 $V_{DD33\_nn}$  出力と  $V_{DD25\_nn}$  出力は駆動されません。

### 温度

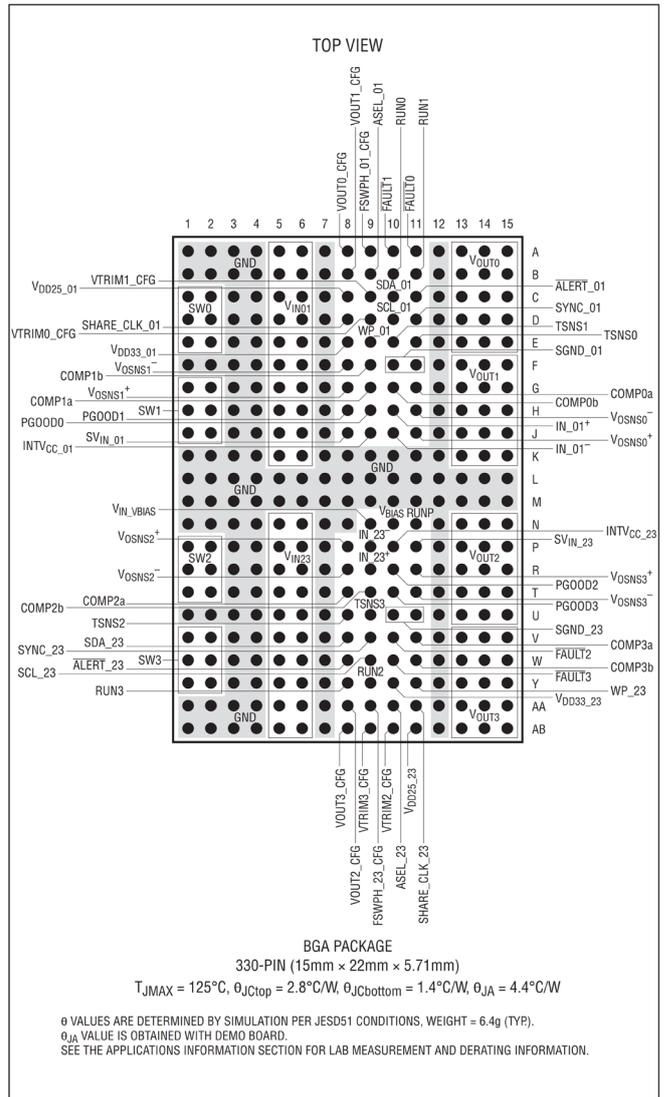
内部動作温度範囲

(Notes 2、15、16) ..... -40°C~125°C

保管温度範囲 ..... -55°C~125°C

ハンダ・リフロー時の最高パッケージ・ボディ温度 ..... 245°C

## ピン配置



## 発注情報

| 製品番号          | パッド/ボール仕上げ*   | 製品マーキング  |        | パッケージ・タイプ | MSLレーティング | 温度範囲<br>(Note 2 参照) |
|---------------|---------------|----------|--------|-----------|-----------|---------------------|
|               |               | デバイス     | 仕上げコード |           |           |                     |
| LTM4682EY#PBF | SAC305 (RoHS) | LTM4682Y | e1     | BGA       | 4         | -40°C~125°C         |
| LTM4682IY#PBF | SAC305 (RoHS) | LTM4682Y | e1     | BGA       | 4         | -40°C~125°C         |
| LTM4682IY     | SnPb (63/37)  | LTM4682Y | e0     | BGA       | 4         | -40°C~125°C         |

・ 更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。  
 パッドまたはボールの仕上げコードは IPC/JEDEC J-STD-609 に準拠しています。

・ 推奨される LGA および BGA PCB のアセンブリおよび製造手順  
 ・ LGA および BGA のパッケージ図面とトレイ図面

## 電气的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 575\text{kHz}$ で、 $V_{OUT_n}$ を0.75Vに指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、**テスト回路1**に従います。

| SYMBOL          | PARAMETER   | CONDITIONS   | MIN              | TYP            | MAX            | UNITS  |
|-----------------|---|--|------------------|----------------|----------------|--------|
| $V_{IN_{nn}}$   | Input DC Voltage  | Test Circuit 1<br>Test Circuit 2, $V_{IN\_OFF} < V_{IN\_ON} = 4\text{V}$   | ● 5.75<br>● 4.5  |                | 16<br>5.75     | V<br>V |
| $V_{OUT_n}$     | Range of Output Voltage Regulation for Each Channel                 | $V_{OUT_n}$ Differentially Sensed on $V_{OSNS_n^+}/V_{OSNS_n^-}$ Pin-Pair, Commanded by Serial Bus or with Resistors Present at Start-Up on $V_{OUT_n\_CFG}$   | ● 0.7            |                | 1.35           | V<br>V |
| $V_{OUT_n(DC)}$ | Output Voltage, Total Variation with Line and Load for Each Channel | Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 1\text{b}$ )<br>Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 0\text{b}$ )<br>$V_{OUT_n}$ Commanded to 0.75V, $V_{OUT_n}$ Low Range (MFR_PWM_MODE $n[1] = 1\text{b}$ ) (Notes 5, 6) | ● 0.745<br>0.742 | 0.750<br>0.750 | 0.755<br>0.758 | V<br>V |
| $V_{UVLO}$      | Undervoltage Lockout Threshold, When $V_{IN} < 4.3\text{V}$         | $V_{INTVCC\_nn}$ Falling<br>$V_{INTVCC\_nn}$ Rising  |                  | 3.55<br>3.90   |                | V<br>V |

## Input Specifications

|                             |  |   |  |          |  |               |
|-----------------------------|--|---|--|----------|--|---------------|
| $I_{INRUSH}(V_{IN_{nn}})$   | Input Inrush Current at Start-Up                         | Test Circuit 1, $V_{OUT_n} = 0.75\text{V}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ ; No Load Besides Capacitors; $TON\_RISE_n = 3\text{ms}$     |  | 200      |  | mA            |
| $I_Q(SV_{IN_{nn}})$         | Input Supply Bias Current                                | Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODE $n[0] = 1\text{b}$<br>$RUN_n = RUNP = 3.3\text{V}$<br>Shutdown, $RUN_n = RUNP = 0\text{V}$ |  | 40<br>25 |  | mA<br>mA      |
| $I_S(V_{IN_{nn},PSM})$      | Input Supply Current in Pulse-Skipping Mode Operation    | Pulse-Skipping Mode, MFR_PWM_MODE $n[0] = 0\text{b}$ ,<br>$I_{OUT_n} = 100\text{mA}$  |  | 10       |  | mA            |
| $I_S(V_{IN_{nn},FCM})$      | Input Supply Current in Forced-Continuous Mode Operation | Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODE $n[0] = 1\text{b}$<br>12V to 0.75V, $I_{OUT_n} = 31.25\text{A}$ , $V_{BIAS} = \text{Off}$  |  | 2.3      |  | A             |
| $I_S(V_{IN_{nn},SHUTDOWN})$ | Input Supply Current in Shutdown                         | Shutdown, $RUN_n = 0\text{V}$ , $RUNP = 0\text{V}$ , $V_{BIAS} = \text{Off}$  |  | 300      |  | $\mu\text{A}$ |

## Output Specifications

|  |   |   |   |              |            |                   |
|--|---|---|---|--------------|------------|-------------------|
| $I_{OUT_n}$                                | Output Continuous Current Range Each Channel        | (Note 6) Utilizing MFR_PWM_MODE $[7] = 1$ and Using $\sim I_{OUT} = 42\text{A}$ for $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ , See the $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ in the PMBus Command Details Section  |   | 0            | 31.25      | A                 |
| $\frac{\Delta V_{OUT_n(LINE)}}{V_{OUT_n}}$ | Line Regulation Accuracy Each Channel               | Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 1\text{b}$ )<br>Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 0\text{b}$ )<br>$SV_{IN}$ and $V_{IN_n}$ Electrically Shorted Together and $INTV_{CC}$ Open Circuit, $I_{OUT_n} = 0\text{A}$ , $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$ , $V_{OUT}$ Low Range (MFR_PWM_MODE $n[1] = 1\text{b}$ ), $FREQUENCY\_SWITCH = 575\text{kHz}$ (Note 5) | ● | 0.03<br>0.03 | $\pm 0.2$  | %V<br>%V          |
| $\frac{\Delta V_{OUT_n(LOAD)}}{V_{OUT_n}}$ | Load Regulation Accuracy Each Channel               | Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 1\text{b}$ )<br>Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $n[6] = 0\text{b}$ )<br>$0\text{A} \leq I_{OUT_n} \leq 31.25\text{A}$ , $V_{OUT}$ Low Range, (MFR_PWM_MODE $n[1] = 1\text{b}$ ) (Notes 5, 6)   | ● | 0.03<br>0.2  | 0.5        | %<br>%            |
| $V_{OUT_n(AC)}$                            | Output Voltage Ripple                               |   |   | 10           |            | mV <sub>P-P</sub> |
| $f_S$ (Each Channel)                       | $V_{OUT_n}$ Ripple Frequency                        | $FREQUENCY\_SWITCH$ Set to 575kHz (0x023F)  | ● | 535          | 575<br>605 | kHz               |
| $\Delta V_{OUT_n(START)}$                  | Turn-On Overshoot                                   | $TON\_RISE_n = 3\text{ms}$ (Note 12)  |   | 8            |            | mV                |
| $t_{START}$                                | Turn-On Start-Up Time                               | Time from $V_{IN}$ Toggling from 0V to 12V to Rising Edge $PGOOD_n$ . $TON\_DELAY_n = 0\text{ms}$ , $TON\_RISE_n = 3\text{ms}$  | ● | 35           |            | ms                |
| $t_{DELAY(0ms)}$                           | Turn-On Delay Time                                  | Time from First Rising Edge of $RUN_n$ to Rising Edge of $PGOOD_n$ . $TON\_DELAY_n = 0\text{ms}$ , $TON\_RISE_n = 3\text{ms}$ , $V_{IN}$ Having Been Established for at Least 70ms  |   | 2.75         | 3.3<br>3.8 | ms                |
| $\Delta V_{OUT_n(LS)}$                     | Peak Output Voltage Deviation for Dynamic Load Step | Load: 0A to 10A and 10A to 0A at 10A/ $\mu\text{s}$ ,<br>$V_{OUT_n} = 0.75\text{V}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12) See Transient Graph   |   | 35           |            | mV                |

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 3.3\text{V}$ 、 $\text{RUNP} = 12\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY\_SWITCH} = 575\text{kHz}$ で、 $V_{OUTn}$ を0.75Vに指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、[テスト回路1](#)に従います。

| SYMBOL                      | PARAMETER   | CONDITIONS  | MIN | TYP | MAX | UNITS         |
|-----------------------------|---|---|-----|-----|-----|---------------|
| $t_{\text{SETTLE}}$         | Settling Time for Dynamic Load Step per Channel   | Load: 0A to 10A and 10A to 0A at 10A/ $\mu\text{s}$ , $V_{OUTn} = 0.75\text{V}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12) See the Transient Graphs in the Typical Performance Characteristics section.  |     | 30  |     | $\mu\text{s}$ |
| $I_{OUTn}(\text{OCL\_PK})$  | Output Current Limit, Peak High Range per Channel | Cycle-by-Cycle Inductor Peak Current Limit Inception, Utilizing $\text{MFR\_PWM\_MODE}[7] = 1$ , Using $\sim I_{OUT} = 42\text{A}$ for $\text{IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ , See the $\text{IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ in the PMBus Command Details Section                                 |     | 45  |     | A             |
| $I_{OUTn}(\text{OCL\_AVG})$ | Output Current Limit, Time Averaged per Channel   | Time-Averaged Output Inductor Current Limit Inception Threshold, Commanded by $\text{IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}_n$ (Note 12) Utilizing $\text{MFR\_PWM\_MODE}[7] = 1$ , Using $\sim I_{OUT} = 42\text{A}$ , See the $\text{IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ in the PMBus Command Details Section |     | 40  |     | A             |

## Control Section

|                       |   |   |   |      |                        |                                  |
|-----------------------|---|---|---|------|------------------------|----------------------------------|
| $V_{\text{FCM}_n}$    | Channel 0 to Channel 3 Feedback Input Common Mode Range   | $V_{\text{OSNS}_n^-}$ Valid Input Range (Referred to SGND)<br>$V_{\text{OSNS}_n^+}$ Valid Input Range (Referred to SGND)              | ● | -0.1 | 0.3                    | V                                |
| $V_{\text{OUT-RNGL}}$ | Full-Scale Command Voltage, Range Low (0.7V to 2.75V) per Channel (Note 14)                               | $V_{\text{OUT}_n}$ Commanded to 2.750V, $\text{MFR\_PWM\_MODE}_n[1] = 1\text{b}$<br>Set Point Accuracy<br>Resolution<br>LSB Step Size |   | -0.5 | 2.75<br>12<br>0.688    | V<br>%<br>Bits<br>mV             |
| $R_{\text{VSNS}_n^+}$ | $V_{\text{OSNS}_n^+}$ Impedance to SGND   | $0.5\text{V} \leq V_{\text{OSNS}_n^+} - V_{\text{SGND}} \leq 1.5\text{V}$   |   |      | 50                     | k $\Omega$                       |
| $t_{\text{ON(MIN)}}$  | Minimum On-Time   | (Note 8 ) per Channel   |   |      | 85                     | ns                               |
| $R_{\text{COMP}_n}$   | Resolution<br>Compensation Resistor $R_{\text{TH(MAX)}}$<br>Compensation Resistor $R_{\text{TH(MIN)}}$    | $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[4:0] = 0$ to 31 (See Figure 1, in the Note Section)  |   |      | 5<br>62<br>0           | Bits<br>k $\Omega$<br>k $\Omega$ |
| $g_{mn}$              | Resolution<br>Error Amplifier $g_{m(\text{MAX})}$<br>Error Amplifier $g_{m(\text{MIN})}$<br>LSB Step Size | $V_{\text{COMP}_n} = 1.35\text{V}$ , $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[7:5] = 0$ to 7  |   |      | 3<br>5.76<br>1<br>0.68 | Bits<br>mmho<br>mmho<br>mmho     |

Analog OV/UV (Overvoltage/Undervoltage) Output Voltage Supervisor Comparators ( $V_{\text{OUT\_OV/UV\_FAULT\_LIMIT}}$  and  $V_{\text{OUT\_OV/UV\_WARN\_LIMIT}}$  Monitors)

|                          |  |  |   |     |         |               |
|--------------------------|--|--|---|-----|---------|---------------|
| $N_{\text{OV/UV\_COMP}}$ | Resolution, Output Voltage Supervisors                                   | (Notes 13, 14)   |   |     | 9       | Bits          |
| $V_{\text{OV-RNG}}$      | Output OV Comparator Threshold Detection Range                           | High Range Scale, Not Needed, Output Limited to 1.35V<br>Low Range Scale, $\text{MFR\_PWM\_MODE}_n[1] = 1\text{b}$ (Note 14) |   | 0.7 | 2.7     | V             |
| $V_{\text{OUSTP}}$       | Output OV and UV Comparator Threshold Programming LSB Step Size          | (Note 14)<br>Low Range Scale, $\text{MFR\_PWM\_MODE}_n[1] = 1\text{b}$   |   |     | 5.6     | mV            |
| $V_{\text{OV-ACC}_n}$    | Output OV Comparator Threshold Accuracy Channel 0 to Channel 3 (Note 13) | $0.7\text{V} \leq V_{\text{OSNS}_n^+} - V_{\text{OSNS}_n^-} \leq 1.35\text{V}$ , $\text{MFR\_PWM\_MODE}[1] = 1\text{b}$      | ● |     | $\pm 3$ | %             |
| $V_{\text{UV-RNG}_n}$    | Output UV Comparator Threshold Detection Range                           | High Range Scale, Not Needed, Output Limited to 1.35V<br>Low Range Scale, $\text{MFR\_PWM\_MODE}_n[1] = 1\text{b}$           |   | 0.7 | 2.7     | V<br>V        |
| $V_{\text{UV-ACC}_n}$    | Output UV Comparator Threshold Accuracy Channel 0 to Channel 3 (Note 13) | $0.7\text{V} \leq V_{\text{OSNS}_n^+} - V_{\text{OSNS}_n^-} \leq 1.35\text{V}$ , $\text{MFR\_PWM\_MODE}[1] = 1\text{b}$      | ● |     | $\pm 3$ | %             |
| $t_{\text{PROP-OV}}$     | Output OV Comparator Response Times                                      | Overdrive to 10% Above Programmed Threshold  |   |     | 100     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{PROP-UV}}$     | Output UV Comparator Response Times                                      | Underdrive to 10% Below Programmed Threshold   |   |     | 100     | $\mu\text{s}$ |

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 575\text{kHz}$  で、 $V_{OUTn}$  を  $0.75\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルト EEPROM 設定を使用して設定し、[テスト回路 1](#) に従います。

| SYMBOL   | PARAMETER  | CONDITIONS   | MIN    | TYP                         | MAX                  | UNITS                          |
|--|--|--|--------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>Analog OV/UV <math>SV_{IN\_m}</math> Input Voltage Supervisor Comparators (Threshold Detectors for <math>V_{IN\_ON}</math> and <math>V_{IN\_OFF}</math>)</b>                              |  |  |        |                             |                      |                                |
| $N_{SVIN-OV/UV-COMP}$  | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming Resolution                     | (Note 14)  |        | 9                           |                      | Bits                           |
| $SV_{IN-OU-RANGE}$   | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming Range                          | Limited to Abs Max = 18V   | ●      | 4.5                         | 18                   | V                              |
| $SV_{IN-OU-STP}$   | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming LSB Step Size                  | (Note 14)  |        | 76                          |                      | mV                             |
| $SV_{IN-OU-ACC}$   | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Threshold Accuracy                                   | $9\text{V} < SV_{IN} \leq 16\text{V}$<br>$4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 9\text{V}$   | ●<br>● |                             | $\pm 3$<br>$\pm 270$ | %<br>mV                        |
| $t_{PROP-SVIN-HIGH-VIN}$   | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Response Time, High $V_{IN}$ Operating Configuration | Test Circuit 1, and:<br>$V_{IN\_ON} = 9\text{V}$ , $SV_{IN}$ Driven from 8.775V to 9.225V<br>$V_{IN\_OFF} = 9\text{V}$ , $SV_{IN}$ Driven from 9.225V to 8.775V  | ●<br>● |                             | 100<br>100           | $\mu\text{s}$<br>$\mu\text{s}$ |
| $t_{PROP-SVIN-LOW-VIN}$  | $SV_{IN\_m}$ OV/UV Comparator Response Time, Low $V_{IN}$ Operating Configuration  | Test Circuit 2, and:<br>$V_{IN\_ON} = 4.5\text{V}$ , $SV_{IN}$ Driven from 4.225V to 4.725V<br>$V_{IN\_OFF} = 4.5\text{V}$ , $SV_{IN}$ Driven from 4.725V to 4.225V  | ●<br>● |                             | 100<br>100           | $\mu\text{s}$<br>$\mu\text{s}$ |
| <b>Channel <math>n</math> Output Voltage Readback (<math>READ\_VOUT_n</math>)</b>  |  |  |        |                             |                      |                                |
| $N_{VO-RB}$  | Output Voltage Readback Resolution and LSB Step Size                               | (Note 14)  |        | 16<br>244                   |                      | Bits<br>$\mu\text{V}$          |
| $V_{O-F/S}$  | Output Voltage Full-Scale Digitizable Range  | $V_{RUNn} = 0\text{V}$ (Note 14), Limited to 1.35V Max Operating   |        | 8                           |                      | V                              |
| $V_{O-RB-ACC}$   | Output Voltage Readback Accuracy   | Channel $n$ : $0.7\text{V} \leq V_{VOSnS^+} - V_{VOSnS^-} < 1.35\text{V}$  | ●      | -7                          | 7                    | mV                             |
| $t_{CONVERT-VO-RB}$  | Output Voltage Readback Update Rate  | MFR_ADC_CONTROL = 0x00 (Notes 9, 14)<br>MFR_ADC_CONTROL = 0x01 through 0x0C (Notes 9, 14)<br>MFR_ADC_CONTROL Section   |        | 90<br>8                     |                      | ms<br>ms<br>ms                 |
| <b>Input Voltage (<math>SV_{IN\_m}</math>) Readback (<math>READ\_VIN</math>)</b>   |  |  |        |                             |                      |                                |
| $N_{SVIN-RB}$  | Input Voltage Readback Resolution and LSB Step Size                                | (Notes 10, 14) Limited to Abs Max = 18V  |        | 10<br>15.625                |                      | Bits<br>mV                     |
| $SV_{IN-F/S}$  | Input Voltage Full-Scale Digitizable Range   | (Notes 11, 14) Limited to 16V Operating  |        | 43                          |                      | V                              |
| $SV_{IN-RB-ACC}$   | Input Voltage Readback Accuracy  | $READ\_VIN$ , $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 16\text{V}$   | ●      | Within $\pm 2\%$ of Reading |                      |                                |
| $t_{CONVERT-SVIN-RB}$  | Input Voltage Readback Update Rate   | MFR_ADC_CONTROL = 0x00 (Notes 9, 14)<br>MFR_ADC_CONTROL = 0x01 (Notes 9, 14)   |        | 90<br>8                     |                      | ms<br>ms                       |
| <b>Channel <math>n</math> Output Current (<math>READ\_IOUT_n</math>), Duty Cycle (<math>READ\_DUTY\_CYCLE_n</math>), and Computed Input Current (<math>MFR\_READ\_IIN_n</math>) Readback</b> |  |  |        |                             |                      |                                |
| $N_{IO-RB}$  | Output Current Readback Resolution and LSB Step Size                               | (Notes 10, 14)   |        | 10<br>34.1                  |                      | Bits<br>mA                     |
| $I_{OUT-F/S}$  | Output Current Full-Scale Digitizable Range  | (Note 14) Utilizing MFR_PWM_MODE[7] = 1, Using $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT} = 61\text{A}$ , See the $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ in the PMBus Command Details Section   |        | 54                          |                      | A                              |
| $I_{OUT-RB-ACC}$   | Output Current, Readback Accuracy  | $READ\_IOUT_n$ , Channel 0 to Channel 3, $0 \leq I_{OUTn} \leq 25\text{A}$ , Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODE $n$ [0] = 1b<br>See Histograms in Typical Performance Characteristics Section, (Note 12) | ●      | Within 1.5A of Reading      |                      |                                |
| $I_{OUT-RB(31.25A)}$   | Full Load Output Current Readback  | (Note 12), See Histograms in Typical Performance Characteristics   |        | 31.25                       |                      | A                              |
| $t_{CONVERT-IO-RB}$  | Output Current Readback Update Rate  | MFR_ADC_CONTROL = 0x00 (Notes 9, 14)<br>MFR_ADC_CONTROL = 0x06 (CH0,2 $I_{OUT}$ ) or 0x0A (CH1,3 $I_{OUT}$ )<br>(Notes 9, 14) See MFR_ADC_CONTROL SECTION  |        | 90<br>8                     |                      | ms<br>ms                       |

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 3.3\text{V}$ 、 $\text{RUNP} = 12\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY\_SWITCH} = 575\text{kHz}$  で、 $V_{\text{OUT}_n}$  を  $0.75\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルト EEPROM 設定を使用して設定し、[テスト回路 1](#) に従います。

| SYMBOL   | PARAMETER   | CONDITIONS   | MIN | TYP                  | MAX      | UNITS   |    |
|--|---|--|-----|----------------------|----------|---|----|
| <b>Input Current Readback</b>                                    |   |  |     |                      |          |   |    |
| N  | Resolution  | (Note 10)  |     | 10                   |          | Bits  |    |
| $V_{\text{IINSTP}}$  | LSB Step Size Full-Scale Range = 16mV<br>LSB Step Size Full-Scale Range = 32mV<br>LSB Step Size Full-Scale Range = 64mV | Gain = 8, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-}  \leq 5\text{mV}$<br>Gain = 4, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-}  \leq 20\text{mV}$<br>Gain = 2, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-}  \leq 50\text{mV}$ |     | 15.26<br>30.52<br>61 |          | $\mu\text{V}$<br>$\mu\text{V}$<br>$\mu\text{V}$ |    |
| $I_{\text{IN\_TUE}}$   | Total Unadjusted Error  | Gain = 8, $2.5\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-} $ (Note 7)<br>Gain = 4, $4\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-} $ (Note 7)<br>Gain = 2, $6\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}^+} - V_{\text{IIN}^-} $ (Note 7)                   |     | 2<br>1.3<br>1.2      |          | %<br>%<br>%                                     |    |
| $V_{\text{OS}}$  | Zero-Code Offset Voltage  | (Note 14)  |     |                      | $\pm 50$ | $\mu\text{V}$                                   |    |
| $t_{\text{CONVERT}}$   | Update Rate   | (Notes 9,15), See MFR_ADC_CONTROL Section for Faster Update Rates  |     | 90                   |          | ms  |    |
| <b>Supply Current Readback (Note 15)</b>                         |   |  |     |                      |          |   |    |
| N  | Resolution  | (Note 10)  |     | 10                   |          | Bits  |    |
| $V_{\text{CHIPSTP}}$   | LSB Step Size Full-Scale Range = 256mV  | Onboard $1\Omega$ Resistor   |     | 244                  |          | $\mu\text{V}$                                   |    |
| $I_{\text{CHIP\_RB}}$  | $I_{\text{CHIP}}$ Readback  | $SV_{\text{IN\_nn}}$ Current   |     | 50                   |          | mA  |    |
| $t_{\text{CONVERT}}$   | Update Rate   | (Notes 9,14), See MFR_ADC_CONTROL Section for Faster Update Rates  |     | 90                   |          | ms  |    |
| <b>Temperature Readback (T0, T1)</b>                             |   |  |     |                      |          |   |    |
| $T_{\text{RES\_RB}}$   | Temperature Readback Resolution   | Channel $n$ , and Controller (Note 14)   |     | 0.25                 |          | $^\circ\text{C}$                                |    |
| $T0\_TUE$  | External Temperature Total Unadjusted Readback Error  | Supporting Only $\Delta V_{\text{BE}}$ Sensing   |     | 2.5                  |          | $^\circ\text{C}$                                |    |
| $T1\_TUE$  | Internal TSNS TUE   | $V_{\text{RUN}_n} = 0.0$ , $f_{\text{SYNC}} = 0\text{kHz}$ (Note 7)  |     | $\pm 1$              |          | $^\circ\text{C}$                                |    |
| $t_{\text{CONVERT}}$   | Update Rate   | (Note 9)<br>MFR_ADC_CONTROL = 0x04, 0x0c, or 0x08 (Notes 9, 14)  |     | 90<br>8              |          | ms<br>ms  |    |
| <b>INTV<sub>CC</sub><sub>nn</sub> Regulator/V<sub>BIAS</sub></b> |   |  |     |                      |          |   |    |
| $V_{\text{INTVCC\_nn}}$  | Internal $V_{\text{CC}}$ Voltage No Load  | $6\text{V} \leq SV_{\text{IN\_nn}} \leq 16\text{V}$  | ●   | 5.25                 | 5.5      | 5.75  | V  |
| $V_{\text{LDO\_INT}}$  | INTV <sub>CC</sub> Load Regulation  | $I_{\text{CC}} = 0\text{mA}$ to $20\text{mA}$ , $6\text{V} \leq SV_{\text{IN\_nn}} \leq 16\text{V}$  |     | 0.5                  | $\pm 2$  |   | %  |
| $V_{\text{IN\_VBIAS}}$   | Input Range for $V_{\text{IN\_VBIAS}}$  |  |     | 4.5                  |          | 16  | V  |
| RUNP   | $V_{\text{BIAS}}$ Enable  | RUNP Rising  |     | 0.8                  | 0.85     |   | V  |
| $V_{\text{BIAS}}$  | 5.5V Internal Regulator   | $7\text{V} \leq V_{\text{IN\_VBIAS}} \leq 16\text{V}$ , $V_{\text{SVIN\_nn}} > 7\text{V}$  |     | 5.25                 | 5.5      | 5.75  | V  |
| $SV_{\text{IN\_THR}}$  | $V_{\text{SVIN\_nn}}$ Threshold to Enable $V_{\text{BIAS}}$ Switchover  | $SV_{\text{IN\_nn}}$ Rising  |     | 7                    | 7.5      |   | V  |
| $SV_{\text{IN\_THF}}$  | $V_{\text{SVIN\_nn}}$ Threshold to Disable $V_{\text{BIAS}}$ Switchover   | $SV_{\text{IN\_nn}}$ Falling   |     | 6.5                  |          |   | V  |
| <b>V<sub>DD33</sub><sub>nn</sub> Regulator</b>                   |   |  |     |                      |          |   |    |
| $V_{\text{VDD33nn}}$   | Internal $V_{\text{DD33}}$ Voltage  | $V_{\text{INTVCC\_nn}} > 4.5\text{V}$  |     | 3.2                  | 3.3      | 3.4   | V  |
| $I_{\text{LIM}}$   | $V_{\text{DD33}}$ Current Limit   | $V_{\text{DD33\_nn}} = \text{GND}$ , $V_{\text{IN\_nn}} = \text{INTVCC\_nn} = 4.5\text{V}$   |     | 100                  |          |   | mA |
| $V_{\text{VDD33\_OV}}$   | $V_{\text{DD33}}$ Overvoltage Threshold   | (Note 14)  |     | 3.5                  |          |   | V  |
| $V_{\text{VDD33\_UV}}$   | $V_{\text{DD33}}$ Undervoltage Threshold  | (Note 14)  |     | 3.1                  |          |   | V  |

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY\_SWITCH} = 575\text{kHz}$  で、 $V_{OUT_n}$  を  $0.75\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルト EEPROM 設定を使用して設定し、[テスト回路 1](#) に従います。

| SYMBOL  | PARAMETER   | CONDITIONS  | MIN | TYP                             | MAX  | UNITS                           |
|---|---|---|-----|---------------------------------|------|---------------------------------|
| <b>V<sub>DD25_nn</sub> Regulator</b>  |   |   |     |                                 |      |                                 |
| V <sub>VDD25nn</sub>  | Internal V <sub>DD25</sub> Voltage  |   |     | 2.5                             |      | V                               |
| I <sub>LIM</sub>  | V <sub>DD25</sub> Current Limit   | V <sub>DD25_nn</sub> = GND, V <sub>IN_nn</sub> = INTV <sub>CC_nn</sub> = 4.5V   |     | 80                              |      | mA                              |
| <b>Oscillator and Phase-Locked Loop (PLL)</b>   |   |   |     |                                 |      |                                 |
| f <sub>RANGE</sub>  | PLL SYNC Range  | Synchronized with Falling Edge of SYNC  |     | 250                             | 1000 | kHz                             |
| f <sub>OSC</sub>  | Oscillator Frequency Accuracy   | Frequency Switch = 250kHz to 1000kHz (Note 14)  | ●   |                                 | ±7.5 | %                               |
| V <sub>TH(SYNC_nn)</sub>  | SYNC Input Threshold (Note 14)  | V <sub>SYNC</sub> Falling<br>V <sub>SYNC</sub> Rising   |     | 1<br>1.5                        |      | V<br>V                          |
| V <sub>OL(SYNC_nn)</sub>  | SYNC Low Output Voltage   | I <sub>LOAD</sub> = 3mA (Note 14)   |     | 0.2                             | 0.4  | V                               |
| I <sub>LEAK(SYNC_nn)</sub>  | SYNC Leakage Current in Subordinate Mode  | 0V ≤ V <sub>SYNC_nn</sub> ≤ 3.6V  |     |                                 | ±5   | μA                              |
| θ <sub>SYNC-00, -02</sub>   | SYNC to Ch0, Ch2 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of SW0, SW2 | MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0,2,3<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 5<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 4,6                          |     | 0<br>60<br>90<br>120            |      | Deg<br>Deg<br>Deg<br>Deg        |
| θ <sub>SYNC-01, -03</sub>   | SYNC to Ch1, Ch3 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of SW1, SW3 | MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 3<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 2,4,5<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1<br>MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 6 |     | 120<br>180<br>240<br>270<br>300 |      | Deg<br>Deg<br>Deg<br>Deg<br>Deg |
| <b>EEPROM Characteristics</b>   |   |   |     |                                 |      |                                 |
| Endurance   | (Note 15)   | 0°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ 85°C During EEPROM Write Operations  | ●   | 10,000                          |      | Cycles                          |
| Retention   | (Note 15)   | T <sub>J</sub> < 125°C  | ●   | 10                              |      | Years                           |
| Mass_Write  | Mass Write Operation Time   | STORE_USER_ALL, 0°C < T <sub>J</sub> < 85°C During EEPROM Write Operation   |     | 440                             | 4100 | ms                              |
| <b>Leakage Current SDA<sub>nn</sub>, SCL<sub>nn</sub>, ALERT<sub>nn</sub>, RUN<sub>n</sub></b>  |   |   |     |                                 |      |                                 |
| I <sub>OL</sub>   | Input Leakage Current   | 0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ 5.5V  | ●   |                                 | ±5   | μA                              |
| <b>Leakage Current FAULT<sub>n</sub>, PGOOD<sub>n</sub></b>   |   |   |     |                                 |      |                                 |
| I <sub>GL</sub>   | Input Leakage Current   | 0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ 3.6V  | ●   |                                 | ±2   | μA                              |
| <b>Digital Inputs SCL<sub>nn</sub>, SDA<sub>nn</sub>, RUN<sub>n</sub></b>   |   |   |     |                                 |      |                                 |
| V <sub>IH</sub>   | Input High Threshold Voltage  |   | ●   |                                 | 1.35 | V                               |
| V <sub>IL</sub>   | Input Low Threshold Voltage   |   | ●   | 0.8                             |      | V                               |
| V <sub>HYST</sub>   | Input Hysteresis  | SCL, SDA  |     | 0.08                            |      | V                               |
| C <sub>PIN</sub>  | Input Capacitance   |   |     |                                 | 10   | pF                              |
| <b>Digital Input WP<sub>nn</sub> (Note 14) (Note 14)</b>  |   |   |     |                                 |      |                                 |
| I <sub>PUWP</sub>   | Input Pull-Up Current   | WP  |     | 10                              |      | μA                              |
| <b>Open-Drain Outputs SCL<sub>nn</sub>, SDA<sub>nn</sub>, FAULT<sub>n</sub>, ALERT<sub>nn</sub>, RUN<sub>n</sub>, SHARE_CLK<sub>nn</sub>, PGOOD<sub>n</sub></b> |   |   |     |                                 |      |                                 |
| V <sub>OL</sub>   | Output Low Voltage  | I <sub>SINK</sub> = 3mA   |     |                                 | 0.4  | V                               |
| <b>Digital Inputs SHARE_CLK<sub>nn</sub>, WP<sub>nn</sub> (Note 14)</b>   |   |   |     |                                 |      |                                 |
| V <sub>IH</sub>   | Input High Threshold Voltage  |   | ●   | 1.5                             | 1.8  | V                               |
| V <sub>IL</sub>   | Input Low Threshold Voltage   |   | ●   | 0.6                             | 1    | V                               |

## 電气的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 575\text{kHz}$  で、 $V_{OUTn}$  を  $0.75\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルト EEPROM 設定を使用して設定し、[テスト回路 1](#) に従います。

| SYMBOL   | PARAMETER  | CONDITIONS                               | MIN | TYP | MAX   | UNITS         |
|--|--|--|-----|-----|-------|---------------|
| <b>Digital Filtering of <math>\overline{\text{FAULT}}_n</math> (Note 14)</b> |  |  |     |     |       |               |
| $t_{\text{FLTG}}$  | Input Digital Filtering $\overline{\text{FAULT}}_n$                                      |  |     | 3   |       | $\mu\text{s}$ |
| <b>Digital Filtering of <math>\overline{\text{PGOOD}}_n</math> (Note 14)</b> |  |  |     |     |       |               |
| $t_{\text{FLTG}}$  | Output Digital Filtering $\overline{\text{PGOOD}}_n$                                     |  |     | 100 |       | $\mu\text{s}$ |
| <b>Digital Filtering of <math>\overline{\text{RUN}}_n</math> (Note 14)</b>   |  |  |     |     |       |               |
| $t_{\text{FLTG}}$  | Input Digital Filtering $\overline{\text{RUN}}_n$  |  |     | 10  |       | $\mu\text{s}$ |
| <b>PMBus Interface Timing Characteristics (Note 14)</b>                      |  |  |     |     |       |               |
| $f_{\text{SCL}}$   | Serial Bus Operating Frequency   |  | ●   | 10  | 400   | kHz           |
| $t_{\text{BUF}}$   | Bus Free Time Between Stop and Start   |  | ●   | 1.3 |       | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{HD(STA)}}$   | Hold Time After Repeated Start Condition After This Period, the First Clock is Generated |  | ●   | 0.6 |       | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{SU(STA)}}$   | Repeated Start Condition Setup Time  |  | ●   | 0.6 | 10000 | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{SU(STO)}}$   | Stop Condition Setup Time  |  | ●   | 0.6 |       | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{HD(DAT)}}$   | Data Hold Time<br>Receiving Data<br>Transmitting Data                                    |  | ●   | 0   | 0.9   | $\mu\text{s}$ |
|  |  |  | ●   | 0.3 |       | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{SU(DAT)}}$   | Data Setup Time<br>Receiving Data  |  |     | 0.1 |       | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{TIMEOUT\_SMB}}$  | Stuck PMBus Timer Non-Block Reads  | Measured from the Last PMBus Start Event |     |     | 32    | ms            |
|  | Stuck PMBus Timer Block Reads  |  |     |     | 255   |               |
| $t_{\text{LOW}}$   | Serial Clock Low Period  |  | ●   | 1.3 | 10000 | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{HIGH}}$  | Serial Clock High Period   |  | ●   | 0.6 |       | $\mu\text{s}$ |

**Note 1:** 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

**Note 2:** LTM4682 は、 $T_J \approx T_A$  となるようなパルス負荷条件下でテストされています。LTM4682E は、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の内部動作温度範囲内で性能仕様を満たすよう設計されています。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の内部動作温度範囲全体における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確保されています。LTM4682I は  $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の内部動作温度範囲全域で仕様を満たすよう設計されています。 $T_J$  は、周囲温度  $T_A$  と消費電力  $P_D$  から次式を使って計算します。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

ここに示す仕様に見合った最大周囲温度は、具体的な動作条件と、ボード・レイアウト、パッケージの定格熱抵抗値、およびその他の環境条件の組み合わせによって決まります。

**Note 3:** デバイスのピンに流れ込む電流はすべて正です。デバイスのピンから流れ出す電流はすべて負です。特に指定のない限り、すべての電圧はグラウンド基準です。

**Note 4:** 2つの電源入力 ( $V_{IN01}$  と  $V_{IN23}$ ) と、それらに対応する電源出力 ( $V_{OUT0,1}$  と  $V_{OUT2,3}$ ) は、製造時に個別にテストされています。このデータシートでは、これらのパラメータを「 $V_{INn}$ 」および「 $V_{OUTn}$ 」 ( $n$ には0~3の値が入る) という略号で表記しています。この斜体の「 $n$ 」を使った表記方法は、これら以外の同様のピンの名前の他、チャンネル固有のデータ (ページ指定データ) を格納するレジスタの名前にも使われています。例えば、 $V_{OUT\_COMMANDn}$  はページ0とページ1に置かれた  $V_{OUT\_COMMAND}$  コマンド・コードのデータを表しており、更にそれらのページはチャンネル0、2 ( $V_{OUT0,2}$ ) とチャンネル1、3 ( $V_{OUT1,3}$ ) に対応しています。ページ指定されていないデータ、すなわちモジュールの「グローバル」なデータ (そのモジュールの全チャンネルに適用されるデータ) が格納されるレジスタには、斜体の「 $n$ 」は付きません (例:  $FREQUENCY\_SWITCH$ )。

## 電気的特性

**Note 5:**  $V_{OUTn}$ (DC)、ラインレギュレーション、および負荷レギュレーションのテストは、デジタル・サーボが作動しない状態(MFR\_PWM\_MODE $n$ [6] = 0b)で $V_{OUTn}$ に低電圧レンジを選択(MFR\_PWM\_MODE $n$ [1] = 1b)した状態で、製造時に行っています。デジタル・サーボ制御ループの動作確認も製造時に行われています(MFR\_PWM\_MODE $n$ [6] = 1bに設定)。ただし、出力電圧の最終的セトリング値への収束は必ずしも最終テストにおいて確認されているわけではありません(関係する時定数が大きい可能性があるため)。その代わりに、これは出力電圧のリードバック精度の仕様によって確保されています。また、性能はアプリケーションでの評価によって実証されています。**代表的な性能特性**のセクションを参照してください。

**Note 6:**  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$ 、 $T_A$ については、**アプリケーション情報のセクションの熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング**のセクションを参照してください。

**Note 7:** このデバイスのテストは、PWMをディスエーブルした状態で行っています。性能はアプリケーションでの評価によって実証されています。 $TUE(\%) = ADC \text{ ゲイン誤差}(\%) + 100(\text{ゼロ・コード・オフセット} + ADC \text{ の直線性誤差}) / \text{実際の値}$ 。

**Note 8:** 最小オン時間のテストは、ウェハ選別時に行っています。

**Note 9:** データの変換は、デフォルトではラウンド・ロビン方式で行われます。すべての入力信号は、90ms(代表値)の遅延で連続的に変換されます。MFR\_ADC\_CONTRLの値を0~12に設定すると、LTM4682はわずか8ms~10msで高速データ変換を行うことができます。詳細については**PMBus コマンドの概要**のセクションを参照してください。

**Note 10:** 以下のテレメトリ・パラメータは、PMBus定義の「リニア・データ・フォーマット」でフォーマットされます。このフォーマットでは、上位5ビット(2の累乗の符号付き指数を表す)と下位11ビット(符号付き仮数部を表す)で構成されるワードが各レジスタに格納されます。テレメトリ・パラメータは以下のとおりです: READ\_VIN コマンド・コードを介してアクセスする入力電圧( $SV_{IN\_nn}$ )、READ\_IOUT $n$  コマンド・コードを介してアクセスする出力電流( $I_{OUTn}$ )、READ\_IIN コマンド・コードを介してアクセスするモジュール入力電流( $I_{VIN\_nn} + I_{VIN\_nn} + I_{SVIN\_nn}$ )、MFR\_READ\_IIN $n$  コマンド・コードを介してアクセスするチャンネル入力電流( $I_{VIN\_nn} + 1/2 \cdot I_{SVIN\_nn}$ )、および READ\_DUTY\_CYCLE $n$  コマンド・コードを介してアクセスするチャンネル0とチャンネル1スイッチング・パワー一段のデューティ・サイクル。内部ADCが16ビットで、LTM4682の内部計算が32ビット・ワードを使用している場合でも、このデータ・フォーマットでは遠隔測定リードバック・データの分解能が10ビットに制限されます。

**Note 11:**  $SV_{IN\_nn}$  ピンの絶対最大定格は18Vです。入力電圧のテレメトリ値(READ\_VIN)は、 $SV_{IN\_nn}$  ピンからスケール・ダウンした電圧をデジタル化することによって得られます。

**Note 12:** これらの標準パラメータはベンチ測定に基づくもので、出荷時にはテストされていません。

**Note 13:** チャンネル0~チャンネル3のOV/UVコンパレータの閾値精度は、0.7V~1.35Vの場合で3%です。

**Note 14:** ICレベルのATEでテストしています。

**Note 15:** 書き込みコマンドが有効となるLTM4682のEEPROM温度範囲は、0°C~85°Cです。保証されたEEPROMのデータ保持期間を実現するには、この温度範囲外でSTORE\_USER\_ALLコマンドを実行(つまりRAMの内容をNVMにアップロード)することは推奨できません。ただし、LTM4682のEEPROM温度が130°C未満であれば、LTM4682はSTORE\_USER\_ALLコマンドに従います。LTM4682がSTORE\_USER\_ALLトランザクションを実行しないのは、EEPROM温度が130°Cを超えた場合に限られます。130°Cを超えた場合、LTM4682はシリアル・コマンドに対してNACKを返し、それに関連するCML(通信、メモリ、ロジック)フォルト・ビットをアサートします。EEPROMの温度は、STORE\_USER\_ALLコマンドの発行前にクエリして確認できます。**アプリケーション情報のセクション**を参照してください。

**Note 16:** LTM4682は、一時的な過負荷状態からデバイスを保護することを目的とした過熱保護機能を備えています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は125°Cを超えています。仕様規定の最高動作ジャンクション温度より上での連続動作はデバイスの信頼性を損なう可能性があります。

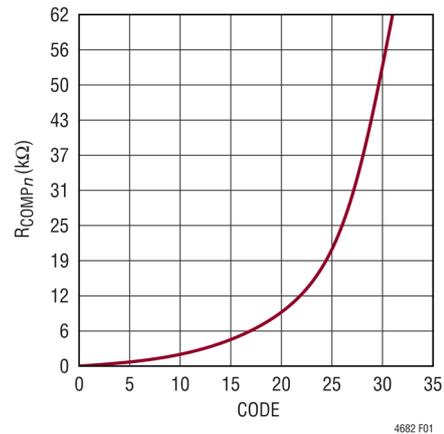
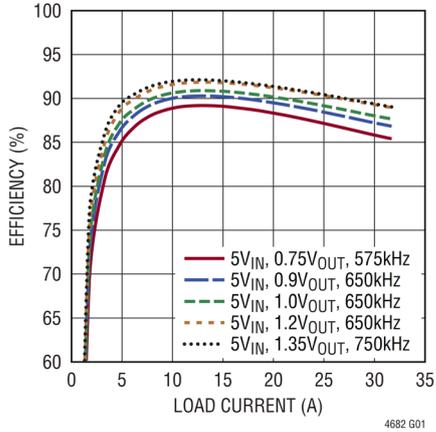


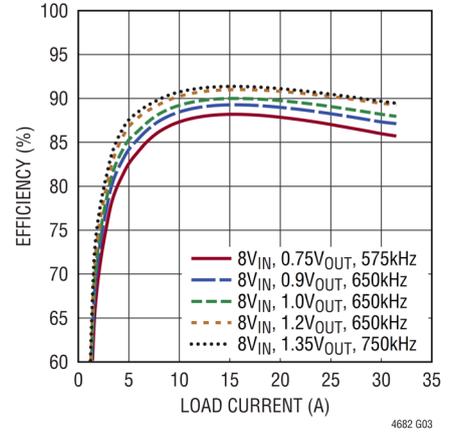
図1. プログラマブルな RCOMP $n$

## 代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

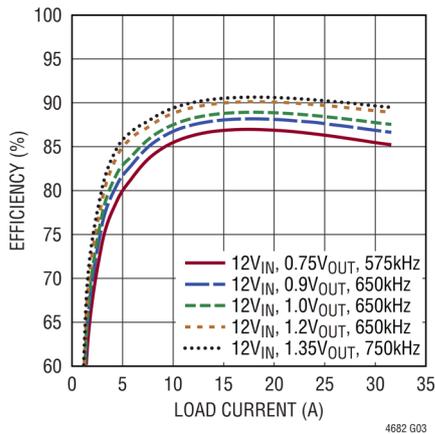
シングル・チャンネルの効率、  
 $5V_{IN}$ 、 $V_{IN} = SV_{IN} = INTV_{CC} = 5V$ 、 $RUNP = 0V$ 、  
 連続導通モード



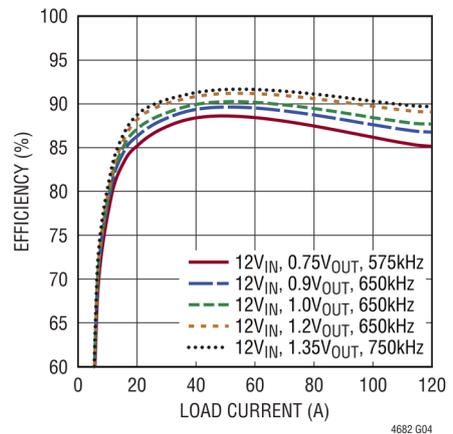
シングル・チャンネルの効率、  
 $8V_{IN}$ 、 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} = 8V$ 、  
 $RUNP = 8V$ 、連続導通モード



シングル・チャンネルの効率、 $12V_{IN}$ 、  
 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} = RUNP = 12V$ 、  
 連続導通モード



クワッド・チャンネル・シングル出力の  
 効率、 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} = RUNP =$   
 $12V$ 、連続導通モード



## 代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

シングル・チャンネルの負荷過渡応答、0A~10A 負荷ステップ、10A/ $\mu\text{s}$ 、 $12\text{V}_{\text{IN}}$ 、 $0.7\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 $f_{\text{sw}} = 575\text{kHz}$

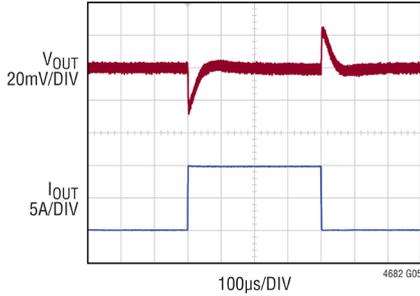


FIGURE 48 CIRCUIT  
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 15\text{k}$ ,  $\text{EA-g}_m = 3.02\text{mS}$   
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$ ,  $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{LIM}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡応答、0A~10A 負荷ステップ、10A/ $\mu\text{s}$ 、 $12\text{V}_{\text{IN}}$ 、 $0.85\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 $f_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$

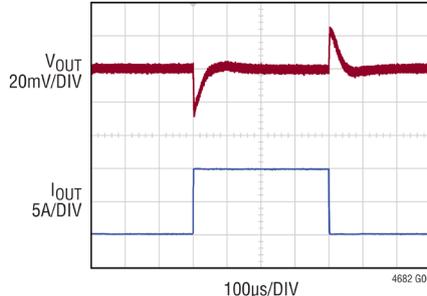


FIGURE 48 CIRCUIT  
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 15\text{k}$ ,  $\text{EA-g}_m = 3.02\text{mS}$   
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$ ,  $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{LIM}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡応答、0A~10A 負荷ステップ、10A/ $\mu\text{s}$ 、 $12\text{V}_{\text{IN}}$ 、 $1\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 $f_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$

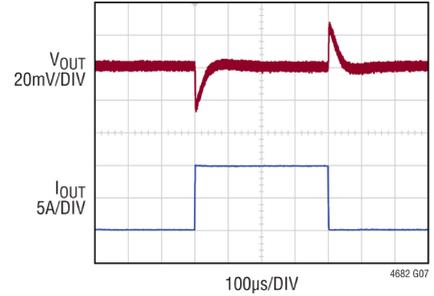


FIGURE 48 CIRCUIT  
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 15\text{k}$ ,  $\text{EA-g}_m = 3.02\text{mS}$   
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$ ,  $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{LIM}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡応答、0A~10A 負荷ステップ、10A/ $\mu\text{s}$ 、 $12\text{V}_{\text{IN}}$ 、 $1.2\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 $f_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$

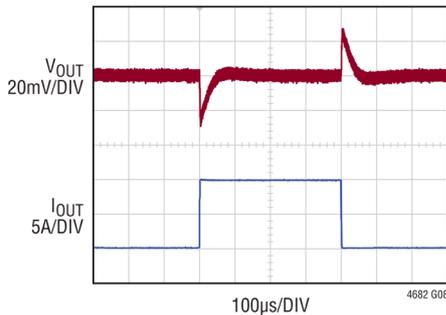


FIGURE 48 CIRCUIT  
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 15\text{k}$ ,  $\text{EA-g}_m = 3.02\text{mS}$   
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$ ,  $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{LIM}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡応答、0A~10A 負荷ステップ、10A/ $\mu\text{s}$ 、 $12\text{V}_{\text{IN}}$ 、 $1.35\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 $f_{\text{sw}} = 750\text{kHz}$

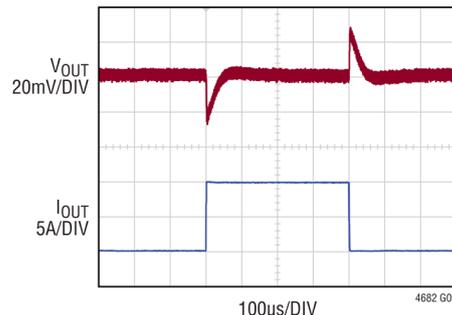


FIGURE 48 CIRCUIT  
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 15\text{k}$ ,  $\text{EA-g}_m = 3.02\text{mS}$   
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$ ,  $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{LIM}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

クワッド出力並行レール、起動、  
プリバイアス

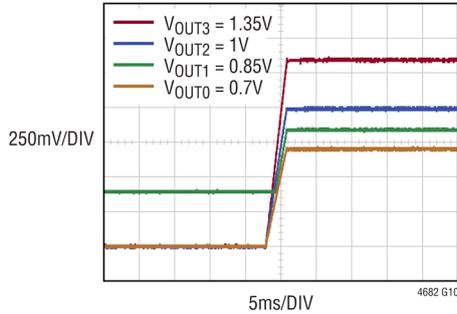


FIGURE 48 CIRCUIT,  $12\text{V}_{\text{IN}}$ ,  $30\text{A}$  ON  $V_{\text{OUT0}}$   
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS AND  $400\text{mV}$   
PREBIAS ON  $V_{\text{OUT1}}$

クワッド出力並行レール、  
シャットダウン、プリバイアス

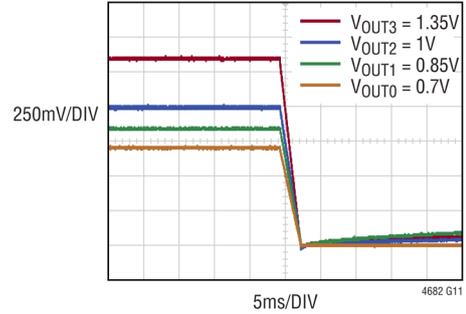


FIGURE 48 CIRCUIT,  $12\text{V}_{\text{IN}}$ ,  $30\text{A}$  ON  $V_{\text{OUT0}}$   
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS AND  $400\text{mV}$   
PREBIAS ON  $V_{\text{OUT1}}$

シングル・フェーズ・シングル出力、  
 $12\text{V}$  入力  $0.75\text{V}$  出力、無負荷、  
短絡保護

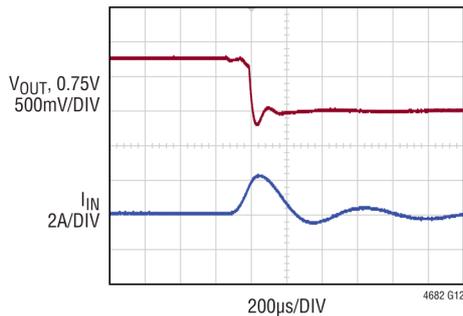


FIGURE 48 CIRCUIT,  $12\text{V}_{\text{IN}}$ , NO LOAD ON  
 $V_{\text{OUT0}}$  PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-  
CIRCUIT USE OF HIGH RANGE OF  $I_{\text{LIMIT}}$   
SYSTEM SHORT-CIRCUIT USING LOW  
IMPEDANCE COPPER ACROSS OUTPUT  
(HARD SHORT)

シングル・フェーズ・シングル出力、  
 $12\text{V}$  入力  $0.75\text{V}$  出力、 $31.25\text{A}$  負荷、  
短絡保護

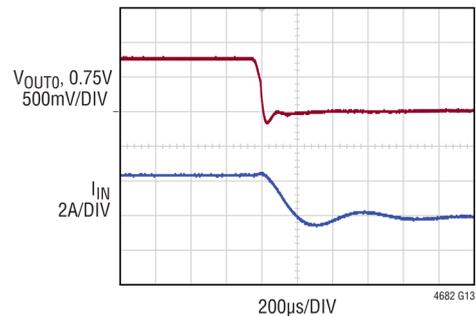


FIGURE 48 CIRCUIT,  $12\text{V}_{\text{IN}}$ ,  $31.25\text{A}$  LOAD ON  
 $V_{\text{OUT0}}$  PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-  
CIRCUIT USE OF HIGH RANGE OF  $I_{\text{LIMIT}}$   
SYSTEM SHORT-CIRCUIT USING LOW  
IMPEDANCE COPPER ACROSS OUTPUT  
(HARD SHORT)

$V_{\text{IN}} = \text{SV}_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ,  $V_{\text{OUT}} = 0.75\text{V}$ ,  $\text{FREQ} = 575\text{kHz}$ ,  $I_{\text{OUT}} = 31.25\text{A}$

$I_{\text{OUT}}$  READBACK AT  $31.25\text{A}$



## ピン機能



μModule 製品では、パッケージの行と列のラベル表示が製品ごとに異なることがあります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

**GND (A1-A4, A7, A12, B1-B4, B7, B12, C3-C4, C7, C12, D3-D4, D7, D12, E3-E4, E7, E12, F1-F4, F7, F12, G3-G4, G7, G12, H3-H4, H7, H12, J3-J4, J7, J12, K1-K4, K7-K12, L1-L15, M1-M15, N1-N4, N7-N8, N12, P3-P4, P7, P12, R3-R4, R7, R12, T3-T4, T7, T12, U1-U4, U7, U12, V3-V4, V7, V12, W3-W4, W7, W12, Y3-Y4, Y7, Y12, AA1-AA4, AA7, AA12, AB1-AB4, AB7, AB12):** LTM4682の電源グラウンド。V<sub>IN01</sub>、V<sub>IN23</sub>、V<sub>OUT0,1</sub>、V<sub>OUT2,3</sub>の電源リターン。入力と出力のコンデンサはこのポイントに戻して接続します。

**V<sub>IN01</sub> (A5-A6, B5-B6, C5-C6, D5-D6, E5-E6, F5-F6, G5-G6, H5-H6, J5-J6, K5-K6):** チャンネル0と1のスイッチング段への正の電源入力。多層セラミック・コンデンサ(MLCC)と低ESRの電界コンデンサ(または同等品)を使い、降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルに対処できるだけの十分なデカップリング容量を確保してください。MLCCコンデンサは物理的にできるだけLTM4682に近付けて接続します。アプリケーション情報のレイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**V<sub>OUT0\_CFG</sub> (A8):** V<sub>OUT0</sub>の出力電圧選択ピン(粗設定)。V<sub>OUT0\_CFG</sub>ピンとV<sub>TRIM0\_CFG</sub>ピンが共にオープンの場合、またはLTM4682がピンストラップ抵抗(R<sub>CONFIG</sub>)を無視するように設定されている場合(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合)、LTM4682の目標V<sub>OUT0</sub>出力電圧設定値(V<sub>OUT\_COMMAND0</sub>)とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_01</sub>のパワーアップ時にLTM4682の不揮発性メモリ(NVM)の内容によって決まります。2.5VとSGNDとの間に抵抗分圧器を接続し(表1参照)、これをV<sub>TRIM0\_CFG</sub>の抵抗ピン設定、および出荷時のデフォルトNVM設定値のMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4682のチャンネル0の出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるV<sub>OUT\_COMMAND</sub>値(ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)になるように設定できます(アプリケーション情報のセクションを参照してください)。同じ要領でV<sub>OUT0\_CFG</sub>とSGNDの間、またはV<sub>TRIM0\_CFG</sub>とSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4682を容易に設定できます。設定時にGUI(グラフィカル・ユーザ・インターフェース)による操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はあ

りません。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。V<sub>OUT0\_CFG</sub>/V<sub>TRIM0\_CFG</sub>にR<sub>CONFIG</sub>を使用すると、V<sub>OUT0</sub>レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE0[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**FSWPH\_01\_CFG (A9):** チャンネル0と1のSYNC設定ピンに対するスイッチング周波数、チャンネル位相インターリーブ角、および位相関係。このピンをオープンのままにするか、またはピンストラップ抵抗(R<sub>CONFIG</sub>)を無視するようにLTM4682を設定すると(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1b)、LTM4682のスイッチング周波数(FREQUENCY\_SWITCH)とチャンネル位相関係(SYNCクロック基準 - MFR\_PWM\_CONFIG[2:0])は、SV<sub>IN\_01</sub>パワーアップ時にLTM4682のチャンネル0と1のNVMの内容によって決まります。出荷時のデフォルト値は、575kHz動作時でチャンネル0が0°、チャンネル1が180°です(このデータシートでは、位相角が0°とは、チャンネルのスイッチ・ノードがSYNCパルスの立下がりエッジに合わせて立ち上がることを意味します)。2.5VとSGNDの間に抵抗分圧器を接続(かつMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bの出荷時デフォルトNVM設定を使用)すると、モジュール内外の並列チャンネルの動作スイッチング周波数と位相インターリーブ角の設定値が異なる場合でも、同じNVM内容を使って複数のLTM4682を容易に設定することができます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。

**FAULT0, FAULT1, FAULT2, FAULT3 (A11, A10, V10, W10):** デジタル・プログラマブルFAULT入出力。オープンドレイン出力です。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**V<sub>OUT0</sub> (A13-A15, B13-B15, C13-C15, D13-D15, E13-E15):** チャンネル0の出力電圧。この端子群とGNDの間には、推奨される出力コンデンサを接続します。レイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

## ピン機能

**VOUT2\_CFG (AA8) :** V<sub>OUT2</sub>の出力電圧選択ピン(粗設定)。VOUT2\_CFGピンとVTRIM2\_CFGピンが共にオープンのままの場合、またはLTM4682がピンストラップ抵抗(R<sub>CONFIG</sub>)を無視するように設定されている場合(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合)、LTM4682の目標V<sub>OUT2</sub>出力電圧設定値(VOUT\_COMMAND2)とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_23</sub>のパワーアップ時にLTM4682のNVMの内容に従って決定されます。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、VTRIM2\_CFGの抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルトNVM設定のMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4682のチャンネル2出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値(ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)になるように設定することができます。アプリケーション情報のセクションを参照してください。同じ要領でVOUT2\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM2\_CFGとSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4682を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT2\_CFG/VTRIM2\_CFGにR<sub>CONFIG</sub>を使用すると、V<sub>OUT2</sub>レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE0[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**FSWPH\_23\_CFG (AA9) :** チャンネル2と3のSYNC設定ピンに対するスイッチング周波数、チャンネル位相インターリーブ角、および位相関係。このピンをオープンのままにするか、またはピンストラップ抵抗(R<sub>CONFIG</sub>)を無視するようにLTM4682を設定すると(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1b)、LTM4682のスイッチング周波数(FREQUENCY\_SWITCH)とチャンネル位相関係(SYNCクロック基準 - MFR\_PWM\_CONFIG[2:0])は、SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時にLTM4682のチャンネル2と3のNVMの内容によって決まります。出荷設定のデフォルト値は、575kHz動作、チャンネル2が0°、チャンネル3が180°です(このデータシートでは、位相角が0°とは、チャンネルのスイッチ・ノードがSYNCパルスの立下がりエッジに合わせて立ち上がることを意味します)。2.5VとSGNDの間に抵抗分圧器を接続(かつMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bの出荷時デフォルト

NVM設定を使用)すると、モジュール内外の並列チャンネルの動作スイッチング周波数と位相インターリーブ角の設定値が異なる場合でも、同じNVM内容を使って複数のLTM4682を容易に設定することができます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。

**ASEL\_23 (AA10) :** チャンネル2および3コントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、すべてのデバイスに一意的な従属アドレスが必要です。このピンをオープンのままにすると、LTM4682はパワーアップ時に0x4F(16進数)、つまり1001111bのデフォルト・スレーブ・アドレスになります(このデータシートでは、すべて業界標準の規則である7ビット・スレーブ・アドレス指定を採用しています)。LTM4682のスレーブ・アドレスの下位4ビットは、このピンとSGNDの間に抵抗を接続することによって、上記のデフォルト値から変更できます。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。アドレスの設定には抵抗を使用することを推奨します。ASEL\_23アドレスはチャンネル2とチャンネル3のアドレス指定に使用し、チャンネル0とチャンネル1のアドレス指定には別のアドレスASEL\_01を使用します。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。GUIではチャンネル2をU1:B0で表し、チャンネル3をU1:B1で表します。LTpowerPlayのスクリーン・ショット(図31)を参照してください。

**VOUT3\_CFG (AB8) :** V<sub>OUT3</sub>の出力電圧選択ピン(粗設定)。VOUT3\_CFGピンとVTRIM3\_CFGピンが共にオープンのままの場合、またはLTM4682がピンストラップ抵抗(R<sub>CONFIG</sub>)を無視するように設定されている場合(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合)、LTM4682の目標V<sub>OUT3</sub>出力電圧設定値(VOUT\_COMMAND3)とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_23</sub>のパワーアップ時にLTM4682のNVMの内容に従って決定されます。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、VTRIM3\_CFGの抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルトNVM設定のMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4682のチャンネル3出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値(ならびに、それに対応する出力電

## ピン機能

圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)になるように設定することができます。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。同じ要領でVOUT3\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM3\_CFGとSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4682を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT3\_CFG/VTRIM3\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT3レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE1[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**VTRIM3\_CFG (AB9):** VOUT3の出力電圧選択ピン(精密設定)。VOUT3\_CFGとの組み合わせで機能し、SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時のチャンネル3のVOUT\_COMMAND(ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)に影響を与えます。VOUT3\_CFGおよび[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM値が設定されます(表2参照)。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT3\_CFG/VTRIM3\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT3レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE0[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**VTRIM2\_CFG (AB10):** VOUT2の出力電圧選択ピン(精密設定)。VOUT2\_CFGとの組み合わせで機能し、SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時のチャンネル2のVOUT\_COMMAND(ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)に影響を与えます。VOUT2\_CFGおよび[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT2\_CFG/VTRIM2\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT2レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE0[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00

はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**VDD25\_23 (AB11):** チャンネル2と3の回路用に内部で生成される2.5V電源の出力ピン。このピンには外部電流による負荷を加えないでください。このピンは内部ロジックにバイアスをかけるためと、構成設定ピンに接続された内部プルアップ抵抗に電流を供給するためにのみ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

**VOUT1\_CFG (B8):** VOUT1の出力電圧選択ピン(粗設定)。VOUT1\_CFGピンとVTRIM1\_CFGピンが共にオープンのままの場合、またはLTM4682がピンストラップ抵抗(RCONFIG)を無視するように設定されている場合(つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合)、LTM4682の目標VOUT1出力電圧設定値(VOUT\_COMMAND1)とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_01</sub>のパワーアップ時にLTM4682のNVMの内容に従って決定されます。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、VTRIM1\_CFGの抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルトNVM設定のMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせると、LTM4682のチャンネル1出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値(ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)になるように設定することができます。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。同じ要領でVOUT1\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM1\_CFGとSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4682を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT1\_CFG/VTRIM1\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT1レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE1[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**ASEL\_01 (B9):** チャンネル0および1コントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、すべてのデバイスに一意の従属アドレスが必要です。このピンをオープンのままにすると、LTM4682はパ

## ピン機能

ワーアップ時に0x4E(16進数)、つまり1001110bのデフォルト・スレーブ・アドレスになります(このデータシートでは、すべて業界標準の規則である7ビット・スレーブ・アドレス指定を採用しています)。LTM4682のスレーブ・アドレスの下位4ビットは、このピンとSGNDの間に抵抗を接続することによって、上記のデフォルト値から変更できます。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。アドレスの設定には抵抗を使用することを推奨します。ASEL\_01アドレスはチャンネル0とチャンネル1のアドレス指定に使用し、チャンネル2とチャンネル3のアドレス指定には別のアドレスASEL\_23を使用します。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。GUIではチャンネル0をU0:A0で表し、チャンネル1をU0:A1で表します。LTpowerPlayのスクリーン・ショット(図31)を参照してください。

**RUN0 (B10)、RUN1 (B11) :** RUN0はチャンネル0、RUN1はチャンネル1の起動/動作をイネーブルする入力。オープンドレイン入出力です。これらのピンをロジック・ハイにすると、LTM4682の対応する出力がイネーブルされます。これらのオープンドレイン出力ピンは、LTM4682がリセット解除状態になり、SV<sub>IN\_01</sub>がV<sub>IN\_ON</sub>を超えたことが検出されるまで、ローに保持されます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4682は、ラッチ・オフしてレギュレーションを停止するようにフォルト応答が設定されているグローバル・フォルトやチャンネル固有フォルトが生じると、必要に応じてRUN0またはRUN1、もしくはその両方をローにします。この場合にモジュールを再起動するためには、I<sup>2</sup>Cを介してCLEAR\_FAULTSコマンドを発行するか、SV<sub>IN\_01</sub>の電源を一度切った後で入れ直す必要があります。低インピーダンス源を使うときはRUNをロジック・ハイにしないでください。SV<sub>IN\_01</sub>がUVLOより高いと、INTV<sub>CC</sub>がアクティブになります。この場合、V<sub>DD33</sub>とV<sub>DD25</sub>に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

**SW0 (C1-C2, D1-D2, E1-E2) :** チャンネル0の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル0のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合には電氣的に絶縁されたまま(オープン)とします。

**V<sub>DD25\_01</sub> (C8) :** チャンネル0と1の回路用に内部で生成される2.5V電源の出力ピン。このピンには外部電流による負荷を

かけないでください。このピンは内部ロジックにバイアスをかけるためと、構成設定ピンに接続された内部プルアップ抵抗に電流を供給するためにのみ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

**VTRIM1\_CFG (C9) :** V<sub>OUT1</sub>の出力電圧選択ピン(精密設定)。V<sub>OUT1\_CFG</sub>との組み合わせで機能し、SV<sub>IN\_01</sub>パワーアップ時のチャンネル1のV<sub>OUT\_COMMAND</sub>(ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)に影響を与えます。V<sub>OUT1\_CFG</sub>および[アプリケーション情報のセクション](#)を参照してください。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。V<sub>OUT1\_CFG</sub>/VTRIM1\_CFGにR<sub>CONFIG</sub>を使用すると、V<sub>OUT1</sub>レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE1[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**SDA\_01, SDA\_23 (C10, V8) :** シリアル・バス・データのオープンドレイン入出力。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。SDA\_01はチャンネル0と1用、SDA\_23はチャンネル2と3用です。

**ALERT\_01, ALERT\_23 (C11, W8) :** オープンドレイン・デジタル出力。アプリケーションでは、そのSMBusシステムがSMBALERT割込み検出を実装している場合のみ、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**SHARE\_CLK\_01, SHARE\_CLK\_23 (D8, AA11) :** 共有クロックの双方向オープンドレイン・クロック共有ピン。公称100kHzです。複数のLTM4682(およびSHARE\_CLKピンを持つその他のアナログ・デバイスのIC)のタイム・ベースを同期させるために使用し、適切に定義されたレールのシーケンシングとトラッキングを実現します。該当のデバイスすべてのSHARE\_CLKピンを互いに接続します。SHARE\_CLKピンを備えたデバイスすべてが、最も高速なクロックに同期します。3.3Vへのプルアップ抵抗が必要になるのは、複数デバイスのタイム・ベースを同期させる場合に限られます。

**VTRIM0\_CFG (D9) :** V<sub>OUT0</sub>の出力電圧選択ピン(精密設定)。V<sub>OUT0\_CFG</sub>との組み合わせで機能し、SV<sub>IN\_01</sub>パワーアップ時のチャンネル0のV<sub>OUT\_COMMAND</sub>(ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値)に影響を与えます。V<sub>OUT0\_CFG</sub>および[アプリケーション情報のセクション](#)を参照してください。2.5VとSGNDの間

## ピン機能

の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM 値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください(特に、ピンをオープンのままにする場合)。VOUT0\_CFG/VTRIM0\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT0レンジ設定(MFR\_PWM\_MODE0[1])とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEコマンドに関する説明のセクションを参照してください。

**SCL\_01, SCL\_23 (D10, W9)**: シリアル・バス・クロックのオープンドレイン入力(クロック・ストレッチングをイネーブした場合は、入出力が可能)。このクロックを形式上駆動しているSMBusマスタへのデジタル通信用アプリケーションでは、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4682では、SCLの通信速度が100kHzを超えない限り、クロック・ストレッチングを必要とするような状況になることはありません。また、そのような状況となった場合でも、LTM4682でクロック・ストレッチングを行うには、MFR\_CONFIG\_ALL[1] = 1bに設定してクロック・ストレッチングをイネーブする必要があります。出荷時のデフォルトNVM設定はMFR\_CONFIG\_ALL[1] = 0bです。つまり、クロック・ストレッチングはデイスエーブルされています。100kHzを超えるクロック速度でバス通信を行う必要がある場合は、確実なシリアル・バス通信を確保するために、ユーザのSMBusメイン・デバイスがクロック・ストレッチングのサポートを実施していなければなりません。そしてその場合に限り、MFR\_CONFIG\_ALL[1]を1bに設定する必要があります。クロック・ストレッチングをイネーブした場合、SCLはLTM4682の双方向オープンドレイン出力ピンになります。

**SYNC\_01, SYNC\_23 (D11, V9)**: 外部クロック同期入力およびオープンドレイン出力ピン。このピンに外部クロックを入力すると、スイッチング周波数はその外部クロックに同期されます。マスタのクロック・モードをイネーブすると、このピンはパルス幅500nsのスイッチング周波数でロー(グラウンド)になります。LTM4682がマスタの場合、アプリケーションでは抵抗を使って3.3Vにプルアップする必要があります。

**VDD33\_01 (E8)**: チャンネル0と1の回路用に内部で生成される3.3V電源の出力ピン。このピンは、FAULTn、SHARE\_CLK\_nn、およびSYNC\_nnに必要なプルアップ抵抗に外部電流を供給するためにだけ使用する必要があります。しかしながら、RUNn、SDA\_nn、SCL\_nn、ALERT\_n、およびPGOODnのプルアップ抵抗に外部電流を供給するために使用することもできます。ここで、nnは0、1または2、3のチャンネル、nは

実際のチャンネルを示します。外付けのデカップリングは必要ありません。VDD33\_01はVBIASから給電され、RUNnを設定することで効率が向上します。

**WP\_01, WP\_23 (E9, Y11)**: アクティブ・ハイの書き込み保護ピン。10 $\mu$ Aの内部電流源がこのピンをVDD33まで引き上げます。WPがオープン・サーキットまたはロジック・ハイの場合は、PAGE、OPERATION、CLEAR\_FAULTS、MFR\_CLEAR\_PEAKS、およびMFR\_EE\_UNLOCKへのI<sup>2</sup>C書き込みだけがサポートされます。更に、個々のフォルトは、「STATUS」で始まるレジスタの対象ビットに1bを書き込むことによってクリアできます。WPがローの場合、I<sup>2</sup>C書き込みに制限はありません。VOSNS0<sup>-</sup>(H11): チャンネル0の負側差動電圧検出入力。VOSNS0<sup>+</sup>を参照してください。

**TSNS0, TSNS1, TSNS2, TSNS3 (E11, E10, U8, U9)**: 4つのチャンネルの電力段の温度をモニタします。アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**VOSNS1<sup>-</sup> (F8)**: チャンネル1の負側差動電圧検出入力。VOSNS1<sup>+</sup>を参照してください。

**SGND01, SGND23 (F10-F11, U10-U11)**: SGNDは、LTM4682内部コントローラの信号グラウンド・リターン・パスです。SGNDは内部でGNDに接続されていません。SGNDはLTM4682の近くでGNDに接続してください。レイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**VOUT1 (F13-F15, G13-G15, H13-H15, J13-J15, K13-K15)**: チャンネル1の出力電圧。この端子群とGNDの間には、推奨される出力コンデンサを接続します。レイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**SW1 (G1-G2, H1-H2, J1-J2)**: チャンネル1の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル1のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**VOSNS1<sup>+</sup> (G8)**: チャンネル1の正側差動電圧検出入力。VOSNS1<sup>+</sup>は、VOSNS1<sup>-</sup>と共に使用することで、VOUT1のPOL(Point of Load)におけるVOUT1出力電圧をケルビン検出して、チャンネル1の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。VOUT1の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SVIN\_01パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます(出荷時のデフォルト値: 0.75V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます(オプション)。VOUT1\_CFG、

## ピン機能

VTRIM1\_CFG、および[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**COMP0b、COMP1b、COMP2b、COMP3b (G10、F9、T9、W11):** 電流制御閾値およびエラー・アンプ補償ノード。それぞれに対応するチャンネルの電流コンパレータのトリップ閾値は、その補償電圧と共に増加します。各チャンネルとSGNDとの間には22pFのコンデンサが取り付けられています。

**COMP0a、COMP1a、COMP2a、COMP3a (G11、G9、T8、V11):** ループ補償ノード。LTM4682の内部PWMループ補償抵抗 $R_{COMPn}$ は、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[4:0]を使って調整できます。LTM4682のPWMエラー・アンプのトランスコンダクタンスは、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[7:5]を使って調整できます。これら2つのループ補償パラメータは、デバイスの動作中にプログラムできます。詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションにある[プログラマブル・ループ補償](#)のサブセクションを参照してください。図1を参照してください。

**PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3 (H9、H8、R10、T10):** パワー・グッド・インジケータ出力。このオープンドレイン・ロジック出力は、UVおよびOVのレギュレーション・ウィンドウを外れると、グラウンドに引き下げられます。出力は、100 $\mu$ sの内部フィルタによってデグリッチされます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**I<sub>IN\_01</sub><sup>+</sup> (H10):** 電流検出アンプの正側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_01</sub><sup>-</sup>ピンとSV<sub>IN\_01</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>-</sup> (H11):** チャンネル0の負側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup>を参照してください。

**SV<sub>IN\_01</sub> (J8):** LTM4682のチャンネル0と1の内部制御IC用電源入力。ほとんどのアプリケーションでは、SV<sub>IN\_01</sub>をV<sub>IN01</sub>に接続します。SV<sub>IN\_01</sub>をV<sub>IN01</sub>とは別の補助電源から動作させて、V<sub>IN01</sub>に6Vのような低電圧電源から電力を供給することもできます。実際の制御チップ電流を測定するには、SV<sub>IN\_01</sub>ピンに1 $\Omega$ の抵抗と1 $\mu$ Fのデカップリング・コンデンサが必要です。実際の制御チップ電流を測定するには、1 $\Omega$ の抵抗を使用します。MFR\_READ\_ICHIPとMFR\_ADC\_

CONTROLコマンドのセクションを参照してください。補助バイアス電源を使わずに4.5V~5.75Vの範囲で動作させる場合は、マスタの入力電源をSV<sub>IN\_01</sub>とINTV<sub>CC\_01</sub>に接続します。例については、[テスト回路2](#)を参照してください。この構成では、INTV<sub>CC\_01</sub>をSV<sub>IN\_01</sub>に接続しているため、ICHIP電流は関係しません。

**INTV<sub>CC\_01</sub> (J9):** 内部レギュレータ、5.5V出力。5.75V  $\leq$  SV<sub>IN\_01</sub>  $\leq$  16Vの範囲でLTM4682を動作させる場合、内部LDOはSV<sub>IN\_01</sub>からINTV<sub>CC\_01</sub>を生成して、LTM4682のチャンネル0とチャンネル1の内部制御回路とMOSFETドライバにバイアスをかけます。4.7 $\mu$ Fのセラミック・デカップリング・コンデンサを外付けする必要があります。INTV<sub>CC\_01</sub>は、RUNnピンの状態に関係なく安定化されます。また、4.5V  $\leq$  SV<sub>IN\_01</sub>  $<$  5.75Vの範囲でLTM4682を動作させる場合は、INTV<sub>CC\_01</sub>をSV<sub>IN\_01</sub>に短絡させて、RUNPピンをGNDにプルダウンする必要があります。入力電圧が7Vを超える場合、起動後はV<sub>BIAS</sub>がこれを引継ぎます。

**I<sub>IN\_01</sub><sup>-</sup> (J10):** 電流検出アンプの負側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_01</sub><sup>+</sup>ピンとSV<sub>IN\_01</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup> (J11):** チャンネル0の正側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup>は、V<sub>OSNS0</sub><sup>-</sup>と共に使用することで、V<sub>OUT0</sub>のPOL (Point of Load)におけるV<sub>OUT0</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル0の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT0</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SV<sub>IN\_01</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます(出荷時のデフォルト値: 0.75V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます(オプション)。V<sub>OUT0\_CFG</sub>、VTRIM0\_CFG、および[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**V<sub>IN23</sub> (N5-N6、P5-P6、R5-R6、T5-T6、U5-U6、V5-V6、W5-W6、Y5-Y6、AA5-AA6、AB5-AB6):** チャンネル2と3のスイッチング段への正の電源入力。MLCCと低ESRの電解コンデンサ(または同等品)を使い、降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルに対処できるだけの十分なデカップリング容量を確保してください。MLCCコンデンサは物理的にできるだけLTM4682に近付けて接続します。[アプリケーション情報のレイアウトのチェックリスト/サンプル](#)のセクションを参照してください。

## ピン機能

**V<sub>IN\_VBIAS</sub> (N9)** : 内部降圧レギュレータへの入力ピン。内部降圧レギュレータは、起動後の消費電力を減らすために、5.5V (V<sub>BIAS</sub>ピン) を生成して両方の内部コントローラに電力を供給します。各内部コントローラはINTV<sub>CC\_01</sub>またはINTV<sub>CC\_23</sub>レギュレータを備えており、これらのレギュレータにはSV<sub>IN\_01</sub>またはSV<sub>IN\_23</sub>から給電されます。これらのリニア電圧レギュレータによる電力損失をなくすために、V<sub>BIAS</sub>は極めて高い効率で両方に電力を供給します。

**V<sub>BIAS</sub> (N10)** : 電力損失を減らすために両方の内部コントローラに電力を供給する5.5V降圧出力。このピンとGNDの間には22μFのセラミック・バイパス・コンデンサを接続します。V<sub>BIAS</sub>からコントローラに電力を供給するには、SV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>を7Vより高い値にする必要があります。入力電圧が4.5V~5.75Vの場合はRUNPピンをGNDに引き下げて、SV<sub>IN\_01</sub>をINTV<sub>CC\_01</sub>に、SV<sub>IN\_23</sub>をINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。SV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>を7Vより高い値にしてV<sub>BIAS</sub>レギュレータを起動すると、V<sub>BIAS</sub>からINTV<sub>CC\_01</sub>、INTV<sub>CC\_02</sub>、V<sub>DD33\_01</sub>、V<sub>DD33\_23</sub>、V<sub>DD25\_01</sub>、およびV<sub>DD25\_23</sub>に電力が供給されます。それ以外の場合、これらのソースにはSV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>から電力が供給されます。この場合は、オフ状態にある電源レギュレータ・チャンネルを使って各内部コントローラのEEPROMをプログラムすることができます。

**RUNP (N11)** : このピンは、内部5.5V V<sub>BIAS</sub>降圧レギュレータをイネーブルします。このピンを0.85Vより高い電圧にすると、内部レギュレータがイネーブルされます。このピンの定格値はV<sub>IN</sub>に設定されているので、イネーブルするにはV<sub>IN</sub>に接続し、ディスエーブルするにはGNDに接続します。入力電圧が4.5V~5.75Vの場合はRUNPピンをGNDに引き下げて、SV<sub>IN\_01</sub>をINTV<sub>CC\_01</sub>に、SV<sub>IN\_23</sub>をINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。

**V<sub>OUT2</sub> (N13-N15, P13-P15, R13-R15, T13-T15, U13-U15)** : チャンネル2の出力電圧。この端子群とGNDの間には、推奨される出力コンデンサを接続します。[レイアウトのチェックリスト／サンプル](#)のセクションを参照してください。

**SW2 (P1-P2, R1-R2, T1-T2)** : チャンネル2の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル2のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**V<sub>OSNS2</sub><sup>+</sup> (P8)** : チャンネル2の正側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS2</sub><sup>+</sup>は、V<sub>OSNS2</sub><sup>-</sup>と共に使用することで、V<sub>OUT2</sub>のPOLにおけるV<sub>OUT2</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル2の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT2</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定されます。SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます(出荷時のデフォルト値:0.75V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます(オプション)。V<sub>OUT2\_CFG</sub>、V<sub>TRIM2\_CFG</sub>、および[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**I<sub>IN\_23</sub><sup>-</sup> (P9)** : 電流検出アンプの負側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_23</sub><sup>+</sup>ピンとSV<sub>IN\_23</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**INTV<sub>CC\_23</sub> (P10)** : 内部レギュレータ、5.5V出力。5.75V ≤ SV<sub>IN\_23</sub> ≤ 16Vの範囲でLTM4682を動作させる場合、内部LDOはSV<sub>IN\_23</sub>からINTV<sub>CC\_23</sub>を生成して、LTM4682のチャンネル2とチャンネル3の内部制御回路とMOSFETドライバにバイアスをかけます。4.7μFのセラミック・デカップリング・コンデンサを外付けする必要があります。INTV<sub>CC\_23</sub>は、RUN<sub>n</sub>ピンの状態に関係なくレギュレーションされます。また、4.5V ≤ SV<sub>IN\_23</sub> < 5.75Vの範囲でLTM4682を動作させる場合は、INTV<sub>CC\_23</sub>をSV<sub>IN\_23</sub>に短絡させて、RUNPピンをGNDにプルダウンする必要があります。入力電圧が7Vを超える場合、起動後はV<sub>BIAS</sub>がこれを引継ぎます。

**SV<sub>IN\_23</sub> (P11)** : LTM4682のチャンネル2と3の内部制御IC用電源入力。ほとんどのアプリケーションでは、SV<sub>IN\_23</sub>をV<sub>IN\_23</sub>に接続します。SV<sub>IN\_23</sub>をV<sub>IN23</sub>とは別の補助電源から動作させて、V<sub>IN23</sub>に6Vのような低電圧電源から電力を供給することもできます。実際の制御チップ電流を測定するには、SV<sub>IN\_23</sub>ピンに1Ωの抵抗と1μFのデカップリング・コンデンサが必要です。実際の制御チップ電流を測定するには、1Ωの抵抗を使用します。[MFR\\_READ\\_ICHIP](#)と[MFR\\_ADC\\_CONTROL](#)コマンドのセクションを参照してください。補助バイアス電源を使わずに4.5V~5.75Vの範囲で動作させる場合は、マスタの入力電源をSV<sub>IN\_23</sub>とINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。例については、[テスト回路2](#)を参照してください。この構成では、INTV<sub>CC\_23</sub>をSV<sub>IN\_23</sub>に接続しているので、ICHIP電流は関係しません。

**V<sub>OSNS2</sub><sup>-</sup> (R8)** : チャンネル2の負側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS2</sub><sup>+</sup>を参照してください。

## ピン機能

**I<sub>IN\_23</sub><sup>+</sup> (R9)**: 電流検出アンプの正側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_23</sub><sup>-</sup>ピンとSV<sub>IN\_23</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup> (R11)**: チャンネル3の正側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup>は、V<sub>OSNS3</sub><sup>-</sup>と共に使用することで、V<sub>OUT3</sub>のPOLにおけるV<sub>OUT3</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル3の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT3</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定されます。SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます(出荷時のデフォルト値:0.75V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます(オプション)。V<sub>OUT3\_CFG</sub>、V<sub>TRIM3\_CFG</sub>、および[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS3</sub><sup>-</sup> (T11)**: チャンネル3の負側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup>を参照してください。

**SW3 (V1-V2, W1-W2, Y1-Y2)**: チャンネル3の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル3のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**V<sub>OUT3</sub> (V13-V15, W13-W15, Y13-Y15, AA13-AA15, AB13-AB15)**: チャンネル3の出力電圧。この端子群とGNDの間に推奨される出力コンデンサを接続します。[レイアウトのチェックリスト/サンプル](#)のセクションを参照してください。

**RUN2, RUN3 (Y9, Y8)**: RUN2はチャンネル2、RUN3はチャンネル3の起動/動作をイネーブルする入力。オープンドレイン入出力です。これらのピンをロジック・ハイにすると、LTM4682の対応する出力がイネーブルされます。これらのオープンドレイン出力ピンは、LTM4682がリセット解除状態になり、SV<sub>IN\_23</sub>がV<sub>IN\_ON</sub>を超えたことが検出されるまで、ローに保持されます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4682は、ラッチ・オフしてレギュレーションを停止するようにフォルト応答が設定されているグローバル・フォルトやチャンネル固有のフォルトが生じると、必要に応じてRUN2またはRUN3、もしくはその両方をローにします。この場合にモジュールを再起動するためには、I<sup>2</sup>Cを介してCLEAR\_FAULTSコマンドを発行するか、SV<sub>IN\_23</sub>の電源を一度切った後で入れ直す必要があります。低インピーダンス源を使うときはRUNをロジック・ハイにしないでください。SV<sub>IN\_23</sub>がUVLOより高いと、INTV<sub>CC</sub>がアクティブになります。この場合、V<sub>DD33</sub>とV<sub>DD25</sub>に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

**V<sub>DD33\_23</sub> (Y10)**: チャンネル2と3の回路用に内部で生成される3.3V電源の出力ピン。このピンは、FAULT<sub>nn</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、およびSYNC<sub>nn</sub>に必要なプルアップ抵抗に外部電流を供給するためにだけ使用する必要があります。しかしながら、RUN<sub>n</sub>、SDA<sub>nn</sub>、SCL<sub>nn</sub>、ALERT<sub>nn</sub>、およびPGOOD<sub>n</sub>のプルアップ抵抗に外部電流を供給するために使用することもできます。ここで、nnは0、1または2、3のチャンネル、nは実際のチャンネルを示します。外付けのデカップリングは必要ありません。RUN<sub>n</sub>をローにしてこのコントローラ2をプログラムできるように、V<sub>BIAS</sub>からV<sub>DD33\_23</sub>に電力を供給することができます。

簡略化したブロック図

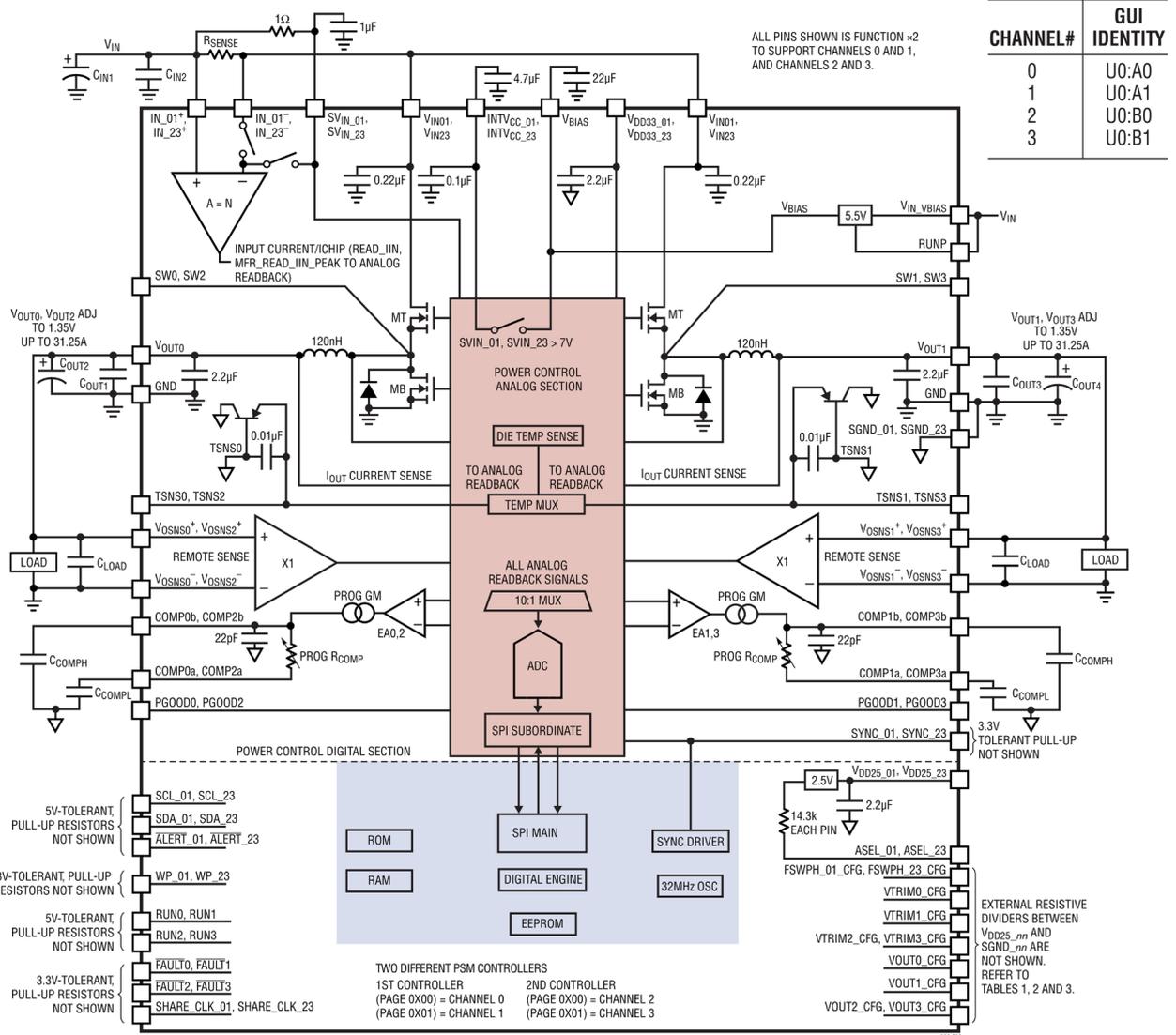


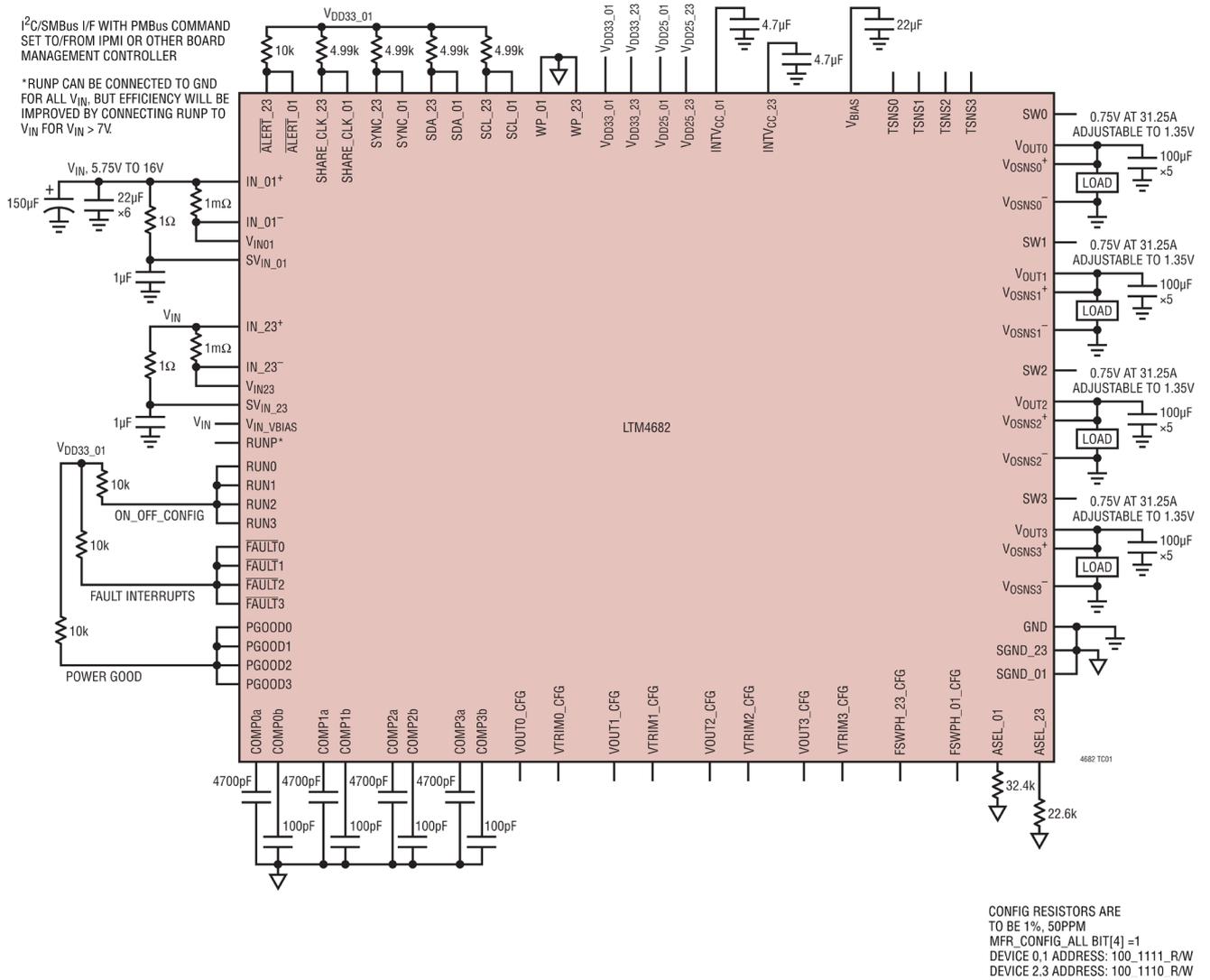
図2. LTM4682の1/2機能の簡略化したブロック図

デカップリング条件 TA = 25°C。図2の構成を使用。

| SYMBOL            | PARAMETER   | CONDITIONS   | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-------------------|---|--|-----|-----|-----|-------|
| C <sub>INH</sub>  | External High Frequency Input Capacitor Requirement (5.75V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 16V, V <sub>OUTn</sub> Commanded to 0.75V).  | I <sub>OUT0</sub> = 31.25A<br>I <sub>OUT1</sub> = 31.25A |     | 100 |     | μF    |
| C <sub>OUTn</sub> | External High Frequency Output Capacitor Requirement (5.75V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 16V, V <sub>OUTn</sub> Commanded to 0.75V). | I <sub>OUT0</sub> = 31.25A<br>I <sub>OUT1</sub> = 31.25A |     | 800 |     | μF    |

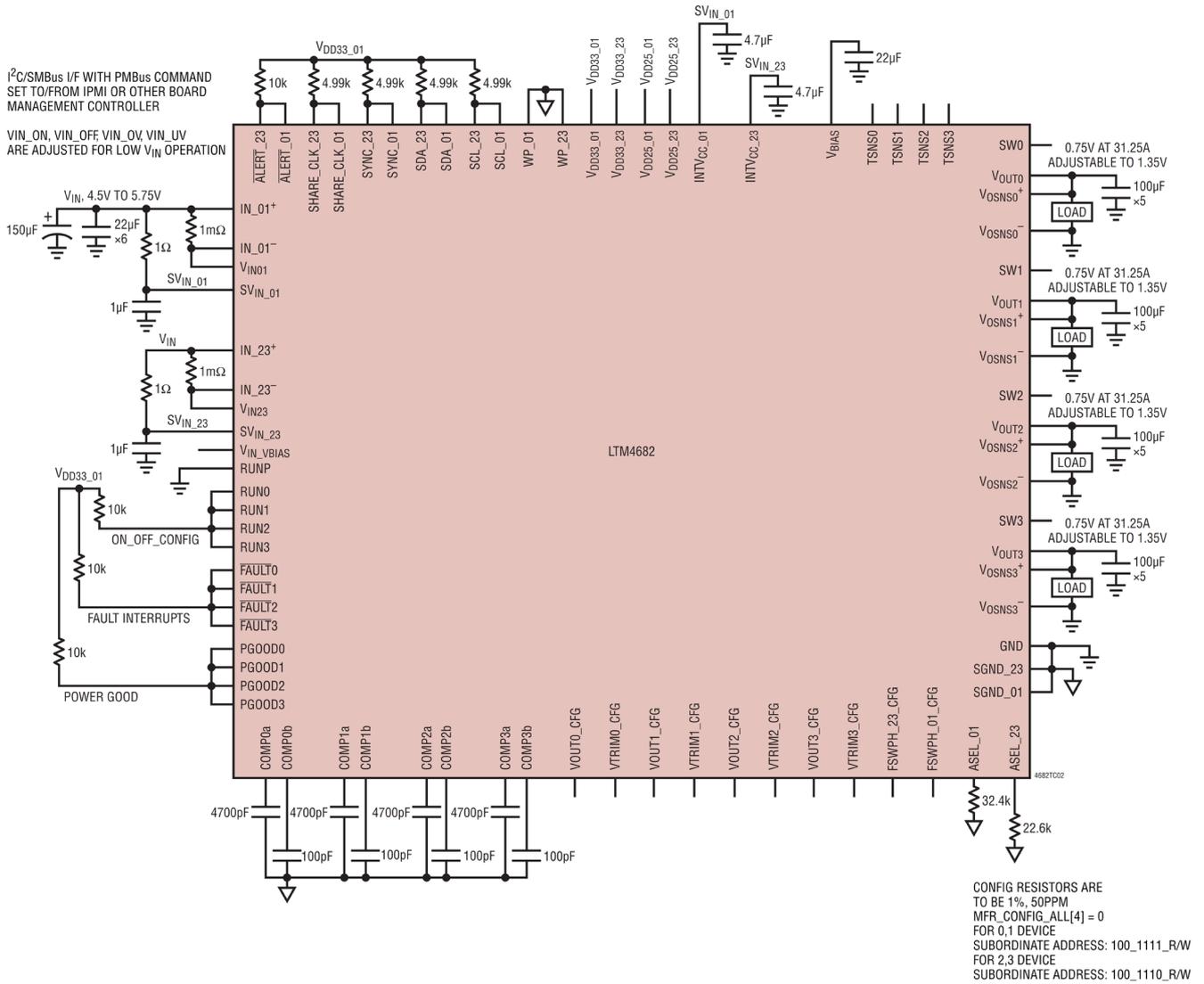


テスト回路



テスト回路1

## テスト回路



テスト回路2

## 動作

### パワー・モジュールの概説

LTM4682は、設定自由度が高くスタンドアロンで動作する、4つの31.25A出力を備えた非絶縁型スイッチング・モード降圧DC/DC電源です。誤り訂正符号化(ECC)機能を備えたEEPROM NVMと、400kHzのSCLバス速度に対応できるI<sup>2</sup>CベースのPMBus/SMBus 2線式シリアル通信インターフェースを内蔵しています。いくつかの入力コンデンサと出力コンデンサ、およびプルアップ抵抗を外付けすることによって、4つの出力電圧(V<sub>OUT0</sub>、V<sub>OUT1</sub>、V<sub>OUT2</sub>、V<sub>OUT3</sub>)を安定化できます。入出力電圧と入出力電流のリードバックされたテレメトリ・データおよびモジュール温度が、内蔵の16ビットA/Dコンバータ(ADC)によって絶えず周期的にデジタル化されます。多くのフォルト閾値とフォルト応答をカスタマイズ可能です。フォルト発生時にデータを自動的にEEPROMに保存することができるので、得られたフォルト・ログを後でI<sup>2</sup>C経由で読み出し、分析に使うことができます。ブロック図については図2および図3を参照してください。1つのコントローラはチャンネル0と1用、もう1つのコントローラはチャンネル2と3用です。

### パワー・モジュールの概要と主な機能

主な機能を以下に示します。

- 専用のパワーグッド・インジケータ
- 入力電流とチップ電流の直接検出
- プログラマブルなループ補償パラメータ
- T<sub>INIT</sub> 起動時間: 30ms
- PWM同期回路(詳細については[スイッチング周波数と位相](#)のセクションを参照)
- MFR\_ADC\_CONTROLにより、1つのパラメータの高速ADCサンプリング(最速で8ms)に対応([PMBusコマンドの詳細](#)のセクションを参照)
- 4チャンネル全ての完全差動出力検出(V<sub>OUT0</sub>、V<sub>OUT1</sub>、V<sub>OUT2</sub>、V<sub>OUT3</sub>)。全て1.2Vまでプログラム可能
- V<sub>BIAS</sub>によるEEPROMの起動とプログラム
- 最大入力電圧: 16V
- ΔV<sub>BE</sub>による温度検出
- SYNC競合回路(詳細については[スイッチング周波数と位相](#)のセクションを参照)

- フォルト・ログ記録
- プログラマブルな出力電圧
- プログラマブルな入力電圧オン/オフ閾値電圧
- プログラマブルな電流制限
- プログラマブルなスイッチング周波数
- プログラマブルなOV/UV閾値電圧
- プログラマブルなオン/オフ遅延時間
- プログラマブルな出力立上がり/立下がり時間
- 同期PolyPhase<sup>®</sup>動作フェーズ・ロック・ループ(2、3、4、6フェーズのいずれか)
- ECC機能付きの不揮発性設定メモリ
- 重要動作パラメータ用の外付け設定抵抗(オプション)
- 複数のコントローラ間で同期を取るためのタイムベース・インターコネクト(オプション)
- 内部設定保護用のWPピン
- ユーザ用に工場設定後はスタンドアロンで動作
- PMBus、バージョン1.2、400kHz対応のインターフェース

PMBusインターフェースを介し、システム動作中に以下を含む重要なパワー・マネージメント・データへアクセスできます。

- 内部コントローラの温度
- 内部パワー・チャンネルの温度
- 平均出力電流
- 平均出力電圧
- 平均入力電圧
- 平均入力電流
- V<sub>IN</sub>からの平均チップ入力電流
- フォルトおよび警告のステータスに対し個々に設定可能(ラッチ・オフまたは非ラッチ)

個々のチャンネルへのアクセスは、PAGEコマンド(すなわちPAGE 0またはPAGE 1)を使いPMBusを介して行います。

フォルト・レポート動作とシャットダウン動作は自由に設定できます。FAULT<sub>0</sub>、FAULT<sub>1</sub>、FAULT<sub>2</sub>、FAULT<sub>3</sub>の4つが、それぞれ出力されます。各FAULT<sub>n</sub>は個別にマスクできます。

## 動作

$\overline{\text{ALERT}}_01$ 、 $\overline{\text{ALERT}}_23$ 、PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3 機能に対応する6つの専用ピンがあります。また、シャットダウン動作でもすべてのフォルトを個別にマスクすることができ、非ラッチ・モード(ヒカップ・モード)またはラッチ・モードのどちらでも動作させることができます。

個々のステータス・コマンドを使用すれば、シリアル・バスを介したフォルト・レポートによって具体的なフォルト・イベントを確認できます。フォルトまたは警告の検出には以下が含まれます。

- 出力低電圧／過電圧
- 入力低電圧／過電圧
- 入力および出力過電流
- 内部過熱
- 通信、メモリ、ロジック(CML)のフォルト

### ECC機能付きEEPROM

LTM4682は、チャンネル0と1、およびチャンネル2と3のユーザ設定内容とフォルト・ログ情報を格納するために、ECC機能を備えたEEPROMを内蔵しています。EEPROMの書き換え回数、データ保持期間、一括書込み動作時間の仕様は、**電気的特性と絶対最大定格**のセクションに規定されています。 $T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度でも書込みは可能ですが、電気的特性は確保されずEEPROMも劣化します。読出し動作については、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲内であればEEPROMが劣化することはありませんが、 $85^\circ\text{C}$ を超える温度でEEPROMへの書込みを行うとデータ保持特性が低下します。フォルト・ログ記録機能は、高温時に発生するシステムの問題をデバッグする際に有用ですが、書込み先はEEPROMのフォルト・ログ位置に限られます。これらのレジスタへの書込みを $85^\circ\text{C}$ を超える温度で行った場合でも、その頻度がそれほど高くなければ、フォルト・ログのデータ保持特性の劣化はわずかで、この機能の有用性が失われることはありません。

ダイ温度が $85^\circ\text{C}$ を超えた場合は、EEPROMへの書込みを行わないことを推奨します。ダイ温度が $130^\circ\text{C}$ を超えると、LTM4682はEEPROMへの書込み動作をディスエーブルします。ダイ温度が $125^\circ\text{C}$ 未満に低下すると、すべてのEEPROM書き込み動作が再びイネーブルされます。ダイ温度が内部過熱フォルト制限の $160^\circ\text{C}$ ( $10^\circ\text{C}$ のヒステリシス付き)を超えた場合、コントローラはすべてのスイッチングもディスエーブルします。

$125^\circ\text{C}$ を超える温度でのEEPROM保持期間の劣化の程度は、次式を使って無次元の加速係数を計算することにより、推定できます。

$$AF = e^{-\left[\left(\frac{E_a}{k}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{USE}}+273} - \frac{1}{T_{\text{STRESS}}+273}\right)\right]}$$

ここで、

AF = 加速係数

$E_a$  = 活性化エネルギー =  $1.4\text{eV}$

$k$  =  $8.617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$

$T_{\text{USE}}$  =  $125^\circ\text{C}$ に仕様規定されたジャンクション温度

$T_{\text{STRESS}}$  = 実際のジャンクション温度( $^\circ\text{C}$ )

例: $130^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で10時間動作させた場合のデータ保持期間への影響は、次のように計算できます。

$$T_{\text{STRESS}} = 130^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{USE}} = 125^\circ\text{C},$$

$$AF = e^{((1.4/8.617 \cdot 10^{-5}) \cdot (1/398 - 1/403))} = 1.66$$

$125^\circ\text{C}$ での等価動作時間は、16.6時間となります。

したがって、 $130^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で10時間動作させた場合、EEPROMの総データ保持期間は6.6時間短くなります。 $125^\circ\text{C}$ の最高ジャンクション温度におけるEEPROMの総データ保持期間の定格値は87,600時間で、それと比較すると、この過負荷状態による影響はごくわずかです。

内蔵EEPROM全体の完全性は、パワーオン・リセット後やRESTORE\_USER\_ALLコマンドの実行後など、メモリのデータを読み込むごとにCRCを計算することによってチェックされます。CRCエラーが発生するとSTATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更にSTATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのEEPROM CRC Errorビットがセットされて、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンとRUNピンがローになります(PWMチャンネルはオフ)。その時点でデバイスは、無効なCRCが検出されたときだけアクティブになる特別なアドレス0x7Cでのみ応答します。デバイスは、グローバル・アドレス0x5Aと0x5Bでも応答しますが、CRCに関する問題からの回復を試みる場合にこれらのアドレスを使用することは推奨できません。無効なCRCをレポートしているデバイスのいずれかのPWMチャンネルに関連する電源レールはすべて、その問題が解決されるまでディスエーブルのままにしておく

## 動作

必要があります。LTM4682もサポートしているEEPROMの一括プログラミングを含め、効率的なシステム内EEPROMのプログラミングの詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照するか、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

LTM4682はデュアル固定周波数電流モード制御降圧レギュレータを2つ内蔵しており(チャンネル0と1、およびチャンネル2と3)、そのパワーMOSFETは高速スイッチングが可能です。信号ピンはName<sub>nn</sub>(nは01または23)と呼ばれ、実際のチャンネルに関係する信号ピンを示す場合はnamenという名前が使われます。NVMの出荷時デフォルト・スイッチング周波数によってSYNC<sub>nn</sub>に575kHzのクロックが発生し、レギュレータのスイッチング周波数は、この周波数と同期します。チャンネル間のデフォルトの位相インターリーブ角は180°です。FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGのピンストラップ抵抗によってSYNC<sub>nn</sub>クロックの周波数(スイッチング周波数)が設定され、更にSYNC<sub>nn</sub>信号の立下がりエッジを基準にしてチャンネル間の互いのチャンネル位相関係が決定します(スイッチング周波数と位相角割り当てのよく使われる組み合わせは、抵抗によるピンのプログラミングで決定できます。[表3](#)を参照してください。抵抗とピンの接続(ストラップ)では行えない設定は、LTM4682のNVMを設定することによって行います)。FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGのピンストラップ抵抗でLTM4682のチャンネルの位相関係を設定した場合、そのモジュールがSYNC<sub>nn</sub>クロックを駆動することはありません。この場合、SYNC<sub>nn</sub>は完全な高インピーダンス入力になり、チャンネルのスイッチング周波数は外部で生成されたクロックによって供給されるSYNC<sub>nn</sub>か、VDD33<sub>nn</sub>にプルアップ抵抗が接続された他のLTM4682によって供給されるSYNC<sub>nn</sub>に同期されます。スイッチング周波数と位相関係はI<sup>2</sup>Cインターフェースを介して変更できますが、変更できるのはスイッチング動作がオフのとき、つまりモジュールが出力のレギュレーションを行っていないときに限られます。詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

チャンネル0からチャンネル3までのアナログ帰還ループ補償をプログラム可能で、これを行うには、COMPnaとSGNDの間、およびCOMPnbとSGNDの間にコンデンサを接続します。COMPnbピンは高周波でゲインをロールオフするためのピンであり、範囲をプログラムできるg<sub>m</sub>アンプ出力です。また、COMPnaピンは抵抗の範囲がプログラム可能である

他に、SGNDとの間にコンデンサを置くことで周波数補償を設定することができます。[プログラマブル・ループ補償](#)のセクションを参照してください。LTM4682モジュールは、オールセラミックMLCCを含む様々な出力コンデンサを使用することで、十分にマージンを持たせた安定性と良好なトランジェント性能を実現します。多くの一般的動作条件に推奨される入力および出力コンデンサと、プログラマブルな補償設定に関するガイダンスを[表13](#)に示します。アナログ・デバイセズのLTpowerCAD<sup>®</sup>ツールは、トランジェント解析や安定性解析に利用できます。また、経験豊富なユーザであれば、このツールでモジュールの帰還ループ補償パラメータを調整することも可能です。

## パワーアップと初期化

LTM4682は、スタンドアロンの電源シーケンシングと、制御されたターンオンおよびターンオフ動作を行えるように設計されています。このデバイスは1つの入力電源(4.5V~16V)で動作し、コントローラごとに3つの内蔵リニア・レギュレータが2.5V、3.3V、5.5Vの内部電圧を生成します。V<sub>INnn</sub>が5.75Vを超えず、V<sub>BIAS</sub>ピンをオフにした場合は、INTV<sub>CC</sub>ピン、V<sub>INnn</sub>ピン、およびSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンを互いに接続する必要があります。コントローラの設定は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されます。この場合、V<sub>INnn</sub>を約4Vにする必要があります。5.5V、3.3V、2.5Vのリニア・レギュレータはレギュレーション電圧値の約20%以内でなくてはなりません。電源の他に、PMBusのRESTORE\_USER\_ALLコマンドまたはMFR\_RESETコマンドでもデバイスを初期化できます。

V<sub>BIAS</sub>ピンは内部5.5V降圧レギュレータの出力であり、LTM4682の回路効率を向上させ、電力損失を最小限に抑えます。V<sub>BIAS</sub>ピンによってINTV<sub>CC</sub>LDOを作動させるには、予めV<sub>BIAS</sub>ピンが約4.8Vを超え、かつV<sub>IN</sub>が7Vを超えていなければなりません。V<sub>BIAS</sub>レギュレータはRUNPによってイネーブルされ、その電力はV<sub>IN\_VBIAS</sub>から供給されます。

初期化時には、外付けの設定抵抗が識別されるかNVMの内容がコントローラのコマンドに読み込まれ、駆動系はオフに維持されます。RUNn、FAULTn、PGOODnはローに保持されます。LTM4682は[表1](#)から[表5](#)までの内容を使い、抵抗によって定義されるパラメータを決定します。詳細については、[RCONFIG\(抵抗設定\)ピン](#)のセクションを参照してください。これらの抵抗設定ピンが制御するのは、コントローラの一部のプリセット値だけです。残りの値は出荷時にNVMにプログラムされているか、ユーザがNVMにプログラムします。

## 動作

設定抵抗が挿入されていない場合、またはRCONFIG無視ビット(MFR\_CONFIG\_ALL設定コマンドのビット6)がアサートされている場合、LTM4682はNVMの内容のみを使ってDC/DC特性を決定します。ピンがオープン状態の場合を除き、パワーアップ時またはリセット時に読み出されたASEL<sub>nn</sub>の値は常に有効です。ASEL<sub>nn</sub>は下位4ビットを設定し、上位ビットはNVMによって設定されます。詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

デバイスの初期化後は、別のコンパレータがSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピン経由でV<sub>IN</sub>ピンをモニタします。出力電源のシーケンシングを開始するには、VIN\_ONの閾値を超えている必要があります。V<sub>IN</sub>が初めて印加されてからデバイスがTON\_DELAYタイマーを初期化して始動させるまでに通常は30msかかり、電圧と電流のリードバックには更に0ms~90msかかることがあります。

### ソフトスタート

以下に示す起動シーケンシングの方式は時間基準です。デバイスは、ソフトスタート前に動作状態になっている必要があります。デバイスの初期化が完了してSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>がVIN\_ONの閾値を超えると、LTM4682はRUNピンを解放します。アプリケーションに複数のLTM4682が使われている場合は、すべてのデバイスが初期化され、そのSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>がVIN\_ONの閾値を超えるまで、各デバイスはそれぞれのRUNピンをローに保持します。SHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンは、信号に接続されているすべてのデバイスが確実に同じタイム・ベースを使用するようにします。SHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンは、V<sub>IN</sub>が印加されてからデバイスの初期化が完了するまでローに保持されます。SHARE\_CLK<sub>nn</sub>をローにすると、LTM4682をオフに設定する(またはオフのままにする)ことができます(MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2を1に設定)。これにより、基板の制約によってRUN<sub>n</sub>ピンを互いに接続できない場合でも、多数のアナログ・デバイセズのICを同期させることができます。一般に、チップ間の同期に注意を払う必要がある場合は、すべてのRUN<sub>n</sub>ピンを互いに接続するだけでなく、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンもすべて互いに接続し、10kの抵抗でV<sub>DD33<sub>nn</sub></sub>にプルアップするのが最善の方法です。これにより、すべてのデバイスがシーケンシングを同時に開始し、同じタイム・ベースを使うことができます。

RUN<sub>n</sub>ピンの解放後、定常的な出力電圧レギュレーション状態に入る前に、LTM4682は単調な初期ランプあるいはソフトスタートを実行します。ソフトスタートでは、負荷電圧を能動的にレギュレーションしながら、デジタル処理によって

対象電圧を0Vから指定電圧設定値まで増加させます。(パワーアップと初期化の完了後に) LTM4682の起動を指示すると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延(TON\_DELAY)だけ待機してから、この出力電圧ランプを開始します。この電圧ランプの立ち上がり時間はTON\_RISEコマンドを使ってプログラムでき、起動時の電圧ランプに伴う突入電流を最小限に抑えることができます。ソフトスタート機能は、TON\_RISEの値を0.25ms未満に設定することでデイスエーブルできます。LTM4682のPWMは、TON\_RISE動作時には常に不連続モードを使用します。不連続モードでは、インダクタに逆電流が流れていることが検出されると直ちに下側MOSFETがオフになります。これにより、プリバイアスされた負荷状態でレギュレータを起動することができます。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの時間が経過すると、デバイスは連続モードに遷移します(そのようにプログラムされている場合)。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITをゼロに設定すると時間制限は存在しなくなり、デバイスは、TON\_RISEが終了してV<sub>OUT<sub>n</sub></sub>がV<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>を超え、更にI<sub>OUT\_OC</sub>が存在しなくなると、指定された導通モードに遷移します。ただし、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの値を0に設定することは推奨しません。

### タイム・ベース・シーケンシング

出力のオンとオフのシーケンシングを行うデフォルトのモードは、タイム・ベースです。各出力がイネーブルされるのは、RUNピンがハイになる、PMBusコマンドによってオンされる、またはV<sub>IN</sub>が事前設定電圧を超える、のいずれかのイベントに続いて、TON\_DELAYの時間が経過した後になります。オフ・シーケンシングも同様の方法で処理されます。適切なシーケンシングを行うために、すべてのICのSHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンとRUN<sub>n</sub>ピンを互いに接続してください。何らかの理由でRUN<sub>n</sub>ピンを互いに接続できない場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2を1にセットします。このビットをセットした場合、電源出力を開始できるようになるには、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンにクロックが入力されている必要があります。RUN<sub>n</sub>ピンをローにすると、LTM4682はMFR\_RESTART\_DELAYが経過するまでこのピンをローに保持します。MFR\_RESTART\_DELAYの最小値はTOFF\_DELAY + TOFF\_FALL + 136msです。この遅延によって、すべてのレールが正しくシーケンシングされます。この遅延はLTM4682内部で計算され、これより短い遅延では処理は行われません。ただし、デバイスではこれより長い値に指定されたMFR\_RESTART\_DELAYを使用することができます。最大許容値は65.52秒です。

## 動作

### 電圧ベース・シーケンシング

シーケンスは電圧ベースで行うこともできます。図4に示すように、各出力がUV 閾値を超えるとPGOODnピンがアサートされます。1つのLTM4682チャンネルのPGOODnピンから、シーケンス内の次のLTM4682チャンネルのRUNnピンに電力を供給することができ、これは複数のLTM4682間でも可能です。PGOODnは100 $\mu$ sのフィルタを内蔵しています。V<sub>OUTn</sub>の電圧がUV 閾値の前後で長時間増減を繰り返すと、PGOODn出力が何度も切り替わることがあります。この問題を最小限に抑えるには、TON\_RISE時間を100ms未満に設定します。

一連のレールにフォルトが検出されると、フォルトが発生したレールと下流側のレールだけがオフになります。フォルトが発生したレールの上流側にある一連のデバイスのレールは、コマンドによってオフにしない限り、オンのままになります。

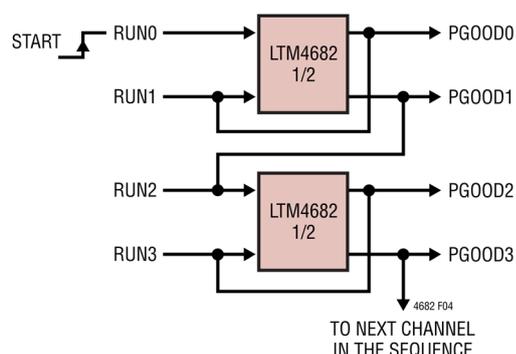


図4. イベント(電圧)ベースのシーケンシング

### シャットダウン

LTM4682は2つのシャットダウン・モードをサポートしています。1つめのモードはクローズド・ループ・シャットダウン応答で、ユーザ定義のターンオフ遅延(TOFF\_DELAY)とランプ・ダウン・レート(TOFF\_FALL)を使用します。コントローラは、TOFF\_FALLの間この動作モードを維持します。もう1つのモードは不連続導通モードで、コントローラは負荷からの電流を流さず、立下がり時間はTOFF\_FALLではなく出力容量と負荷電流によって設定されます。

シャットダウンは以下の状態に応答する形で行われます。すなわち、フォルト状態またはSHARE\_CLK\_nnが失われた状態(MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2が1に設定されている場合)、またはV<sub>INnn</sub>がVIN\_OFF 閾値未満に低下した状態、またはFAULTが外部からローにされた状態(MFR\_FAULT\_RESPONSEがINHIBITに設定されている場合)で

す。これらの状態では、負荷へのエネルギー供給をできるだけ早く停止するために電力段がディスエーブルされます。シャットダウン状態へは、ソフトスタート状態またはアクティブ・レギュレーション状態から入ったり、手動操作で入ったりすることもできます。

フォルトにตอบสนองする方法には、再試行モードとラッチ・オフ・モードの2つがあります。再試行モードでは、コントローラが、プログラム可能な遅延時間(MFR\_RETRY\_DELAY)内にシャットダウンして非アクティブ状態に入ることでフォルトにตอบสนองします。出力をディスエーブルすればシャットダウンの原因となったフォルトが解消される場合は、この遅延が自動再試行に関連するデューティ・サイクルを最小限に抑えます。再試行遅延時間は、MFR\_RETRY\_DELAYコマンドにより指定された時間、または安定化された出力がプログラム値の12.5%未満に減衰するのに必要な時間のうち、どちらか長い方によって決まります。同じFAULTnピンを使って複数の出力を制御する場合は、フォルトが発生した出力の減衰時間で再試行遅延が決定します。出力の自然減衰時間が長すぎる場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット0をアサートすることによってMFR\_RETRY\_DELAYコマンドの電圧条件をなくすことができます。また、ラッチ・オフ・モードはフォルト発生後にコントローラがラッチ・オフ状態のままになることを意味します。これを解除するには、RUNnを切り替えたりデバイスを一度オフにしてからオンにするよう指示したりといった、ユーザによる操作が必要です。

### 軽負荷電流動作

LTM4682には、高効率の不連続導通モードと強制連続導通モードという2つの動作モードがあります。モード選択はMFR\_PWM\_MODEコマンドを使って行います(起動時のモードは常に不連続導通モードで、強制連続モードはデフォルトの実行モードです)。

コントローラが不連続動作でイネーブルされている場合、インダクタ電流を反転させることはできません。インダクタ電流がゼロになる直前に逆電流コンパレータの出力が下側MOSFETをオフにして、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。

強制連続動作の場合、軽負荷時または大きなトランジェント状態時にはインダクタ電流を反転させることができます。インダクタのピーク電流はCOMPnピンの電圧のみで決まります。このモードでは、軽負荷時の効率が不連続モード動作の場合より低下します。連続モードは出力リップルが小さくオーディオ回路との干渉も少なくなります。ただし、インダクタ電流が反転して入力電源の電圧を上昇させることがあ

## 動作

ります。VIN\_OV\_FAULT\_LIMITはこれを検出して、フォルトの原因となるチャンネルをオフにすることができます。しかし、このフォルトはADCの読出しに基づいており、検出までに最大で $t_{CONVERT}$ の時間を要することがあります。入力電源の電圧上昇が懸念される場合は、デバイスを不連続導通モードに維持してください。

デバイスが不連続モード動作に設定されている場合でも、インダクタの平均電流が増加していくと、コントローラが不連続モードから連続モードへ自動的に動作を変更します。

### スイッチング周波数と位相

PWMのスイッチング周波数は、内部発振器または外部タイム・ベースを使って設定できます。内部フェーズ・ロック・ループ(PLL)は、内部クロックを使用するか外部クロックを使用するかに関わらず、適切な位相関係を維持しながら、PWM制御をこのタイミング・リファレンスに同期させます。また、表3に概要を示すように、PMBus コマンド、NVM 設定、または外付け設定抵抗を通じてメイン・デバイスから他のデバイスにクロックを供給するよう設定することもできます。

メイン・クロックとして指定されたLTM4682は、選択されたレートと500nsのパルス幅でオープンドレインのSYNC<sub>nn</sub>ピンを駆動します。この場合は、SYNC<sub>nn</sub>とV<sub>DD33\_nn</sub>の間に外付けのプルアップ抵抗が必要です。SYNC<sub>nn</sub>に接続されているデバイスのうち1つだけがピンを駆動するようにしてください。プログラムされたSYNC<sub>nn</sub>周波数の80%よりも外部SYNC<sub>nn</sub>周波数の方が高い場合、LTM4682は自動的に外部SYNC<sub>nn</sub>入力に戻り、デバイス自体のSYNC<sub>nn</sub>をデイスエーブルします。外部SYNC入力のデューティ・サイクルは20%~80%としてください。

LTM4682は、SYNC<sub>nn</sub>を駆動するよう設定されているかどうかに関わらず、その後外部クロック信号が失われても、デバイス自体の内部発振器を使ってPWM動作を継続できます。

また、MFR\_CONFIG\_ALLのビット4を設定することにより、常に外部発振器を使ってPWM動作を行うようにプログラムすることも可能です。SYNCドライバ回路のステータスは、MFR\_PADSのビット10によって示されます。

MFR\_PWM\_CONFIG コマンドを使用すれば、各チャンネルの位相を設定できます。表3に概要を示すように、EEPROM または外付けの設定抵抗によって目的の位相を設定することもできます。指定される位相は、SYNCの立下がりエッジと、PWMラッチを設定して上側パワー・スイッチをオンにする内部クロック・エッジとの関係です。PWM制御ピンには新たに小さい伝播遅延も生じます。FREQUENCY\_SWITCH コマンドとMFR\_PWM\_CONFIGコマンドをLTM4682に書き込むには、両方のチャンネルを事前にオフしておく必要があります。

位相関係と周波数を変更することによって、様々なアプリケーション・オプションが可能です。また、複数のLTM4682を同期させてPolyPhase配列を実現することができます。この場合、位相は360/n度ずつ区切る必要があります。ここで、nは出力電圧レールを駆動する位相の数です。

### PWMループ補償

LTM4682の内部PWMループ補償抵抗R<sub>COMPna</sub>は、各コントローラのMFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[4:0]を使って調整できます。

LTM4682のPWMエラー・アンプのトランスコンダクタンス(g<sub>m</sub>)は、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[7:5]を使って調整できます。これら2つのループ補償パラメータは、デバイスの動作中にプログラムできます。詳細については、アプリケーション情報のセクションにあるプログラマブル・ループ補償のサブセクションを参照してください。

### 出力電圧の検出

LTM4682は4つのチャンネルすべてに差動アンプを内蔵しており、V<sup>+</sup>ピンとV<sup>-</sup>ピンの間の負荷電圧をリモート検出することができます。また、テレメトリADCも完全差動で、両方のチャンネルのV<sub>OSNSn</sub><sup>+</sup>とV<sub>OSNSn</sub><sup>-</sup>間の電圧を、それぞれV<sup>+</sup>ピンとV<sup>-</sup>ピンで測定します。最大許容電圧は1.5Vですが、LTM4682の設計は1.35Vに制限されています。

### INTV<sub>CC</sub>/V<sub>BIAS</sub>の電力

内部の上側および下側MOSFETのドライバ、およびその他のほとんどの内部回路の電源は、INTV<sub>CC</sub>ピンから供給されます。RUNPピンがGNDに短絡されてV<sub>BIAS</sub>がオフになっている場合は、内部5.5Vリニア・レギュレータがINTV<sub>CC</sub>の電力をSV<sub>IN\_nn</sub>から供給します。V<sub>BIAS</sub>が5.5Vの出力でイネーブ

## 動作

ルされ  $SV_{IN}$  が 7.0V を超えると、内部スイッチがオンになり、電力は  $INTV_{CC}$  レギュレータではなく  $V_{BIAS}$  から供給されます。 $V_{BIAS}$  を使用すると、高効率の内部電源から  $INTV_{CC}$  に電力を供給できます。 $V_{BIAS}$  は、 $V_{IN}$  を使用できる状態であれば内部 3.3V リニア・レギュレータに電力を供給できます。このため、チャンネルがオフになっていても LTM4682 のコントローラの初期化やプログラムができます。

$INTV_{CC\_nn}$  レギュレータへの電力は  $SV_{IN\_nn}$  ピンから供給され、IC で消費される電力は  $SV_{IN\_nn} \cdot I_{INTV_{CCnn}}$  に等しくなります。ゲート充電電流は動作周波数によって異なります。LTM4682 の標準的な  $INTV_{CC\_nn}$  電流は約 50mA です。12V の入力電圧は内部コントローラ 1 つあたりで 7V の電圧降下に相当し、50mA を乗じると 350mW の電力損失になります。この損失は  $V_{BIAS}$  レギュレータを利用することによって解消できます。

LTM4682 の  $INTV_{CC\_nn}$  は外部電源に接続しないでください。接続すると、 $INTV_{CC\_nn}$  が外部電源の電圧を上げようとして電流制限値に達し、ダイ温度が大幅に上昇するおそれがあります。

$V_{IN}$  が 5V のアプリケーションでは、[テスト回路 2](#) に示すように、 $SV_{IN\_nn}$  と  $INTV_{CC\_nn}$  ピンを互いに接続した上で、1Ω の抵抗を介して 5V 入力に接続します。

### 出力電流検出と 1mΩ 未満の DCR による電流検出

LTM4682 は抵抗が 1mΩ 未満のインダクタを使用する独自の電流検出技術を採用しており、優れた S/N 比を実現しながら、電流モード動作時に非常に小さい信号を検出します。これにより、1mΩ 未満の内部インダクタを重負荷アプリケーションに使用して、変換効率の向上を実現できます。また、 $MFR\_PWM\_MODE[7]$  を使用して、高電流レンジおよび低電流レンジの電流制限閾値を正確に設定できます ( $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$  を参照)。

内部 DCR 検出ネットワークとその電流制限値の計算は、室温におけるインダクタの DCR に基づいて行います。インダクタの DCR の温度係数は大きく、約 3900ppm/°C です。このインダクタ温度係数は  $MFR\_I_{OUT\_CAL\_GAIN\_TC}$  レジスタに書き込まれます。外部温度はインダクタの近くで検出し、内

部電流制限回路を調整して、温度に影響されることのない、基本的に一定の電流制限を維持するために使用します。検出された電流は、LTM4682 のテレメトリ ADC によってデジタル化されます。この ADC は入力電圧範囲が  $\pm 128mV$ 、ノイズ・フロアが  $7\mu V_{RMS}$ 、ピーク to ピーク・ノイズが約  $46.5\mu V$  です。LTM4682 は、 $I_{OUT\_CAL\_GAIN}$  コマンドに格納された DCR 値と、 $MFR\_I_{OUT\_CAL\_GAIN\_TC}$  コマンドに格納された温度係数を使用してインダクタ電流を計算します。得られる電流値は  $READ\_I_{OUT}$  コマンドによって返されます。

### 入力電流の検出

LTM4682 の電力段が消費する合計入力電流を検出するために、電源電圧と上側 N チャンネル MOSFET のドレインの間に検出抵抗が配置されています。このセンス抵抗には  $I_{IN\_nn}^+$  ピンと  $I_{IN\_nn}^-$  ピンが接続されています。フィルタ処理された電圧は内部のハイサイド電流検出アンプによって増幅され、LTM4682 の遠隔測定 ADC によってデジタル化されます。入力電流検出アンプには 3 つのゲイン設定値 (2×、4×、8×) があり、これは  $MFR\_PWM\_CONFIG$  コマンドのビット [6:5] によって設定します。これら 3 つのゲイン設定値に対応する最大入力検出電圧は、それぞれ 50mV、25mV、10mV です。LTM4682 は、 $I_{IN\_CAL\_GAIN}$  コマンドに格納された内部  $R_{SENSE}$  の値を使用して入力電流を計算します。これにより得られる電力段の測定電流は、 $READ\_I_{IN}$  コマンドによって返されます。 $I_{IN\_01}^+$ 、 $I_{IN\_01}^-$  はコントローラ 1 (チャンネル 0 とチャンネル 1) 用、 $I_{IN\_23}^+$ 、 $I_{IN\_23}^-$  はコントローラ 2 (チャンネル 2 とチャンネル 3) 用です。

LTM4682 は、1Ω の抵抗を使用して、それぞれの LTM4682 内部コントローラが消費する  $SV_{IN\_nn}$  ピンの電源電流を測定します。この値は  $MFR\_READ\_ICHIP$  コマンドによって返されます。デバイスの電流は、 $MFR\_ICHIP\_CAL\_GAIN$  コマンドに格納された値 (1Ω) を使用して計算します。詳細については、[アプリケーション情報のセクションにある入力電流検出アンプ](#)のサブセクションを参照してください。

### PolyPhase による負荷分担

必要なピンをバス接続することにより、複数の LTM4682 をアレイ状に配置してバランスの取れた負荷分担ソリューションを実現できます。[図 50](#) に、負荷分担に必要な 8 相設計の分担接続を示します。

## 動作

外部発振器を接続しない場合は、SYNC<sub>nn</sub>ピンはいずれか1つのLTM4682コントローラのみイネーブルします。他のデバイスについては、MFR\_CONFIG\_ALLのビット4を使って、SYNC<sub>nn</sub>コントローラをディスエーブルするようプログラムします。外部発振器が接続されている場合は、SYNC<sub>nn</sub>ピンをイネーブルしたチップが外部クロックの存在を検出して、その出力をディスエーブルします。

複数チャンネルの場合、すべてのV<sub>OSNSn</sub><sup>+</sup>ピン、すべてのV<sub>OSNSn</sub><sup>-</sup>ピンをそれぞれ互いに接続する必要があります。また、COMPnaピンとCOMPnbピンについても同様です。PolyPhaseアプリケーションの場合を除き、MFR\_CONFIG\_ALLのビット[4]はアサートしないでください

これらのデバイスのSYNC<sub>nn</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、FAULT<sub>n</sub>、およびALERT<sub>n</sub>の各ピンは、共用する必要があります。SYNC<sub>nn</sub>、FAULT<sub>n</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、ALERT<sub>n</sub>の各ピンにはプルアップ抵抗を使用します。標準的応用例のセクションを参照してください。

### 内部温度の検出

温度は内部ダイオード接続PNPトランジスタを使って測定され、その出力はチャンネル0~3に対応するTSNS0~TSNS3ピンに接続されます。これらの出力はテストに使用します。ダイオードには2種類の異なる電流が流れ(公称2μAと32μA)、温度は、16ビットの内部モニタADCによって測定されるΔV<sub>BE</sub>の値から計算されます(図2のブロック図を参照)。

LTM4682はΔV<sub>BE</sub>による温度検出のみを行うので、MFR\_PWM\_MODEのビット[5]は予約済みです。

### R<sub>CONFIG</sub>(抵抗設定)ピン

入力ピンは12個あり、これらのピン間に1%抵抗を使用することで重要な動作パラメータを選択します。該当するピンはASEL\_01、ASEL\_23、FSWPH\_01\_CFG、FSWPH\_23\_CFG、VOUT0\_CFG、VOUT1\_CFG、VOUT2\_CFG、VOUT3\_CFG、VTRIM0\_CFG、VTRIM1\_CFG、VTRIM2\_CFG、VTRIM3\_CFGです。これらのピンがフロート状態になっている場合は、対応するNVMコマンドに格納された値が使われます。MFR\_CONFIG\_ALL設定コマンドのビット6がNVMでアサートされた場合、パワーアップ時には抵抗入力が無視されます。ただしASELは例外で、これは常に有効なものとして扱われます。抵抗設定ピンの測定が行われるのは、パワーアップ・リセット時か、MFR\_RESETコマンドまたはRESTORE\_USER\_ALLコマンドの実行後に限られます。

VOUT<sub>n</sub>\_CFGピンの設定については表1を参照してください。これらのピンで、LTM4682のV<sub>OUT0</sub>~V<sub>OUT3</sub>の出力電圧の粗設定を行います。これらのピンがオープン状態の場合は、NVMからVOUT\_COMMANDコマンドがロードされます。電圧設定ピンが接続されている場合を除き、デフォルト設定ではスイッチャがオフになります。出力電圧の精密設定には表2のVTRIM<sub>n</sub>\_CFGピンを使用します。両方を組み合わせることで、複数の異なる出力電圧が得られます。

R<sub>CONFIG</sub>ピンを使って出力電圧を決める場合は、以下のパラメータを出力電圧のパーセント値として設定します。

- VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT..... +10%
- VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT..... +7.5%
- VOUT\_MAX..... +7.5%
- VOUT\_MARGIN\_HIGH..... +5%
- VOUT\_MARGIN\_LOW..... -5%
- VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT..... -7%

FSWPH\_CFG<sub>nn</sub>ピンの設定を表3に示しています。このピンは、各チャンネルのスイッチング周波数と位相を選択します。2つのチャンネルとSYNC<sub>nn</sub>ピンの位相関係は表3に示されています。外部クロックと同期するには、デバイスを外部クロック・モードにする必要があります(SYNC<sub>nn</sub>出力はディスエーブルされますが、周波数は公称値に設定されます)。外部クロックが入力されていない場合、デバイスはプログラムされた周波数のクロックを使用します。マルチフェーズ・アプリケーションでチップ間のSYNC<sub>nn</sub>信号が失われた場合は、それらのデバイスが同じ周波数にプログラムされて調整されていたとしても、設計どおりの位相では動作しません。

これにより出力のリップル電圧が増加することがあり、場合によっては望ましくない動作が生じる可能性があります。外部SYNC<sub>nn</sub>信号が内部で生成されて、外部SYNC<sub>nn</sub>が選択されていない場合は、MFR\_PADSのビット10がアサートされます。周波数が選択されておらず、外部SYNC<sub>nn</sub>周波数が存在しない場合は、PLL\_FAULTが発生します。パワーアップ時に有効な同期信号がない場合でも、PLL\_FAULTによるALERTを発生させたくない場合は、PLL\_FAULTのALERTマスクを書き込む必要があります。詳細については、SMBALERT\_MASKの説明を参照してください。複数デバイス間でSYNC<sub>nn</sub>ピンを接続する場合は、いずれか1つのデバイスのSYNC<sub>nn</sub>ピンのみをMFR\_CONFIG\_ALL[4]=1を使ってイネーブルし、それ以外のすべてのデバイスではMFR\_CONFIG\_ALL[4]=0を使ってSYNC<sub>nn</sub>ピンをディスエーブルに設定します。

## 動作

ASEL<sub>nn</sub>ピンの設定を表4に示しています。ASEL<sub>nn</sub>はLTM4682内部コントローラの従属アドレスを選択します。表5を参照してください。

注：PMBusの仕様に従い、ピンでプログラムしたパラメータはデジタル・インターフェースからのコマンドでオーバーライドすることができます。ただしASEL<sub>nn</sub>は例外で、これは常に有効なものとして扱われます。0x5Aまたは0x5Bはグローバル・アドレスです。これらのアドレスにはすべてのデバイスが応答するので、デバイス・アドレスには使用しないでください。

表1. LTM4682の出力電圧粗設定用のVOUT<sub>n</sub>\_CFGピンストラップ参照表 (MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)、上側抵抗 = 14.3kΩ

| R <sub>VOUT<sub>n</sub>_CFG</sub> * (kΩ) | V <sub>OUT<sub>n</sub></sub> (V) SETTING COARSE | MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] BIT |
|--|---|-----------------------------------|
| Open                                     | NVM   | NVM                               |
| 32.4                                     | NVM   | NVM                               |
| 3.24                                     | 1.3   | 1                                 |
| 2.43                                     | 1.1   | 1                                 |
| 1.65                                     | 0.9   | 1                                 |
| 0.787                                    | 0.7   | 1                                 |
| 0  | 0.5   | 1                                 |

\*表示されているR<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値は公称値です。R<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるようなものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気(湿度)、その他の要因(具体的なアプリケーションにより異なります)も、時間の経過と共にR<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続(ストラップ)による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに期待どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。R<sub>TOP</sub> = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例:

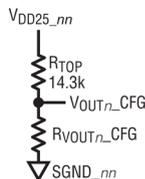
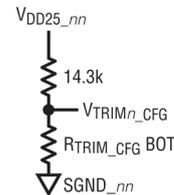


表2. LTM4682の出力電圧精密設定用のVTRIM<sub>n</sub>\_CFGピンストラップ参照表 (MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)、上側抵抗 = 14.3kΩ

| R <sub>VTRIM<sub>n</sub>_CFG</sub> * (kΩ) | V <sub>TRIM</sub> (mV) FINE ADJUSTMENT TO V <sub>OUT<sub>n</sub></sub> SETTING WHEN RESPECTIVE |
|---|--|
| Open                                      | 0  |
| 32.4                                      | 99   |
| 22.6                                      | 86.625   |
| 18.0                                      | 74.25  |
| 15.4                                      | 61.875   |
| 12.7                                      | 49.5   |
| 10.7                                      | 37.125   |
| 9.09                                      | 24.75  |
| 7.68                                      | 12.375   |
| 6.34                                      | -12.375  |
| 5.23                                      | -24.75   |
| 4.22                                      | -37.125  |
| 3.24                                      | -49.5  |
| 2.43                                      | -61.875  |
| 1.65                                      | -74.25   |
| 0.787                                     | -86.625  |
| 0   | -99  |

\*表示されているR<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値は公称値です。R<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるようなものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気(湿度)、その他の要因(具体的なアプリケーションにより異なります)も、時間の経過と共にR<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続(ストラップ)による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに期待どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。R<sub>TOP</sub> = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例:



## 動作

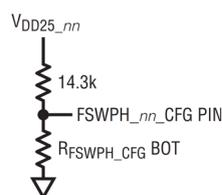
表 3. LTM4682のスイッチング周波数とチャンネル位相インターリーブ角の設定用のFSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンストラップ参照表(MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)、nn = 01または23チャンネル、上側抵抗を14.3kΩに設定

| R <sub>FSWPH_CFG</sub> *<br>(kΩ) | SWITCHING<br>FREQUENCY (kHz)  | θSYNC TO 0,2                 | θSYNC TO 01,3                  | BITS [2:0] of<br>MFR_PWM_CONFIG | BIT [4] of<br>MFR_CONFIG_ALL |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Open                             | NVM; LTM4682<br>Default = 575 | NVM; LTM4682<br>Default = 0° | NVM; LTM4682<br>Default = 180° | NVM; LTM4682<br>Default = 000b  | NVM; LTM4682<br>Default = 0b |
| 32.4                             | 250                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 22.6                             | 350                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 18.0                             | 425                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 15.4                             | 575                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 12.7                             | 650                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 10.7                             | 750                           | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 0b                           |
| 7.68                             | 500                           | 120°                         | 240°                           | 100b                            | 0b                           |
| 6.34                             | 500                           | 90°                          | 270°                           | 001b                            | 0b                           |
| 5.23                             | External**                    | 0°                           | 240°                           | 010b                            | 1b                           |
| 4.22                             | External**                    | 0°                           | 120°                           | 011b                            | 1b                           |
| 3.24                             | External**                    | 60°                          | 240°                           | 101b                            | 1b                           |
| 2.43                             | External**                    | 120°                         | 300°                           | 110b                            | 1b                           |
| 1.65                             | External**                    | 90°                          | 270°                           | 001b                            | 1b                           |
| 0.787                            | External**                    | 0°                           | 180°                           | 000b                            | 1b                           |
| 0                                | External**                    | 120°                         | 240°                           | 100b                            | 1b                           |

\*表示されているR<sub>FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG</sub>の値は公称値です。R<sub>FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるようなものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気(湿度)、その他の要因(具体的なアプリケーションにより異なります)も、時間の経過と共にR<sub>FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続(ストラップ)による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN</sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに期待どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。

\*\*「External」はFREQUENCY\_SWITCH(レジスタ0x33)の値を0x0000に設定することに相当します。デバイスは、そのスイッチング周波数をSYNC<sub>nn</sub>ピンに入力されているクロックの周波数に同期させます(MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1bの場合)。R<sub>TOP</sub> = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例:



## 動作

表4. LTM4682の従属アドレス設定用のASEL<sub>nn</sub>ピンストラップ参照表(MFR\_CONFIG\_ALL[6]の設定に関わらず使用可能)

| R <sub>ASEL</sub> * (kΩ) | SUBORDINATE ADDRESS |
|--------------------------|---------------------|
| Open                     | 100_1111_R/W        |
| 32.4                     | 100_1111_R/W        |
| 22.6                     | 100_1110_R/W        |
| 18.0                     | 100_1101_R/W        |
| 15.4                     | 100_1100_R/W        |
| 12.7                     | 100_1011_R/W        |
| 10.7                     | 100_1010_R/W        |
| 9.09                     | 100_1001_R/W        |
| 7.68                     | 100_1000_R/W        |
| 6.34                     | 100_0111_R/W        |
| 5.23                     | 100_0110_R/W        |
| 4.22                     | 100_0101_R/W        |
| 3.24                     | 100_0100_R/W        |
| 2.43                     | 100_0011_R/W        |
| 1.65                     | 100_0010_R/W        |
| 0.787                    | 100_0001_R/W        |
| 0                        | 100_0000_R/W        |

ここで、

R/W = 制御バイトの読み出し/書き込みビット

特に指定のない限り、仕様に記載されているすべてのPMBusデバイス・アドレスは7ビット幅です。

注:LTM4682は、NVMまたはASELの抵抗設定値に関わらずスレーブ・アドレス0x5Aと0x5Bには常に応答します。

\*ここに示すR<sub>CFG</sub>値は公称値です。R<sub>CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるようなものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃サイクル、湿気(湿度)、その他の要因(具体的なアプリケーションにより異なります)も、時間の経過と共にR<sub>CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続(ストラップ)による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN</sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに期待どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。

例:

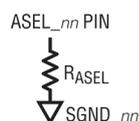


表5. 7ビットおよび8ビット・アドレス指定で表したLTM4682のMFR\_ADDRESSコマンドの例

| DESCRIPTION             | HEX DEVICE ADDRESS |       | BIT |   |   |   |   |   |   |   |     |
|-------------------------|--------------------|-------|-----|---|---|---|---|---|---|---|-----|
|                         | 7-BIT              | 8-BIT | 7   | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | R/W |
| Rail <sup>4</sup>       | 0x5A               | 0xB4  | 0   | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0   |
| Global <sup>4</sup>     | 0x5B               | 0xB6  | 0   | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0   |
| Default                 | 0x4F               | 0x9E  | 0   | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0   |
| Example 1               | 0x40               | 0x80  | 0   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0   |
| Example 2               | 0x41               | 0x82  | 0   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0   |
| Disabled <sup>2,3</sup> |                    |       | 1   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0   |

<sup>1</sup> この表はMFR\_RAIL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドには使用できませんが、MFR\_ADDRESSコマンドには使用できません。

<sup>2</sup> あるコマンドに無効な値があってもそのデバイスはディスエーブルされず、グローバル・アドレスがディスエーブルされることはありません。

<sup>3</sup> あるコマンドに無効な値があっても、それによってそのデバイスが他のコマンドで指定されたデバイス・アドレスに応答できなくなることはありません。

<sup>4</sup> 値0x00、0x0C(7ビット)、0x5A(7ビット)、0x5B(7ビット)、または0x7C(7ビット)をMFR\_CHANNEL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドまたはMFR\_RAIL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドに書き込むことは推奨しません。

## フォルトの検出と処理

フォルトおよび警告のレポートと処理のための様々なメカニズムを利用できます。フォルトおよび警告の検出機能は以下のとおりです。

- 入力OV FAULT保護およびUV警告
- 平均入力OC警告
- 出力OV/UVについてのフォルトおよび警告による保護
- 出力OCについてのフォルトおよび警告による保護
- 内部制御ダイと内部モジュールの過熱についてのフォルトおよび警告による保護
- 内部低温についてのフォルトおよび警告による保護
- CMLフォルト(通信、メモリ、ロジック)
- 双方向FAULT<sub>n</sub>ピンを介した外部フォルト検出

以上に加えて、LTM4682は、FAULT<sub>n</sub>応答伝搬コマンドのMFR\_FAULT\_PROPAGATEを使って、フォルト・インジケータの任意の組み合わせを、それぞれのFAULT<sub>n</sub>ピンに対応付けることができます。FAULT<sub>n</sub>ピンは、外部クローバ・デバイスのドライバ、過熱アラート、過電圧アラートとして使用するか、マイクロコントローラにフォルト・コマンドへのポーリングを開始させるための割込みに使用するのが一般的です。その他にも、FAULT<sub>n</sub>ピンは、直ちに応答することが要求されるコントローラの下流側で、外部フォルトを検出するための入力として使用することもできます。

## 動作

フォルト・イベントや警告イベントが発生すると、それらのイベントがSMBALERT\_MASKによってマスクされていない限り、必ず $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンがローにアサートされます。このピンは、以下のいずれかの動作が実行されるまでローにアサートされたままになります。すなわち、CLEAR\_FAULTS コマンドを発行する、フォルト・ビットに1を書き込む、バイアス電源を一度オフにして再度オンにする、MFR\_RESET コマンドを発行する、RUNn ピンを一度オフにして再度オンにする、PMBusを介してデバイスの電源を再投入する、アラート応答アドレス(ARA)コマンド動作を実行する、のいずれかです。MFR\_FAULT\_PROPAGATE コマンドは、フォルト検出時に $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンをローにするかどうかを決定します。

出力および入力フォルト・イベントの処理は、表17～表21に規定されているように、対応するフォルト応答バイトによって制御されます。これらのタイプのフォルトによるシャットダウンからの回復は、自律型またはラッチ型のどちらかとすることができます。自律型の回復ではフォルトがラッチされないため、再試行間隔経過後にフォルトが解消されている場合は、新しいソフトスタートが試みられます。

フォルトが解消されていない場合、コントローラは再試行を繰り返します。再試行間隔はMFR\_RETRY\_DELAY コマンドによって指定され、フォルト状態自体が破壊的な影響を及ぼすものでない場合に、電源の入れ直しを繰り返すことによってレギュレータ部品が損傷してしまうのを防止します。MFR\_RETRY\_DELAYは120msより長くなければなりません。83.88秒を超える値にすることはできません。

### ステータス・レジスタと $\overline{\text{ALERT}}$ のマスキング

PMBus コマンドによってアクセス可能なLTM4682の内部ステータス・レジスタの概要を図5に示します。これらには、様々なフォルト、警告、その他の重要な動作状態の表示が含まれています。図に示すように、STATUS\_BYTE コマンドとSTATUS\_WORD コマンドは他のステータス・レジスタの内容の概要も示します。具体的な情報についてはPMBus コマンドの詳細のセクションを参照してください。

このSTATUS\_BYTEのNONE OF THE ABOVEビットは、STATUS\_WORDの最上位ニブルのビットも1つ以上セットされていることを示します。

一般に、STATUS\_xレジスタのいずれかのビットがアサートされると、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンもローになります。 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ は、一度セットされると、次のいずれかが発生するまでローのままになります。

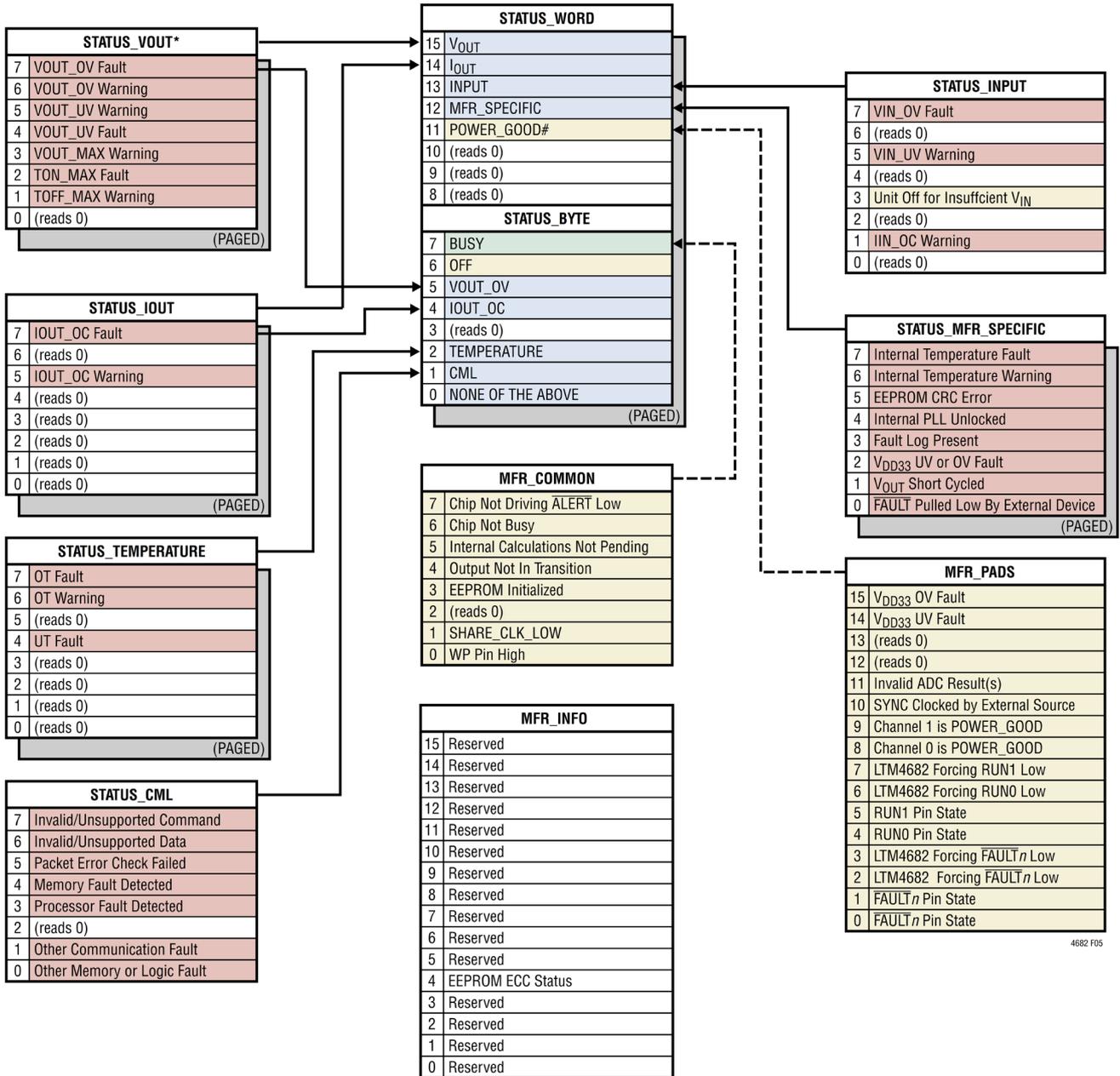
- CLEAR\_FAULTSまたはMFR\_RESETコマンドを発行する
- 関連するステータス・ビットに1が書き込まれる
- フォルト発生チャンネルがコマンドにより正常にオフされ、再度オンされる
- LTM4682がPMBusのARAによってそのアドレスを正常に送信する
- バイアス電源を一度オフにして再度オンにする

いくつかの例外を除き、SMBALERT\_MASK コマンドを使用すれば、LTM4682がこれらのレジスタ内のビットに対してビット単位で $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ をアサートしないようにすることができます。これらのマスク設定は、ステータス・ビット自体と同じ方法でSTATUS\_WORDとSTATUS\_BYTEにも適用されます。例えば、チャンネルnのSTATUS\_VOUT内のすべてのビットについて $\bar{c}$ がマスクされている場合は、ページnのSTATUS\_WORD内のVOUTビットについても $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ がマスクされます。STATUS\_BYTEにBUSYビットがある場合も $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ がローにアサートされます。これはマスクできません。このビットは、PMBus通信との様々な内部的相互作用の結果としてセットされることがあります。このフォルトが発生するのは、1つまたは両方のチャンネルがイネーブルされた状態で安全に実行できないコマンドを受け取った場合です。アプリケーション情報のセクションで説明するように、BUSYフォルトは、いくつかのコマンドを実行する前にMFR\_COMMONをポーリングすることによって回避できます。

マスクされたフォルトがパワーアップ直後に発生した場合は、プログラムされたすべてのマスク情報をEEPROMから読み出すだけの時間がないために、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ がローになってしまうことがあります。

図に示すように、MFR\_COMMONとMFR\_PADSに格納されているステータス情報を使ってSTATUS\_BYTEまたはSTATUS\_WORDの内容をデバッグしたり明らかにしたりすることができますが、これらのレジスタの内容は $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンの状態には影響せず、通常はSTATUS\_BYTEやSTATUS\_WORD内のビットに直接影響することはありません。

動作



| DESCRIPTION                    | MASKABLE | GENERATES ALERT | BIT CLEARABLE |
|--------------------------------|----------|-----------------|---------------|
| General Fault or Warning Event | Yes      | Yes             | Yes           |
| General Non-Maskable Event     | No       | Yes             | Yes           |
| Dynamic                        | No       | No              | No            |
| Status Derived from Other Bits | No       | Not Directly    | No            |

図 5. LTM4682 の各コントローラの状態レジスタの概要

## 動作

### FAULT<sub>n</sub>ピンへのフォルトのマッピング

FAULT<sub>n</sub>ピンを互いに接続すれば、チャンネル間(複数のLTM4682のチャンネルを含む)でフォルトの依存関係を作り出すことができます。内部フォルトが発生した場合は、1つ以上のチャンネルが、バス状に接続されたFAULT<sub>n</sub>ピンをローにするように設定されます。更に他のチャンネルは、FAULT<sub>n</sub>ピンがローになるとシャットダウンされるように設定されます。自律的なグループ再試行の場合で、当初のフォルトが解消されている場合、フォルト発生チャンネルは、再試行間隔経過後にFAULT<sub>n</sub>ピンを解放するように設定されます。その後、グループ内のすべてのチャンネルがソフトスタート・シーケンスを開始します。フォルト応答がLATCH<sub>OFF</sub>の場合は、RUN<sub>n</sub>ピンが一度オフにして再度オンにされるか、デバイスの再起動がコマンドで指定されるまで、FAULT<sub>n</sub>ピンはローにアサートされたままになります。RUN<sub>n</sub>ピンの再セットは、ピンによる場合でもOFF/ONコマンドによる場合でも、そのチャンネルに関連するフォルトがクリアされます。RUN<sub>n</sub>ピンを再セットしたときにすべてのフォルトがクリアされていることが望ましい場合は、MFR\_CONFIG<sub>ALL</sub>のビット0を1に設定します。

すべてのフォルトおよび警告のステータスの概要は、STATUS\_WORDコマンドとSTATUS\_BYTEコマンドで示されます。

追加のフォルト検出および処理機能としては、パワーグッド・ピンとCRC保護があります。

### パワー・グッド・ピン

LTM4682のPGOOD<sub>n</sub>ピンは、内部MOSFETのオープンドレインに接続されています。チャンネルの出力電圧がそのチャンネルのUVおよびOV電圧閾値範囲内に入っていない場合は、MOSFETがオンになってPGOOD<sub>n</sub>ピンをローにします。TON\_DELAYとTON\_RISEのシーケンシング時には、PGOOD<sub>n</sub>ピンがローに保持されます。PGOOD<sub>n</sub>ピンは、それぞれのRUN<sub>n</sub>ピンがローになった場合にもローになります。PGOOD<sub>n</sub>ピンの応答は、内部100μsデジタル・フィルタによってデグリッチされます。PGOOD<sub>n</sub>ピンとPGOODステータスは、最大10μsの通信遅延が原因で異なることがあります。

### CRC保護

NVMメモリの完全性は、パワーオン・リセット後に検査されます。CRCエラーがある場合は、コントローラが非アクティブ状態のままになります。CRCエラーが発生すると、STATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更にSTATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの該当ビットがセットされて、ALERT<sub>mn</sub>ピンがローになります。コン

トローラに必要な設定を書き込んで、STORE\_USER\_ALLコマンドを実行してからCLEAR\_FAULTSコマンドを実行することによって、NVMの修復を試みるすることができます。

LTM4682のNVMのマニファクチャリング・セクションはミラーリングされます。両方のコピーが壊れてしまった場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのNVM CRC Faultビットがセットされます。CLEAR\_FAULTSを発行するか、このビットに1を書き込むことによってクリアした後も、このビットがセットされたままの場合は、回復不能な内部フォルトが発生しています。この場合は、その特定デバイスに関連する両方の出力電源レールをディスエーブルするよう警告が生成されます。マニファクチャリング・セクションで発生したNVMフォルトを現場で修復する方法はありません。

### シリアル・インターフェース

LTM4682のシリアル・インターフェースはPMBus準拠のスレーブ・デバイスであり、10kHzから400kHzまでの任意の周波数で動作させることができます。アドレスはNVMまたは外付け抵抗を使って設定できます。更に、LTM4682はグローバル・ブロードキャスト・アドレスである0x5A(7ビット)または0x5B(7ビット)に対して常に応答します。

シリアル・インターフェースは、PMBus仕様に規定された以下のプロトコルをサポートしています。すなわち、1)コマンド送信、2)バイト書込み、3)ワード書込み、4)グループ、5)バイト読出し、6)ワード読出し、7)ブロック読出し、8)ブロック書込みです。PMBus マスタ・デバイスが要求した場合、すべての読出し動作は有効なPECを返します。MFR\_CONFIG<sub>ALL</sub>コマンドのPEC\_REQUIREDビットをセットした場合は、LTM4682が有効なPECを受け取るまでPMBus書込み動作は実行されません。

### 通信保護

PEC書込みエラー(PEC\_REQUIREDがアクティブな場合)、サポートされていないコマンドへのアクセス、またはサポートされているコマンドへの無効なデータの書込みは、CMLフォルトを発生させます。この場合はSTATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更にSTATUS\_CMLコマンドの該当ビットがセットされて、ALERT<sub>mn</sub>ピンがローになります。

### デバイスのアドレス指定

PMBusインターフェースを介したLTM4682のアドレス指定には次の4種類があります。1)グローバル・アドレス指定、2)デバイス・アドレス指定、3)レール・アドレス指定、4)アラート応答アドレス(ARA)です。

## 動作

グローバル・アドレス指定は、PMBus マスタ・デバイスがバス上のすべての LTM4682 デバイスのアドレスを指定する手段を提供します。LTM4682 のグローバル・アドレスは、0x5A (7ビット) または 0xB4 (8ビット) に固定されており、ディスエーブルすることはできません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGE の値を 0xFF に設定した場合と同じ働きをします。送信されたコマンドは両方のチャンネルに同時に書き込まれます。グローバル・コマンド 0x5B (7ビット) または 0xB6 (8ビット) はページ指定され、バス上にあるすべての LTM4682 デバイスについてチャンネルごとにコマンドを実行することができます。その他のアナログ・デバイス製のデバイスは、これらのグローバル・アドレスの一方または両方に応答できません。グローバル・アドレスからの読出しは行わないことを強く推奨します。

デバイス・アドレス指定は、PMBus マスタ・デバイスが LTM4682 の単一インスタンスと通信する場合の標準的な手段を提供します。デバイス・アドレスの値は、ASEL<sub>nn</sub> の設定ピンと MFR\_ADDRESS コマンドの組み合わせによって設定します。このアドレス指定方法を使用する場合は、PAGE コマンドが対象のチャンネルを決定します。デバイスのアドレス指定は、MFR\_ADDRESS に 0x80 を書き込むことによってディスエーブルできます。

レール・アドレス指定は、バス・メイン・デバイスが、相互接続されたすべてのチャンネルと同時に通信して単一出力電圧を生成する方法を提供します (PolyPhase)。これはグローバル・アドレス指定と似ていますが、ページ指定された MFR\_RAIL\_ADDRESS コマンドをレール・アドレスに動的に割り当てることができるので、信頼できるシステム制御で必要になる可能性があるチャンネルの論理的グループ分けが可能です。レール・アドレスからの読出しも、行わないことを強く推奨します。

以上4つの PMBus アドレス指定方法は、アドレスの競合を防ぐために、しっかりとした計画に基づいて適用する必要があります。グローバル・アドレスおよびレール・アドレスでの LTM4682 デバイスとの通信は、コマンド書き込み動作だけに限定してください。

### V<sub>OUT</sub> と I<sub>IN</sub>/I<sub>OUT</sub> のフォルトに対する応答

V<sub>OUT</sub> の OV 状態と UV 状態は、コンパレータによってモニタされます。OV と UV の制限値は次の3つの方法で設定できます。

- 抵抗設定ピンを使用する場合は V<sub>OUT</sub> のパーセント値として設定
- 出荷時または GUI を介してプログラムする場合は NVM で設定

### ■ PMBus コマンドで設定

I<sub>IN</sub> と I<sub>OUT</sub> の過電流モニタは ADC 値の読出しと計算によって行います。したがって、これらの値は平均電流に基づくものであり、最大で t<sub>CONVERT</sub> の遅延が生じることがあります。I<sub>OUT</sub> の計算時では、DCR とその温度係数を考慮します。入力電流は、R<sub>SENSEn</sub> 抵抗にかかる電圧の測定値を、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN コマンドで設定した抵抗値で割った値に等しくなります。この入力電流計算値が IN\_OC\_WARN\_LIMIT を超えると、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$  ピンがローになって、STATUS\_INPUT コマンドの IIN\_OC\_WARN ビットがアサートされます。

LTM4682 内部のデジタル・プロセッサは、フォルトを無視する機能、シャットダウンしてラッチ・オフする機能、またはシャットダウンして無期限に再試行する機能 (ヒカップ機能) を備えています。再試行間隔は MFR\_RETRY\_DELAY で設定され、120ms から 83.88 秒まで 10 $\mu$ s 刻みで設定できます。OV/UV および OC 時に行うシャットダウンは、直ちに実行することも、選択可能なデグリッチ時間の経過後に実行することも可能です。

### 出力過電圧フォルト応答

プログラマブルな過電圧 (OV) コンパレータは、出力の過渡的なオーバーシュートや長期的な過電圧からデバイスを保護します。このような場合は上側 MOSFET がオフになり、下側 MOSFET がオンになります。ただし、デバイスが OV フォルト状態の間は逆方向出力電流がモニタされます。この電流が制限値に達すると、上側 MOSFET と下側 MOSFET の両方がオフになります。上側および下側 MOSFET は、PMBus の VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE コマンドのバイト値に関係なく、過電圧状態が解消されるまで、その状態を保持します。このハードウェア・レベルのフォルト応答遅延時間は、過電圧状態になってから BG がハイにアサートされるまでの 2 $\mu$ s (代表値) です。VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE コマンドを使用すると、次のいずれかの動作を選択できます。

- OV プルダウンのみ (OV は無視できない)
- 直ちにシャットダウン (スイッチング停止) — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAY で指定した間隔で無期限に再試行

ラッチ・オフまたは再試行のいずれのフォルト応答でも、(0~7)・10 $\mu$ s 刻みの長さでデグリッチできます。表 17 を参照してください。

## 動作

### 出力低電圧応答

低電圧コンパレータ出力に対する応答は、以下のいずれかとすることができます。

- 無視
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

UV 応答はデグリッチできます。表18を参照してください。

### ピーク出力過電流フォルト応答

電流モード制御アルゴリズムにより、インダクタを流れるピーク出力電流は常にサイクル単位で制限されます。ピーク電流制限の値は電気的特性の表に仕様規定されています。電流制限回路は、COMPnの最大電圧を制限することによって動作します。内部DCR検出方式を使用しているため、COMPnの最大電圧には温度依存性があり、インダクタのDCRのTCに正比例します。LTM4682は外部温度センサーを自動的にモニタし、COMPnの最大許容値を変更してこの項を補償します。I<sub>OUT</sub>を制限するためのデータ点を、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITのセクションに示します。IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを参照してください。

過電流フォルト処理回路は以下の動作を実行できます。

- 電流を無期限に制限
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

過電流応答は、(0~7)・16ms刻みでデグリッチできます。表19を参照してください。

### タイミング・フォルトに対する応答

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは、起動時にV<sub>OUT</sub>が立ち上がって安定するまでに許容される時間です。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの条件は、出力のソフトスタート・シーケンス中にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITが検出されることを前提にしています。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの時間計測は、TON\_DELAYが経過してソフトスタート・シーケンスが始まったときに開始されます。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの

分解能は10μsです。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITで指定される時間以内にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達しない場合、このフォルトの応答はTON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEコマンドの値によって決まります。この応答は以下のいずれかです。

- 電流を無期限に制限
- 直ちにシャットダウン(スイッチング停止) — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

このフォルト応答はデグリッチされません。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの値を0にするということは、フォルトを無視することを意味します。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITはTON\_RISEより長い時間に設定する必要があります。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは常に0以外の値に設定することを推奨します。そうしないと出力電圧が上昇せず、何のフラグもセットされなくなることがあります。表21を参照してください。

### V<sub>IN</sub> OVフォルトに対する応答

V<sub>IN</sub>の過電圧はADCで測定します。この応答は、ADCの応答時間(代表値100ms)によって自然にデグリッチされます。フォルト応答には以下のものが含まれます。

- 電流を無期限に制限
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。表21を参照してください。

### OT/UTフォルトに対する応答

#### 内部過熱フォルト応答

内部温度センサーがNVMを損傷から保護します。85°Cを超える温度でのNVMへの書込みは推奨しません。130°Cより高い温度は内部過熱警告閾値を超えているので、デバイスはNVMをディスエーブルして、温度が125°Cに低下するまで再度イネーブルすることはありません。ダイ温度が160°Cを超えると内部温度フォルト応答が有効になり、ダイ温度が150°C未満に低下するまでPWMは無効になります。温度はADCにより測定されます。内部温度フォルトを無視することはできません。また、内部温度制限値は調整できません。表20を参照してください。

## 動作

### 過熱フォルトと低温フォルトの応答

各チャンネルのインダクタやパワー MOSFETなどの重要回路素子の温度検出には、4個の内部温度センサーが使われます。適切な応答の決定には、過熱状態に対してはOT\_FAULT\_RESPONSE コマンドを、低温状態に対してはUT\_FAULT\_RESPONSE コマンドを、それぞれ使用します。外付けの検出素子を使用しない場合は(非推奨)、UT\_FAULT\_RESPONSE を「無視」に設定してUT\_FAULT\_LIMIT を275°Cに設定します。フォルト応答は以下のようになります。

- 無視
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAY で指定した間隔で無期限に再試行。表21を参照してください。

### ピーク出力過電流フォルト応答

入力過電流と出力低電流はADCで測定します。フォルト応答は以下のとおりです。

- 電流を無期限に制限
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAY で指定した間隔で無期限に再試行。

### 外部フォルトに対する応答

いずれかの $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンがローになると、STATUS\_WORD コマンドのOTHERビットとSTATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドの該当ビットがセットされて、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンがローになります。応答はデグリッチされません。各チャンネルについて、MFR\_FAULT\_RESPONSE コマンドを変更することにより、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンがローになった場合の応答として、これを無視するか、あるいはシャットダウンしてから再試行するように設定できます。 $\overline{\text{FAULT}}_n$ がローになったときに $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンがローにアサートされないようにするには、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット1をアサートするか、SMBALERT\_MASK コマンドを使用して $\overline{\text{ALERT}}$ をマスクします。

### フォルト・ログ記録

LTM4682はフォルト・ログ機能を備えています。データは表23に示す順でメモリに記録され、RAM内の常時更新されるバッファに格納されます。フォルト・イベントが発生すると、フォルト・ログ・バッファがRAMのバッファからNVMにコピーされます。フォルト・ログへの記録は85°Cを超える温度でも可能ですが、10年間のデータ保持期間は確保されません。ダイ温度が130°Cを超えると、フォルト・ログはダイ温度が125°C未満に低下するまで遅延されます。フォルト・ログ・データは、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドが発行されるまでNVM内に残ります。このコマンドを発行すると、フォルト・ログ機能が再度イネーブルされます。フォルト・ログを再度イネーブルする前に、フォルトが存在しないこと、およびCLEAR\_FAULTS コマンドが発行済みであることを確認してください。

LTM4682は、起動時またはリセット終了時にNVMをチェックして、有効なフォルト・ログの有無を確認します。NVM内に有効なフォルト・ログが存在する場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドのValid Fault Logビットがセットされて、 $\overline{\text{ALERT}}$ イベントが生成されます。また、フォルトのロギングはLTM4682がMFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドを受け取るまで中断され、その後再度有効になります。

いずれかのチャンネルのコントローラをディスエーブルするフォルトが発生した場合は、EEPROMに情報が格納されます。 $\overline{\text{FAULT}}_n$ を外部からローにした場合、フォルト・ログ・イベントはトリガされません。

### バスのタイムアウト保護

シリアル・インターフェースのフォルトが解消されない状況を防ぐために、LTM4682はタイムアウト機能を実装しています。データ・パケット・タイマーは、デバイス・アドレス書込みバイト前の最初のSTARTイベントから開始されます。データ・パケット情報は30ms以内に完了させる必要があります。この時間を超えると、LTM4682はバスをスリーステートにして、与えられたデータ・パケットを無視します。時間を延長する必要がある場合は、MFR\_CONFIG\_ALLのビット3をアサートして、バス・タイムアウト値を255ms(代表値)にします。データ・パケットの情報には、デバイス・アドレスのバイト書込み、コマンド・バイト、反復スタート・イベント(読出し動作の場合)、デバイス・アドレスのバイト読出し(読出し動作の場合)、すべてのデータ・バイト、およびPECバイト(該当する場合)が含まれます。

LTM4682では、ブロック読出しデータ・パケットに対するPMBusタイムアウトを延長できます。このタイムアウトはブロック読出しの長さに比例しますブロック読出しの追加のタ

## 動作

イムアウトは、主にMFR\_FAULT\_LOGコマンドに適用されます。タイムアウト時間のデフォルト値は32msです。

シリアル・バス・インターフェースを共有するすべてのデバイス間でデータ・パケット伝送を効率的に行うために、クロック・レートはできるだけ速い値を使用することを推奨します。LTM4682は、PMBus周波数範囲である10kHz～400kHzの全域をサポートしています。

### PMBus、SMBus、I<sup>2</sup>Cの2線式インターフェースにおける類似性

PMBus 2線式インターフェースはSMBusの拡張版です。SMBusはI<sup>2</sup>Cを基本に構築されたもので、タイミング、DCパラメータ、プロトコルが少し異なっています。PMBus/SMBusプロトコルは、持続的なバス・エラーを防ぐタイムアウト機能と、データの完全性を確保するオプションのパケット・エラー・チェック(PEC)機能を備えているので、単純なI<sup>2</sup>Cバイト・コマンドより信頼性が向上しています。一般に、I<sup>2</sup>C通信用に設定が可能なメイン・デバイスは、そのままのハードウェアやファームウェア、もしくはごくわずかな変更を加えるだけでPMBus通信にも使用することができます。I<sup>2</sup>Cコントローラの中には反復スタート(リスタート)をサポートしていないものもありますが、SMBus/PMBusの読出しには反復スタートが必要です。汎用I<sup>2</sup>Cコントローラを使用する場合は、反復スタートをサポートしていることを確認してください。

LTM4682はSMBusクロックの最高速度である100kHzをサポートしており、MFR\_COMMONのポーリングまたはクロック・ストレッチングを有効にした場合は、より高速のPMBus仕様(100kHz～400kHz)にも対応できます。信頼性の高い通信と動作については、[PMBusコマンドの概要](#)のセクションにある注記のセクションを参照してください。クロック・ストレッチングは、MFR\_CONFIG\_ALLのビット1をアサートすることによって有効になります。

PMBusに適用されるSMBusの軽微な拡張と例外の説明については、PMBus Specification Part 1 Revision 1.2: Paragraph 5: Transportを参照してください。また、SMBusとI<sup>2</sup>Cの相違については、System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0: Appendix B - Differences Between SMBus and I<sup>2</sup>Cを参照してください。

### PMBus シリアル・デジタル・インターフェース

LTM4682は、標準のPMBusシリアル・バス・インターフェースを使ってホスト(マスタ)デバイスと通信します。PMBusのタイミング図(図6)にバス上の信号のタイミング関係を示しています。バスを使用していないときは、2本のバス・ライン(SDAとSCL)をハイにする必要があります。これらのライ

ンには、外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。LTM4682はスレーブ・デバイスです。マスタ・デバイスは、以下のフォーマットでLTM4682と通信できます。

- メイン・トランスミッタ、従属レシーバー
- メイン・レシーバー、従属トランスミッタ

以下のPMBusプロトコルがサポートされています。

- バイト書込み、ワード書込み、バイト送信
- バイト読出し、ワード読出し、ブロック読出し、ブロック書込み
- アラート応答アドレス

前述のPMBusプロトコルを図7～図24に示します。すべてのトランザクションはPECおよびGCP(グループ・コマンド・プロトコル)をサポートしています。ブロック読出しは255バイトの戻りデータに対応しています。したがって、フォルト・ログの読出し時にはPMBusのタイムアウトを延長できます。

このセクションに示すプロトコル図の主要要素を図7に示します。PECはオプションです。図7～図24のフィールドの下に示す値は、そのフィールドに必須の値です。

PMBusが実装しているデータ・フォーマットは次のとおりです。

- メイン・トランスミッタが従属レシーバーに送信。この場合、伝送方向は変わりません。
- 最初のバイトの直後にメイン・デバイスが従属デバイスから読出し。最初のアクノレッジ(スレーブ・レシーバーによる)の時点で、マスタ・トランスミッタがマスタ・レシーバーになり、スレーブ・レシーバーがスレーブ・トランスミッタになります。
- 複合フォーマット。メイン・デバイスは、伝送中の方向転換時にスタート条件と従属デバイスのアドレスの両方を繰り返しますが、その際にR/Wビットを反転させます。この場合、メイン・レシーバーは、伝送の最後のバイトに対してNACKを生成しストップ条件を生成して伝送を終了します。

凡例については図7を参照してください。

信頼性の高いシステム通信を実現するために、ハンドシェイク機能が組み込まれています。詳細については、[アプリケーション情報のセクションのPMBus通信とコマンド処理](#)のサブセクションを参照してください。

## 動作

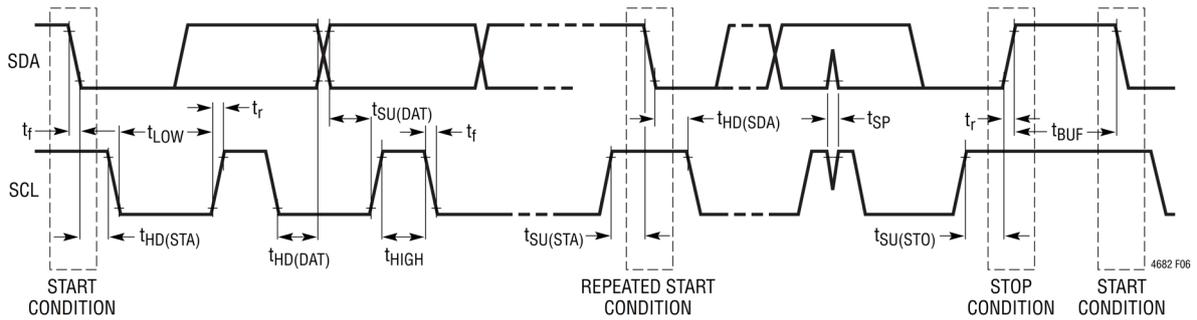


図 6. PMBus のタイミング図

表 6. サポートしているデータ・フォーマットを表す略号

|     | PMBus               |                         | ADI TERMINOLOGY | DEFINITION  | EXAMPLE  |
|-----|---------------------|-------------------------|-----------------|---|--|
|     | TERMINOLOGY         | SPECIFICATION REFERENCE |                 |   |  |
| L11 | Linear              | Part II ¶7.1            | Linear_5s_11s   | Floating point 16-bit data: value = $Y \cdot 2^N$ , where $N = b[15:11]$ and $Y = b[10:0]$ , both two's complement binary integers. | $b[15:0] = 0x9807 = 10011\_000\_0000\_0111$<br>value = $7 \cdot 2^{-13} = 854E^{-6}$ |
| L16 | Linear<br>VOUT_MODE | Part II ¶8.2            | Linear_16u      | Floating point 16-bit data: value = $Y \cdot 2^{-12}$ , where $Y = b[15:0]$ , an unsigned integer.                                  | $b[15:0] = 0x4C00 = 0100\_1100\_0000\_0000$<br>value = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$  |
| CF  | DIRECT              | Part II ¶7.2            | Varies          | 16-bit data with a custom format defined in the PMBus Command Details section.  | Often an unsigned or two's complement integer.                                       |
| Reg | Register Bits       | Part II ¶10.3           | Reg             | Per-bit meaning defined in the PMBus Command Details section.   | PMBus STATUS_BYTE command.   |
| ASC | Text Characters     | Part II ¶22.2.1         | ASCII           | ISO/IEC 8859-1 [A05]  | LTC (0x4C5443)   |

## 動作

図7～図24: PMBus プロトコル

- S START CONDITION
  - Sr REPEATED START CONDITION
  - Rd READ (BIT VALUE OF 1)
  - Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)
  - A ACKNOWLEDGE (THIS BIT POSITION MAY BE 0 FOR AN ACK OR 1 FOR A NACK)
  - P STOP CONDITION
  - PEC PACKET ERROR CODE
  - MAIN TO SUBORDINATE
  - SUBORDINATE TO MAIN
  - ... CONTINUATION OF PROTOCOL
- 4682 F07

図7. PMBus パケット・プロトコル図の主要素



図8. クイック・コマンド・プロトコル

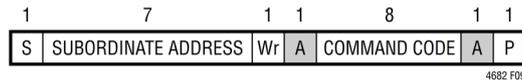


図9. バイト送信プロトコル

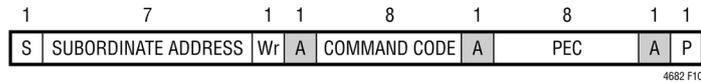


図10. PEC 付きバイト送信プロトコル

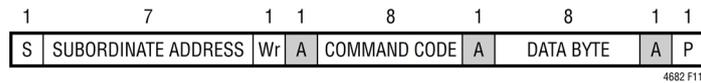


図11. バイト書込みプロトコル

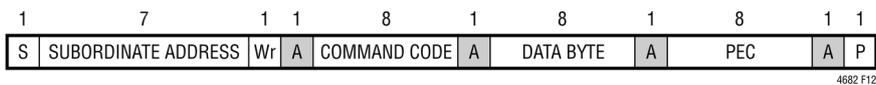


図12. PEC 付きバイト書込みプロトコル

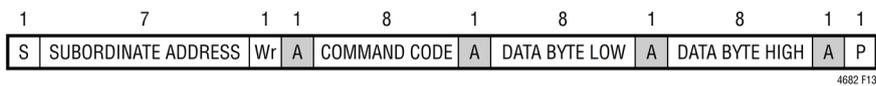


図13. ワード書込みプロトコル

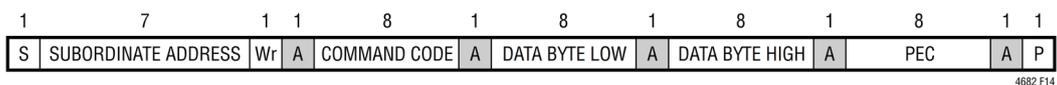


図14. PEC 付きワード書込みプロトコル

動作

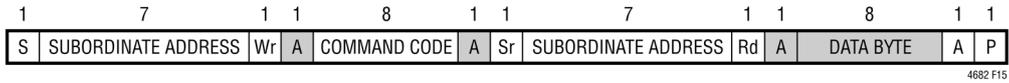


図 15. バイト読出しプロトコル

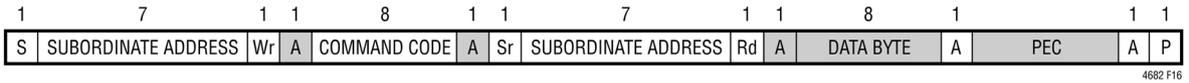


図 16. PEC 付きバイト読出しプロトコル

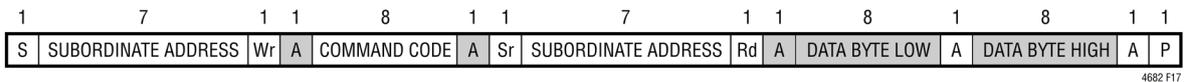


図 17. ワード読出しプロトコル



図 18. PEC 付きワード読出しプロトコル

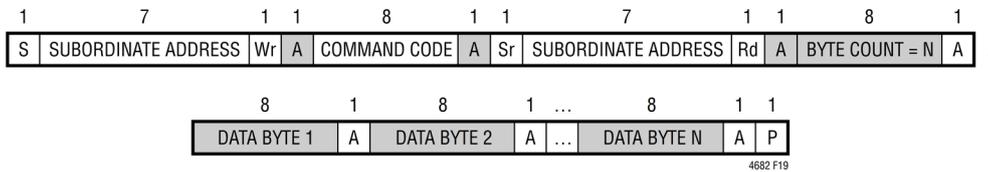


図 19. ブロック読出しプロトコル

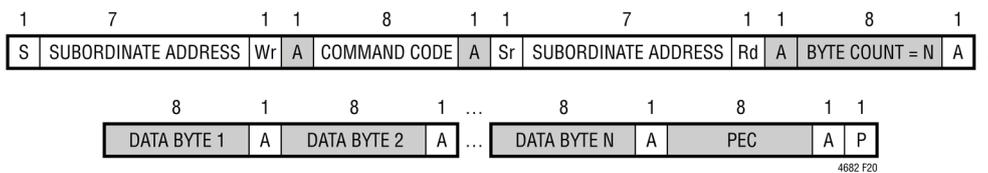


図 20. PEC 付きブロック読出しプロトコル

動作

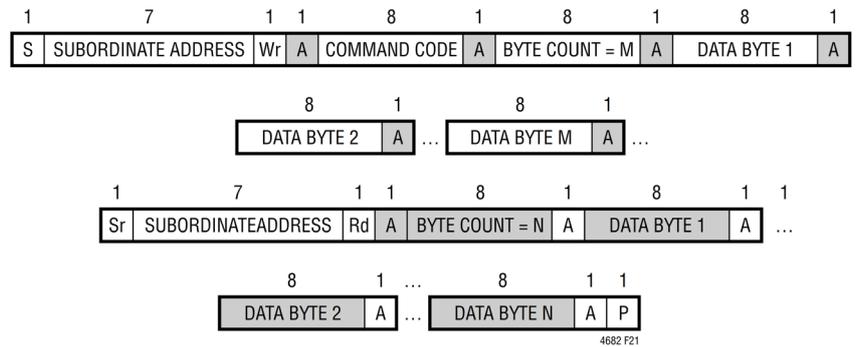


図 21. ブロック書き込み - ブロック読出しプロセス呼び出し

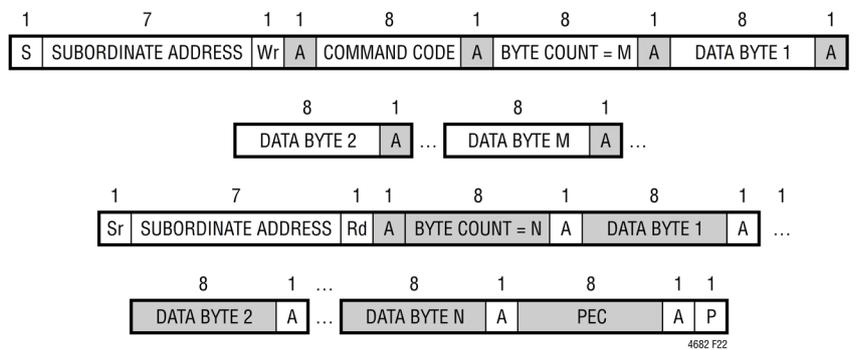


図 22. ブロック書き込み - PEC 付きブロック読出しプロセス呼び出し

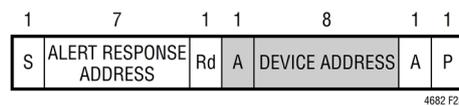


図 23. アラート応答アドレス・プロトコル

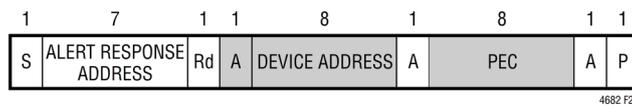


図 24. PEC 付きアラート応答アドレス・プロトコル

## PMBus コマンドの概要

### PMBus コマンド

表7は、サポートしているPMBusコマンドとメーカー固有コマンドの一覧です。これらのコマンドの詳細な説明は、PMBus Power System Management Protocol Specification – Part II – Revision 1.2に記載されています。できるだけこの仕様を参照してください。例外やメーカー固有の実装を表7に示します。「デフォルト値」の列に記載されている浮動小数値は、16ビット符号付きリニア・フォーマット(前述PMBus文書のセクション8.3.1)またはLinear\_5s\_11sフォーマット(同セクション7.1)のうち、そのコマンドに該当する方が使われます。0xD0から0xFFまでのコマンドで表7に記載されていないものがある場合、それらはすべてメーカーによって予約されていることを暗黙に示しています。これらのコマンド範囲内では、デバイスの望ましくない動作を回避するためにブラインド書き込みを行わないようにする必要があります。0x00から0xCFまでのコマンドで表7に記載されていないものがあ

る場合、それらはすべてメーカーによるサポートがないことを暗黙に示しています。サポート対象外のコマンドや予約済みのコマンドにアクセスしようとする、CMLコマンド・フォルトとなる可能性があります。出力電圧のすべての設定値と測定値は、VOUT\_MODE = 0x14の設定に基づいています。これは、指数で言うと $2^{-12}$ に相当します。

PMBusコマンドの受信に処理が追いつかなくなると、デバイスがビジー状態となって新たなコマンドを処理できなくなることがあります。この場合、デバイスは、PMBus Specification v1.2, Part II, Section 10.8.7に規定されたプロトコルに従って、ビジー状態であることを伝えます。このデバイスは、ビジー・エラーをなくしてエラー処理ソフトウェアを簡素化し、信頼性の高い通信とシステム動作を確保するためのハンドシェイク機能を備えています。詳細については、[アプリケーション情報のセクションのPMBus通信とコマンド処理](#)のサブセクションを参照してください。

表7. PMBus コマンドの概要 (注: データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載)

| コマンド名            | コマンド・コード | 説明                                   | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値            | 参照ページ |
|------------------|----------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|----|-----|-------------------|-------|
| PAGE             | 0x00     | 複数ページPMBusデバイスとの統合化を行います。            | R/W Byte  | N     | Reg        |    |     | 0x00              | 81    |
| OPERATION        | 0x01     | 動作モードの制御。オン/オフ、上側マージン設定、下側マージン設定。    | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x80              | 85    |
| ON_OFF_CONFIG    | 0x02     | RUNピンおよびPMBusバスのオン/オフコマンドの設定値。       | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x1E              | 85    |
| CLEAR_FAULTS     | 0x03     | セットされたフォルト・ビットをクリア。                  | Send Byte | N     |            |    |     | NA                | 110   |
| PAGE_PLUS_WRITE  | 0x05     | 指定ページにコマンドを直接書き込み。                   | W Block   | N     |            |    |     |                   | 81    |
| PAGE_PLUS_READ   | 0x06     | 指定ページからコマンドを直接読出し。                   | Block R/W | N     |            |    |     |                   | 81    |
| WRITE_PROTECT    | 0x10     | 意図せぬ変更を防ぐためにデバイスが提供する保護レベル。          | R/W Byte  | N     | Reg        |    | Y   | 0x00              | 82    |
| STORE_USER_ALL   | 0x15     | ユーザの動作メモリの内容をEEPROMに格納。              | Send Byte | N     |            |    |     | NA                | 120   |
| RESTORE_USER_ALL | 0x16     | ユーザの動作メモリの内容をEEPROMから復元。             | Send Byte | N     |            |    |     | NA                | 120   |
| CAPABILITY       | 0x19     | このデバイスがサポートしているPMBusオプション通信プロトコルの概要。 | R Byte    | N     | Reg        |    |     | 0xB0              | 109   |
| SMBALERT_MASK    | 0x1B     | ALERT動作をマスク。                         | Block R/W | Y     | Reg        |    | Y   | See CMD           | 110   |
| VOUT_MODE        | 0x20     | 出力電圧のデータ・フォーマットと指数( $2^{-12}$ )。     | R Byte    | Y     | Reg        |    |     | $2^{-12}$<br>0x14 | 91    |
| VOUT_COMMAND     | 0x21     | 公称出力電圧設定値。                           | R/W Word  | Y     | L16        | V  | Y   | 0.75<br>0x0C00    | 92    |
| VOUT_MAX         | 0x24     | VOUT_MARGIN_HIを含む、コマンドで指定した出力電圧の上限値。 | R/W Word  | Y     | L16        | V  | Y   | 1.5<br>0x1800     | 91    |

## PMBus コマンドの概要

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位   | NVM | デフォルト値           | 参照ページ |
|------------------------|----------|---|----------|-------|------------|------|-----|------------------|-------|
| VOUT_MARGIN_HIGH       | 0x25     | 上側マージン出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより大きくする必要があります。 | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.80<br>0x0CCD   | 92    |
| VOUT_MARGIN_LOW        | 0x26     | 下側マージン出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより小さくする必要があります。 | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.70<br>0x0B33   | 92    |
| VOUT_TRANSITION_RATE   | 0x27     | VOUTの新しい値が指定されたときの出力変化率。                  | R/W Word | Y     | L11        | V/ms | Y   | 0.25<br>0xD010   | 98    |
| FREQUENCY_SWITCH       | 0x33     | コントローラのスイッチング周波数。                         | R/W Word | N     | L11        | kHz  | Y   | 575kHz<br>0x023F | 89    |
| VIN_ON (SVIN_XX)       | 0x35     | ユニットが電力変換を開始する入力電圧。                       | R/W Word | N     | L11        | V    | Y   | 4.75<br>0xD130   | 90    |
| VIN_OFF (SVIN_XX)      | 0x36     | ユニットが電力変換を停止する入力電圧。                       | R/W Word | N     | L11        | V    | Y   | 4.5<br>0xD120    | 90    |
| VOUT_OV_FAULT_LIMIT    | 0x40     | 出力過電圧フォルト・リミット。                           | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.85<br>0x0D9A   | 91    |
| VOUT_OV_FAULT_RESPONSE | 0x41     | 出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0xB8             | 100   |
| VOUT_OV_WARN_LIMIT     | 0x42     | 出力過電圧警告リミット。                              | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.825<br>0xD33   | 91    |
| VOUT_UV_WARN_LIMIT     | 0x43     | 出力低電圧警告リミット。                              | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.675<br>0x0ACD  | 92    |
| VOUT_UV_FAULT_LIMIT    | 0x44     | 出力低電圧フォルト・リミット。                           | R/W Word | Y     | L16        | V    | Y   | 0.65<br>0x0A66   | 92    |
| VOUT_UV_FAULT_RESPONSE | 0x45     | 出力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0xB8             | 101   |
| IOUT_OC_FAULT_LIMIT    | 0x46     | 出力過電流フォルト・リミット。                           | R/W Word | Y     | L11        | A    | Y   | 42.00<br>0xE2A0  | 94    |
| IOUT_OC_FAULT_RESPONSE | 0x47     | 出力過電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0x00             | 103   |
| IOUT_OC_WARN_LIMIT     | 0x4A     | 出力過電流警告リミット。                              | R/W Word | Y     | L11        | A    | Y   | 35.0<br>0xE918   | 95    |
| OT_FAULT_LIMIT         | 0x4F     | 外部過熱フォルト・リミット。                            | R/W Word | Y     | L11        | °C   | Y   | 128.0<br>0xF200  | 96    |
| OT_FAULT_RESPONSE      | 0x50     | 外部過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                 | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0xB8             | 105   |
| OT_WARN_LIMIT          | 0x51     | 外部過熱警告リミット。                               | R/W Word | Y     | L11        | °C   | Y   | 125.0<br>0xEBE8  | 96    |
| UT_FAULT_LIMIT         | 0x53     | 外部低温フォルト・リミット。                            | R/W Word | Y     | L11        | °C   | Y   | -45.0<br>0xE530  | 97    |
| UT_FAULT_RESPONSE      | 0x54     | 外部低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                 | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0xB8             | 105   |
| VIN_OV_FAULT_LIMIT     | 0x55     | 入力電源過電圧フォルト・リミット。                         | R/W Word | N     | L11        | V    | Y   | 16.8<br>0xDA1A   | 89    |
| VIN_OV_FAULT_RESPONSE  | 0x56     | 入力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                | R/W Byte | Y     | Reg        |      | Y   | 0x80             | 100   |
| VIN_UV_WARN_LIMIT      | 0x58     | 入力電源低電圧警告リミット。                            | R/W Word | N     | L11        | V    | Y   | 4.65<br>0xD12A   | 90    |
| IIN_OC_WARN_LIMIT      | 0x5D     | 入力電源過電流警告リミット。                            | R/W Word | N     | L11        | A    | Y   | 10.0<br>0xD280   | 95    |

## PMBus コマンドの概要

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明   | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値        | 参照ページ |
|------------------------|----------|--|----------|-------|------------|----|-----|---------------|-------|
| TON_DELAY              | 0x60     | RUNまたはOPERATION(もしくはその両方)がONになってから出力レールがONになるまでの時間。                          | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 0.0<br>0x8000 | 97    |
| TON_RISE               | 0x61     | 出力電圧が上昇し始めてからV <sub>OUT</sub> のコマンド指定値に達するまでの時間。                             | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 3.0<br>0xC300 | 97    |
| TON_MAX_FAULT_LIMIT    | 0x62     | V <sub>OUT</sub> が、TON_RISEの開始からV <sub>OUT_UV_FAULT_LIMIT</sub> を超えるまでの最大時間。 | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 5.0<br>0xCA80 | 98    |
| TON_MAX_FAULT_RESPONSE | 0x63     | TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。  | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8          | 103   |
| TOFF_DELAY             | 0x64     | CONTROLピンまたはOPERATION(もしくはその両方)がOFFになってからTOFF_FALLランプ開始までの時間。                | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 0.0<br>0x8000 | 98    |
| TOFF_FALL              | 0x65     | 出力が低下し始めてから0Vに達するまでの時間。  | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 3.0<br>0xC300 | 98    |
| TOFF_MAX_WARN_LIMIT    | 0x66     | TOFF_FALL完了後にユニットが12.5%未満に減衰するまでの最大許容時間。                                     | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 0<br>0x8000   | 99    |
| STATUS_BYTE            | 0x78     | デバイスのフォルト状態を1バイトに要約したもの。   | R/W Byte | Y     | Reg        |    |     | NA            | 111   |
| STATUS_WORD            | 0x79     | デバイスのフォルト状態を2バイトに要約したもの。   | R/W Word | Y     | Reg        |    |     | NA            | 112   |
| STATUS_VOUT            | 0x7A     | 出力電圧のフォルトと警告のステータス。  | R/W Byte | Y     | Reg        |    |     | NA            | 112   |
| STATUS_IOUT            | 0x7B     | 出力電流のフォルトと警告のステータス。  | R/W Byte | Y     | Reg        |    |     | NA            | 113   |
| STATUS_INPUT           | 0x7C     | 入力電源のフォルトと警告のステータス。  | R/W Byte | N     | Reg        |    |     | NA            | 113   |
| STATUS_TEMPERATURE     | 0x7D     | READ_TEMPERATURE_1の外部温度フォルトおよび警告のステータス。                                      | R/W Byte | Y     | Reg        |    |     | NA            | 114   |
| STATUS_CML             | 0x7E     | 通信およびメモリのフォルトと警告のステータス。  | R/W Byte | N     | Reg        |    |     | NA            | 114   |
| STATUS_MFR_SPECIFIC    | 0x80     | メーカー固有のフォルトと状態の情報。   | R/W Byte | Y     | Reg        |    |     | NA            | 115   |
| READ_VIN               | 0x88     | 測定された入力電源電圧。   | R Word   | N     | L11        | V  |     | NA            | 117   |
| READ_IIN               | 0x89     | 測定された入力電源電流。   | R Word   | N     | L11        | A  |     | NA            | 117   |
| READ_VOUT              | 0x8B     | 測定された出力電圧。   | R Word   | Y     | L16        | V  |     | NA            | 117   |
| READ_IOUT              | 0x8C     | 測定された出力電流。   | R Word   | Y     | L11        | A  |     | NA            | 117   |
| READ_TEMPERATURE_1     | 0x8D     | 外部温度センサーの温度。この値は、IOUT_CAL_GAINを含む全ての温度関連処理に使われます。                            | R Word   | Y     | L11        | °C |     | NA            | 117   |
| READ_TEMPERATURE_2     | 0x8E     | 内部ダイのジャンクション温度。他のコマンドには影響しません。   | R Word   | N     | L11        | °C |     | NA            | 117   |
| READ_FREQUENCY         | 0x95     | 測定されたPWMスイッチング周波数。   | R Word   | Y     | L11        | Hz |     | NA            | 117   |
| READ_POUT              | 0x96     | 測定された出力電力。   | R Word   | Y     | L11        | W  |     | N/A           | 117   |
| READ_PIN               | 0x97     | 入力電力の計算値。  | R Word   | Y     | L11        | W  |     | N/A           | 118   |
| PMBus_REVISION         | 0x98     | このデバイスがサポートしているPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.2です。                                   | R Byte   | N     | Reg        |    |     | 0x22          | 109   |
| MFR_ID                 | 0x99     | LTM4682のメーカーID(ASCII)。   | R String | N     | ASC        |    |     | LTC           | 109   |
| MFR_MODEL              | 0x9A     | メーカー製品番号(ASCII)。   | R String | N     | ASC        |    |     |               | 109   |

## PMBus コマンドの概要

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明  | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値          | 参照ページ |
|------------------------|----------|---|-----------|-------|------------|----|-----|-----------------|-------|
| MFR_VOUT_MAX           | 0xA5     | VOUT_OV_FAULT_LIMITを含む最大許容出力電圧。                         | R Word    | Y     | L16        | V  |     | 1.5<br>0x1800   | 93    |
| MFR_PIN_ACCURACY       | 0xAC     | READ_PIN コマンドの精度を返します。                                  | R Word    | N     | %          |    |     | 5.0%            | 118   |
| USER_DATA_00           | 0xB0     | OEM 指定済み。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。                          | R/W Word  | N     | Reg        |    | Y   | NA              | 109   |
| USER_DATA_01           | 0xB1     | LTpowerPlay用にメーカー指定済み。                                  | R/W Word  | Y     | Reg        |    | Y   | NA              | 109   |
| USER_DATA_02           | 0xB2     | OEM 指定済み。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。                          | R/W Word  | N     | Reg        |    | Y   | NA              | 109   |
| USER_DATA_03           | 0xB3     | ユーザが使用できるNVMワード。  | R/W Word  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x0000          | 109   |
| USER_DATA_04           | 0xB4     | ユーザが使用できるNVMワード。  | R/W Word  | N     | Reg        |    | Y   | 0x0000          | 109   |
| MFR_EE_UNLOCK          | 0xBD     | 弊社にお問い合わせください。  |           |       |            |    |     |                 | 125   |
| MFR_EE_ERASE           | 0xBE     | 弊社にお問い合わせください。  |           |       |            |    |     |                 | 125   |
| MFR_EE_DATA            | 0xBF     | 弊社にお問い合わせください。  |           |       |            |    |     |                 | 125   |
| MFR_CHAN_CONFIG        | 0xD0     | チャンネル固有の設定ビット。  | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x1D            | 83    |
| MFR_CONFIG_ALL         | 0xD1     | 汎用設定ビット。  | R/W Byte  | N     | Reg        |    | Y   | 0x21            | 84    |
| MFR_FAULT_PROPAGATE    | 0xD2     | どのフォルトをFAULTピンに伝搬させるかを決定する設定。                           | R/W Word  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x6993          | 106   |
| MFR_PWM_COMP           | 0xD3     | PWMループ補償設定。   | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x76            | 87    |
| MFR_PWM_MODE           | 0xD4     | PWMエンジンの設定。   | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0xC7            | 86    |
| MFR_FAULT_RESPONSE     | 0xD5     | FAULTピンが外部からローにアサートされたときのデバイスの動作。                       | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0xC0            | 108   |
| MFR_OT_FAULT_RESPONSE  | 0xD6     | 内部過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。                               | R Byte    | N     | Reg        |    |     | 0xC0            | 104   |
| MFR_IOUT_PEAK          | 0xD7     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IOUTの最大測定値をレポートします。          | R Word    | Y     | L11        | A  |     | NA              | 118   |
| MFR_ADC_CONTROL        | 0xD8     | 高速でADCリードバックを繰り返す場合に選択されるADC遠隔測定パラメータ。                  | R/W Byte  | N     | Reg        |    |     | 0x00            | 119   |
| MFR_RETRY_DELAY        | 0xDB     | FAULT再試行モード時の再試行間隔。                                     | R/W Word  | Y     | L11        | ms | Y   | 250.0<br>0xF3E8 | 99    |
| MFR_RESTART_DELAY      | 0xDC     | LTM4682がRUNピンをローに保持する最小時間。                              | R/W Word  | Y     | L11        | ms | Y   | 150.0<br>0xF258 | 99    |
| MFR_VOUT_PEAK          | 0xDD     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VOUTの最大測定値。                  | R Word    | Y     | L16        | V  |     | NA              | 118   |
| MFR_VIN_PEAK           | 0xDE     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VINの最大測定値。                   | R Word    | N     | L11        | V  |     | NA              | 118   |
| MFR_TEMPERATURE_1_PEAK | 0xDF     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での外部温度の測定値(READ_TEMPERATURE_1)の最大値。 | R Word    | Y     | L11        | °C |     | NA              | 118   |
| MFR_READ_IIN_PEAK      | 0xE1     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IINコマンドの最大測定値。               | R Word    | N     | L11        | A  |     | NA              | 118   |
| MFR_CLEAR_PEAKS        | 0xE3     | すべてのピーク値のクリア。   | Send Byte | N     |            |    |     | NA              | 111   |
| MFR_READ_ICHIP         | 0xE4     | SVINピンの測定電源電流値。   | R Word    | N     | L11        | A  |     | NA              | 119   |
| MFR_PADS               | 0xE5     | I/Oパッドのデジタル・ステータス。                                      | R Word    | N     | Reg        |    |     | NA              | 115   |

## PMBus コマンドの概要

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明  | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位         | NVM | デフォルト値                     | 参照ページ |
|------------------------|----------|---|-----------|-------|------------|------------|-----|----------------------------|-------|
| MFR_ADDRESS            | 0xE6     | チャンネル0と1の7ビット <sup>2</sup> Cアドレス・バイトを設定します。 | R/W Byte  | N     | Reg        |            | Y   | 0x4F                       | 83    |
| MFR_ADDRESS            | 0xE6     | チャンネル2と3の7ビット <sup>2</sup> Cアドレス・バイトを設定します。 | R/W Byte  | N     | Reg        |            | Y   | 0x4E                       | 83    |
| MFR_SPECIAL_ID         | 0xE7     | LTM4682とそのリビジョンを表すメーカー・コード。                 | R Word    | N     | Reg        |            |     | 0x418X                     | 109   |
| MFR_IIN_CAL_GAIN       | 0xE8     | 入力電流検出素子の抵抗値 (mΩ)。                          | R/W Word  | N     | L11        | mΩ         | Y   | 2.0<br>0xC200              | 95    |
| MFR_FAULT_LOG_STORE    | 0xEA     | RAMからEEPROMへのフォルト・ログ転送を指示します。               | Send Byte | N     |            |            |     | NA                         | 121   |
| MFR_INFO               | 0x       | 弊社にお問い合わせください。                              |           |       |            |            |     |                            | 125   |
| MFR_IOUT_CAL_GAIN      | 0xDA     | 出荷時に設定。0.36mΩ(代表値)。                         | R Word    | Y     | L11        | mΩ         |     | 0.360<br>Typical<br>0xD017 | 93    |
| MFR_FAULT_LOG_CLEAR    | 0xEC     | フォルト・ログ用として指定済みのEEPROMブロックを初期化します。          | Send Byte | N     |            |            |     | NA                         | 125   |
| MFR_FAULT_LOG          | 0xEE     | フォルト・ログのデータ・バイト。                            | R Block   | N     | Reg        |            | Y   | NA                         | 121   |
| MFR_COMMON             | 0xEF     | 複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。        | R Byte    | N     | Reg        |            |     | NA                         | 116   |
| MFR_COMPARE_USER_ALL   | 0xF0     | 現在のコマンドの内容をNVMと比較します。                       | Send Byte | N     |            |            |     | NA                         | 120   |
| MFR_TEMPERATURE_2_PEAK | 0xF4     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での最大内部ダイ温度。             | R Word    | N     | L11        | °C         |     | NA                         | 119   |
| MMFR_PWM_CONFIG        | 0xF5     | 位相制御を含め、DC/DCコントローラ用の様々なパラメータを設定します。        | R/W Byte  | N     | Reg        |            | Y   | 0x10                       | 88    |
| MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC   | 0xF6     | 電流検出素子の温度係数。                                | R/W Word  | Y     | CF         | ppm/<br>°C | Y   | 3900<br>0x0F3C             | 93    |
| MFR_RVIN_CAL_GAIN      | 0xF7     | V <sub>IN</sub> ピン用フィルタ素子の抵抗値 (mΩ)。         | R/W Word  | N     | L11        | mΩ         | Y   | 1000<br>0x03E8             | 90    |
| MFR_TEMP_1_GAIN        | 0xF8     | 外部温度センサーの勾配を設定します。                          | R/W Word  | Y     | CF         |            | Y   | 0.995<br>0x3FAE            | 96    |
| MFR_TEMP_1_OFFSET      | 0xF9     | -273.1°Cを基準として外部温度センサーのオフセットを設定します。         | R/W Word  | Y     | L11        | °C         | Y   | 0.0<br>0x8000              | 96    |
| MFR_RAIL_ADDRESS       | 0xFA     | PolyPhase出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。          | R/W Byte  | Y     | Reg        |            | Y   | 0x80                       | 83    |
| MFR_REAL_TIME          | 0xFB     | 48ビット共有クロック・カウンタの値。                         | R Block   | N     | CF         |            |     | NA                         | 122   |
| MFR_RESET              | 0xFD     | 電源遮断が不要なコマンドによるリセット。                        | Send Byte | N     |            |            |     | NA                         | 85    |

**Note 1:** NVM列に「Y」と表示されているコマンドは、これらのコマンドがSTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して格納され、RESTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して復元されることを示します。

**Note 2:** デフォルト値がNAのコマンドは「該当しない」ことを示し、デフォルト値がFSのコマンドは「デバイス単位で出荷時に設定」していることを示します。

**Note 3:** LTM4682には表7に記載されていない追加コマンドも含まれています。これらのコマンドを読み出してもICの動作に悪影響はありませんが、その内容と意味は予告なく変更されることがあります。

**Note 4:** 一部の未公開コマンドは読み出し専用で、書き込みを行うとCMLビット6のフォルトが発生します。

**Note 5:** 表7で公開されていないコマンドへ書き込みを行うことはできません。

**Note 6:** コマンド名に基づいて異なるデバイスとのコマンドの互換性を判断しないようにしてください。コマンド機能の詳細な定義については、必ず、メーカーが提供する各デバイスのデータシートを参照してください。アナログ・デバイセズのすべてのデバイス間でコマンドの機能に互換性を持たせるようアナログ・デバイセズは努めています。製品の具体的な条件によって違いが生じる場合があります。

## PMBus コマンドの概要

表8. データ・フォーマットの略号

|     |               |  |
|-----|---------------|--|
| L11 | Linear_5s_11s | PMBus data field b[15:0]<br>Value = $Y \cdot 2^N$<br>where N = b[15:11] is a 5-bit two's complement integer and Y = b[10:0] is an 11-bit two's complement integer.<br>Example:<br>For b[15:0] = 0x9807 = 'b10011_000_0000_0111<br>Value = $7 \cdot 2^{-13} = 854 \cdot 10^{-6}$<br>From PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1                  |
| L16 | Linear_16u    | PMBus data field b[15:0]<br>Value = $Y \cdot 2^N$<br>where Y = b[15:0] is an unsigned integer and N = VOUT_MODE_PARAMETER is a 5-bit two's complement exponent that is hardwired to -12 decimal<br>Example:<br>For b[15:0] = 0x4C00 = 'b0100_1100_0000_0000<br>Value = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$ From PMBus Spec Part II: Paragraph 8.2 |
| Reg | Register      | PMBus data field b[15:0] or b[7:0].<br>Bit field meaning is defined in the PMBus Command Details section.  |
| L16 | Integer Word  | PMBus data field b[15:0]<br>Value = Y<br>where Y = b[15:0] is a 16-bit unsigned integer<br>Example:<br>For b[15:0] = 0x9807 = 'b1001_1000_0000_0111<br>Value = 38919 (decimal)   |
| CF  | Custom Format | Value is defined in the PMBus Command Details section.<br>This is often an unsigned or two's complement integer scaled by an MFR specific constant.  |
| ASC | ASCII Format  | A variable length string of text characters conforming to ISO/IEC 8859-1 standard.   |

## アプリケーション情報

### V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比

V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への最大降圧比については、与えられた入力電圧に応じて実現可能な値が制限されます。LTM4682の各出力は500kHz時に95%のデューティ・サイクルを実現できますが、V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への最小ドロップアウト電圧は負荷電流の関数なので、上側スイッチの高いデューティ・サイクルに関係する出力電流の供給能力が制限されます。

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、デバイスを特定の周波数で動作させながら指定されたデューティ・サイクルを維持させる必要がある場合に考慮しなければならない、もう1つの事項です。これは、 $t_{ON(MIN)} < D/f_{SW}$  (ここでDはデューティ・サイクル、 $f_{SW}$ はスイッチング周波数)という事実によります。 $t_{ON(MIN)}$ は、電気的パラメータで85nsに規定されています。出力電流のガイドラインについては、[電気的特性](#)のセクションの[Note 6](#)を参照してください。

### 入力コンデンサ

LTM4682モジュールは、低ACインピーダンスのDC電源に接続する必要があります。レギュレータ入力については、4個の22 $\mu$ F入力セラミック・コンデンサを使って実効値リップル電流に対処します。入力バルク容量を増やすには、47 $\mu$ F～150 $\mu$ Fの表面実装アルミ電解バルク・コンデンサを使用できます。このバルク入力コンデンサが必要になるのは、長い誘導性のリードやパターン、または電源の容量(キャパシタンス)不足によって入力ソース・インピーダンスが損なわれる場合に限られます。低インピーダンスの電源プレーンを使用する場合、このバルク・コンデンサは不要です。

降圧コンバータの場合は、次式によってスイッチングのデューティ・サイクルを見積もることができます。

$$D_n = \frac{V_{OUTn}}{V_{INn}}$$

インダクタ電流リップルを考えなければ、各出力について入力コンデンサのRMS電流は次式で概算できます。

$$I_{CINn(RMS)} = \frac{I_{OUTn(MAX)}}{\eta\%} \cdot \sqrt{D_n \cdot (1 - D_n)}$$

上の式で、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサには、スイッチャに使用できる定格値を備えたアルミ電解コンデンサやポリマー・コンデンサを使用できます。

アプリケーション・ノート77は、マルチフェーズ・アプリケーションにおけるリップル電流の相殺を計算する助けとなります。

### 出力コンデンサ

LTM4682は出力電圧リップル・ノイズを小さくし、優れた過渡応答が得られるように設計されています。C<sub>OUT</sub>で定義されるバルク出力コンデンサは、出力電圧のリップルとトランジエントに関する条件を満たすために、等価直列抵抗(ESR)が十分に小さいものを選択します。C<sub>OUT</sub>には、低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサ、またはセラミック・コンデンサを使用できます。各出力の標準的な出力容量範囲は400 $\mu$ F～1000 $\mu$ Fです。出力リップルや動的トランジエント・スパイクを更に低減する必要がある場合は、システム設計者が出力フィルタを追加しなければならないことがあります。[表 13](#)に、各チャンネルで10Aから20Aへのステップで10A/ $\mu$ sのトランジエントが発生した場合に電圧低下やオーバーシュートを最小限に抑えるための、様々な出力電圧と出力コンデンサの組み合わせを示します。[表 13](#)では、最適なトランジエント性能を得るために、合計等価ESRと合計バルク容量が最適化されています。[表 13](#)に示す一覧では、安定性に関する基準が考慮されています。安定性解析は、LTpowerCAD設計ツールを使って行うことができます。マルチフェーズ動作では、位相数に応じて実効出力リップルが減少します。アプリケーション・ノート77ではこのノイズ削減と出力リップル電流キャンセルとを比較していますが、安定性と過渡応答とを決定する要素として出力容量を慎重に検討する必要があります。LTpowerCAD設計ツールを使用すると、実装位相数をN倍に増加させたときの出力リップルの減少を計算できます。V<sub>OUTn</sub>ピンとV<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup>ピンの間に10 $\Omega$ という小さい値の抵抗を直列に接続することで、ボーデ線図アナライザから制御ループに信号を注入して、レギュレータの安定性を検証することができるようになります。LTM4682の安定性補償は、2つの外付けコンデンサ(COMPna、COMPnb)とMFR\_PWM\_COMPコマンドを使って調整できます。

### 軽負荷電流動作

LTM4682には、高効率の不連続導通モードと強制連続導通モードという2つの動作モードがあります。動作モードは、MFR\_PWM\_MODEnコマンドのビット0を使用して設定します(起動時のモードは常に不連続導通モードで、強制連続モードはデフォルトの実行モードです)。

## アプリケーション情報

チャンネルが不連続モード動作にイネーブルされている場合、インダクタ電流を反転させることはできません。インダクタ電流がゼロになる直前に逆電流コンパレータ ( $I_{REV}$ ) が下側 MOSFET (MBn) をオフにして、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。したがって、コントローラは不連続(パルススキッピング)モードで動作できます。強制連続動作の場合、軽負荷時または大きなトランジェント状態時にはインダクタ電流を反転させることができます。インダクタのピーク電流は COMPn ピンの電圧のみで決まります。このモードでは、軽負荷時の効率が不連続モード動作の場合より低下します。ただし、連続モードは出力リップルが小さく、オーディオ回路との干渉が少なく済みます。強制連続導通モードでは逆方向のインダクタ電流が発生して、これが入力電源電圧を上昇させることがあります。VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT はこれを検出して (SVIN<sub>nn</sub> が VIN01 または VIN23、もしくはその両方に接続されている場合)、フォルトの原因となっているチャンネルをオフにすることができます。ただし、このフォルトは ADC の読出しに基づいており、検出までに最大 100ms (公称値) を要することがあります。入力電源の電圧上昇が懸念される場合は、デバイスを不連続導通動作に維持してください。

### スイッチング周波数と位相

LTM4682 のチャンネルのスイッチング周波数は、モジュールの SYNC<sub>nn</sub> ピンに入力されるクロックにアナログ・フェーズ・ロック・ループ (PLL) を同期することによって決定されます。SYNC<sub>nn</sub> ピンのクロック波形は LTM4682 の内部回路で生成できますが、外付けのプルアップ抵抗が 3.3V (例えば V<sub>DD33</sub>) に接続されていて、かつ LTM4682 制御 IC の FREQUENCY\_SWITCH コマンドがサポート値のいずれかに設定されている必要があります (サポートされている値は、250kHz、350kHz、425kHz、500kHz、575kHz、650kHz、750kHz)。この設定の場合、モジュールは「同期メイン・デバイス」と呼ばれ (出荷時のデフォルト設定値である MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 0b を使用)、SYNC<sub>nn</sub> は双方向オープンドレイン・ピンになり、LTM4682 は規定のクロック・レートにおいて 1 回につき 500ns (公称値) ずつ SYNC をロジック・ローにします。SYNC 信号は、システム内の複数のモジュールのスイッチング周波数を同期させるために、他の LTM4682 モジュール (「同期従属デバイス」に設定されたもの) にバス状に接続することができます。ただし、「同期メイン・デバイス」として設定するのは 1 つの LTM4682 の内部コ

ントローラだけとし、その他の LTM4682 は「同期従属デバイス」として設定する必要があります。

最も単純な方法は、その FREQUENCY\_SWITCH コマンドを 0x0000 に設定し、MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1b に設定することです。これは、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG ピンで抵抗のピンストラップ設定を行うことにより、容易に実装できます (表 3 参照)。MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1b を使用すると、LTM4682 の SYNC ピンは高インピーダンス入力のみになります。つまり、SYNC をローにすることはありません。モジュールは、SYNC ピンに入力されるクロックの周波数に周波数を同期させます。この方法の唯一の欠点は、外部入力クロックがない場合、モジュールのスイッチング周波数がデフォルトでその周波数同期キャプチャ・レンジの下端 (約 225kHz) になることです。

外部入力の SYNC クロックがない場合の耐フォルト性が要求される場合は、「同期スレーブ」の FREQUENCY\_SWITCH コマンドを、0x0000 ではなくアプリケーションの公称目標スイッチング周波数のままにすることができます。ただし、その場合でも MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1b に設定する必要があります。この設定の組み合わせにより、LTM4682 の SYNC<sub>nn</sub> ピンは高インピーダンス入力になり、モジュールはその周波数を外部入力クロックの周波数に同期させます。ただし、外部入力クロックの周波数が目標周波数 (FREQUENCY\_SWITCH) の約 1/2 を超えていることが前提です。SYNC クロックが入力されていない場合、モジュールは、その目標周波数で継続的に動作することによって対応します。SYNC クロックが復旧すると、モジュールは通常どおり自動的に SYNC クロックと位相同期します。この方法の唯一の欠点は、前述のガイダンスに従って EEPROM を設定する必要があることです。FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG ピンの抵抗ピンストラップ・オプションだけでは、SYNC クロックが失われた場合のフォルト耐性を確保できません。

FREQUENCY\_SWITCH レジスタは I<sup>2</sup>C コマンドを介して変更できますが、これはスイッチング動作が停止しているとき (つまりモジュールの出力がオフのとき) に限られます。FREQUENCY\_SWITCH コマンドは、SVIN のパワーアップ時に NVM に格納されている値を取りますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うよう設定されている場合 (MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0b) に限り、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG ピンと SGND の間に適用される抵抗ピンストラップに従ってオーバーライドされます。

## アプリケーション情報

表3に、使用可能な抵抗ピンストラップと、対応するFREQUENCY\_SWITCHの設定値を示します。

PolyPhaseレールのすべてのアクティブ・チャンネルの相対位相は、すべて最適な値に設定する必要があります。各レールの相対位相設定は $360^\circ/n$ で、 $n$ はレール内の位相数です。MFR\_PWM\_CONFIG[2:0]は、SYNC<sub>nn</sub>ピンを基準にチャンネルの相対位相を設定します。位相関係値は、SYNCの立下がりエッジで上側MOSFETがターンオンする場合に $0^\circ$ と表示されます。

MFR\_PWM\_CONFIG コマンドはI<sup>2</sup>Cコマンドを介して変更できますが、これはスイッチング動作が停止しているとき(つまりモジュールの出力がオフのとき)に限られます。MFR\_PWM\_CONFIG コマンドは、SV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>のパワーアップ時にNVMに格納されている値を取りますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うよう設定されている場合(MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0b)に限り、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンとSGNDの間に適用される抵抗ピンストラップに従ってオーバーライドされます。表3に、使用可能な抵抗ピンストラップと、対応するMFR\_PWM\_CONFIG[2:0]の設定値を示します。

FREQUENCY\_SWITCHとMFR\_PWM\_CONFIG[2:0]の組み合わせの中には、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンの抵抗ピンストラップでは実現できないものもあります。FREQUENCY\_SWITCHとMFR\_PWM\_CONFIG[2:0]でサポートされている値のすべての組み合わせは、NVMのプログラミング、すなわちI<sup>2</sup>Cトランザクションによって設定できます。ただし、スイッチング動作が停止している(つまりモジュールの出力がオフになっている)ことが前提です。

プルアップ抵抗とコンデンサ負荷の時定数が十分小さくなり、アプリケーションが「クリーンな」クロックを生成できるよう、SYNCの容量を最小限に抑えなければなりません。このセクションで後述するオープンドレイン・ピンのセクションを参照してください。

LTM4682を同期従属デバイスとして設定した場合は、プルアップ抵抗を使用するのではなく、電流制限された電流源(10mA未満)を使用して、外部回路からSYNC<sub>nn</sub>ピンを駆動することができます。NVMの内容がRAMにダウンロードされるまでは、SYNC<sub>nn</sub>出力が低インピーダンスになる可能性があるため、SV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>のパワーアップ時には、どの外部回路も何らかの低インピーダンスでハイに駆動してはなりません。

多くの一般的なV<sub>IN</sub>-V<sub>OUT</sub>アプリケーションでの動作において、LTM4682に推奨されるスイッチング周波数を表9に示し

ます。LTM4682の2つのチャンネルが入力電圧から出力電圧への降圧を行う場合、表9に示すそれらの推奨スイッチング周波数の値が大幅に異なるときは、高い方の推奨スイッチング周波数での動作を選択するのが望ましいですが、最小オン時間を考慮する必要があります。最小オン時間に関する考慮事項のセクションを参照してください。

表9. 様々なV<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧シナリオにおける推奨スイッチング周波数

|                      | 5V <sub>IN</sub> | 8V <sub>IN</sub> | 12V <sub>IN</sub> |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 0.7V <sub>OUT</sub>  | 575kHz           | 575kHz           | 575kHz            |
| 0.8V <sub>OUT</sub>  | 650kHz           | 650kHz           | 650kHz            |
| 0.9V <sub>OUT</sub>  | 650kHz           | 650kHz           | 650kHz            |
| 1.0V <sub>OUT</sub>  | 650kHz           | 650kHz           | 650kHz            |
| 1.2V <sub>OUT</sub>  | 650kHz           | 650kHz           | 650kHz            |
| 1.35V <sub>OUT</sub> | 750kHz           | 750kHz           | 750kHz            |

### 出力電流制限値のプログラミング

サイクルごとの電流制限値(= V<sub>ISENSE</sub>/DCR)はCOMP<sub>Pnb</sub>に比例し、COMP<sub>Pnb</sub>の値はPMBusコマンドIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを使って1.45V~2.2Vにプログラムできます。LTM4682は、1mΩ未満の検出抵抗のみを使って電流レベルを検出します。IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを参照してください。LTM4682では2種類の電流制限範囲をプログラムできます。MFR\_PWM\_MODE[2]の値は予約済みで、MFR\_PWM\_MODE[7]とIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITが電流制限レベルの設定に使われます。PMBusコマンドのセクションを参照してください。デバイスは、通常動作時にはIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITの値より小さいピーク電流で出力電圧を安定化できます。出力電流がこの電流制限値を超えた場合は、OCフォルトが生成されます。それぞれのIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITの範囲はループ・ゲインに影響し、更にはループ安定性にも影響するので、電流制限範囲の設定はループ設計の一部になります。

電流制限範囲を調整する場合は、LTPowerCAD設計ツールを使ってループ安定性の変化を調べることができます。LTM4682は、インダクタの温度変化に応じて電流制限を自動的に更新します。この動作はサイクル単位で行われますが、ピーク・インダクタ電流のみの関数であることに留意してください。平均インダクタ電流はADCがモニタし、検出される平均出力電流が大きすぎる場合は警告を発することができます。過電流フォルトは、COMP<sub>Pnb</sub>電圧が最大値に達した時点で検出されます。LTM4682内部のデジタル・プロセッサは、フォルトを無視する機能、シャットダウンしてラッチオフする機能、またはシャットダウンして無期限に再試行を行う機能(ヒカップ機能)を備えています。詳細については、動作

## アプリケーション情報

のセクションの**ピーク出力過電流フォルト応答**のセクションを参照してください。Read\_POUTは、出力電力計算値のリードバックに使用できます。

### 最小オン時間に関する考慮事項

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、LTM4682が上側MOSFETをオンにする時間として可能な最小時間です。これは、内部タイミング遅延と上側MOSFETをオンするのに必要なゲート電荷の量によって決まります。低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、この最小オン時間の制限値に接近する可能性があるため、次の条件が成り立つように注意する必要があります。

$$t_{ON(MIN)} < \frac{V_{OUTn}}{V_{INn} \cdot f_{OSC}}$$

デューティ・サイクルが最小オン時間で対応できる値を下回ると、コントローラはサイクルのスキップを開始します。出力電圧のレギュレーションは引き続き行われますが、リップル電圧とリップル電流が増加します。

LTM4682の最小オン時間は85nsです。

### 可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ

LTM4682は、ソフトスタート前に動作状態になっている必要があります。デバイスの初期化が完了して $SV_{IN\_nn}$ が $V_{IN\_ON}$ 閾値を超えると、LTM4682は $RUNn$ ピンを解放します。1つのアプリケーションに複数のLTM4682を使用する場合は、同じ $RUNn$ ピンを共用するようにデバイスを設定する必要があります。これらのデバイスは、すべてのデバイスが初期化されてその $SV_{IN}$ が $V_{IN\_ON}$ 閾値を超えるまで、それぞれの $RUNn$ ピンをローに保持します。 $SHARE\_CLK\_nn$ ピンは、信号に接続されているすべてのデバイスが確実に同じタイム・ベースを使用するようにします。

$RUNn$ ピンが解放されると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延( $TON\_DELAYn$ )だけ待機した後、出力電圧のランプアップを開始します。複数のLTM4682や他のアナログ・デバイスサイズのデバイスを可変遅延時間で起動するように設定することもできます。正常に動作させるには、すべてのデバイスが同じタイミング・クロック( $SHARE\_CLK$ )を使用した上に、すべてのデバイスが $RUNn$ ピンを共用する必要があります。

これにより、すべてのデバイスの相対遅延を同期させることが可能です。遅延時間の実際の変動は、 $SHARE\_CLK$ ピンに接続されたデバイスの中の最も速いクロック・レートによって決まります(アナログ・デバイスサイズのすべてのICは、最も速い $SHARE\_CLK$ 信号ですべてのデバイスのタイミングを制御できるように設定されています)。 $SHARE\_CLK$ 信号の周波数には $\pm 10\%$ の幅があるので、実際の遅延時間にはある程度の差が生じます。

ソフトスタートでは、負荷電圧を能動的にレギュレーションしながら、デジタル処理によって対象電圧を0Vから指定電圧設定値まで増加させます。この電圧ランプの立上がり時間は $TON\_RISEn$ コマンドを使ってプログラムでき、起動時の電圧ランプに伴う突入電流を最小限に抑えることができます。ソフトスタート機能は、 $TON\_RISEn$ の値を0.250ms未満に設定することでディスエーブルできます。LTM4682は、電圧ランプを目的の勾配に確実に制御するために必要な計算を内部で行います。しかし、電圧勾配を電力段の $V_{OUTn}$ の基本的な制限より大きくすることはできません。 $t_{ON(MIN)}$ のステップ数は $TON\_RISE/0.1ms$ と等しくなります。したがって、 $TON\_RISEn$ の時間設定が短いほど、ソフトスタート・ランプに生じるステップは離散的になります。

LTM4682のPWMは、 $TON\_RISEn$ 動作時には常に不連続モードで動作します。不連続モードでは、インダクタの逆電流が検出されると直ちに下側MOSFET(MBn)がオフになります。これにより、プリバイアスされた負荷に対してレギュレータを起動できます。

LTM4682にアナログ・トラッキング機能はありませんが、2つの出力には同じ $TON\_RISEn$ 時間と $TON\_DELAYn$ 時間を設定できるので、レシオメトリックなレール・トラッキングを実現することができます。 $RUNn$ ピンは同時に解放され、どちらのユニットも同じタイム・ベース( $SHARE\_CLK$ )を使用するので、出力トラッキングは非常に近いものになります。回路がPolyPhase構成になっている場合は、すべてのタイミング・パラメータを同じにする必要があります。

### デジタル・サーボ・モード

最大限のレギュレーション出力電圧精度を得るには、 $MFR\_PWM\_MODE$ コマンドのビット6をアサートして、デジタル・サーボ・ループをイネーブルします。デジタル・サーボ・モードのLTM4682は、ADCの電圧指示値に基づいてレギュレーション出力電圧を調整します。デジタル・サーボ・ループは、出力がADCの正しい指示値になるまで、90msごとにDACのLSB(電圧範囲ビットに応じて1.375mVまたは0.6875mV(いずれも公称値))ずつ値を調整します。パワーアップ時は、制限が0(無制限)に設定されていない限り、 $TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT$ の経過後にこのモードになり

## アプリケーション情報

まず、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0(無制限)に設定されている場合は、TON\_RISEが完了してV<sub>OUT</sub>がV<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>を超えた後にサーボ制御が開始されます。MFR\_PWM\_MODEのビット0の設定に従い、出力はこれと同じ時点で不連続モードから設定されたモードに切り替わります。タイム・ベースのシーケンシングにおけるV<sub>OUT</sub>波形の詳細については、[図25](#)を参照してください。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0より大きい値に設定され、更にTON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEが「無視」(0x00)に設定されている場合、サーボ制御は以下の条件で開始されます。

1. TON\_RISEシーケンスの完了後
2. TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT時間の経過後
3. V<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>を超えた後、またはIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITが非アクティブになった後

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0より大きい値に設定され、TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEが「無視」(0x00)に設定されていない場合、サーボ制御は以下の条件で開始されます。

1. TON\_RISEシーケンスの完了後
2. TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT時間が経過して、V<sub>OUT\_UV\_FAULT</sub>とIOUT\_OC\_FAULTがどちらも存在しない場合

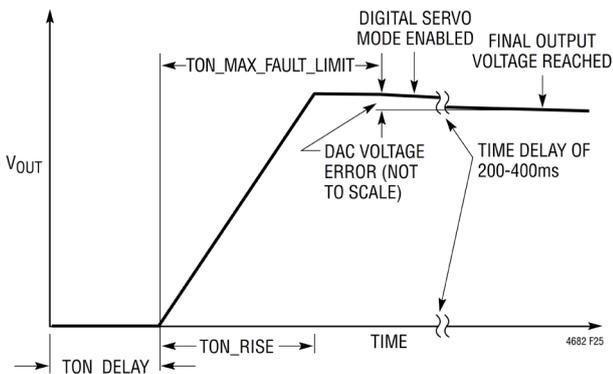


図25. タイミング制御によるV<sub>OUT</sub>の立上がり

最大立上がり時間は1.3秒に制限されています。

PolyPhase構成では、デジタル・サーボ・モードをイネーブルする制御ループを1つだけにすることを推奨します。これにより、リファレンス回路のわずかな違いが原因で、個々のループが互いに相反する動作をしないようにすることができます。

### ソフトオフ(シーケンシングによるオフ)

LTM4682は制御された形での起動に加えて、制御されたターンオフもサポートしています。TOFF\_DELAYとTOFF\_FALLの機能を[図26](#)に示します。RUN<sub>n</sub>ピンがローになったときや、デバイスがオフするようにコマンドで指定された場合は、TOFF\_FALLが処理されます。デバイスにフォルトが発生してオフになった場合、またはFAULT<sub>n</sub>を外部からローにしてデバイスがこれに応答するようプログラムされている場合、出力は制御されたランピングを行わずにスリーステートになります。出力は負荷の関数として減衰していきます。デバイスが強制連続モードで、TOFF\_FALLの時間が十分に長く電力段が必要な勾配を実現できる場合、出力電圧は[図26](#)に示すように動作します。このTOFF\_FALL時間の条件を満たすことができるのは、電力段とコントローラが、立下がり時間終了までに出力電圧を0Vにできるだけ十分な電流をシンクできる場合に限られます。TOFF\_FALLが負荷容量を放電するのに必要な時間より短い値に設定されている

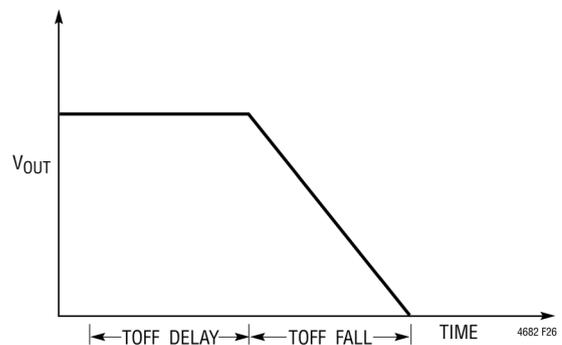


図26. TOFF\_DELAYとTOFF\_FALL

## アプリケーション情報

場合、出力は必要な0V状態に達しません。TOFF\_FALLが終了するとコントローラは電流のシンクを停止し、V<sub>OUT</sub>は負荷インピーダンスによって決まる速度で自然に低下していきます。コントローラが不連続モードの場合、コントローラに負電流は流れ込まず、出力はパワー段ではなく負荷によってローに引き込まれます。最大立下がり時間は1.3秒に制限されています。TOFF\_FALLの設定時間が短くなるほどTOFF\_FALLランプに生じる個々のステップは大きくなります。ランプのステップ数はTOFF\_FALL/0.1msに等しくなります。

### 低電圧ロックアウト

LTM4682は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されますが、ここではV<sub>IN</sub>を約4Vにする必要があります。INTV<sub>CC\_n</sub>、V<sub>DD33\_n</sub>、V<sub>DD25\_n</sub>はそれぞれのレギュレーション値の約20%以内にする必要があります。更に、V<sub>DD33\_n</sub>は、RUN<sub>n</sub>ピンが解放される前に目標値の約7%以内に入っている必要があります。デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータがV<sub>IN</sub>をモニタします。電源シーケンシングを開始するには、その前にVIN\_ONの閾値を超えていなければなりません。V<sub>IN</sub>がVIN\_OFF閾値を下回ると、SHARE\_CLK\_nピンがローになります。また、コントローラを再起動するには、その前にV<sub>IN</sub>がVIN\_ON閾値を超えている必要があります。通常の起動シーケンスを行うことができるのは、VIN\_ON閾値を超えた後になります。V<sub>IN</sub>が印加されたときにFAULT<sub>n</sub>がローに保持されている場合は、FAULT<sub>n</sub>がローに保持されているときにALERT<sub>nn</sub>がアサートされないようデバイスがプログラムされていても、ALERT<sub>nn</sub>はローにアサートされません。LTM4682がリセット状態から復帰する前にI<sup>2</sup>C通信が行われて、デバイスがコマンドの一部しか認識できなかった場合は、CMLフォルトとみなされることがあります。CMLフォルトが検出されると、ALERT<sub>nn</sub>がローにアサートされます。

V<sub>DD33\_n</sub>の電源が、外部から直接V<sub>DD33\_n</sub>に駆動されるか、またはV<sub>BIAS</sub>を介して駆動される場合は、NVMの内容をアプリケーション内でプログラムすることができます。これによりLTM4682のデジタル部分がアクティブになりますが、高電圧セクションはイネーブルされません。この電源構成ではPMBus通信が有効です。LTM4682にV<sub>IN</sub>が印加されていない場合は、MFR\_COMMONのビット3(NVMは初期化されていない)がローにアサートされます。この状態が検出された場合、デバイスはアドレス5Aと5Bに対してのみ応答します。デバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2Bを実行し、その後にグローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0xC4を実行しま

す。これで、デバイスは正しいアドレスに応答するようになります。必要に応じてデバイスの設定を行ってから、STORE\_USER\_ALLを発行してください。V<sub>IN</sub>を印加したら、MFR\_RESETコマンドを発行して、PWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出せるようにする必要があります。

### フォルトの検出と処理

LTM4682のFAULT<sub>n</sub>ピンは、OV、UV、OC、OT、タイミング・フォルト、ピーク過電流フォルトなど様々なフォルトを表示するために設定できます。更に、外部信号源によってFAULT<sub>n</sub>ピンをローにして、システムの他の部分でのフォルトを示すことができます。フォルト応答は設定構成可能で、以下のオプションを選ぶことができます。

- 無視
- 直ちにシャットダウン — ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン — MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行

詳細については、このデータシートのPMBusコマンドの概要のセクションとPMBusコマンドの詳細のセクション、およびPMBusの仕様を参照してください。

OV応答は自動です。OV状態が検出されるとTG<sub>n</sub>がローになり、BG<sub>n</sub>がアサートされます。

LTM4682にはフォルト・ログ機能があります。フォルト・ログは、ユニットをオフにするようなフォルトの発生時にデータを自動的に格納するように設定できます。フォルト・ログの表のヘッダ部分にはピーク値が記載されています。これらの値はいつでも読み出すことができます。このデータはフォルトのトラブルシューティング時に役立ちます。

LTM4682の内部温度が85°Cを超えた場合、NVMへの書込みは(フォルト・ログ以外)推奨できません。3.3V電源がUVLO閾値に達しない限り、依然としてRAMにはデータが保持されます。ダイ温度が130°Cを超えると、NVMの通信はダイ温度が120°C未満に低下するまでディスエーブルされます。

### オープンドレイン・ピン

LTM4682には以下のオープンドレイン・ピンがあります。  
3.3Vピン

1. FAULT<sub>n</sub>
2. SYNC<sub>nn</sub>

## アプリケーション情報

3. SHARE\_CLK\_nn
4. PGOODn

5Vピン (5Vピンは3.3Vに低下しても正しく動作します)

1. RUNn
2.  $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$
3. SCL\_nn
4. SDA\_nn

上記のオープンドレイン・ピンはすべて、0.4Vで3mAをシンクできる内蔵プルダウン・トランジスタに接続されています。これらのピンのロー閾値は0.8Vなので、電流3mAのデジタル信号には十分な余裕があります。3.3Vピンの場合、1.1kΩの抵抗を使用すれば電流は3mAになります。プルアップ抵抗とグラウンドまでの寄生容量のRC時定数に伴うトランジェント速度の問題が存在しない限り、一般的には10kΩ以上の抵抗が推奨されます。

SDA、SCL、SYNCのような高速信号では、これより小さい値の抵抗が必要になることがあります。タイミングの問題を避けるために、RC時定数は必要な立上がり時間の1/3～1/5に設定してください。負荷が100pFでPMBusの通信速度が400kHzの場合は、立上がり時間を300ns未満にする必要があります。時定数を立上がり時間の1/3に設定したSDA\_nnピンとSCL\_nnピンのプルアップ抵抗は、次のとおりです。

$$R_{\text{PULLUP}} = \frac{t_{\text{RISE}}}{3 \cdot 100\text{pF}} = 1\text{k}$$

最も近い1%精度抵抗の値は1kです。通信上の問題を回避するために、SDAピンとSCLピンの寄生容量はできるだけ小さくするように注意してください。負荷容量を見積もるには、対象信号をモニタして、その信号が出力値の約63%に達するのにどれくらいの時間を要するかを測定します。これが時定数の1単位になります。SYNC\_nnピンには内蔵プルダウン・トランジスタが接続されており、出力は500ns(公称値)の間ローに保持されます。内部発振器が500kHzに設定され、負荷が100pFで3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は次のようになります。

$$R_{\text{PULLUP}} = \frac{2\mu\text{s} - 500\text{ns}}{3 \cdot 100\text{pF}} = 5\text{k}$$

最も近い1%抵抗の値は4.99kΩです。

タイミング誤差が発生する場合や、SYNCの周波数が要求速度に満たない場合は、波形をモニタして、RC時定数がそのアプリケーションにとって長すぎないかどうかを判断します。可能であれば寄生容量を減らしてください。あるいは、正常なタイミングを確保できるようになるまでプルアップ抵抗の値を減らします。SHARE\_CLK\_nnプルアップ抵抗の式も同様ですが、周期が10μsでプルダウン時間が1μsです。RC時定数は約3μs以下としてください。

### フェーズ・ロック・ループと周波数同期

LTM4682は、内部電圧制御発振器(VCO)と位相検出器で構成されるフェーズ・ロック・ループ(PLL)を内蔵しています。このPLLは、SYNC\_nnピンの立下がりエッジにロックされます。PWMコントローラとSYNCの立下がりエッジの間の位相関係は、MFR\_PWM\_CONFIGコマンドの下位3ビットによって制御されます。PolyPhaseアプリケーションでは、すべての位相の間隔を等しくすることを推奨します。したがって、2相システムでは信号の位相を180°ずらし、4相システムでは位相間隔を90°とします。

位相検出器はエッジ反応型のデジタル・タイプで、外部発振器と内部発振器の間の位相シフトを検出します。このタイプの位相検出器は、外部クロックの高調波に誤って同期するおそれはありません。

位相検出器の出力は、内部フィルタ・ネットワークの充放電を行う1対の相補型電流源です。PLLのロックが確保されている範囲は250kHz～1MHzです。公称デバイスの同期範囲は通常この範囲を超えていますが、この範囲を超えた周波数範囲での動作は必ずしも確保されてはいません。

PLLには同期検出回路があります。動作中にPLLの同期が失われた場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのビット4がアサートされて、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンがローになります。このフォルトは、同じビットに1を書き込むことでクリアできます。PLL\_FAULT発生時に $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンがアサートされないようにする場合は、SMBALERT\_MASKコマンドを使ってアラートの生成を防止することができます。

アプリケーション内でSYNC信号にクロックが供給されていない場合は、公称設定周波数でPWM回路を制御します。ただし、複数のデバイスがSYNC\_nnピンを共用していて、それにクロックが供給されていない場合、それらのデバイスは

## アプリケーション情報

同期されず、出力に過剰な電圧リップルが生じることがあります。この状態になると、MFR\_PADSのビット10がローにアサートされます。

動作中のPWM信号の周波数が高すぎるように見える場合は、SYNC<sub>nn</sub>ピンをモニタしてください。立下がりエッジに余分な遷移があると、PLLは目的の信号ではなくノイズに同期しようとします。この問題を回避するには、デジタル制御信号の配線を見直してSYNC信号へのクロストークを最小限に抑えます。PolyPhase構成では、複数のLTM4682が1つのSYNC<sub>nn</sub>ピンを共用する必要があります。他の構成の場合は、複数のSYNC<sub>nn</sub>ピンを接続して単一のSYNC信号を生成するという方法はオプションです。複数のLTM4682間でSYNC<sub>nn</sub>ピンを共用する場合、周波数出力をするようにプログラムできるLTM4682のコントローラは1つだけです。それ以外のすべてのLTM4682は、SYNC<sub>nn</sub>出力をディスエーブルするようにプログラムする必要があります。ただし、その周波数は公称目標値にプログラムしてください。

### 入力電流検出アンプ

LTM4682の入力電流検出アンプは、図2のブロック図に示すように、外付けのセンス抵抗を使用して、VIN01とVIN23の電力段ピンに流れ込む電源電流を検出できます。R<sub>SENSEn</sub>の値は、MFR\_IIN\_CAL\_GAINコマンドを使ってプログラムできます。誤差をなくするために、R<sub>SENSE</sub>抵抗の両端でケルビン検出を行うことを推奨します。MFR\_PWM\_CONFIG [6:5]は、入力電流検出アンプのゲインを設定します。MFR\_PWM\_CONFIGのセクションを参照してください。IIN\_OC\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCによって測定される入力電流値に対し、入力過電流警告を発生させる入力電流値(A)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IINの値が使われます。READ\_IINコマンドは、入力電流センス抵抗の両端で測定した入力電流の値(A)を返します。

SV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンに流れ込む電流により、電源とSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンの間にはIR電圧降下が生じます。この電圧降下を補償するため、MFR\_RVINは、図2のブロック図に示す1Ωの内部センス抵抗に合うように自動的に設定されます。LTM4682はMFR\_READ\_ICHIPの測定値にこの1Ω抵抗を乗じて、得られた電圧をSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンの測定電圧に加算します。したがって、 $READ\_VIN = V_{SVIN\_PIN} + (MFR\_READ\_ICHIP \cdot 1\Omega)$ となります。MFR\_READ\_ICHIPコマンドは内部コントローラの電流の測定に使用します。また、READ\_PINコマン

ドを使用すると、入力電力の計算値を読み出すことができます。

### プログラマブル・ループ補償

LTM4682は、ハードウェアを変更することなく過渡応答を最適化するプログラマブル・ループ補償機能を備えています。エラー・アンプのゲイン $g_m$ は1.0mS~5.76mSの範囲で変化する、補償抵抗R<sub>COMPn</sub>はコントローラ内部で0kΩから62kΩまで変化します。この設計ではCOMPnaとCOMPnbの2つの補償コンデンサが必要で、COMPnaとCOMPnbの代表的な比は10です。図2のブロック図と図27を合わせて参照してください。

LTM4682は、 $g_m$ とR<sub>COMPn</sub>のみを調整することによって柔軟なタイプII補償を行い、様々な出力コンデンサに対してループを最適化できます。 $g_m$ を調整すると、図28に示すように、極とゼロの位置を変えずに周波数範囲全体にわたって補償ゲインを変化させることができます。

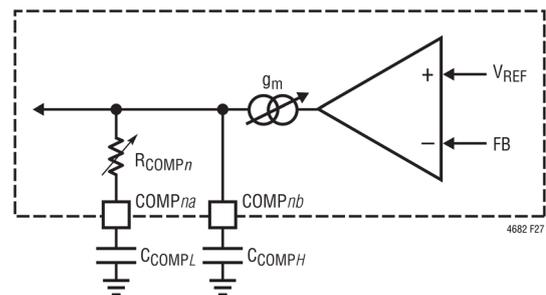


図27. プログラマブル・ループ補償

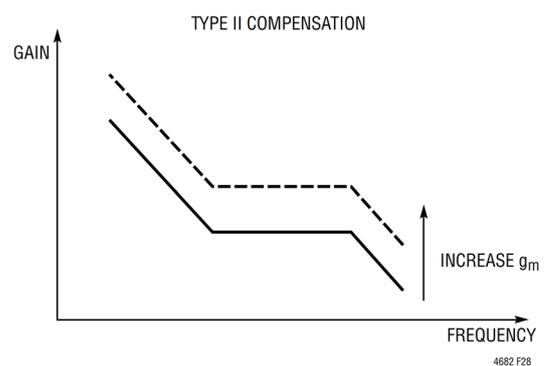


図28. エラー・アンプの $g_m$ 調整

## アプリケーション情報

R<sub>COMP</sub>を調整すると、図29に示すように極とゼロの位置が変化します。LTPowerCADツールを使って、g<sub>m</sub>とR<sub>COMPn</sub>の適切な値を決定することを推奨します。

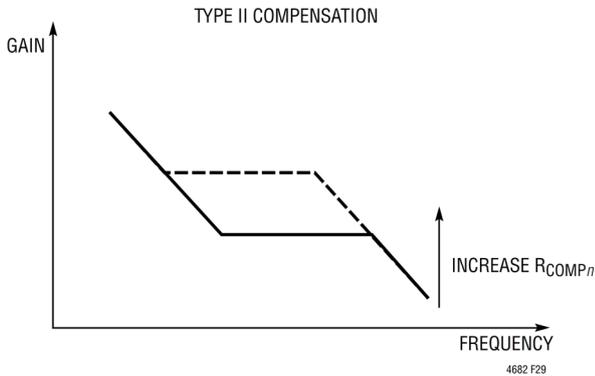


図29. R<sub>COMP</sub>の調整

### 過渡応答の確認

レギュレータのループ応答は、負荷電流の過渡応答を調べることでチェックできます。スイッチング・レギュレータは、DC (抵抗性) 負荷電流のステップへの応答に数サイクルを要します。負荷ステップが発生すると、V<sub>OUT</sub>は $\Delta I_{LOAD} \cdot ESR$ に等しい大きさだけシフトします。ここで、ESRはC<sub>OUT</sub>の等価直列抵抗です。更に、 $\Delta I_{LOAD}$ によりC<sub>OUT</sub>の充放電が始まって帰還誤差信号が発生し、レギュレータを強制的に電流変化に適應させてV<sub>OUT</sub>を定常値に回復させます。この回復期間にV<sub>OUT</sub>をモニタし、安定性に問題があることを示す過度のオーバーシュートやリングングが発生していないかをチェックできます。COMPピンを使用すれば、制御ループの動作を最適化できるだけでなく、DC結合されたACフィルタ付きクローズドループ応答テスト・ポイントを利用することもできます。このテスト・ポイントにおけるDCステップの立ち上がり時間およびセトリングは、クローズドループ応答を正確に反映します。2次特性が支配的なシステムの場合は、このピンに現れるオーバーシュートのパーセンテージを使って位相マージンや減衰係数を予想できます。ピンの立ち上がり時間を調べることによって、帯域幅を見積もることも可能です。代表的なアプリケーションの回路に示すCOMPnaの外付けコンデンサは、ほとんどのアプリケーションで妥当な初期値として使用できます。ループ・ゲインに影響するプログラマブルなパラメータは、電圧レンジ(MFR\_PWM\_MODEコマンドのビット[1])、電流レンジ(MFR\_PWM\_MODEコマンドのビット[7])、PWMチャンネル・アンプのg<sub>m</sub>(MFR\_PWM\_COMPのビット[7:5])、および内部R<sub>COMP</sub>補償抵抗(MFR\_PWM\_COMPのビット[4:0])です。補償計算を行う前に必ずこれらの設定を行ってください。

内部R<sub>COMPn</sub>と外部C<sub>COMPna</sub>を直列したCOMPnaフィルタは、主要なポール・ゼロのループ補償を設定します。内部R<sub>COMPn</sub>の値は、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[4:0]を使って変更できます(0Ω~62kΩ)。最終的なPCBレイアウトが完了して、C<sub>COMPbn</sub>フィルタ・コンデンサと出力コンデンサの種類および値を具体的に決めたら、COMPnの値を調整して過渡応答を最適化します。ループのゲインと位相は出力コンデンサの種類と値によって決まるので、適切な出力コンデンサを選択する必要があります。立ち上がり時間を1μs~10μsとした、全負荷電流の20%~80%の出力電流パルスを流すと、帰還ループを壊すことなく出力電圧とCOMPピンの波形が得られ、ループ全体の安定性を判断できます。グラウンドとの間に抵抗を取り付けたパワーMOSFETを出力コンデンサの両端に直接接続して、適切な信号発生器でゲートを駆動するのが、負荷ステップを生成する実用的な方法です。MOSFET + R<sub>SERIES</sub>により、V<sub>OUT</sub>/R<sub>SERIES</sub>にほぼ等しい出力電流が発生します。電流制限値の設定とプログラムされた出力電圧によって異なりますが、R<sub>SERIES</sub>の値は0.1Ω~2Ωが妥当です。出力電流のステップ変化によって生じる初期出力電圧ステップは、帰還ループの帯域幅内がない場合があるため、この信号を使って位相マージンを決定することはできません。COMPピンの信号を調べる方が確実なのはこのためです。この信号は帰還ループ内にあり、フィルタを通した補償済みの制御ループ応答です。R<sub>COMP</sub>を大きくするとループのゲインが大きくなり、C<sub>COMPna</sub>を小さくするとループの帯域幅が広がります。C<sub>COMP</sub>を小さくすると同じ比率でR<sub>COMP</sub>を大きくすると、ゼロの周波数は変化しないため、帰還ループの最も重要な周波数範囲で位相シフトが一定に保たれます。ループのゲインは、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[7:5]を使って設定されるエラー・アンプのトランスコンダクタンスg<sub>m</sub>に比例します。出力電圧のセトリング挙動はクローズドループ・システムの安定性に関係しており、実際の全体的な電源性能を表します。大容量の(>1μF)電源バイパス・コンデンサを接続した状態で負荷の切り替えを行うと、更に大きなトランジェントがもう1つ発生します。放電したバイパス・コンデンサが実質的にC<sub>OUT</sub>と並列の状態になるため、V<sub>OUT</sub>は急激に低下します。抵抗の小さい負荷スイッチを短時間で駆動した場合は、どんなレギュレータでも、この出力電圧の突然のステップ変化を防げるような速度で電流の供給を変更することはできません。C<sub>LOAD</sub>とC<sub>OUT</sub>の比率が1:50より大きい場合は、スイッチの立ち上がり時間を制御して、負荷の立ち上がり時間を約25・C<sub>LOAD</sub>に制限する必要があります。そうすることにより、10μFのコンデンサでは250μsの立ち上がり時間が必要になり、充電電流は約200mAに制限されるようになります。

## アプリケーション情報

### PolyPhase 構成

複数のLTM4682を使用してPolyPhaseレールを構成する場合は、そのデバイスのSYNC、COMP、SHARE\_CLK、 $\overline{\text{FAULT}}$ 、 $\overline{\text{ALERT}}$ の各ピンを共用する必要があります。 $\overline{\text{FAULT}}$ 、SHARE\_CLK、 $\overline{\text{ALERT}}$ には必ずプルアップ抵抗を使用してください。いずれかのデバイスのSYNCピンを目的のスイッチング周波数に設定し、それ以外のすべてのFREQUENCY\_SWITCHコマンドを外部クロックに設定する必要があります。外部発振器を接続する場合は、すべてのデバイスについてFREQUENCY\_SWITCHコマンドを外部クロックに設定してください。すべてのチャンネルの相対位相は等間隔にします。また、すべてのデバイスのMFR\_RAIL\_ADDRESSを同じ値に設定する必要があります。

複数チャンネルの場合、すべての $V_{\text{SENSEn}}^+$ ピン、すべての $V_{\text{SENSEn}}^-$ ピンをそれぞれ互いに接続する必要があります。また、COMPnaピンとCOMPnbピンについても同様です。PolyPhaseアプリケーションの場合を除き、MFR\_CONFIG\_ALLのビット[4]はアサートしないでください。標準的応用例(図50)を参照してください。

### USB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラとシステム内のLTM4682の接続

アナログ・デバイセズのUSB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタ(DC1613Aまたは同等品)を使用すると、基板上のLTM4682とインターフェースを取って、プログラミング、テレメトリ、システムのデバッグを行うことが可能です。このアダプタは、LTpowerPlayと併用することで、電源システム全体をデバッグできる強力な手段となります。テレメトリ、フォルト・ステータス・コマンド、フォルト・ログを使って高速にフォルト診断が行われます。最終的な構成は短時間で完了し、LTM4682のEEPROMに格納できます。システム電源の有無に関係なく、アナログ・デバイセズのI<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタを介して1つ以上のLTM4682に対する電力供給、プログラミング、通信を行うためのアプリケーション回路図を、図30

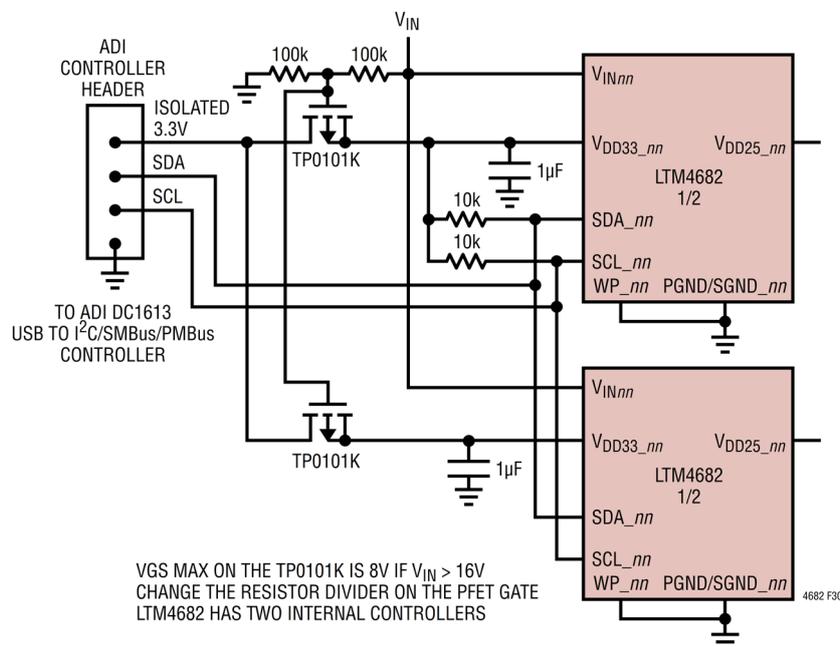


図30. コントローラの接続

## アプリケーション情報

に示します。システム電源がない場合は、ドングルがV<sub>DD33\_mn</sub>電源ピンを介してLTM4682に給電します。V<sub>INmn</sub>が印加されておらず、V<sub>DD33\_mn</sub>ピンに電力が供給されているときにデバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2Bを使用し、その後アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0xC4を使用します。これでLTM4682は、内部のEEPROMと通信してプロジェクト・ファイルを読み出せるようになります。更新したプロジェクト・ファイルをNVMに書き込むには、STORE\_USER\_ALLコマンドを発行します。V<sub>IN</sub>を印加したら、MFR\_RESETを発行して、PWM電源をイネーブルし有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

アダプタの電流供給能力は限られているので、V<sub>DD33</sub>の3.3V電源から電力を供給するのは、LTM4682、それに付随するプルアップ抵抗、I<sup>2</sup>Cのプルアップ抵抗だけにして下さい。更に、I<sup>2</sup>Cバス接続をLTM4682と共有しているデバイスでは、SDA/SCLピンとそのV<sub>DD</sub>ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないようにする必要があります。ボディ・ダイオードが形成されると、システム電源が存在しない場合にバス通信に干渉するからです。V<sub>IN</sub>を印加すると、DC1613Aは基板上のLTM4682に電力を供給しなくなります。デバイスが完全に設定されるまでに負荷に電力を供給するのを避けるために、RUNnピンをローに保持するか、電圧設定抵抗を挿入しないことを推奨します。

DC1613Aによって、LTM4682は完全にホストPCのグラウンドから絶縁されます。アダプタからの3.3VとLTM4682のV<sub>DD33\_mn</sub>ピンは、それぞれのLTM4682の内部コントローラに対し、別々のPFETを使用して駆動する必要があります。V<sub>IN</sub>とV<sub>BIAS</sub>の両方がオンになっているのでなければ、内蔵LDOがオフなので、V<sub>DD33\_mn</sub>ピンを並列にすることができます。コントローラの3.3Vの電流制限値は100mAですが、V<sub>DD33\_mn</sub>の電流の代表値は15mA以下です。V<sub>DD33\_mn</sub>はINTV<sub>CC</sub>/V<sub>BIAS</sub>ピンを逆駆動します。V<sub>IN</sub>がオープンの場合、通常このことは問題となりません。

### LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI

LTpowerPlay (図31 参照) はWindowsベースの強力な開発環境で、LTM4682を含むアナログ・デバイスのデジタル・パワー・システム・マネージメントICをサポートします。このソフトウェアは様々な作業をサポートします。LTpowerPlayは、デモ・ボードまたはユーザ・アプリケーションに接続することにより、アナログ・デバイス製ICを評価できます。ま

た、LTpowerPlayは、複数のデバイス構成ファイルを作成するために、(ハードウェアを接続しない)オフライン・モードで使用することも可能です。これらのファイルは、保存して後でロードし直すことができます。LTpowerPlayは従来にない診断機能とデバッグ機能を備えており、基板の機能確認時に電源システムのプログラムや調整を行ったり、レールの機能確認時にパワーに関する問題を診断したりする場合に、貴重な診断ツールとなります。LTpowerPlayは、アナログ・デバイスのUSB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタを利用して、DC2924AおよびDC3082Aデモ・ボードやユーザ・ターゲット・システムを含む様々なターゲットと通信を行います。このソフトウェアは自動更新機能も備えており、最新のデバイス・ドライバと技術文書一式を備えた最新リビジョンの状態を常に維持します。

また、LTpowerPlayについて、いくつかのチュートリアル・デモを含む充実したコンテキスト・ヘルプを備えています。

### PMBus 通信とコマンド処理

LTM4682の内部コントローラは、図32(書込みコマンドのデータ処理)に示すように、サポート対象コマンドに書き込まれた最後のデータを処理するまで保持するために深さ1のバッファを内蔵しています。デバイスは、新しいコマンドをバスから受信すると、そのデータを書込みコマンド・データ・バッファにコピーして、このコマンド・データを取り出す必要があることを内部プロセッサに示し、コマンドを実行できるように内部フォーマットに変換します。2つの異なる並列ブロックがコマンドのバッファリングとコマンド処理(取り出し、変換、実行)を管理して、コマンドに最後に書き込まれたデータが失われないようにします。コマンド・データ・バッファリングは、コマンド・データを書込みコマンド・データ・バッファに格納し、将来の処理に備えてこれらのコマンドにマークを付けることによって、入ってくるPMBus書込みを処理します。内部プロセッサは並列で動作し、処理対象としてマークされたコマンドの取り出し、変換、実行といった低速になることのあるタスクを処理します。一部の計算集約型コマンドでは(例: タイミング・パラメータ、温度、電圧、電流)、内部プロセッサの処理時間がPMBusのタイミングより長くなることがあります。デバイスのコマンド処理がビジー状態になっているとき新しいコマンドが届くと、実行が遅れたり、受信の順番とは異なる順番で実行されたりすることがあります。内部計算が進行中の場合、デバイスは、MFR\_COMMONのビット5(「計算は保留中ではない」)でこれを示します。デバイスが計算でビジー状態の場合、ビット5はクリアされます。このビットがセッ

## アプリケーション情報

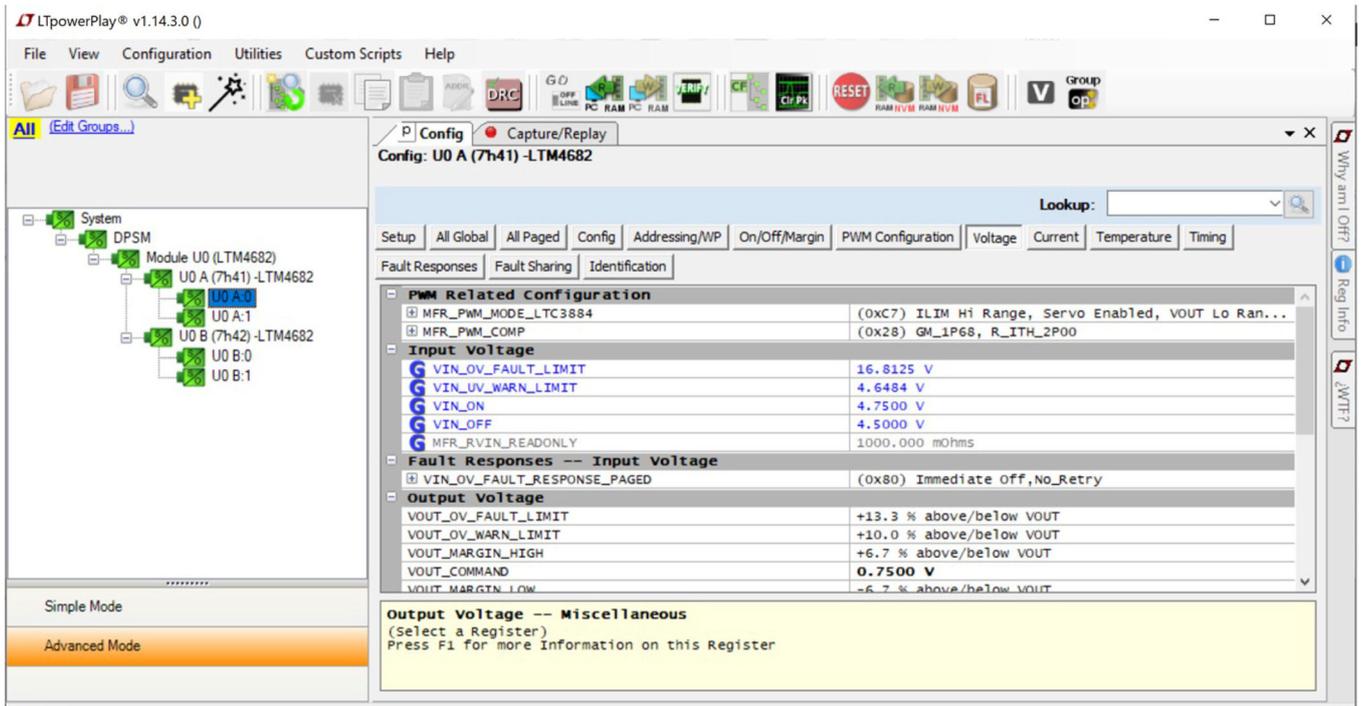


図 31. LTpowerPlay のスクリーン・ショット

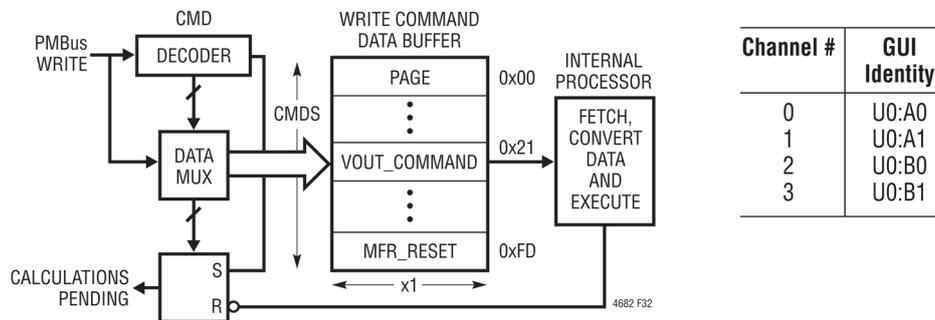


図 32. 書き込みコマンドのデータ処理

## アプリケーション情報

トされると、デバイスは次のコマンドを実行できるようになります。図33にポーリング・ループの例を示します。ポーリング・ループは、コマンドが順番に処理されるようにする一方で、エラー処理ルーチンを簡略化します。

デバイスは、ビジー状態のときに新しいコマンドを受信すると、標準PMBusプロトコルを使ってその状態を伝達します。デバイスはその設定に応じ、コマンドに対してNACKを返すか、すべて1(0xFF)を返すことによって読出しに備えます。また、BUSYフォルトと $\overline{\text{ALERT}}$ 通知を生成したり、SCLクロックのロー時間を延長したりすることもあります。詳細については、PMBus Specification v1.1, Part II, Section 10.8.7と、SMBus v2.0, section 4.3.3を参照してください。クロック・ストレッチは、MFR\_CONFIG\_ALLのビット1をアサートすることによってイネーブルできます。クロック・ストレッチが行われるのは、この機能がイネーブルされ、なおかつバス通信速度が100kHzを超えている場合に限りです。

```
// wait until chip is not busy
do
{
mfrCommonValue = PMBUS_READ_BYTE(0xEF);
partReady = (mfrCommonValue & 0x68) == 0x68;
}while(!partReady)
// now the part is ready to receive the next
command
PMBUS_WRITE_WORD(0x21, 0x2000); //write VOUT_
COMMAND to 2V
```

図33. VOUT\_COMMANDのコマンド書込み例

PMBusのビジー・プロトコルは広く受け入れられた規格ですが、書込みのシステム・レベル・ソフトウェアの記述が少し複雑になることがあります。このデバイスには3つの「ハンドシェーキング」ステータス・ビットがあり、これによって複雑さが緩和され、同時に信頼性の高いシステム・レベルの通信が可能になります。

これら3つのハンドシェイク・ステータス・ビットはMFR\_COMMONレジスタ内にあります。デバイスは、内部処理の実行でビジー状態の場合、MFR\_COMMONのビット6(「チップはビジーではない」)をクリアします。特に、VOUTが遷移状態(マージン・ハイ/ロー、電源オフ/オン、新しい出力電圧設定値への移行など)にあるためにデバイスがビジー状態になっている場合、デバイスはMFR\_COMMONのビット4(「出力は遷移中でない」)をクリアします。内部計算が進行中の場合、デバイスはMFR\_COMMONのビット5(「計算は保留されていない」)をクリアします。これら3つのステータス・ビットをMFR\_COMMONレジスタのPMBus読出しバイトによってポーリングし、3つのビットすべてがセットされるのを待ちます。これらのすべてのステータス・ビット

がセットされた直後のコマンドは、NACK応答が返されたりBUSYフォルトまたは $\overline{\text{ALERT}}$ 通知が生成されたりすることなく、受け付けられます。ただし、PMBus仕様値が要求する他の理由(例えば無効なコマンドやデータなど)によって、デバイスがコマンドにNACK応答を返すことがあります。VOUT\_COMMANDレジスタへの信頼性の高いコマンド書込みアルゴリズムの例を図33に示します。

ビジー動作や不要な $\overline{\text{ALERT}}$ 通知を扱うことによって処理が複雑化するのを避けるために、すべてのコマンド書込み(バイト書込み、ワード書込みなど)の前にはポーリング・ループを入れることを推奨します。これを実現する簡単な方法は、SAFE\_WRITE\_BYTE()サブルーチンとSAFE\_WRITE\_WORD()サブルーチンを作成することです。前述のポーリング・メカニズムを使用することで、ソフトウェアをクリーンかつシンプルに保ちながら、デバイスとの信頼性の高い通信を実現することができます。これらのトピックやその他個々のケースに関する詳細な検討については、Analog.comのアプリケーション・ノートの検索セクションを参照してください。

100kHz以下のバス速度で通信する場合、ここに示すポーリング・メカニズムは、クロック・ストレッチなしで信頼性の高い通信を実現するシンプルなソリューションを提供します。バス速度が100kHzを超える場合は、クロック・ストレッチをイネーブルできるようにデバイスを設定することを強く推奨します。そのためには、クロック・ストレッチをサポートするPMBusマスタ・デバイスが必要です。通信には、PMBus Specification v1.1, Part II, Section 10.8.7に記載された方法で標準のPMBus NACK/BUSYフォルトを検出し、正常に回復できるシステム・ソフトウェアが必要です。LTM4682は、バス速度が400kHzを超えるアプリケーションには推奨できません。

### 熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング

このデータシートのピン配置のセクションに記載されている熱抵抗は、JESD51-12に定義されたパラメータと一致しています。これらのパラメータは、有限要素解析(FEA)ソフトウェアのモデリング・ツールでの使用を意図したものです。これらのモデリング・ツールは、JESD51-9 (Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements)で定められているハードウェア・テスト・ボードに $\mu$ Moduleパッケージを実装して行われた、熱的モデリング、シミュレーション、ハードウェア評価との相関付けから得られた結果を利用します。これらの熱係数を提供する理由は、JESD51-12 (Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information)に記載されています。

## アプリケーション情報

多くの設計者は、実験装置やデモ・ボードなどのテスト環境を使用して、アプリケーションに使用する $\mu$ Moduleレギュレータの熱性能を電気的および環境的に様々な動作条件で予測し、それによってFEA作業を補足するという方法を選択します。FEAソフトウェアを使用しない場合、ピン配置のセクションに記載した熱抵抗だけでは、熱性能を示す目安になりません。しかし、このデータシートの後半に記載されているディレーティング曲線を各アプリケーションの用途に関する見通しやガイダンスを得られるような方法で使用すれば、それらのディレーティング曲線に修正を加えて、熱性能を個々のアプリケーションに対応させることができます。

ピン配置のセクションには、JESD51-12に明確に定義された4つの熱係数が記載されています。これらの係数を、以下に引用または解説します。

1.  $\theta_{JA}$  はジャンクションと周囲空気との熱抵抗であり、1立方フィートの密閉エンクロージャ内で測定された、自然対流によるジャンクションと周囲空気との熱抵抗です。この環境は「静止空気」と呼ばれることもありますが、実際には自然対流により空気の移動が起きます。この値はデバイスをJESD51-9定義のテスト基板にマウントして得られたものであり、実際のアプリケーションや現実的な動作条件を反映したものではありません。
2.  $\theta_{JCbottm}$  はジャンクションと製品ケース底部の間の熱抵抗であり、素子の消費電力がすべてパッケージの底部を

通るものとして求められます。標準的な $\mu$ Moduleレギュレータでは熱の大半がパッケージの底面から放出されますが、周囲環境への熱の放出も必ず発生します。結果として、この熱抵抗の値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものとはなりません。

3.  $\theta_{JCTop}$  はジャンクションから製品ケース上面への熱抵抗であり、部品からの熱放散のほぼすべてがパッケージ上面を通じて行われるものとして決定されます。標準的な $\mu$ Moduleレギュレータの電気的接続はパッケージの底面で行われるので、熱の大半がジャンクションからデバイス上面へ流れるような形でアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottm}$  の場合のように、この値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般的にユーザのアプリケーションに即したものとはなりません。
4.  $\theta_{JB}$  はジャンクションからプリント基板への熱抵抗であり、熱のほぼすべてが $\mu$ Moduleレギュレータから基板へ流れる場合のジャンクションから基板への熱抵抗であり、実際には $\theta_{JCbottm}$  とハンダ接合および基板の一部を経由するデバイス底部での熱抵抗の合計値です。基板の温度は両面、二層の基板を使い、パッケージから一定の距離において測定されます。この基板はJESD51-9に記載されています。

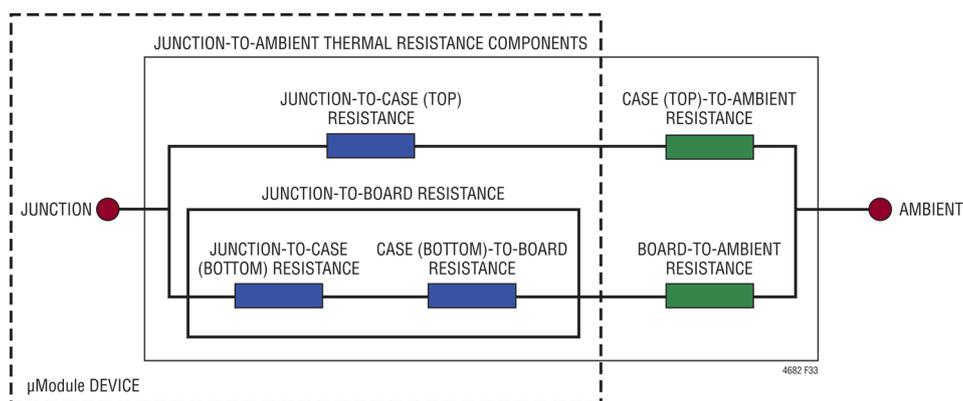


図 34. JESD51-12 の熱係数の図解

## アプリケーション情報

前述の熱抵抗を視覚的に表したものが図34です。青色の部分が $\mu$ Moduleレギュレータ内部の熱抵抗で、緑色の部分は $\mu$ Module外部の熱抵抗です。

実際には、JESD51-12が定義した(あるいはピン配置のセクションに示した)これら4種類の熱抵抗パラメータは、個別でも、あるいはいくつかを組み合わせただけの場合でも、 $\mu$ Moduleレギュレータの通常の動作条件を反映するものではありません。例えば、通常の基板実装アプリケーションでは、デバイスの総電力損失(熱)の100%が $\mu$ Moduleパッケージの上部のみを通して、または底部のみを通して(上記の規格がそれぞれ $\theta_{JCtop}$ と $\theta_{JCbottom}$ について定義しているように)熱伝導することは決してありません。実際には電力損失はパッケージから両方の方向に熱として放散され、ヒート・シンクと空気流がない場合は熱の大半は基板へと流れます。

LTM4682の内部には電力損失を生じるパワー・デバイスや部品が複数存在するので、結果として、各種の部品やダイの様々なジャンクションを基準にした熱抵抗は、パッケージの全電力損失に対して正確には線形になっていないという点に留意する必要があります。この複雑な問題を、モデリングの簡潔性を犠牲にすることなく、同時に現実的な実用性を無視することもなく解決するために、このデータシートに記載されている熱抵抗値は、実験室での恒温槽を使ったテストとFEAソフトウェア・モデリングを併用する方法を採用して合理的に定義し、相関付けを行っています。(1) 最初に、FEAソフトウェアを使用し、正しい材料係数と高精度の電力損失源定義に基づいて、LTM4682と指定PCBの正確な機械的形狀モデルを作成します。(2) このモデルを使い、JESD51-9およびJESD51-12に適合するソフトウェア定義のJEDEC環境をシミュレーションして、様々な接合面における電力損失による熱の流れと温度値を予測します。これで、JEDEC定義の熱抵抗値を計算することができます。(3) このモデルとFEAソフトウェアを使用して、ヒート・シンクと空気流がある場合のLTM4682の熱性能を評価します。(4) これらの熱抵抗値を計算して分析し、ソフトウェア・モデルで様々な動作条件によるシミュレーションを行った上で、徹底した実験室評価を実施してシミュレーションで得た状態を再現します。具体的には恒温槽を使い、シミュレーションと同じ電力損失でデバイスを動作させながら、熱電対を使用して温度を測定します。このプロセスの結果を適切に評価することで、このデータシートの後半に示す一連のディレーティング曲線と、ピン配置のセクションに示す十分に相関付けされたJESD51-12定義の $\theta$ 値が得られます。

図35、図36、図37に示す5V、8V、12Vの電力損失曲線と、図41～図46の負荷電流ディレーティング曲線を組み合わせることで使用することにより、様々な空気流条件下におけるヒートシンクなしの場合のLTM4682の熱抵抗 $\theta_{JA}$ の概算値を求めることができます。これらの熱抵抗は、ハードウェア(寸法が215mm × 160mm × 1.6mmで、すべての層に2オンスの銅箔を使用した8層FR4 PCB)上に実装したLTM4682で実際に確認された性能を表しています。電力損失曲線は室温で測定し、ジャンクション温度が125°Cに達した場合は係数1.35を乗じています。ディレーティング曲線は、周囲温度25°Cで最大120Aの初期電流を供給するLTM4682の並列出力を使ってプロットしています。出力電圧は0.75V、1V、1.35Vです。これらは熱抵抗との相関を検証するため、低めの出力電圧範囲と高めの出力電圧範囲を含めるよう選択されています。熱モデルは、温度制御チャンバー内のいくつかの温度測定と熱モデリング解析から導出されます。空気流のある場合とない場合について、周囲温度が上昇する間のジャンクション温度がモニタされます。

ディレーティング曲線には、周囲温度の変化に伴う電力損失の増加が加味されます。ジャンクション温度は、出力電流または電力を下降させ、同時に周囲温度を上昇させながら125°Cに維持されます。この出力電流の低下により、周囲温度が上昇すると共にモジュール内部の損失が低下します。モニタされた125°Cのジャンクション温度から周囲動作温度を差し引いた値により、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定できます。図43の例に示すように、周囲温度約67°Cで空気流もヒートシンクもなしの条件では、負荷電流が約80Aにディレーティングされ、室温(25°C)での電力損失は、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 1V$ 、 $I_{OUT} = 80A$ の条件で約9.7Wになります。 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 1V$ の80A時の電力損失曲線(図37)から得られる室温での損失約9.7Wに倍率1.35を乗じると、13.1Wの損失が得られます。125°Cのジャンクション温度から67°Cの周囲温度を差し引き、その差の58°Cを13.1Wで割ると、約4.4°C/Wという熱抵抗 $\theta_{JA}$ が得られます。この値は、ピン配置のセクションに示す熱シミュレーションから得られた値とほぼ一致します。空気流がある場合とない場合の0.75V、1V、1.35V出力の等価熱抵抗を、

## アプリケーション情報 - デイレーティング曲線

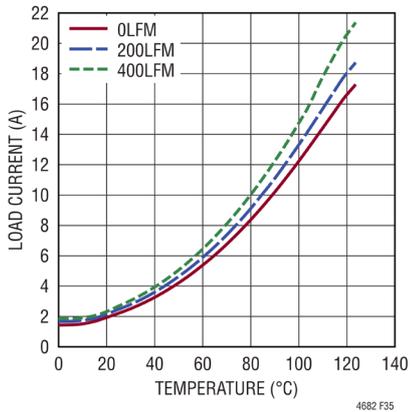


図 35. 5V 入力時の電力損失曲線

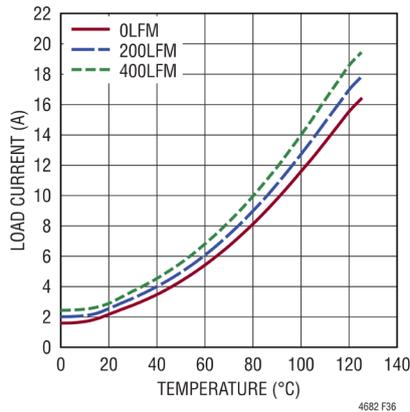


図 36. 8V 入力時の電力損失曲線

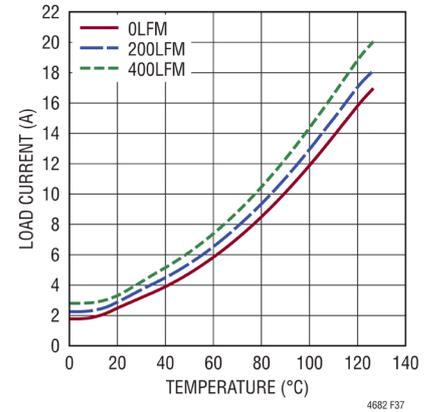


図 37. 12V 入力時の電力損失曲線

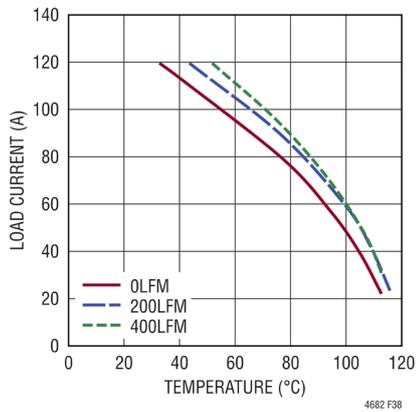


図 38. 5V 入力、0.75V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

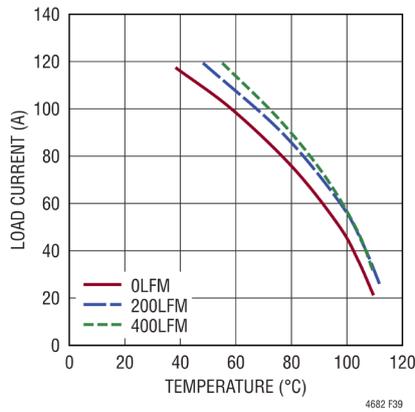


図 39. 8V 入力、0.75V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

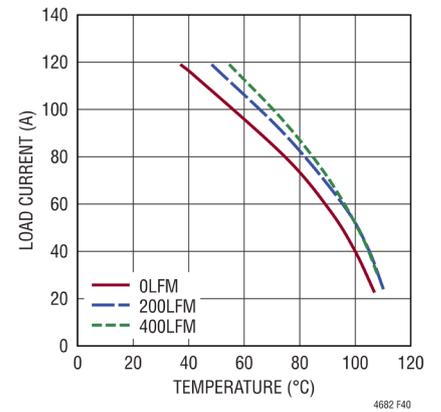


図 40. 12V 入力、0.75V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

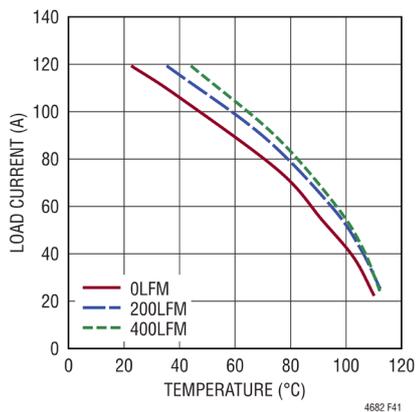


図 41. 5V 入力、1V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

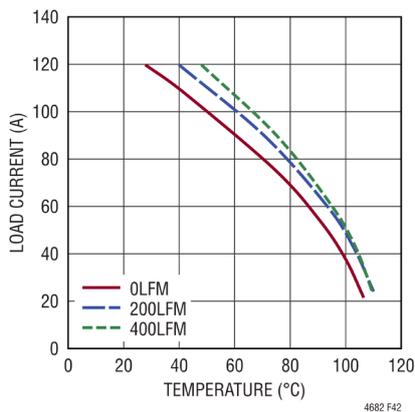


図 42. 8V 入力、1V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

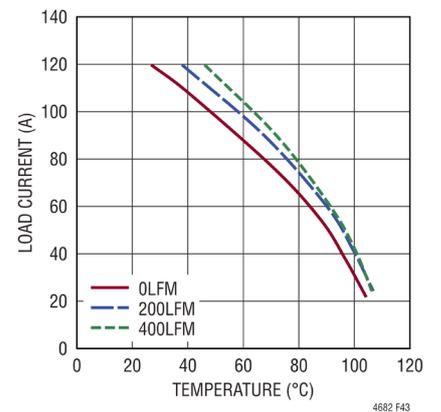


図 43. 12V 入力、1V 出力時のデイレージング曲線、ヒートシンクなし

## アプリケーション情報

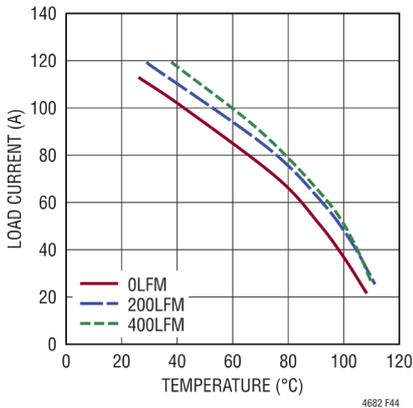


図 44. 5V 入力、1.35V 出力時のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

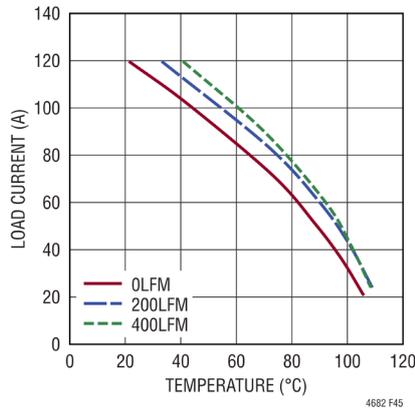


図 45. 8V 入力、1.35V 出力時のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

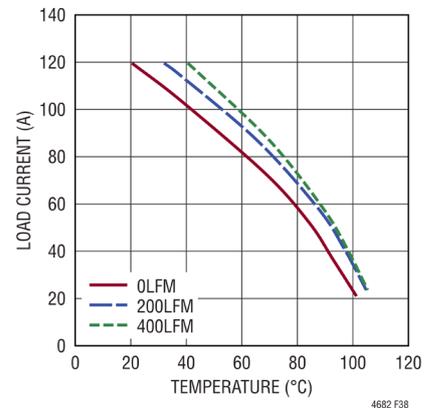


図 46. 12V 入力、1.35V 出力時のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

表 10、表 11、表 12 にそれぞれ示します。表 10～表 12 に示す様々な条件での算出熱抵抗に、周囲温度の関数として算出した電力損失を乗じると、周囲温度からの温度上昇値が得られ、これから最大ジャンクション温度が得られます。室温

での電力損失は代表的な性能特性のセクションに示す効率曲線から求めることができ、更に前述の周囲温度の倍率で調整することができます。

## 表 10～表 12: 出力電流のディレーティング

表 10. 0.75V 出力

| DERATING CURVE         | V <sub>IN</sub> (V) | POWER LOSS CURVE       | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | θ <sub>JA</sub> (°C/W) |
|------------------------|---------------------|------------------------|---------------|-----------|------------------------|
| Figure 38 to Figure 40 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 0             | None      | 4.4                    |
| Figure 38 to Figure 40 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 200           | None      | 4                      |
| Figure 38 to Figure 40 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 400           | None      | 3                      |

表 11. 1V 出力

| DERATING CURVE         | V <sub>IN</sub> (V) | POWER LOSS CURVE       | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | θ <sub>JA</sub> (°C/W) |
|------------------------|---------------------|------------------------|---------------|-----------|------------------------|
| Figure 41 to Figure 43 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 0             | None      | 4.4                    |
| Figure 41 to Figure 43 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 200           | None      | 4                      |
| Figure 41 to Figure 43 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 400           | None      | 3                      |

表 12. 1.35V 出力

| DERATING CURVE         | V <sub>IN</sub> (V) | POWER LOSS CURVE       | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | θ <sub>JA</sub> (°C/W) |
|------------------------|---------------------|------------------------|---------------|-----------|------------------------|
| Figure 44 to Figure 46 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 0             | None      | 4.4                    |
| Figure 44 to Figure 46 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 200           | None      | 4                      |
| Figure 44 to Figure 46 | 5, 8, 12            | Figure 35 to Figure 37 | 400           | None      | 3                      |

## アプリケーション情報

表 13. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択・負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/μs

| V <sub>IN</sub> (V) | V <sub>OUT</sub> (V) | I <sub>LIM</sub> RANGE | V <sub>OUT</sub> RANGE | C <sub>OUT</sub> (CER CAP) | C <sub>OUT</sub> (BULK CAP) | C <sub>COMPb</sub> (pF) | C <sub>COMPa</sub> (nF) | R <sub>COMP</sub> (kΩ) | EA-g <sub>m</sub> (mS) | f <sub>sw</sub> (kHz) | LOAD STEP (A) | V <sub>OUT</sub> DROOP (mV) | PK-PK DEVIATION (mV) | RECOVERY TIME (μs) | PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz) | PHASE MARGIN (DEG) | GAIN MARGIN (dB) | GAIN MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz) |
|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------------|
| 5                   | 0.7                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 30                          | 60                   | 33                 | 29                                 | 65                 | -14              | 128                               |
| 12                  | 0.7                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 29                          | 58                   | 33                 | 29                                 | 66                 | -13              | 136                               |
| 5                   | 0.9                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 30                          | 59                   | 29                 | 30                                 | 65                 | -14              | 132                               |
| 12                  | 0.9                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 31                          | 61                   | 28                 | 29                                 | 64                 | -13              | 121                               |
| 5                   | 1.0                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 29                          | 57                   | 27                 | 30                                 | 66                 | -14              | 141                               |
| 12                  | 1.0                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 29                          | 58                   | 26                 | 30                                 | 64                 | -14              | 129                               |
| 5                   | 1.2                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 28                          | 56                   | 24                 | 31                                 | 66                 | -14              | 144                               |
| 12                  | 1.2                  | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 30                          | 60                   | 23                 | 30                                 | 64                 | -14              | 130                               |
| 5                   | 1.35                 | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 750                   | 10 to 20      | 28                          | 56                   | 21                 | 31                                 | 67                 | -14              | 154                               |
| 12                  | 1.35                 | High                   | Low                    | *100μF x4                  | **470μF x3                  | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 750                   | 10 to 20      | 30                          | 59                   | 21                 | 31                                 | 65                 | -14              | 137                               |

\* TDK C3225X5R0J107M, 100μF, 6.3V, X5R。

\*\* パナソニック ETPF470M5H, 470μF, 2.5V, 5mΩ

これらの値は、ボーテ線図アナライザでチェックする必要があります。

表 14. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: オールセラミック構成、負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/μs

| V <sub>IN</sub> (V) | V <sub>OUT</sub> (V) | I <sub>LIM</sub> RANGE | V <sub>OUT</sub> RANGE | C <sub>OUT</sub> (CER CAP) | C <sub>OUT</sub> (BULK CAP) | C <sub>COMPb</sub> (pF) | C <sub>COMPa</sub> (nF) | R <sub>COMP</sub> (kΩ) | EA-g <sub>m</sub> (mS) | f <sub>sw</sub> (kHz) | LOAD STEP (A) | V <sub>OUT</sub> DROOP (mV) | PK-PK DEVIATION (mV) | RECOVERY TIME (μs) | PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz) | PHASE MARGIN (DEG) | GAIN MARGIN (dB) | GAIN MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz) |
|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------------|
| 5                   | 0.7                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 39                          | 77                   | 28                 | 30                                 | 38                 | -13              | 73                                |
| 12                  | 0.7                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 39                          | 77                   | 24                 | 28                                 | 40                 | -14              | 75                                |
| 5                   | 0.9                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 38                          | 75                   | 23                 | 30                                 | 38                 | -13              | 76                                |
| 12                  | 0.9                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 575                   | 10 to 20      | 38                          | 76                   | 22                 | 29                                 | 37                 | -12              | 69                                |
| 5                   | 1.0                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 38                          | 75                   | 22                 | 31                                 | 38                 | -14              | 80                                |
| 12                  | 1.0                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 39                          | 77                   | 22                 | 29                                 | 38                 | -13              | 73                                |
| 5                   | 1.2                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 38                          | 76                   | 21                 | 31                                 | 39                 | -14              | 82                                |
| 12                  | 1.2                  | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 650                   | 10 to 20      | 39                          | 78                   | 20                 | 30                                 | 38                 | -12              | 73                                |
| 5                   | 1.35                 | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 750                   | 10 to 20      | 37                          | 74                   | 19                 | 32                                 | 39                 | -15              | 87                                |
| 12                  | 1.35                 | High                   | Low                    | *220μF x10                 | none                        | 150                     | 2.2                     | 15                     | 3.02                   | 750                   | 10 to 20      | 38                          | 76                   | 21                 | 30                                 | 38                 | -13              | 76                                |

\* 村田製作所 GRM32EC80E227ME05L, 220μF, 2.5V, X6S。

これらの値は、ボーテ線図アナライザでチェックする必要があります。

## アプリケーション情報

表 15. デュアル接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: バルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、  
負荷ステップ 10A から 30A、スルー・レート 20A/μs

| $V_{IN}$<br>(V) | $V_{OUT}$<br>(V) | $I_{LIM}$<br>RANGE | $V_{OUT}$<br>RANGE | $C_{OUT}$<br>(CER CAP) | $C_{OUT}$<br>(BULK CAP) | $C_{COMPb}$<br>(pF) | $C_{COMPa}$<br>(nF) | $R_{COMP}$<br>(kΩ) | $E_{A-g_m}$<br>(mS) | $f_{SW}$<br>(kHz) | LOAD<br>STEP (A) | $V_{OUT}$<br>DROOP<br>(mV) | PK-PK<br>DEVIATION<br>(mV) | RECOVERY<br>TIME (μs) | PHASE<br>MARGIN<br>OVER<br>FREQ<br>(kHz) | PHASE<br>MARGIN<br>(DEG) | GAIN<br>MARGIN<br>(dB) | GAIN<br>CROSS<br>OVER FREQ<br>(kHz) |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 12              | 0.7              | High               | Low                | *100μF ×8              | **560μF ×4              | 150                 | 3.3                 | 15                 | 3.02                | 575               | 10 to 30         | 37                         | 74                         | 48                    | 33                                       | 55                       | -14                    | 166                                 |
| 12              | 0.9              | High               | Low                | *100μF ×8              | **560μF ×4              | 150                 | 3.3                 | 15                 | 3.02                | 575               | 10 to 30         | 37                         | 75                         | 42                    | 33                                       | 53                       | -14                    | 150                                 |
| 12              | 1.0              | High               | Low                | *100μF ×8              | **560μF ×4              | 150                 | 3.3                 | 15                 | 3.02                | 650               | 10 to 30         | 37                         | 74                         | 39                    | 33                                       | 54                       | -14                    | 159                                 |
| 12              | 1.2              | High               | Low                | *100μF ×8              | **560μF ×4              | 150                 | 3.3                 | 15                 | 3.02                | 650               | 10 to 30         | 37                         | 73                         | 32                    | 34                                       | 53                       | -14                    | 159                                 |
| 12              | 1.35             | High               | Low                | *100μF ×8              | **560μF ×4              | 150                 | 3.3                 | 15                 | 3.02                | 750               | 10 to 30         | 37                         | 73                         | 30                    | 34                                       | 54                       | -14                    | 166                                 |

\*TDK C3225X5R0J107M、100μF、6.3V、X5R。

\*\*パナソニック EEFXG0D561R、560μF、2.0V、3mΩ。

これらの値は、ボーテ線図アナライザでチェックする必要があります。

表 16. クワッド接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: バルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、  
負荷ステップ 10A から 40A、スルー・レート 15A/μs

| $V_{IN}$<br>(V) | $V_{OUT}$<br>(V) | $I_{LIM}$<br>RANGE | $V_{OUT}$<br>RANGE | $C_{OUT}$<br>(CER CAP) | $C_{OUT}$<br>(BULK CAP) | $C_{COMPb}$<br>(pF) | $C_{COMPa}$<br>(nF) | $R_{COMP}$<br>(kΩ) | $E_{A-g_m}$<br>(mS) | $f_{SW}$<br>(kHz) | LOAD<br>STEP (A) | $V_{OUT}$<br>DROOP<br>(mV) | PK-PK<br>DEVIATION<br>(mV) | RECOVERY<br>TIME (μs) | PHASE<br>MARGIN<br>OVER<br>FREQ<br>(kHz) | PHASE<br>MARGIN<br>(DEG) | GAIN<br>MARGIN<br>(dB) | GAIN<br>CROSS<br>OVER<br>FREQ<br>(kHz) |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------|------------------------|--|
| 12              | 0.7              | High               | Low                | *100μF ×12             | **560μF ×4              | 150                 | 6.8                 | 15                 | 3.02                | 575               | 10 to 40         | 31                         | 62                         | 24                    | 62                                       | 43                       | -7                     | 145                                    |
| 12              | 0.9              | High               | Low                | *100μF ×12             | **560μF ×4              | 150                 | 6.8                 | 15                 | 3.02                | 575               | 10 to 40         | 32                         | 63                         | 20                    | 63                                       | 40                       | -7                     | 137                                    |
| 12              | 1.0              | High               | Low                | *100μF ×12             | **560μF ×4              | 150                 | 6.8                 | 15                 | 3.02                | 650               | 10 to 40         | 30                         | 60                         | 20                    | 63                                       | 42                       | -7                     | 144                                    |
| 12              | 1.20             | High               | Low                | *100μF ×12             | **560μF ×4              | 150                 | 6.8                 | 15                 | 3.02                | 650               | 10 to 40         | 32                         | 63                         | 17                    | 64                                       | 42                       | -7                     | 146                                    |
| 12              | 1.35             | High               | Low                | *100μF ×12             | **560μF ×4              | 150                 | 6.8                 | 15                 | 3.02                | 750               | 10 to 40         | 32                         | 64                         | 13                    | 62                                       | 45                       | -8                     | 153                                    |

\*TDK C3225X5R0J107M、100μF、6.3V、X5R。

\*\*パナソニック EEFXG0D561R、560μF、2.0V、3mΩ。

これらの値は、ボーテ線図アナライザでチェックする必要があります。

## アプリケーション情報

### EMI性能

SW<sub>n</sub>ピンは、LTM4682の電力段にある2つのパワーMOSFETの中間点に接続されています。

SW<sub>n</sub>とGNDの間にオプションの直列RCネットワークを接続すると、スイッチングする電流経路の寄生インダクタンスと寄生容量によって発生する高周波(約30MHz以上)のスイッチ・ノード・リングングを減衰させることができます。このRCネットワークは寄生成分による共振を減衰させる(抑制する)のでスナバ(抑制)回路と呼ばれますが、電力損失が大きくなります。スナバ回路を使用するには、まず、この動作に割り当てる電力とスナバ回路の実装に利用できるPCBの面積を決定します。例えば、低インダクタンスの0.5W抵抗を使用できるスペースがPCB上にある場合、スナバ回路のコンデンサ(C<sub>SW</sub>)は次式で計算されます。

$$C_{SW} = \frac{P_{SNUB}}{V_{INn(MAX)}^2 \cdot f_{SW}}$$

ここで、V<sub>INn(MAX)</sub>はそのアプリケーションにおける電力段への入力電圧(V<sub>INn</sub>)の最大値、f<sub>SW</sub>はDC/DCコンバータ動作時のスイッチング周波数です。C<sub>SW</sub>には、NPO、C0G、X7Rのいずれかのタイプ(もしくはそれ以上のもの)の材料を選ぶ必要があります。

スナバ抵抗(R<sub>SW</sub>)の値は次式で与えられます。

$$R_{SW} = \sqrt{\frac{5nH}{C_{SW}}}$$

スナバ抵抗は、低ESLでスナバ回路に生じるパルス電流に耐えられるものにします。通常は0.7Ω~4.2Ωの範囲です。

初期値としては、2.2nFのスナバ・コンデンサをスナバ抵抗と直列にグラウンドとの間に接続するのが妥当です。様々なRC直列スナバ部品を選択する際には、無負荷時の入力自己消費電流をモニタすれば、電力損失の増加量とスイッチ・ノードのリングング減衰量の関係を知ることができます。

### 安全に関する考慮事項

LTM4682モジュールのV<sub>IN</sub>とV<sub>OUT</sub>は、電氣的に絶縁されていません。また、内部ヒューズもありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格値を持つ低速溶断ヒューズを使って、各ユニットを致命的損傷から保護してください。

内部上側MOSFETのフォルトによって過電圧状態が生じた場合にレギュレータへの電流を制限できる、ヒューズまたは回路ブレーカを選択する必要があります。内部上側MOSFETにフォルトが発生した場合、これをオフするだけでは過電圧は解消されません。したがって、内部下側MOSFETがオン状態を継続して負荷を保護しようとしています。このようなフォルト状態では、フォルトが発生した内部上側MOSFETとイネーブルされた内部下側MOSFETを通り、入力電圧源からグラウンドに非常に大きな電流が流れます。この電流は、入力電圧源がこのシステムに供給できる電力量に応じて、過度の熱を発生させたり基板に損傷を与えたりするおそれがあります。ヒューズまたは回路ブレーカは、このような状況に対する2次的なフォルト保護策として使用できます。デバイスは、過電流保護機能と過熱保護機能をサポートしています。

## アプリケーション情報

### レイアウトのチェックリスト/サンプル

LTM4682は高度に集積化されているので、PCB基板のレイアウトが極めて容易です。ただし、電気的性能と熱的性能を最適化するには、レイアウト上の配慮がある程度必要になります。

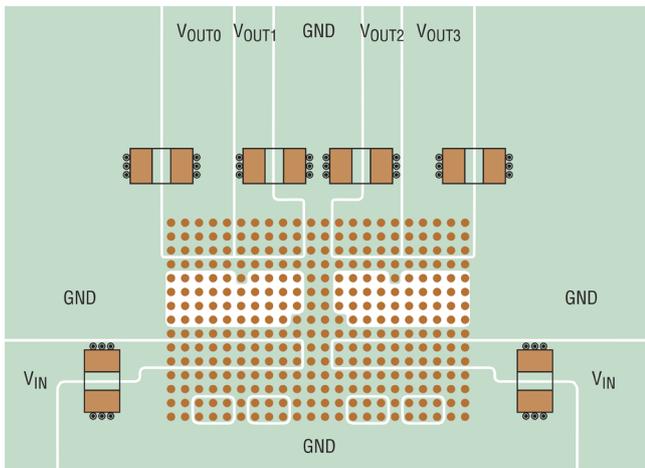
- $V_{INn}$ 、GND、 $V_{OUTn}$  などの大電流パスでは、PCBの銅箔面積を広くします。これは、PCBの導通損失と熱ストレスを最小限に抑える助けとなります。
- 高周波ノイズを最小限に抑えるため、高周波の入出力セラミック・コンデンサを  $V_{INn}$ 、GND、 $V_{OUTn}$  の各ピンの近くに配置します。
- モジュールの下に専用の電源グラウンド層を配置します。
- ビアの伝導損失を最小限に抑え、モジュールの熱ストレスを低減するため、最上層と他の電源層の接続には複数のビアを使用します。

- ビアは、キャップまたはメッキされていない限り、パッド上には直接配置しないでください。
- 信号ピンに接続されている部品には、他とは別のSGND銅箔プレーンを使用します。SGNDはLTM4682の近くでGNDに接続してください。
- 入力電流のモニタリングを使用する場合は、入力  $R_{SENSE}$  抵抗の両端にケルビン検出回路を接続します。

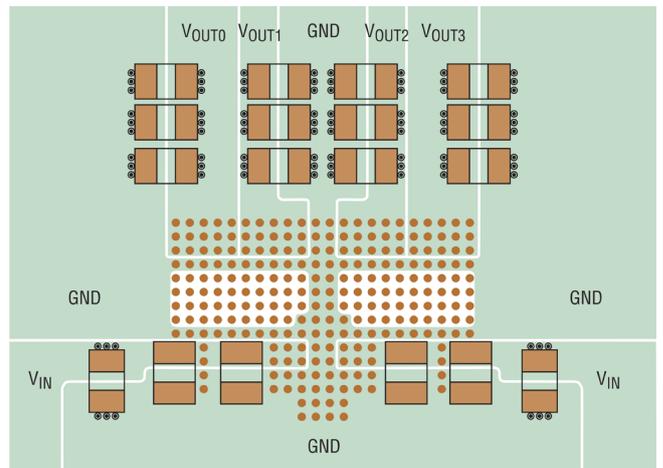
並列モジュールの場合、 $V_{OUTn}$ 、 $V_{OSNS}^+ / V_{OSNS}^-$  電圧検出差動ペア線、 $RUNn$ 、 $COMPna$ 、 $COMPnb$  ピンを互いに接続します。

- これらのデバイスの  $SYNC\_nn$ 、 $SHARE\_CLK\_nn$ 、 $FAULTn$ 、 $\overline{ALERT\_nn}$  の各ピンは、する必要があります。 $FAULTn$ 、 $SHARE\_CLK\_nn$ 、 $\overline{ALERT\_nn}$  には必ずプルアップ抵抗を使用してください。
- モニタリングのため、信号ピンからテスト・ポイントを引き出します。

推奨レイアウトの例を図47に示します。



(a) LTM4682 Top Layer



(b) LTM4682 Bottom Layer

図47. 推奨PCBレイアウト、パッケージ上面図



標準の応用例

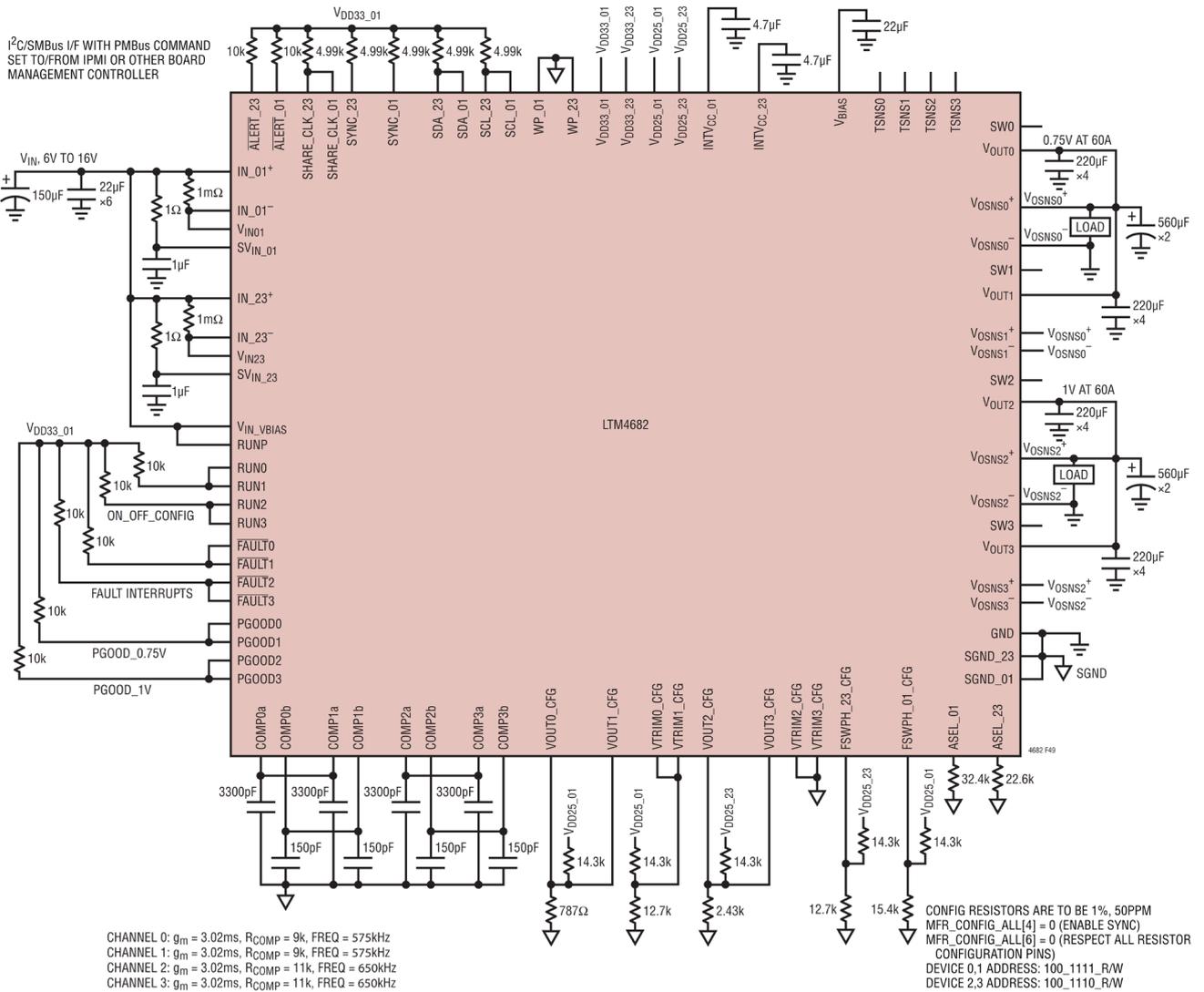


図 49. I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを備えた 0.75V および 1V 出力 (60A) 構成

## 標準的応用例

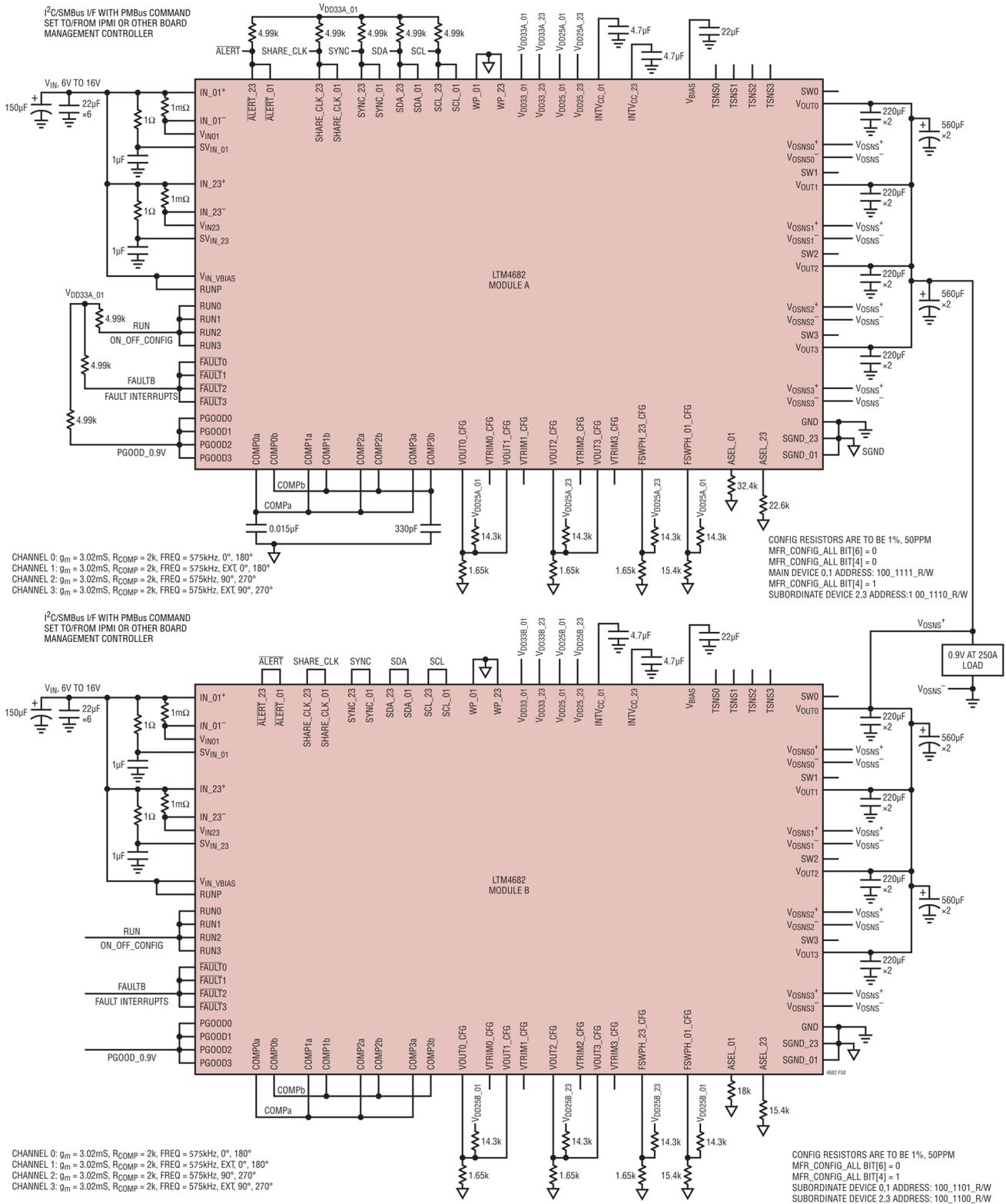


図 50. 0.9V/250A を出力する 2 つの LTM4682 の並列接続

2 線式 I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを介して使用可能なパワー・システム・マネージメント機能を内蔵

標準的応用例

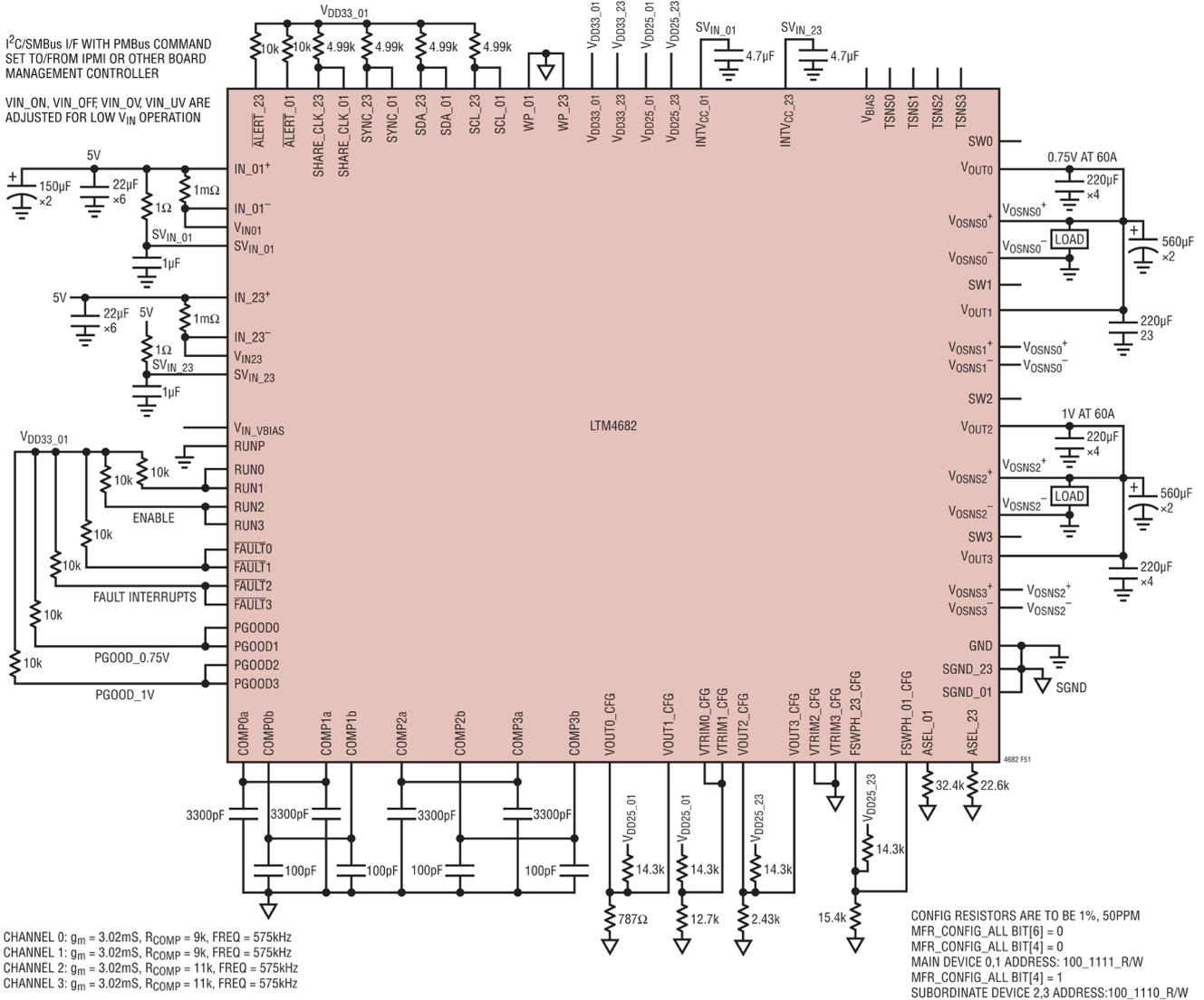


図 51. I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを備えた 5V 電源入力の 0.75V/60A および 1V/60A 出力構成

## 標準的応用例

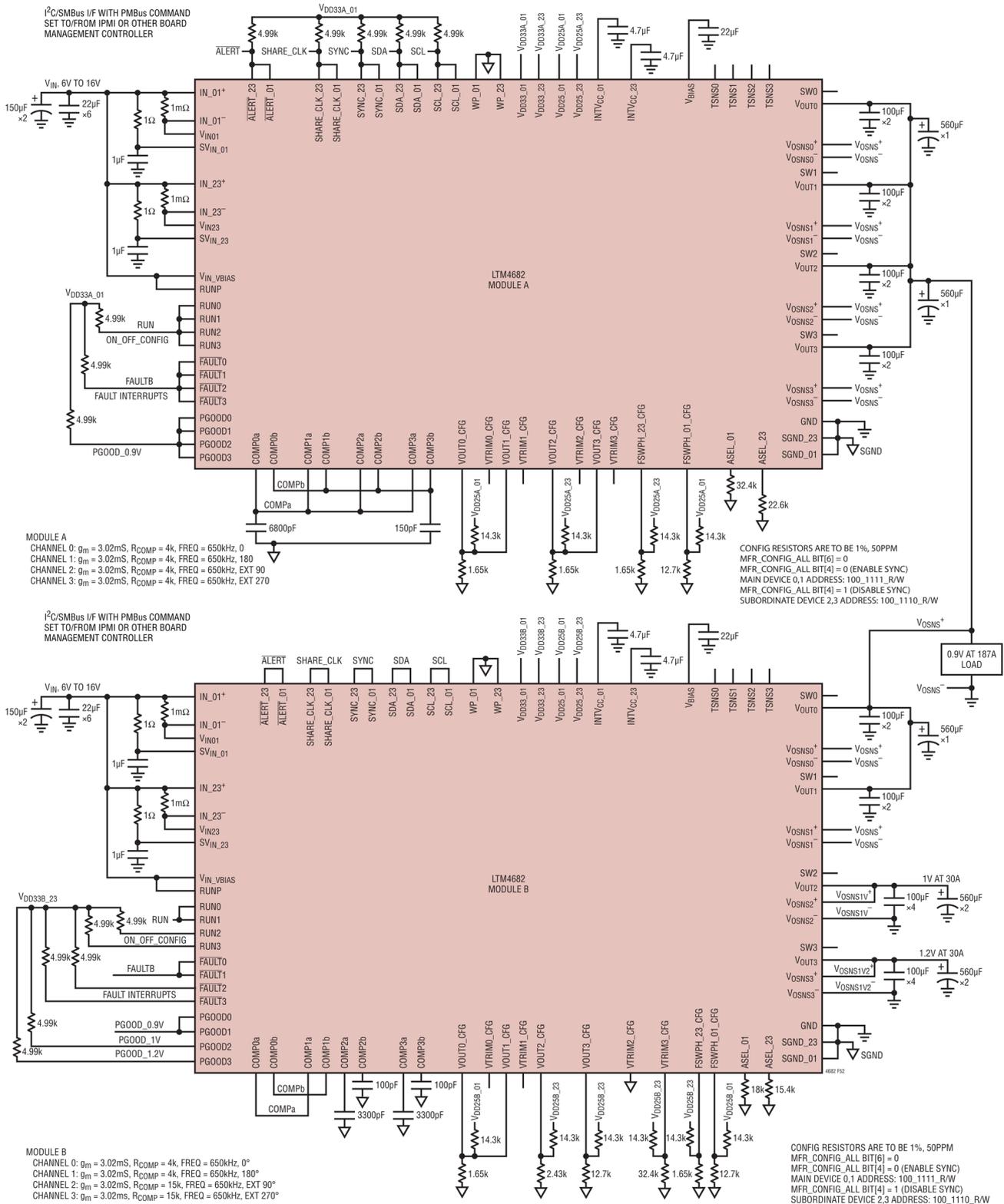


図 52. 0.9V/187A を生成する 6 フェーズ動作、1 相で 1V/30A、1.2V/30A。

パワー・システム・マネージメント機能を LTM4682 の 2 線式 I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを介して使用可能

## PMBus コマンドの詳細

### アドレス指定と書き込み保護

| コマンド名             | コマンド・コード | 説明                                   | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|-------------------|----------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|----|-----|--------|
| PAGE              | 0x00     | 複数ページPMBusデバイスとの統合化を行います。            | R/W Byte  | N     | Reg        |    |     | 0x00   |
| PAGE_PLUS_WRITE   | 0x05     | サポートされているコマンドをPWMチャンネルに直接書き込みます。     | W Block   | N     |            |    |     |        |
| PAGE_PLUS_READ    | 0x06     | サポートされているコマンドをPWMチャンネルから直接読み出します。    | Block R/W | N     |            |    |     |        |
| WRITE_PROTECT     | 0x10     | 意図せぬ変更を防ぐためにデバイスが提供する保護レベル。          | R/W Byte  | N     | Reg        |    | Y   | 0x00   |
| MFR_ADDRESS       | 0xE6     | 7ビットのI <sup>2</sup> Cアドレス・バイトを設定します。 | R/W Byte  | N     | Reg        |    | Y   | 0x4F   |
| MMFR_RAIL_ADDRESS | 0xFA     | PolyPhase出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。   | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x80   |

### PAGE

PAGE コマンドは、MFR\_ADDRESS またはグローバル・デバイス・アドレスのいずれか一方の物理アドレスだけで、両方のPWMチャンネルの設定、制御、およびモニタを行います。各PAGEには、1つのPWMチャンネルの動作コマンドが格納されます。

ページ0x00はチャンネル0に、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。

ASEL\_01はチャンネル0と1のアドレス、ASEL\_23はチャンネル2と3のアドレスを設定します。それぞれのASELピンには異なるアドレスが設定されます。

PAGEを0xFFに設定すると、以下のいずれのページ指定されたコマンドも両方の出力に適用されます。PAGEを0xFFに設定すると、LTM4682は、PAGEを0x00(チャンネル0の結果)に設定した場合と同じように読出しコマンドに応答します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### PAGE\_PLUS\_WRITE

PAGE\_PLUS\_WRITE コマンドは、デバイス内のページ指定、コマンドの送信、そのコマンドのデータの送信を、すべて1つの通信パケットで実行します。現在の書き込み保護レベルによって許可されているコマンドは、PAGE\_PLUS\_WRITEを使用して送信できます。

PAGEコマンドで保存された値は、PAGE\_PLUS\_WRITEの影響を受けません。PAGE\_PLUS\_WRITEを使用してページ指定されていないコマンドを送信した場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドはブロック書き込みプロトコルを使用します。2データ・バイトを伴うコマンドを送信するPEC付きPAGE\_PLUS\_WRITEコマンドの例を図53に示します。

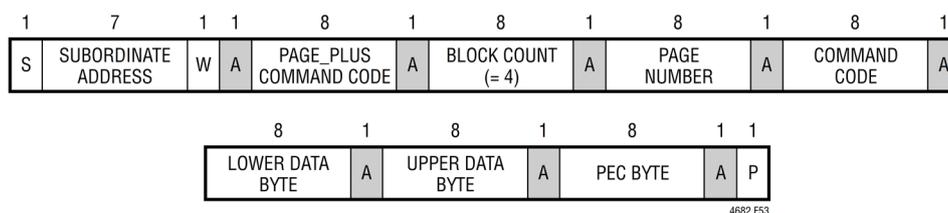


図 53. PAGE\_PLUS\_WRITE の例

### PAGE\_PLUS\_READ

PAGE\_PLUS\_READ コマンドは、デバイス内のページ指定、コマンドの送信、そのコマンドによって返されたデータの読出しを、すべて1つの通信パケットで実行します。

## PMBus コマンドの詳細

PAGE コマンドで保存された値は、PAGE\_PLUS\_READ の影響を受けません。PAGE\_PLUS\_READ を使用してページ指定されていないコマンドにアクセスした場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドはプロセス呼び出しプロトコルを使用します。PEC 付き PAGE\_PLUS\_READ コマンドの例を図 54 に示します。

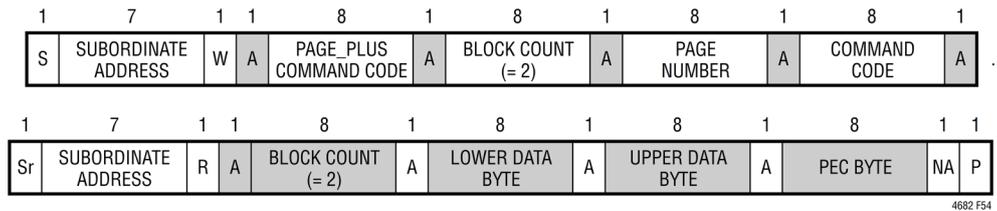


図 54. PAGE\_PLUS\_READ の例

注: PAGE\_PLUS コマンドをネストすることはできません。PAGE\_PLUS コマンドを使って、別の PAGE\_PLUS コマンドの読出しや書き込みを行うことはできません。このような処理を行おうとすると、LTM4682 は PAGE\_PLUS パケット全体に対して NACK を返し、無効なデータまたはサポートされていないデータに対する CML フォルトを生成します。

### WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTM4682 デバイスへの書き込みを制御するために使用します。このコマンドは、MFR\_COMMON コマンドで定義される WP ピンの状態は表示しません。WP ピンはこのコマンドの値より優先されます。

| バイト  | 意味   |
|------|--|
| 0x80 | WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL のコマンドを除くすべての書き込みをディスエーブルします。   |
| 0x40 | WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、STORE_USER_ALL、OPERATION、CLEAR_FAULTS のコマンドを除くすべての書き込みをディスエーブルします。個々のフォルト・ビットは、STATUS コマンドの該当ビットに 1 を書き込むことによってクリアできます。                           |
| 0x20 | WRITE_PROTECT、OPERATION、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、CLEAR_FAULTS、PAGE、ON_OFF_CONFIG、VOUT_COMMAND、および STORE_USER_ALL を除くすべての書き込みをディスエーブルします。個々のフォルト・ビットは、STATUS コマンドの該当ビットに 1 を書き込むことによってクリアできます。 |
| 0x10 | 予約済み。0 にする必要があります。   |
| 0x08 | 予約済み。0 にする必要があります。   |
| 0x04 | 予約済み。0 にする必要があります。   |
| 0x02 | 予約済み。0 にする必要があります。   |
| 0x01 | 予約済み。0 にする必要があります。   |

WRITE\_PROTECT を 0x00 に設定すると、すべてのコマンドへの書き込みがイネーブルされます。

WP ピンが高い場合は、PAGE、OPERATION、MFR\_CLEAR\_PEAKS、MFR\_EE\_UNLOCK、WRITE\_PROTECT、CLEAR\_FAULTS のコマンドを使用できます。個々のフォルト・ビットは、STATUS コマンドの該当ビットに 1 を書き込むことによってクリアできます。

## PMBus コマンドの詳細

### MFR\_ADDRESS

MFR\_ADDRESS コマンド・バイトは、このデバイスの PMBus スレーブ・アドレスを構成する 7 個のビットを設定します。

このコマンドの値を 0x80 に設定すると、デバイスのアドレス指定がディスエーブルされます。グローバル・デバイス・アドレスの 0x5A と 0x5B を非アクティブにすることはできません。RCONFIG を無視するように設定した場合でも、ASEL<sub>nn</sub> ピンを使ってチャンネル・アドレスの LSB が決定されます。ASEL<sub>01</sub> ピンと ASEL<sub>23</sub> ピンの両方がオープンの場合、LTM4682 は NVM に保存されたアドレス値を使用します。ASEL<sub>nn</sub> ピンがオープンの場合、LTM4682 は NVM に保存された MFR\_ADDRESS 値の下位 4 ビットを使って、デバイスの有効なアドレスを設定します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### MFR\_RAIL\_ADDRESS

MFR\_RAIL\_ADDRESS コマンドを使用すると、デバイス・アドレスを使い、PAGE コマンドでアクティブにしたチャンネルへ直接アクセスすることができます。このコマンドの値は、1 つの電源レールに接続されたすべてデバイスで共通にする必要があります。

このアドレスにはコマンド書込みだけを実行してください。このアドレスから読出しを行うと、レール接続デバイスが完全に同じ値で応答しない限り、LTM4682 はバス競合を検出して CML 通信フォルトを生成します。

このコマンドの値を 0x80 に設定すると、そのチャンネルのレール・デバイス・アドレス指定がディスエーブルされます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### 汎用設定コマンド

| コマンド名           | コマンド・コード | 説明             | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|-----------------|----------|----------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_CHAN_CONFIG | 0xD0     | チャンネル固有の設定ビット。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0x1D   |
| MFR_CONFIG_ALL  | 0xD1     | 汎用設定ビット。       | R/W Byte | N     | Reg        |    | Y   | 0x21   |

### MFR\_CHAN\_CONFIG

複数のアナログ・デバイス製品に共通の汎用設定コマンド。

| ビット | 意味  |
|-----|---|
| 7   | 予備  |
| 6   | 予備  |
| 5   | 予備  |
| 4   | RUN ローをディスエーブルします。このビットがアサートされると、オフを指定しても RUN ピンにローのパルスが出力されません。  |
| 3   | このビットを 1 に設定すると、Short Cycle の認識がイネーブルされます。  |
| 2   | SHARE_CLOCK 制御。SHARE_CLOCK をローに保持すると、出力がディスエーブルされます。  |
| 1   | FAULT ALERT なし。FAULT を外部からローにしても ALERT はローになりません。FAULT 時に POWER_GOOD または VOUT_UVUF のいずれかが伝搬された場合は、このビットをアサートします。  |
| 0   | MFR_RETRY_TIME と t <sub>OFF(MIN)</sub> の処理に関する V <sub>OUT</sub> の減衰値条件をディスエーブルします。このビットを 0 に設定すると、フォルト、OFF/ON コマンド、RUN のハイ・ロー・ハイの切り替えを含め、レールをオフにするあらゆる動作に対して、出力が事前設定値の 12.5% 未満まで減衰する必要があります。 |

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

デバイス・オフ指定後にデバイスがTOFF\_DELAY状態またはTOFF\_FALL状態を処理しているときに、PWMチャンネルをオンに戻す(つまり再びアクティブにする)ことを指定すると、必ずShortCycleイベントが発生します。PWMチャンネルは、RUNピンまたはPMBusのOPERATIONコマンド、あるいはその両方を使ってオン/オフすることができます。

TOFF\_DELAYの間にPWMチャンネルが再びアクティブになると、デバイスは以下のように動作します。

1. PWMチャンネル出力を直ちにトライステートにします。
2. tOFF(MIN)で指定された再試行遅延タイマーを始動します。
3. tOFF(MIN)で指定された時間が経過するとPWMチャンネルがTON\_DELAY状態へ移行し、STATUS\_MFR\_SPECIFICのビット#1がアサートされます。

TOFF\_FALLの間にPWMチャンネルが再びアクティブになると、デバイスは以下のように動作します。

1. PWMチャンネル出力のランプ・ダウンを停止します。
2. PWMチャンネル出力を直ちにトライステートにします。
3. tOFF(MIN)で指定された再試行遅延タイマーを始動します。
4. tOFF(MIN)で指定された時間が経過するとPWMチャンネルがTON\_DELAY状態へ移行し、STATUS\_MFR\_SPECIFICのビット#1がアサートされます。

ShortCycleイベントが発生して、MFR\_CHAN\_CONFIGのShortCycleに関連するビットがセットされていない場合、PWMチャンネルのステート・マシンは、それ以前にユーザが指定した内容に従って、そのTOFF\_DELAYとTOFF\_FALLの動作を完了させます。

### MFR\_CONFIG\_ALL

複数のアナログ・デバイス製品に共通の汎用設定コマンド。

| ビット | 意味   |
|-----|--|
| 7   | フォルト・ログ記録をイネーブルします。  |
| 6   | 抵抗設定ピンを無視します。  |
| 5   | PMBus, Part II, Section 10.9.1への違反をマスクします。                             |
| 4   | SYNC出力をディスエーブルします。   |
| 3   | 255msのPMBusタイムアウトをイネーブルします。  |
| 2   | PMBus書込みの受入れに有効なPECを必要とします。このビットをセットしないと、デバイスは無効なPECが指定されたコマンドも受け入れます。 |
| 1   | PMBusクロック・ストレッチングの使用をイネーブルします。   |
| 0   | いずれかのRUNピンの立上がりエッジでCLEAR_FAULTSを実行します。                                 |

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### オン/オフ/マージン

| コマンド名         | コマンド・コード | 説明                                | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|---------------|----------|-----------------------------------|-----------|-------|------------|----|-----|--------|
| ON_OFF_CONFIG | 0x02     | RUNピンおよびPMBusバスのオン/オフ・コマンドを設定します。 | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x1E   |
| OPERATION     | 0x01     | 動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイ、マージン・ロー。   | R/W Byte  | Y     | Reg        |    | Y   | 0x80   |
| MFR_RESET     | 0xFD     | 電源遮断が不要なコマンドによるリセット。              | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |

## PMBus コマンドの詳細

### ON\_OFF\_CONFIG

ON\_OFF\_CONFIG コマンドは、PWM チャンネルをオン／オフするために必要な RUNn ピン入力状態と PMBus コマンドの組み合わせを指定します。

サポートされている値:

| ビット  | 意味  |
|------|---|
| 0x1F | OPERATION の値と RUNn ピンの両方が、デバイスに起動／実行を指示する必要があります。オフが指示されるとデバイスは直ちにオフになります。          |
| 0x1E | OPERATION の値と RUNn ピンの両方が、デバイスに起動／実行を指示する必要があります。オフが指示されると、デバイスは TOFF_ コマンド値を使用します。 |
| 0x17 | RUNn ピンによる制御。オフが指示されるとデバイスは直ちにオフになります。OPERATION によるオン／オフ制御は無視されません。                 |
| 0x16 | オフが指示されると、デバイスは TOFF_ コマンドの値を使用して RUNn ピンによる制御を行います。OPERATION によるオン／オフ制御は無視されます。    |

サポートされていない ON\_OFF\_CONFIG 値を設定すると CML フォルトが生成され、コマンドは無視されます。このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### OPERATION

OPERATION コマンドは、RUNn ピンからの入力との組み合わせで、ユニットをオン／オフするために使用します。また、ユニットの出力電圧をマージン電圧の上限または下限に設定する場合にも使用します。ユニットは、新たな OPERATION コマンドや RUNn ピン状態の変化によってデバイスが別のモードに変化するよう指示されるまで、指定された動作モードを維持します。デバイスが MARGIN\_LOW/HIGH 状態で保存された場合は、次の RESET または POWER\_ON サイクル時にその状態までランピングします。OPERATION コマンドを変更すると(例えば ON を MARGIN\_LOW に変更すると)、出力は VOUT\_TRANSITION\_RATE によって設定された固定の勾配で変化します。デフォルトの動作コマンドはシーケンス・オフです。出荷時のデフォルト・プログラミング状態でデバイスに V<sub>IN</sub> を印加した場合に、VOUT\_CONFIG 抵抗設定ピンを設定していなければ、出力オフが指定されます。

デフォルトでは、デバイスはシーケンス・オフ状態になります。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

サポートされている値:

| ビット   | 意味   |
|-------|--|
| 0xA8  | マージン・ハイ。   |
| 0x98  | マージン・ロー。   |
| 0x80  | オン (ON_OFF_CONFIG のビット 3 がセットされていない場合でも、V <sub>OUT</sub> は公称値に戻ります)。 |
| 0x40* | ソフトオフ (シーケンシングあり)。   |
| 0x00* | 即時オフ (シーケンシングなし)。  |

\* ON\_OFF\_CONFIG のビット 3 がセットされていない場合、デバイスはこれらのコマンドに応答しません。

サポートされていない OPERATION 値を設定すると CML フォルトが生成され、コマンドは無視されます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### MFR\_RESET

このコマンドにより、シリアル・バスから LTM4682 をリセットできます。LTM4682 は両方の PWM チャンネルをオフにして、内部 EEPROM から動作メモリをロードします。更にすべてのフォルトをクリアし、PWM チャンネルの両方がイネーブルされていればそれらをソフトスタートします。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

## PMBus コマンドの詳細

## PWM 設定

| コマンド名            | コマンド・コード | 説明                                   | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位  | NVM | デフォルト値        |
|------------------|----------|--------------------------------------|----------|-------|------------|-----|-----|---------------|
| MFR_PWM_COMP     | 0xD3     | PWMループ補償設定。                          | R/W Byte | Y     | Reg        |     | Y   | 0x76          |
| MFR_PWM_MODE     | 0xD4     | PWMエンジンの設定。                          | R/W Byte | Y     | Reg        |     | Y   | 0xC7          |
| MFR_PWM_CONFIG   | 0xF5     | 位相制御を含め、DC/DCコントローラ用の様々なパラメータを設定します。 | R/W Byte | N     | Reg        |     | Y   | 0x10          |
| FREQUENCY_SWITCH | 0x33     | コントローラのスイッチング周波数。                    | R/W Word | N     | L11        | kHz | Y   | 575<br>0x023F |

**MFR\_PWM\_MODE**

MFR\_PWM\_MODE コマンドは、重要なPWM制御をチャンネルごとに設定します。

MFR\_PWM\_MODE コマンドを使用すると、PWMコントローラが不連続導通モード(パルス・スキッピング・モード)と強制連続導通モードのどちらを使用するかをプログラムできます。

| ビット    | 意味   |
|--------|--|
| 7      | I <sub>LIMIT</sub> の高電流レンジの使用。   |
| 0b     | 低電流レンジ。  |
| 1b     | 高電流レンジ。  |
| 6      | サーボ・モードをイネーブルします。  |
| 5      | 外部温度検出:<br>0: ΔV <sub>BE</sub> の測定。<br>現在は予約済み。ΔV <sub>BE</sub> のみをサポート。   |
| 4      | ページ0のみ: TSNS1aで検出された温度テレメトリ値を使用。<br>0 - TSNS1aを介して検出された温度を使用して、チャンネル1の電流検出入力(ISNS1a <sup>+</sup> /ISNS1a <sup>-</sup> )によってデジタル化された電流検出情報の温度補正を行います。<br>1 - TSNS0aを介して検出された温度を使用して、チャンネル1の電流検出入力(ISNS1a <sup>+</sup> /ISNS1a <sup>-</sup> )によってデジタル化された電流検出情報の温度補正を行います。TSNS1aに接続された温度センサーから得られるテレメトリ値は、必要に応じてモジュールの外部に出力できます。 |
| 3      | 予備   |
| 2      | 予備   |
| 1      | V <sub>OUT</sub> 範囲。   |
| 1b     | 最大出力電圧は2.75V。  |
| 0b     | 最大出力電圧は3.6V(不要)。   |
| Bit[0] | モード。   |
| 0b     | 不連続。   |
| 1b     | 強制連続。  |

このコマンドのビット[7]は、デバイスがIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITコマンドの高電流レンジと低電流レンジのどちらで動作するのかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループのゲインと補償が変化します。このビット値は、チャンネル出力がアクティブなときには変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書込みを行うと、CMLフォルトとなります。

ビット[6]: LTM4682は、デバイスがオフのとき、電源電圧のランピング・オン、ランピング・オフのときにサーボ制御を行いません。1に設定すると出力サーボがイネーブルされます。出力設定点DACは、READ\_VOUT\_ADCとVOUT\_COMMANDの差を最小限に抑えるように(つまりマージンが適切な値となるように)徐々に調整されます。

LTM4682は、次式を使い、ADCがTSNS<sub>n</sub>ピンで測定したΔV<sub>BE</sub>から温度(°C)を計算します。

$$T = (G \cdot \Delta V_{BE} \cdot q / (K \cdot \ln(16))) - 273.15 + 0$$

## PMBus コマンドの詳細

この式において、

$$G = \text{MFR\_TEMP\_1\_GAIN} \cdot 2^{-14}, \text{ and}$$

$$O = \text{MFR\_TEMP\_1\_OFFSET}$$

このコマンドのビット [1] は、デバイスが高電圧レンジと低電圧レンジのどちらで動作するかを決定します。このビットの値を変更すると、PWM ループのゲインと補償が変化します。このビット値は、チャンネル出力がアクティブなときには変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書込みを行うと、CML フォルトとなります。

ビット [0] は、PWM の動作モードを不連続モード (パルス・スキッピング・モード) にするか強制連続導通モードにするかを決定します。チャンネルのランピング・オン中は、このビットの値に関係なく PWM は不連続になります。このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### MFR\_PWM\_COMP

MFR\_PWM\_COMP コマンドは、PWM チャンネルのエラー・アンプの  $g_m$  と内部補償抵抗  $R_{ITHn}$  の値を設定します。このコマンドは PWM 出力のループ・ゲインに影響し、場合によっては外部補償ネットワークの変更が必要になります。

| BIT              | MEANING                               |
|------------------|---------------------------------------|
| <b>BIT [7:5]</b> | <b>Error Amplifier GM Adjust (mS)</b> |
| 000b             | 1.00                                  |
| 001b             | 1.68                                  |
| 010b             | 2.35                                  |
| 011b             | 3.02                                  |
| 100b             | 3.69                                  |
| 101b             | 4.36                                  |
| 110b             | 5.04                                  |
| 111b             | 5.76                                  |
| <b>BIT [4:0]</b> | <b>R<sub>COMP</sub> (kΩ)</b>          |
| 00000b           | 0                                     |
| 00001b           | 0.25                                  |
| 00010b           | 0.5                                   |
| 00011b           | 0.75                                  |
| 00100b           | 1                                     |
| 00101b           | 1.25                                  |
| 00110b           | 1.5                                   |
| 00111b           | 1.75                                  |
| 01000b           | 2                                     |
| 01001b           | 2.5                                   |
| 01010b           | 3                                     |
| 01011b           | 3.5                                   |
| 01100b           | 4                                     |
| 01101b           | 4.5                                   |
| 01110b           | 5                                     |
| 01111b           | 5.5                                   |
| 10000b           | 6                                     |

## PMBus コマンドの詳細

| BIT    | MEANING |
|--------|---------|
| 10001b | 7       |
| 10010b | 8       |
| 10011b | 9       |
| 10100b | 11      |
| 10101b | 13      |
| 10110b | 15      |
| 10111b | 17      |
| 11000b | 20      |
| 11001b | 24      |
| 11010b | 28      |
| 11011b | 32      |
| 11100b | 38      |
| 11101b | 46      |
| 11110b | 54      |
| 11111b | 62      |

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

**MFR\_PWM\_CONFIG**

MFR\_PWM\_CONFIG コマンドは、SYNC 信号の立下がりエッジを基準に、スイッチング周波数の位相オフセットを設定します。このコマンドを処理するには、デバイスがオフ状態になっている必要があります。RUN ピンをローにするか、コマンドでチャンネルをオフにする必要があります。いずれかのチャンネルがRUN 状態のときにこのコマンドを書き込むと、コマンドにはNACK が返され、BUSY フォルトがアサートされます。

| ビット                               | 意味  |                     |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| 7                                 | 予備  |                     |
| [6:5]<br>00b<br>01b<br>10b<br>11b | 入力電流検出ゲイン。<br>ゲイン = 2。0mV~50mV のレンジ。<br>ゲイン = 4。0mV~25mV のレンジ。<br>ゲイン = 8。0mV~10mV のレンジ。<br>予備  |                     |
| 4                                 | 共有クロックをイネーブル: このビットが1の場合は、 $V_{IN} > V_{IN\_ON}$ となるまで SHARE_CLK ピンは解放されません。 $V_{IN} < V_{IN\_OFF}$ になると SHARE_CLK ピンはローになります。このビットが0の場合、 $V_{IN} < V_{IN\_OFF}$ で SHARE_CLK がローになることはありません。ただし、最初に $V_{IN}$ を加えた場合を除きます。 |                     |
| 3                                 | 予備  |                     |
| BIT [2:0]                         | CHANNEL 0 (DEGREES)   | CHANNEL 1 (DEGREES) |
| 000b                              | 0   | 180                 |
| 001b                              | 90  | 270                 |
| 010b                              | 0   | 240                 |
| 011b                              | 0   | 120                 |
| 100b                              | 120   | 240                 |
| 101b                              | 60  | 240                 |
| 110b                              | 120   | 300                 |

## PMBus コマンドの詳細

### FREQUENCY\_SWITCH

FREQUENCY\_SWITCH コマンドは LTM4682 のスイッチング周波数 (kHz) を設定します。

サポートされている値:

| VALUE [15:0] | RESULTING FREQUENCY (TYP) |
|--------------|---------------------------|
| 0x0000       | External oscillator       |
| 0xF3E8       | 250kHz                    |
| 0xFABC       | 350kHz                    |
| 0xFB52       | 425kHz                    |
| 0xFBE8       | 500kHz                    |
| 0x023F       | 575kHz                    |
| 0x028A       | 650kHz                    |
| 0x02EE       | 750kHz                    |
| 0x03E8       | 1000kHz                   |

このコマンドを処理するには、デバイスがオフ状態になっている必要があります。RUN ピンをローにするか、コマンドで両方のチャンネルをオフにしてください。デバイスが RUN 状態のときにこのコマンドを書き込むと、コマンドには NACK が返され、BUSY フォルトがアサートされます。デバイス・オフが指示されたときに周波数が変更されると、PLL が新しい周波数に同期するので、PLL\_UNLOCK ステータスが検出されることがあります。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

## 電圧

### 入力電圧と制限値

| コマンド名              | コマンド・コード | 説明                                  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値         |
|--------------------|----------|-------------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|----------------|
| VIN_OV_FAULT_LIMIT | 0x55     | 入力電源過電圧フォルト制限値。                     | R/W Word | N     | L11        | V  | Y   | 16.8<br>0xDA1A |
| VIN_UV_WARN_LIMIT  | 0x58     | 入力電源低電圧警告制限値。                       | R/W Word | N     | L11        | V  | Y   | 4.65<br>0xD12A |
| VIN_ON             | 0x35     | ユニットが電力変換を開始する入力電圧。                 | R/W Word | N     | L11        | V  | Y   | 4.75<br>0xD130 |
| VIN_OFF            | 0x36     | ユニットが電力変換を停止する入力電圧。                 | R/W Word | N     | L11        | V  | Y   | 4.5<br>0xD120  |
| MFR_ICHIP_CAL_GAIN | 0xF7     | V <sub>IN</sub> ピン用フィルタ素子の抵抗値 (mΩ)。 | R/W Word | N     | L11        | mΩ | Y   | 1000<br>0x03E8 |

### VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT

VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT コマンドは、ADC が測定する入力電圧値に対し、入力過電圧フォルトを発生させる入力電圧値 (V) を設定します。

このコマンドのデータは 2 バイトです (Linear\_5s\_11s フォーマット)。

## PMBus コマンドの詳細

### VIN\_UV\_WARN\_LIMIT

VIN\_UV\_WARN\_LIMIT コマンドは、ADCが測定する入力電圧値に対し、入力低電圧警告を発生させる入力電圧値を設定します。この警告は、入力がVIN\_ONコマンドで設定された起動閾値を超え、ユニットがイネーブルされるまで、デイスエーブルされたままになります。VIN電圧がVIN\_UV\_WARN\_LIMIT未滿に低下すると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_WORDのINPUTビットをセット
- STATUS\_INPUTコマンドのVIN低電圧警告ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERTをアサートしてホストに通知

### VIN\_ON

VIN\_ONコマンドは、ユニットが電力変換を開始する入力電圧(V)を設定します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### VIN\_OFF

VIN\_OFFコマンドは、ユニットが電力変換を停止する入力電圧(V)を設定します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_ICHIP\_CAL\_GAIN

MFR\_ICHIP\_CAL\_GAIN コマンドは、VINピンのフィルタ素子の抵抗値(mΩ)を設定するために使用します(READ\_VINも合わせて参照してください)。フィルタ素子を使わない場合はMFR\_RVINを0に設定します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### 出力電圧と制限値

| コマンド名               | コマンド・コード | 説明   | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値            |
|---------------------|----------|--|----------|-------|------------|----|-----|-------------------|
| VOUT_MODE           | 0x20     | 出力電圧のフォーマットと指数( $2^{-12}$ )。               | R Byte   | Y     | Reg        |    |     | $2^{-12}$<br>0x14 |
| VOUT_MAX            | 0x24     | ユニットが他のコマンドに関係なく指定できる出力電圧の上限。              | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 1.5V<br>0x1800    |
| VOUT_OV_FAULT_LIMIT | 0x40     | 出力過電圧フォルト制限値。                              | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.85<br>0x0D9A    |
| VOUT_OV_WARN_LIMIT  | 0x42     | 出力過電圧警告制限値。                                | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.825<br>0x0D33   |
| VOUT_MARGIN_HIGH    | 0x25     | マージン・ハイ出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより大きくする必要があります。 | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.80<br>0x0CCD    |
| VOUT_COMMAND        | 0x21     | 公称出力電圧設定値。                                 | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.75<br>0x0C00    |
| VOUT_MARGIN_LOW     | 0x26     | マージン・ロー出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより小さくする必要があります。 | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.70<br>0x0B33    |
| VOUT_UV_WARN_LIMIT  | 0x43     | 出力低電圧警告制限値。                                | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.675<br>0x0ACD   |
| VOUT_UV_FAULT_LIMIT | 0x44     | 出力低電圧フォルト制限値。                              | R/W Word | Y     | L16        | V  | Y   | 0.65<br>0x0A66    |
| MFR_VOUT_MAX        | 0xA5     | 最大許容出力電圧。                                  | R Word   | Y     | L16        | V  |     | 1.5<br>0x1800     |

## PMBus コマンドの詳細

### VOUT\_MODE

VOUT\_MODE コマンドのデータ・バイトは出力電圧の指定および読出しに使われ、3ビット・モードと5ビット・パラメータで構成されます。3ビット・モードはリニア・フォーマットのみをサポートしており、5ビット・パラメータは出力電圧の読出し／書込みコマンドで使われる指数を表します。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### VOUT\_MAX

VOUT\_MAX コマンドは、VOUT\_MARGIN\_HIGH を含む、任意の電圧の上限を設定します。ユニットは他のコマンドや組み合わせに関係なく指示できます。このコマンドの最大許容値は1.5Vです。LTM4682が生成できる最大出力電圧は、VOUT\_MARGIN\_HIGH を含めて1.35Vです。ただし、VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT は1.5Vまで指定できます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16u フォーマットに設定されています。

### VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT コマンドは、OV 監視回路コンパレータが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力過電圧フォルトを発生させる出力電圧値(V)を設定します。

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT を変更した場合で、デバイスがRUN状態の場合は、コマンド変更後10msの時間を置いて新しい値が確実に認識されるようにします。デバイスが計算の実行でビジー状態になっている場合は、その旨が示されます。MFR\_COMMON のビット5と6をモニタしてください。デバイスがビジー状態の場合は、これらのどちらかのビットがローになります。この待ち時間を置かずVOUT\_COMMAND を変更して元の過電圧制限値より高い値にした場合は、一時的にOV状態が検出されて望ましくない動作を招き、スイッチャが損傷するおそれもあります。

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE をOV\_PULLDOWN または0x00に設定すると、VOUT\_OV\_FAULT が伝搬されても $\overline{\text{FAULT}}$ ピンはアサートされません。LTM4682はTGをローにして、過電圧状態が検出されるとBGビットをアサートします。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16u フォーマットに設定されています。

### VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT

VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT コマンドは、ADCが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力過電圧警告を発生させる出力電圧値(V)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定には、MFR\_VOUT\_PEAK の値を使用できます。

測定値がVOUT\_OV\_WARN\_LIMIT を超えると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_BYTE のNONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_WORD のV<sub>OUT</sub> ビットをセット
- STATUS\_VOUT コマンドのV<sub>OUT</sub> 過電圧警告ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERT ピンをアサートしてホストに通知

この状態はADCによって検出するので、応答時間は最大でt<sub>CONVERT</sub> になる場合があります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16u フォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### **VOUT\_MARGIN\_HIGH**

VOUT\_MARGIN\_HIGH コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン・ハイ」に設定されたときに変更する出力電圧(V)をユニットにロードします。この値はVOUT\_COMMANDより大きくする必要があります。VOUT\_MARGIN\_HIGHの最大仕様値は1.5Vです。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### **VOUT\_COMMAND**

VOUT\_COMMANDは2バイトで構成され、出力電圧(V)を設定するために使われます。VOUTの最大仕様値は1.5Vです。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### **VOUT\_MARGIN\_LOW**

VOUT\_MARGIN\_LOW コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン・ロー」に設定されたときに変更する出力電圧(V)をユニットにロードします。この値はVOUT\_COMMANDより小さくしなければなりません。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### **VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT**

VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT コマンドは、ADCが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力低電圧警告を発生させる出力電圧値(V)を示します。

測定値がVOUT\_UV\_WARN\_LIMITを下回ると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- STATUS\_WORDのVOUTビットをセット
- STATUS\_VOUTコマンドのVOUT低電圧警告ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### **VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT**

VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT コマンドは、UV監視回路コンパレータが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力低電圧フォルトを発生させる出力電圧値(V)を示します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### MFR\_VOUT\_MAX

MFR\_VOUT\_MAX コマンドは、VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT を含む各チャンネルの最大出力電圧 (V) です。出力電圧を高電圧レンジに設定 (MFR\_PWM\_MODE のビット 1 を 0 に設定) した場合、MFR\_VOUT\_MAX は 3.6V になります。(MFR\_PWM\_CONFIG のビット 6 を 0 に設定した場合の) 3.6V の MFR\_VOUT\_MAX は出力が 1.5V に制限されているため使用されません。出力電圧を低電圧レンジに設定 (MFR\_PWM\_MODE のビット 1 を 1 に設定) した場合、MFR\_VOUT\_MAX は 2.75V になります。VOUT\_COMMAND の値をこれより大きくすると CML フォルトが発生し、出力電圧設定値は最大レベルにクランプされます。また、これによって STATUS\_VOUT コマンドのビット 3 (VOUT\_MAX\_Warning) がセットされます。

この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear\_16u フォーマットに設定されています。

### 出力電流と制限値

| コマンド名                | コマンド・コード | 説明  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM              | デフォルト値          |
|----------------------|----------|---|----------|-------|------------|----|------------------|-----------------|
| MFR_IOUT_CAL_GAIN    | 0xDA     | 電流検出ピンの電圧と検出した電流の比。固定電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、これは抵抗値 (mΩ) です。 | R Word   | Y     | L11        | mΩ | Factory Only NVM | 0.360<br>0xD017 |
| MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC | 0xF6     | 電流検出素子の温度係数。  | R/W Word | Y     | CF         |    | Y                | 3900<br>0x0F3C  |
| IOUT_OC_FAULT_LIMIT  | 0x46     | 出力過電流フォルト制限値。   | R/W Word | Y     | L11        | A  | Y                | 42.0<br>0xE940  |
| IOUT_OC_WARN_LIMIT   | 0x4A     | 出力過電流警告制限値。   | R/W Word | Y     | L11        | A  | Y                | 35.0<br>0xE918  |

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN

MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN コマンドは、電流センス抵抗の抵抗値 (mΩ) を設定します (MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC も合わせて参照)。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC

MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC コマンドを使用すると、IOUT\_CAL\_GAIN センス抵抗またはインダクタ DCR の温度係数 (ppm/°C) をプログラムすることができます。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、16 ビットの 2 の補数形式の整数 ppm でフォーマットが設定されています。 $N = -32768 \sim 32767 \cdot 10^{-6}$  です。基準温度は 27°C です。IOUT\_CAL\_GAIN には以下に示す項を乗じます。

$$[1.0 + \text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC} \cdot (\text{READ\_TEMPERATURE\_1-27})].$$

DCR 検出の代表値は 3900 です。

IOUT\_CAL\_GAIN と MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC は、READ\_IOUT、MFR\_IOUT\_PEAK、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT、IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT を含むすべての電流パラメータに影響を与えます。

## PMBus コマンドの詳細

## IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT コマンドは、ピーク出力電流制限(A)を設定します。コントローラが電流制限状態になると、過電流検出器が過電流フォルト状態であることを示します。下の表に、 $I_{SENSE}^+$ と $I_{SENSE}^-$ 間のプログラマブルなピーク出力電流制限値(mV)を示します。電流制限の実際の値は、 $(I_{SENSE}^+ - I_{SENSE}^-)/IOUT\_CAL\_GAIN$ (A)です。

BASED ON PEAK-TO-PEAK INDUCTOR CURRENT = 50% OF 30A FOR WORSE CASE, THESE ARE APPROXIMATES, SO USE GUARDBAND AND CHECK

| MFR_PWM_MODE[7] = 1<br>HIGH CURRENT RANGE (mV) | ~I <sub>L</sub> PEAK (A) | ~I <sub>OUT</sub> (A) | MFR_PWM_MODE[7] = 0<br>LOW CURRENT RANGE (mV) | ~I <sub>L</sub> PEAK (A) | ~I <sub>OUT</sub> (A) |
|--|--------------------------|-----------------------|---|--------------------------|-----------------------|
| 17.73  | 49.25                    | 41.75                 | 9.85  | 27.36                    | 19.86                 |
| 18.86  | 52.38                    | 44.88                 | 10.48   | 29.11                    | 21.61                 |
| 20.42  | NA                       | NA                    | 11.34   | 31.5                     | 24                    |
| 21.14  | NA                       | NA                    | 11.74   | 32.61                    | 25.11                 |
| 22.27  | NA                       | NA                    | 12.37   | 34.36                    | 26.86                 |
| 23.41  | NA                       | NA                    | 13.01   | 36.13                    | 28.63                 |
| 24.55  | NA                       | NA                    | 13.64   | 37.88                    | 30.38                 |

注:これは電流波形のピークです。READ\_IOUT コマンドは平均電流を返します。ピーク出力電流制限は、次式を使用して MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC に基づく温度で調整されます。

$$\text{Peak Current Limit} = IOUT\_CAL\_GAIN \cdot (1 + MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC \cdot (READ\_TEMPERTURE\_1 - 27.0))$$

LTM4682 は、電流を適切な内部ビット値に自動的に変換します。

I<sub>OUT</sub> の範囲は、MFR\_PWM\_MODE コマンドのビット7で設定されます。

TON\_RISE および TOFF\_FALL の間、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT は無視されます。

測定値が IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT を超えると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_WORD の I<sub>OUT</sub> ビットをセット
- STATUS\_IOUT の I<sub>OUT</sub> 過電流フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERT をアサートしてホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT

このコマンドは、ADCによって測定される出力電流値に対し、出力過電流警告を発生させる出力電流測定値(A)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IOUTの値が使われます。

測定値がIOUT\_OC\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- STATUS\_WORDのIOUTビットをセット
- STATUS\_IOUTコマンドのIOUT過電流警告ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートしてホストに通知

TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの間、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITは無視されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

#### 入力電流と制限値

| コマンド名            | コマンド・コード | 説明                | タイプ      | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値          |
|------------------|----------|-------------------|----------|------------|----|-----|-----------------|
| MFR_IIN_CAL_GAIN | 0xE8     | 入力電流検出素子の抵抗値(mΩ)。 | R/W Word | L11        | mΩ | Y   | 1.000<br>0x03E8 |

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN

MFR\_IIN\_CAL\_GAINコマンドは、入力電流センス抵抗の抵抗値(mΩ)を設定します(READ\_IINも合わせて参照)。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

| コマンド名             | コマンド・コード | 説明          | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値         |
|-------------------|----------|-------------|----------|-------|------------|----|-----|----------------|
| IIN_OC_WARN_LIMIT | 0x5D     | 入力過電流警告制限値。 | R/W Word | N     | L11        | A  | Y   | 10.0<br>0xD280 |

### IIN\_OC\_WARN\_LIMIT

IIN\_OC\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCによって測定される入力電流値に対し、入力過電流警告を発生させる入力電流値(A)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IINの値が使われます。

測定値がIIN\_OC\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_BYTEのOTHERビットをセット
- STATUS\_WORDの上位バイトのINPUTビットをセット
- STATUS\_INPUTコマンドのIIN過電流警告ビット[1]をセット
- ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

## 温度

## 電力段DCRの温度キャリブレーション

| コマンド名             | コマンド・コード | 説明                    | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値          |
|-------------------|----------|-----------------------|----------|-------|------------|----|-----|-----------------|
| MFR_TEMP_1_GAIN   | 0xF8     | 外部温度センサーの勾配を設定します。    | R/W Word | Y     | CF         |    | Y   | 0.995<br>0x3FAE |
| MFR_TEMP_1_OFFSET | 0xF9     | 外部温度センサーのオフセットを設定します。 | R/W Word | Y     | L11        | °C | Y   | 0.0<br>0x8000   |

**MFR\_TEMP\_1\_GAIN**

MFR\_TEMP\_1\_GAIN コマンドは、素子の非理想特性とインダクタ温度のリモート検出に伴う誤差を考慮するために、電力段センサーの勾配に変更を加えます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、16ビットの2の補数形式の整数でフォーマットが設定されています。実質的なゲイン調整は  $N \cdot 2^{-14}$  で、公称値は1、 $N = 8192 \sim 32767$  です。

**MFR\_TEMP\_1\_OFFSET**

MFR\_TEMP\_1\_OFFSET コマンドは、素子の非理想特性とインダクタ温度のリモート検出に伴う誤差を考慮するために、電力段温度センサーのオフセットに変更を加えます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。デバイスは-273.15でキャリブレーションを開始するので、デフォルトの調整はゼロです。

## 電力段の温度制限値

| コマンド名          | コマンド・コード | 説明             | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値          |
|----------------|----------|----------------|----------|-------|------------|----|-----|-----------------|
| OT_FAULT_LIMIT | 0x4F     | 電力段の過熱フォルト制限値。 | R/W Word | Y     | L11        | °C | Y   | 128.0<br>0xF200 |
| OT_WARN_LIMIT  | 0x51     | 電力段の過熱警告制限値。   | R/W Word | Y     | L11        | °C | Y   | 125.0<br>0xE8E8 |
| UT_FAULT_LIMIT | 0x53     | 電力段の低温フォルト制限値。 | R/W Word | Y     | L11        | °C | Y   | -45.0<br>0xE530 |

**OT\_FAULT\_LIMIT**

OT\_FAULT\_LIMIT コマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、過熱フォルトを発生させる温度測定値(°C)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

**OT\_WARN\_LIMIT**

OT\_WARN\_LIMIT コマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、過熱警告を発生させる温度測定値(°C)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

## PMBus コマンドの詳細

測定値がOT\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセット
- STATUS\_TEMPERATURE コマンドの過熱警告ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### UT\_FAULT\_LIMIT

UT\_FAULT\_LIMIT コマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、低温フォルトを発生させる温度測定値(°C)を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

注:温度センサーを取り付けない場合は、UT\_FAULT\_LIMITを-275°Cに設定すると、UT\_FAULT\_LIMIT 応答を無視するように設定され、ALERTがアサートされないようにできます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## タイミング

### タイミング - オン・シーケンス/ランプ

| コマンド名                            | コマンド・コード | 説明   | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位   | NVM | デフォルト値         |
|----------------------------------|----------|--|----------|-------|------------|------|-----|----------------|
| TON_DELAY                        | 0x60     | RUNまたはOPERATIONオン(もしくはその両方)から出力レールがオンになるまでの時間。                               | R/W Word | Y     | L11        | ms   | Y   | 0.0<br>0x8000  |
| TON_RISE                         | 0x61     | 出力電圧が上昇し始めてからV <sub>OUT</sub> の指定値に達するまでの時間。                                 | R/W Word | Y     | L11        | ms   | Y   | 3.0<br>0xC300  |
| TON_MAX_FAULT_LIMIT              | 0x62     | V <sub>OUT</sub> が、TON_RISEの開始からV <sub>OUT_UV_FAULT_LIMIT</sub> を超えるまでの最大時間。 | R/W Word | Y     | L11        | ms   | Y   | 5.0<br>0xCA80  |
| V <sub>OUT_TRANSITION_RATE</sub> | 0x27     | V <sub>OUT</sub> の新しい値が指定されたときの出力変化率。  | R/W Word | Y     | L11        | V/ms | Y   | 0.25<br>0xD010 |

### TON\_DELAY

TON\_DELAY コマンドは、スタート条件を受け取ってから出力電圧が上昇し始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0ms~83秒までの範囲が有効な値です。最終的なターンオン遅延はTON\_DELAY = 0のときに代表値270μsとなり、TON\_DELAYのすべての値に対して±50μsの不確かさがあります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### TON\_RISE

TON\_RISE コマンドは、出力が上昇し始めてから出力がレギュレーション範囲内に入るまでの時間を、ミリ秒単位で設定します。0~1.3秒までの範囲が有効な値です。TON\_RISE イベントの間、デバイスは不連続モードになります。TON\_RISEが0.25ms未満の場合、LTM4682のデジタル勾配はバイパスされて、出力電圧の遷移はPWMスイッチャのアナログ性能によってのみ制御されます。TON\_RISEのステップ数はTON\_RISE(ms)/0.1msに等しく、その不確かさは±0.1msです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT

TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT コマンドは、出力低電圧フォルトの制限値に達することなくユニットが出力のパワーアップを試みることのできる時間を、ミリ秒単位で設定します。

データ値が0msの場合は制限がないことを意味し、デバイスは特別な条件を設けずに出力電圧を立ち上げようとします。最大制限値は83秒です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### VOUT\_TRANSITION\_RATE

出力電圧を変化させるVOUT\_COMMANDまたはOPERATION(マージン・ハイ、マージン・ロー)をPMBusデバイスが受け取った場合、このコマンドは出力電圧の変化率(V/ms)を設定します。ユニットのオンまたはオフが指示された場合、このコマンドで指定した変化率は適用されません。最大許容勾配は4V/msです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### タイミング - オフ・シーケンス/ランプ

| コマンド名               | コマンド・コード | 説明  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値        |
|---------------------|----------|---|----------|-------|------------|----|-----|---------------|
| TOFF_DELAY          | 0x64     | RUNまたはOPERATIONオフ(もしくはその両方)からTOFF_FALLランプ開始までの時間。 | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 0.0<br>0x8000 |
| TOFF_FALL           | 0x65     | 電出力が低下し始めてから0Vに達するまでの時間。                          | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 3.0<br>0xC300 |
| TOFF_MAX_WARN_LIMIT | 0x66     | TOFF_FALL完了後にユニットが12.5%未満に減衰するまでの最大許容時間。          | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 0<br>0x8000   |

### TOFF\_DELAY

TOFF\_DELAY コマンドは、停止条件を受け取ってから出力電圧が低下し始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0~83秒までの範囲が有効な値です。最終的なターンオフ遅延はTOFF\_DELAY = 0のときに代表値270 $\mu$ sとなり、TOFF\_DELAYのすべての値に対して $\pm 50\mu$ sの不確かさがあります。フォルト・イベントが発生した場合、TOFF\_DELAYは適用されません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### TOFF\_FALL

TOFF\_FALL コマンドは、ターンオフ遅延時間が終了してから出力電圧を0にするまでの指定時間を、ミリ秒単位で設定します。これはV<sub>OUT</sub> DACのランプ時間です。V<sub>OUT</sub> DACが0のときは、PWM出力が高インピーダンス状態に設定されます。

デバイスはプログラムされた動作モードを維持します。TOFF\_FALL時間が定義されている場合は、デバイスを連続導通モードに設定する必要があります。最大値をロードすると、デバイスの電圧は可能な限り低速でランプ・ダウンします。サポートされている最小立下がり時間は0.25msで、値を0.25ms未満にしても立下がり時間は0.25msになります。最大立下がり時間は1.3秒です。TOFF\_FALLのステップ数はTOFF\_FALL(ms)/0.1msに等しく、その不確かさは $\pm 0.1$ msです。

不連続導通モードではコントローラは負荷からの電流を流さず、立下がり時間は出力容量と負荷電流によって設定されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### TOFF\_MAX\_WARN\_LIMIT

TOFF\_MAX\_WARN\_LIMIT コマンドは、出力電圧が設定電圧の12.5%を超えてから警告がアサートされるまでの時間を、ミリ秒単位で設定します。V<sub>OUT</sub>の電圧値がV<sub>OUT\_COMMAND</sub>設定値の12.5%未満になると、出力はオフとみなされます。計算はTOFF\_FALLの経過後に始まります。

0msというデータ値は、制限がないこと、つまり出力電圧が設定電圧の12.5%を超えてからの時間が無制限であることを意味します。0以外で有効な値は120ms～524秒です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### 再起動の前提条件

| コマンド名            | コマンド・コード | 説明                         | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値        |
|------------------|----------|----------------------------|----------|-------|------------|----|-----|---------------|
| FR_RESTART_DELAY | 0xDC     | LTM4682がRUNピンをローに保持する最小時間。 | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 150<br>0xF258 |

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドは、RUNの最小オフ時間をミリ秒単位で指定します。このデバイスは、RUNの立下がりエッジを検出すると、この指定時間にわたってRUNピンをローに保持します。最小推奨値は136msです。

注:再起動遅延と再試行遅延は異なります。再起動遅延は指定された時間だけRUNをローにして、その後に標準起動シーケンスを開始します。最小再起動遅延は、TOFF\_DELAY + TOFF\_FALL + 136msと同じにする必要があります。有効な値は136ms～65.52秒の範囲で16ms刻みに設定できます。最小オフ時間を確保するために、MFR\_RESTART\_DELAYは必要時間より16ms長く設定してください。MFR\_CHAN\_CONFIGの出力減衰ビット0をイネーブルし、出力が設定値の12.5%未満になるまでに時間がかかる場合は、RUNピンがハイになった後、MFR\_RESTART\_DELAYより長く出力レールをオフにすることができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## フォルト応答

### すべてのフォルトに対するフォルト応答

| コマンド名           | コマンド・コード | 説明                  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値        |
|-----------------|----------|---------------------|----------|-------|------------|----|-----|---------------|
| MFR_RETRY_DELAY | 0xDB     | FAULT再試行モード時の再試行間隔。 | R/W Word | Y     | L11        | ms | Y   | 250<br>0xF3E8 |

### MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、フォルト応答がコントローラに指定の間隔で再試行をさせることである場合に、その再試行の間隔をミリ秒単位で設定します。このコマンド値は、再試行を必要とするすべてのフォルト応答に使われます。再試行時間は、対象チャンネルがフォルトを検出すると開始されます。有効な値は120ms～83.88秒の範囲で10マイクロ秒刻みに設定できます。

注:再試行遅延時間は、MFR\_RETRY\_DELAYコマンドにより指定された時間、または安定化された出力がプログラム値の12.5%未満に減衰するのに必要な時間によって決まります。出力の自然減衰時間が長すぎる場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット0をアサートすることによってMFR\_RETRY\_DELAYコマンドの電圧条件をなくすることができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### 入力電圧フォルト応答

| コマンド名                 | コマンド・コード | 説明                           | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|-----------------------|----------|------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| VIN_OV_FAULT_RESPONSE | 0x56     | 入力電源過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0x80   |

### VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE

VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、入力過電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 21 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の NONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_WORD の上位バイトの INPUT ビットをセット
- STATUS\_INPUT コマンドの VIN 過電圧フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### 出力電圧フォルト応答

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明                                  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|------------------------|----------|-------------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| VOUT_OV_FAULT_RESPONSE | 0x41     | 出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。          | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8   |
| VOUT_UV_FAULT_RESPONSE | 0x45     | 出力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。          | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8   |
| TON_MAX_FAULT_RESPONSE | 0x63     | TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8   |

### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、出力過電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 17 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の VOUT\_OV ビットをセット
- STATUS\_WORD の VOUT ビットをセット
- STATUS\_VOUT コマンドの VOUT 過電圧フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

このコマンドで認識される値は以下に限られます。

0x00 デバイスは OV プルダウン (OV\_PULLDOWN) のみを実行します。

0x80 デバイスはシャットダウン (出力をディスエーブル) し、ユニットは再試行を試みません。  
(PMBus, Part II, Section 10.7)。

## PMBus コマンドの詳細

- 0xB8** デバイスはシャットダウン(出力をディスエーブル)し、(RUNピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって)オフするよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャットダウンするまで、無期限に再試行を継続します。
- 0x4n** デバイスはシャットダウンし、ユニットは再試行をしません。一度オフしてから再度オンするよう指示される、RUNピンが一度ローにアサートされてから再度ハイにアサートされる、コマンドによりリセットが行われる、VINが遮断される、のいずれかまで出力はディスエーブルのままになります。OVフォルト状態は、 $n \cdot 10\mu\text{s}$  ( $n$ は0~7)にわたってアクティブ状態になっている必要があります。
- 0x78n** デバイスはシャットダウンし、ユニットは以下の操作が行われるまで再試行を継続します。操作は、フォルト状態をクリア、デバイスを一度オフしてから再度オンするよう指示、RUNピンを一度ローにアサートしてから再度ハイにアサート、コマンドによりリセットを実行、VINを遮断のいずれかです。OVフォルト状態は、 $n \cdot 10\mu\text{s}$  ( $n$ は0~7)にわたってアクティブ状態になっている必要があります。

上記以外の値にするとCMLフォルトが発生して、書込みは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

表 17. VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE のデータ・バイトの内容

| ビット | 説明   | 値       | 意味  |
|-----|--|---------|---|
| 7:6 | 対応<br>ビット [7:6] のすべての値に対し、LTM4682 は次のように動作します<br><ul style="list-style-type: none"> <li>ステータス・コマンドの該当フォルト・ビットをセット</li> <li>マスクされている場合を除き、<math>\overline{\text{ALERT}}</math> ピンをアサートしてホストに通知</li> </ul> 設定されたフォルト・ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> <li>デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る</li> <li>RUNピン、OPERATIONコマンド、またはRUNピンとOPERATIONコマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する</li> <li>LTM4682のバイアス電源を一度遮断してから再び印加する</li> </ul> | 00      | デバイスはOVプルダウン(OV_PULLDOWN)だけを実行します(すなわち、 $V_{\text{OUT}} > V_{\text{OUT\_OV\_FAULT}}$ の場合は上側MOSFETをオフして下側MOSFETをオン)。   |
|     |  | 01      | PMBusデバイスは、ビット [2:0] によって指定された遅延時間と、その特定のフォルトに指定された遅延時間単位で動作を継続します。遅延時間終了時にフォルト状態が解消されていない場合、ユニットは再試行設定(ビット [5:3])のプログラム内容に従って応答します。                                  |
|     |  | 10      | デバイスは直ちにシャットダウンし(出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。   |
|     |  | 11      | サポートされていません。この値を書き込むとCMLフォルトが発生します。   |
| 5:3 | 再試行設定  | 000     | ユニットは再起動を試みません。出力は、フォルトがクリアされるか、デバイスがオフになるよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるまでディスエーブルのままになります。   |
|     |  | 111     | PMBusデバイスは、(RUNピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって)デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別のフォルト状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。注:再試行間隔はMFR_RETRY_DELAYコマンドによって設定されます。 |
| 2:0 | 遅延時間   | 000-111 | 10 $\mu\text{s}$ 刻みの遅延時間。この遅延時間は、フォルト検出後にコントローラが動作を継続する時間を決定します。これはデグリッチされたオフ状態にのみ有効です。   |

## VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE

VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、入力低電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 18 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の NONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_WORD の  $V_{\text{OUT}}$  ビットをセット
- STATUS\_VOUT コマンドの  $V_{\text{OUT}}$  低電圧フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

## PMBus コマンドの詳細

UV フォルトおよび警告は、以下の基準を満たすまでマスクされます。

- 1) TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT に達した
- 2) TON\_DELAY シーケンスが完了した
- 3) TON\_RISE シーケンスが完了した
- 4) VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT 閾値に達した
- 5) IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT が存在しない

UV フォルトおよび警告は、チャンネルがアクティブになっていないときは必ずマスクされます。

UV フォルトおよび警告は、TON\_RISE および TOFF\_FALL シーケンシング中はマスクされます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

表 18. VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE のデータ・バイトの内容

| ビット | 説明   | 値       | 意味  |
|-----|--|---------|---|
| 7:6 | 対応<br>ビット [7:6] のすべての値に対し、LTM4682 は次のように動作します <ul style="list-style-type: none"> <li>• ステータス・コマンドの該当フォルト・ビットをセット</li> <li>• マスクされている場合を除き、<math>\overline{\text{ALERT}}</math> ピンをアサートしてホストに通知</li> </ul> 設定されたフォルト・ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る</li> <li>• RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する</li> <li>• デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る</li> <li>• デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る</li> <li>• デバイス電源を一度オフにして再びオンにする</li> </ul> | 00      | PMBus デバイスは中断することなく動作を続けます(フォルトを機能的に無視)。  |
|     |  | 01      | PMBus デバイスは、ビット [2:0] によって指定された遅延時間と、その特定のフォルトに指定された遅延時間単位で動作を継続します。遅延時間終了時にフォルト状態が解消されていない場合、ユニットは再試行設定(ビット [5:3])のプログラム内容に従って応答します。                                       |
|     |  | 10      | デバイスはシャットダウンし(出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。  |
|     |  | 11      | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。   |
| 5:3 | 再試行設定  | 000     | ユニットは再起動を試みません。出力は、フォルトがクリアされるか、デバイスがオフになるよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるまでディスエーブルのままになります。   |
|     |  | 111     | PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって)デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別のフォルト状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。注:再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。 |
| 2:0 | 遅延時間   | 000-111 | 10 $\mu$ s 刻みの遅延時間。この遅延時間は、フォルト検出後にコントローラが動作を継続する時間を決定します。これはデグリッチされたオフ状態にのみ有効です。   |

## PMBus コマンドの詳細

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、TON\_MAX フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 21 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の NONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_WORD の V<sub>OUT</sub> ビットをセット
- STATUS\_VOUT コマンドの TON\_MAX\_FAULT ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

値を 0 にすると、TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE がディスエーブルされます。0 の使用は推奨できません。

注: PWM チャンネルは、TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT で指定された時間が経過するまで不連続モードのままです。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### 出力電流フォルト応答

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明                         | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|------------------------|----------|----------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| IOUT_OC_FAULT_RESPONSE | 0x47     | 出力過電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0x00   |

### IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE

IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、出力過電流フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 19 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の NONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_BYTE の IOUT\_OC ビットをセット
- STATUS\_WORD の I<sub>OUT</sub> ビットをセット
- STATUS\_IOUT コマンドの I<sub>OUT</sub> 過電流フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

表 19. IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE のデータ・バイトの内容

| ビット | 説明  | 値       | 意味  |
|-----|---|---------|---|
| 7:6 | 対応<br>ビット [7:6] のすべての値に対し、LTM4682 は次のように動作します<br><ul style="list-style-type: none"> <li>ステータス・コマンドの該当フォルト・ビットをセット</li> <li>マスクされている場合を除き、<math>\overline{\text{ALERT}}</math> ピンをアサートしてホストに通知</li> </ul> 設定されたフォルト・ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> <li>デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る</li> <li>RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する</li> <li>デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る</li> <li>デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る</li> <li>デバイス電源を一度オフにして再びオンにする</li> </ul> | 00      | LTM4682 は、出力電圧に関係なく、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持しながら、無期限に動作を継続します (定電流制限動作またはブリックウォール・リミット動作と呼ばれます)。  |
|     |   | 01      | サポートされていません。  |
|     |   | 10      | LTM4682 は、出力電圧に関係なく、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持しながら、ビット [2:0] で指定された遅延時間にわたって動作を継続します。遅延時間終了時にデバイスがまだ電流制限状態で動作している場合、デバイスはビット [5:3] による再試行設定に従って応答します。 |
|     |   | 11      | LTM4682 は直ちにシャットダウンし、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。   |
| 5:3 | 再試行設定   | 000     | ユニットは再起動を試みません。RUN ピンを一度ローにしてから再度ハイにするか、バイアス電源を遮断することによってフォルト状態を解消するまで、出力はディスエーブルされたままになります。  |
|     |   | 111     | デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。 |
| 2:0 | 遅延時間  | 000-111 | 16ms 刻みの遅延時間単位数。この遅延時間は、フォルトが検出されてからシャットダウンまでのユニットの動作継続時間を決定するために使用します。これはデグリッチされたオフ応答でのみ有効です。  |

## デバイス温度フォルト応答

| コマンド名                 | コマンド・コード | 説明                        | タイプ    | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|-----------------------|----------|---------------------------|--------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_OT_FAULT_RESPONSE | 0xD6     | 内部過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。 | R Byte | N     | Reg        |    |     | 0xC0   |

## MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSE

MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSE コマンド・バイトは、内部過熱フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 20 に示すとおりです。

更に、LTM4682 は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の NONE\_OF\_THE\_ABOVE ビットをセット
- STATUS\_WORD の MFR ビットをセット
- STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドの過熱フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

表 20. MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSE のデータ・バイトの内容

| ビット | 説明   | 値       | 意味   |
|-----|--|---------|--|
| 7:6 | 対応<br>ビット [7:6] のすべての値に対し、LTM4682 は次のように動作します <ul style="list-style-type: none"> <li>ステータス・コマンドの該当フォルト・ビットをセット</li> <li>マスクされている場合を除き、<math>\overline{\text{ALERT}}</math> ピンをアサートしてホストに通知</li> </ul> 設定されたフォルト・ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> <li>デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る</li> <li>RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する</li> <li>LTM4682 のバイアス電源を一度遮断してから再び印加する</li> </ul> | 00      | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。                                |
|     |  | 01      | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。                                |
|     |  | 10      | デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。             |
|     |  | 11      | フォルトが存在している間、デバイスの出力はディスエーブルされます。フォルト状態が解消されると、動作が再開されて出力がイネーブルされます。 |
| 5:3 | 再試行設定  | 000     | ユニットは再起動を試みません。出力はフォルト状態が解消されるまでディスエーブルのままになります。                     |
|     |  | 001-111 | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。                                |
| 2:0 | 遅延時間   | XXX     | サポートされていません。値は無視されます。  |

### 外部温度フォルト応答

| コマンド名             | コマンド・コード | 説明                        | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|-------------------|----------|---------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| OT_FAULT_RESPONSE | 0x50     | 外部過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8   |
| UT_FAULT_RESPONSE | 0x54     | 外部低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xB8   |

### OT\_FAULT\_RESPONSE

OT\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーでの外部過熱フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 21 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の TEMPERATURE ビットをセット
- STATUS\_TEMPERATURE コマンドの過熱フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### UT\_FAULT\_RESPONSE

UT\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーでの外部低温フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表 15 に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の TEMPERATURE ビットをセット
- STATUS\_TEMPERATURE コマンドの低温フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをアサートしてホストに通知

この状態は ADC によって検出するので、応答時間は最大で  $t_{\text{CONVERT}}$  になる場合があります。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

表 21. TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE、OT\_FAULT\_RESPONSE、UT\_FAULT\_RESPONSE のデータ・バイトの内容

| ビット | 説明   | 値   | 意味  |
|-----|--|-----|---|
| 7:6 | 対応<br>ビット [7:6] のすべての値に対し、LTM4682 は次のように動作します<br><ul style="list-style-type: none"> <li>ステータス・コマンドの該当フォルト・ビットをセット</li> <li>マスクされている場合を除き、ALERT ピンをアサートしてホストに通知</li> </ul> 設定されたフォルト・ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> <li>デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る</li> <li>RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する</li> <li>デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る</li> <li>デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る</li> <li>デバイス電源を一度オフにして再びオンにする</li> </ul> | 00  | PMBus デバイスは中断することなく動作を続けます  |
|     |  | 01  | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。   |
|     |  | 10  | デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。  |
|     |  | 11  | サポートされていません。この値を書き込むと CML フォルトが発生します。   |
| 5:3 | 再試行設定  | 000 | ユニットは再起動を試みません。出力は、フォルトがクリアされるか、デバイスがオフになるよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるまでディスエーブルのままになります。   |
|     |  | 111 | PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別のフォルト状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。 |
| 2:0 | 遅延時間   | XXX | サポートされていません。値は無視されます。   |

## フォルトの共有

## フォルト共有のための伝搬

| コマンド名               | コマンド・コード | 説明                              | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|---------------------|----------|---------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_FAULT_PROPAGATE | 0xD2     | どのフォルトを FAULT ピンに伝搬させるかを決定する設定。 | R/W Word | Y     | Reg        |    | Y   | 0x6993 |

**MFR\_FAULT\_PROPAGATE**

MFR\_FAULT\_PROPAGATE コマンドは、フォルトによる  $\overline{\text{FAULT}}_n$  ピンのローへのアサートをイネーブルします。このコマンドのフォーマットは表 22 に示すとおりです。フォルトを  $\overline{\text{FAULT}}_n$  ピンに伝搬させることができるのは、それらのピンがフォルトにตอบสนองするようにプログラムされている場合に限りです。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

表 22. FAULTn のフォルト伝搬設定

FAULT0 ピンと FAULT1 ピンは、選択されたイベントを電氣的に通知するように設計されています。これらのイベントのいくつかは両方の出力チャンネルに共通のもので、その他は出力チャンネルに固有のもので、また、複数のチャンネル間でフォルトを共有するために使用することもできます。

| ビット   | 記号  | 動作  |
|-------|---|---|
| B[15] | VOUT disabled while not decayed.                                | これは、PolyPhase 構成で MFR_CHAN_CONFIG_LTM4682 のビット 0 がゼロの場合に使用されます。RUN ピンを切り替えるかデバイスのオフを指示することによってチャンネルをオフにして、その後、出力が減衰する前に RUN を再アサートするかデバイスをオンに戻すと、12.5% の減衰が確認されるまで VOUT は再起動しません。ビット 15 がアサートされている場合、この状態の間は FAULT ピンがアサートされます。 |
| B[14] | Mfr_fault_propagate_short_CMD_cycle                             | 0: 動作なし。<br>1: 出力をシーケンス・オフする前に一度オフしてからオンするよう指示するとローにアサートされ、シーケンス・オフ後に $t_{OFF(MIN)}$ が経過した時点で再びハイにアサートされます。   |
| b[13] | Mfr_fault_propagate_ton_max_fault                               | 0: TON_MAX_FAULT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: TON_MAX_FAULT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。FAULT0 は、ページ 0 の TON_MAX_FAULT フォルトに対応付けられます。FAULT1 は、ページ 1 の TON_MAX_FAULT フォルトに対応付けられます。   |
| b[12] | Reserved  |   |
| b[11] | Mfr_fault0_propagate_int_ot,<br>Mfr_fault1_propagate_int_ot     | 0: MFR_OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: MFR_OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされません。  |
| b[10] | Reserved  |   |
| b[9]  | Reserved  |   |
| b[8]  | Mfr_fault0_propagate_ut,<br>Mfr_fault1_propagate_ut             | 0: UT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: UT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。FAULT0 は、ページ 0 の UT フォルトに対応付けられます。FAULT1 は、ページ 1 の UT フォルトに対応付けられます。   |
| b[7]  | Mfr_fault0_propagate_ot,<br>Mfr_fault1_propagate_ot             | 0: OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。FAULT0 は、ページ 0 の OT フォルトに対応付けられます。FAULT1 は、ページ 1 の OT フォルトに対応付けられます。   |
| b[6]  | Reserved  |   |
| b[5]  | Reserved  |   |
| b[4]  | Mfr_fault0_propagate_input_ov,<br>Mfr_fault1_propagate_input_ov | 0: VIN_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: VIN_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。   |
| b[3]  | Reserved  |   |
| b[2]  | Mfr_fault0_propagate_iout_oc,<br>Mfr_fault1_propagate_iout_oc   | 0: IOUT_OC_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: IOUT_OC_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされません。<br>FAULT0 は、ページ 0 の OC フォルトに対応付けられます。<br>FAULT1 は、ページ 1 の OC フォルトに対応付けられます。  |
| b[1]  | Mfr_fault0_propagate_vout_uv,<br>Mfr_fault1_propagate_vout_uv   | 0: VOUT_UV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: VOUT_UV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされません。<br>FAULT0 は、ページ 0 の UV フォルトに対応付けられます。<br>FAULT1 は、ページ 1 の UV フォルトに対応付けられます。  |
| b[0]  | Mfr_fault0_propagate_vout_ov,<br>Mfr_fault1_propagate_vout_ov   | 0: VOUT_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は動作なし。<br>1: VOUT_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされません。<br>FAULT0 は、ページ 0 の OV フォルトに対応付けられます。<br>FAULT1 は、ページ 1 の OV フォルトに対応付けられます。  |

## PMBus コマンドの詳細

## フォルト共有のための応答

| コマンド名              | コマンド・コード | 説明                             | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|--------------------|----------|--------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_FAULT_RESPONSE | 0xD5     | FAULT ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。 | R/W Byte | Y     | Reg        |    | Y   | 0xC0   |

**MFR\_FAULT\_RESPONSE**

MFR\_FAULT\_RESPONSE コマンドは、 $\overline{\text{FAULT}}_n$  ピンが外部信号源によってローにされた場合にデバイスが取るべきアクションを指示します。

サポートされている値:

| ビット  | 意味  |
|------|---|
| 0xC0 | FAULT_INHIBIT。 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンがローになった場合、LTM4682 は出力をトライステートにします。 |
| 0x00 | FAULT_IGNORE。LTM4682 は中断することなく動作を続けます。  |

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_WORD の MFR ビットをセット
- $\overline{\text{FAULT}}_n$  がローになっていることを示すために STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドのビット 0 をセット
- マスクされている場合を除き、ALERT をアサートしてホストに通知

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

## スクラッチパッド

| コマンド名        | コマンド・コード | 説明                             | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|--------------|----------|--------------------------------|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| USER_DATA_00 | 0xB0     | OEM 指定済み。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。 | R/W Word | N     | Reg        |    | Y   | NA     |
| USER_DATA_01 | 0xB1     | LTpowerPlay 用にメーカー指定済み。        | R/W Word | Y     | Reg        |    | Y   | NA     |
| USER_DATA_02 | 0xB2     | OEM 指定済み。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。 | R/W Word | N     | Reg        |    | Y   | NA     |
| USER_DATA_03 | 0xB3     | ユーザが使用できる NVM ワード。             | R/W Word | Y     | Reg        |    | Y   | 0x0000 |
| USER_DATA_04 | 0xB4     | ユーザが使用できる NVM ワード。             | R/W Word | N     | Reg        |    | Y   | 0x0000 |

## PMBus コマンドの詳細

### USER\_DATA\_00~USER\_DATA\_04

これらのコマンドは、ユーザ用ストレージの不揮発性メモリ位置です。USER\_DATA\_nnには任意の時点で任意の値を書き込むことができます。ただし、LTpowerPlayソフトウェアと契約メーカーは、これらのコマンドの一部を在庫管理のために使用します。予約済みのUSER\_DATA\_nnコマンドを変更すると、在庫管理が不適切なものになったり、これらの製品との互換性が失われたりする可能性があります。

これらのコマンドは2バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットに設定されています。

### 識別情報

| コマンド名          | コマンド・コード | 説明   | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値  |
|----------------|----------|--|----------|-------|------------|----|-----|---------|
| PMBus_REVISION | 0x98     | このデバイスがサポートしているPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.2です。 | R Byte   | N     | Reg        |    | FS  | 0x22    |
| CAPABILITY     | 0x19     | このデバイスがサポートしているPMBusオプション通信プロトコルの概要。       | R Byte   | N     | Reg        |    |     | 0xB0    |
| MFR_ID         | 0x99     | LTM4682のメーカーID (ASCII)。                    | R String | N     | ASC        |    |     | LTC     |
| MFR_MODEL      | 0x9A     | メーカー製品番号 (ASCII)。                          | R String | N     | ASC        |    |     | LTM4682 |
| MFR_SPECIAL_ID | 0xE7     | LTM4682を表すメーカー・コード。                        | R Word   | N     | Reg        |    |     | 0x418X  |

### PMBus\_REVISION

PMBUS\_REVISIONコマンドは、デバイスが準拠するPMBusのリビジョンを示します。LTM4682は、PMBus Version 1.2のPart IとPart IIの両方に準拠しています。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### CAPABILITY

このコマンドは、ホスト・システムがPMBusデバイスのいくつかの重要な機能を決定する方法を提供します。

LTM4682は、パケット・エラー・チェック、400kHzのバス・スピード、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをサポートしています。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_ID

MFR\_IDコマンドはASCII文字を使ってLTM4682のメーカーIDを示します。

この読出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

### MFR\_MODEL

MFR\_MODELコマンドは、ASCII文字を使ってLTM4682のメーカー製品番号を示します。

この読出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

### MFR\_SPECIAL\_ID

デバイスの名称とリビジョンを表す16ビットのワードです。0x418XはデバイスがLTM4682であることを示し、Xはメーカーが調整できます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

### フォルト、警告、およびステータス

| コマンド名               | コマンド・コード | 説明                                      | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値          |
|---------------------|----------|---|-----------|-------|------------|----|-----|-----------------|
| CLEAR_FAULTS        | 0x03     | セットされたフォルト・ビットをクリア。                     | Send Byte | N     |            |    |     | NA              |
| SMBALERT_MASK       | 0x1B     | マスク動作。                                  | Block R/W | Y     | Reg        |    | Y   | See CMD Details |
| MFR_CLEAR_PEAKS     | 0xE3     | すべてのピーク値のクリア。                           | Send Byte | Y     |            |    |     | NA              |
| STATUS_BYTE         | 0x78     | デバイスのフォルト状態を1バイトに要約したもの。                | R/W Byte  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_WORD         | 0x79     | デバイスのフォルト状態を2バイトに要約したもの。                | R/W Word  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_VOUT         | 0x7A     | 出力電圧のフォルトと警告のステータス。                     | R/W Byte  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_IOUT         | 0x7B     | 出力電流のフォルトと警告のステータス。                     | R/W Byte  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_INPUT        | 0x7C     | 入力電源のフォルトと警告のステータス。                     | R/W Byte  | N     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_TEMPERATURE  | 0x7D     | READ_TEMPERATURE_1の外部温度フォルトおよび警告のステータス。 | R/W Byte  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_CML          | 0x7E     | 通信およびメモリのフォルトと警告のステータス。                 | R/W Byte  | N     | Reg        |    |     | NA              |
| STATUS_MFR_SPECIFIC | 0x80     | メーカー固有のフォルトと状態の情報。                      | R/W Byte  | Y     | Reg        |    |     | NA              |
| MFR_PADS            | 0xE5     | I/Oパッドのデジタル・ステータス。                      | R Word    | N     | Reg        |    |     | NA              |
| MFR_COMMON          | 0xEF     | 複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。    | R Byte    | N     | Reg        |    |     | NA              |

### CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTS コマンドは、セットされたフォルト・ビットをクリアするために使用します。このコマンドは、すべてのステータス・コマンドのすべてのビットを同時にクリアします。同時に、デバイスがALERTピン信号をアサートしている場合、デバイスはそのALERTピンの信号出力を無効に(クリア、解放)します。ビットがクリアされてもフォルトがまだ解消されていない場合はフォルト・ビットがセットされたままになり、ALERTピンをローにアサートすることによってホストへ通知されます。CLEAR\_FAULTSの処理には最大で10 $\mu$ sを要します。この時間枠内にフォルトが発生すると、ステータス・レジスタが設定される前にクリアされる場合があります。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

CLEAR\_FAULTSが、フォルト状態によってラッチ・オフされたユニットを再起動することはありません。フォルト状態によってシャットダウンされたユニットは、以下の場合に再起動されます。

- RUNピン、OPERATIONコマンド、またはRUNピンとOPERATIONコマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する。
- MFR\_RESETコマンドが発行される。
- ICのバイアス電源を一度遮断してから再び印加する。

### SMBALERT\_MASK

SMBALERT\_MASKコマンドを使用すると、特定のステータス・ビットが1つまたは複数アサートされたときに、それらのビットによってALERTがアサートされないようにすることができます。

ALERTマスクを設定するために使用するワード書込みフォーマットの例を図55に示します。この場合はPECなしです。マスク・バイト内のビットは、指定ステータス・レジスタ内のビットと一致します。例えば、STATUS\_TEMPERATUREコマンド・コードが最初のデータ・バイトで送られ、マスク・バイトに0x40が含まれている場合、その後が続く外部過熱警告は引き続き

## PMBus コマンドの詳細

STATUS\_TEMPERATURE のビット6を設定しますが、 $\overline{\text{ALERT}}$  はアサートしません。その他のサポートされている STATUS\_TEMPERATURE ビットについては、セットされれば引き続き ALERT がアサートされます。

「ブロック書込み–ブロック読出しプロセス呼び出し」プロトコルの例を図55および図56に示します。この場合もPECなしです。このプロトコルは、サポートされている任意のステータス・レジスタの現在の状態をリードバックするときに使用します。

SMBALERT\_MASK は、STATUS\_BYTE、STATUS\_WORD、MFR\_COMMON、MFR\_PADS\_LTM4682 には適用できません。該当ステータス・レジスタの出荷時のデフォルト・マスク設定を以下に示します。サポートされていないコマンド・コードを SMBALERT\_MASK に設定すると、無効なデータまたはサポートされていないデータに対する CML が生成されます。

SMBALERT\_MASK のデフォルト設定: (図2参照)

| STATUS RESISTER     | ALERT MASK VALUE | MASKED BITS  |
|---------------------|------------------|--|
| STATUS_VOUT         | 0x00             | None   |
| STATUS_IOUT         | 0x00             | None   |
| STATUS_TEMPERATURE  | 0x00             | None   |
| STATUS_CML          | 0x00             | None   |
| STATUS_INPUT        | 0x00             | None   |
| STATUS_MFR_SPECIFIC | 0x11             | Bit 4 (internal PLL unlocked), bit 0 ( $\overline{\text{FAULT}}$ pulled low by external device). |

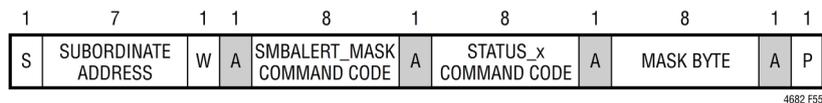


図 55. SMBALERT\_MASK の書込み例

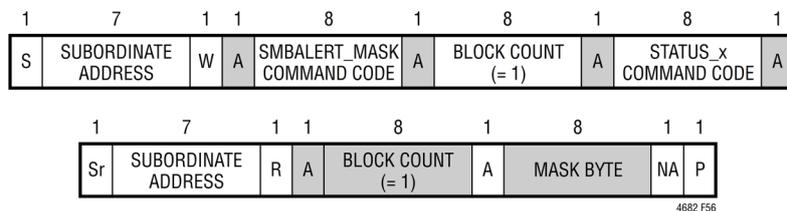


図 56. SMBALERT\_MASK の読出し例

### MFR\_CLEAR\_PEAKS

MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドは、MFR\*\_PEAK のデータ値をクリアします。また、MFR\_RESET コマンドも MFR\*\_PEAK のデータ値をクリアします。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

### STATUS\_BYTE

STATUS\_BYTE コマンドは、最も重要なフォルトの概要を1バイトの情報で返します。これはステータス・ワードの下位バイトです。

## PMBus コマンドの詳細

STATUS\_BYTE のメッセージ内容

| ビット | ステータス・ビット名        | 意味   |
|-----|-------------------|--|
| 7*  | BUSY              | LTM4682 が応答できないのでフォルトが宣言されました。                                     |
| 6   | OFF               | このビットは、単にイネーブルされていない場合も含め、理由の如何に関わらずチャンネルが出力に電力を供給していない場合にセットされます。 |
| 5   | VOUT_OV           | 出力過電圧フォルトが発生しました。  |
| 4   | IOUT_OC           | 出力過電流フォルトが発生しました。  |
| 3   | VIN_UV            | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。                                   |
| 2   | TEMPERATURE       | 温度フォルトまたは警告が発生しました。  |
| 1   | CML               | 通信、メモリ、またはロジックのフォルトが発生しました。  |
| 0*  | NONE OF THE ABOVE | ビット [7:1] に記載されていないフォルトが発生しました。                                    |

\*これらのビットのいずれかがセットされると、ALERT がアサートされます。これらのビットは、CLEAR\_FAULTS コマンドを使う代わりに、STATUS\_BYTE の該当ビット位置に 1 を書き込むことによってクリアできます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

### STATUS\_WORD

STATUS\_WORD コマンドは、チャンネルのフォルト状態の概要を 2 バイトの情報で返します。STATUS\_WORD コマンドの下位バイトは STATUS\_BYTE コマンドと同じです。

STATUS\_WORD の上位バイトのメッセージ内容

| ビット | ステータス・ビット名   | 意味  |
|-----|--------------|---|
| 15  | VOUT         | 出力電圧フォルトまたは警告が発生しました。                             |
| 14  | IOUT         | 出力電流フォルトまたは警告が発生しました。                             |
| 13  | INPUT        | 入力電圧フォルトまたは警告が発生しました。                             |
| 12  | MFR_SPECIFIC | LTM4682 に固有のフォルトまたは警告が発生しました。                     |
| 11  | POWER_GOOD#  | このビットがセットされている場合、その POWER_GOOD 状態は false (オフ) です。 |
| 10  | FANS         | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。                  |
| 9   | OTHER        | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。                  |
| 8   | UNKNOWN      | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。                  |

上位バイトのいずれかのビットがセットされると、NONE\_OF\_THE\_ABOVE がアサートされます。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴います。

### STATUS\_VOUT

STATUS\_VOUT コマンドは、1 バイトの VOUT ステータス情報を返します。

STATUS\_VOUT のメッセージ内容

| ビット | 意味                               |
|-----|----------------------------------|
| 7   | VOUT 過電圧フォルト。                    |
| 6   | VOUT 過電圧警告。                      |
| 5   | VOUT 低電圧警告。                      |
| 4   | VOUT 低電圧フォルト。                    |
| 3   | VOUT 最大値警告。                      |
| 2   | TON 最大値フォルト。                     |
| 1   | TOFF 最大値フォルト。                    |
| 0   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。 |

## PMBus コマンドの詳細

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$  イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_IOUT

STATUS\_IOUT コマンドは、1バイトの I<sub>OUT</sub> ステータス情報を返します。

STATUS\_IOUT のメッセージ内容

| ビット | 意味                               |
|-----|----------------------------------|
| 7   | I <sub>OUT</sub> 過電流フォルト。        |
| 6   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。 |
| 5   | I <sub>OUT</sub> 過電流警告。          |
| 4:0 | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。 |

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$  イベントを起動します。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_INPUT

STATUS\_INPUT コマンドは、1バイトの V<sub>IN</sub> (V<sub>INSNS</sub>) ステータス情報を返します。

STATUS\_INPUT のメッセージ内容

| ビット | 意味                                |
|-----|-----------------------------------|
| 7   | V <sub>IN</sub> 過電圧フォルト。          |
| 6   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。  |
| 5   | V <sub>IN</sub> 低電圧警告。            |
| 4   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。  |
| 3   | V <sub>IN</sub> が不十分なのでユニットはオフです。 |
| 2   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。  |
| 1   | I <sub>IN</sub> 過電流警告。            |
| 0   | サポートされていません (LTM4682 は 0 を返します)。  |

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$  イベントを起動します。このコマンドのビット3はラッチされず、セットされた場合も $\overline{\text{ALERT}}$  を発生させません。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

### STATUS\_TEMPERATURE

STATUS\_TEMPERATURE コマンドは、温度に関する1バイトのステータス情報を返します。これはページ指定されたコマンドで、それぞれのREAD\_TEMPERATURE\_1の値に関係しています。

STATUS\_TEMPERATURE のメッセージ内容

| ビット | 意味                          |
|-----|-----------------------------|
| 7   | 外部過熱フォルト                    |
| 6   | 外部過熱警告                      |
| 5   | サポートされていません(LTM4682は0を返します) |
| 4   | 外部低温フォルト                    |
| 3:0 | サポートされていません(LTM4682は0を返します) |

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_CML

STATUS\_CML コマンドは、受信したコマンド、内部メモリ、ロジックに関する1バイトの情報を返します。

STATUS\_CML のメッセージ内容

| ビット | 意味                           |
|-----|------------------------------|
| 7   | 無効なコマンドまたはサポートされていないコマンドを受信。 |
| 6   | 無効なデータまたはサポートされていないデータを受信。   |
| 5   | パケット・エラー・チェックに失敗しました。        |
| 4   | メモリ・フォルトを検出しました。             |
| 3   | プロセッサ・フォルトを検出しました。           |
| 2   | 予備(LTM4682は0を返します)。          |
| 1   | その他の通信フォルト。                  |
| 0   | その他のメモリ・フォルトまたはロジック・フォルト。    |

このコマンドのビット3またはビット4がセットされている場合は、深刻かつ重大な内部エラーが検出されています。これらのビットが継続的にセットされる場合、デバイスをそのまま使用し続けることは推奨できません。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$  イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドは、メーカー固有ステータスに関する1バイトの情報を返します。

このバイトのフォーマットを以下に示します。

| ビット | 意味                               |
|-----|----------------------------------|
| 7   | 内部温度フォルト制限値を超えました。               |
| 6   | 内部温度警告制限値を超えました。                 |
| 5   | 出荷時調整領域のNVM CRC フォルト。            |
| 4   | PLL はロックされていません。                 |
| 3   | フォルト・ログが存在します。                   |
| 2   | V <sub>DD33</sub> のUVまたはOVのフォルト。 |
| 1   | ShortCycle イベントを検出しました。          |
| 0   | 外部デバイスによってFAULTピンがローにアサートされました。  |

これらいずれかのビットがセットされると、STATUS\_WORDのMFRビットがセットされて $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされます。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTS コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。ただし、フォルト・ログ存在ビットをクリアするには、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドを発行するしか方法がありません。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$  イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_PADS

このコマンドを使用すると、デバイスのI/Oピンのデジタル・ステータスを直接読み出すことができます。このコマンドのビット割り当ては以下のとおりです。

| ビット | 割り当てられたデジタル・ピン   |
|-----|--|
| 15  | V <sub>DD33</sub> のOVフォルト。                             |
| 14  | V <sub>DD33</sub> のUVフォルト。                             |
| 13  | 予約済み   |
| 12  | 予約済み   |
| 11  | ADCの値が無効。起動時に発生します。通常動作時に電流測定チャンネルで一時的に発生することがあります。    |
| 10  | 外部デバイスからSYNCにクロックを入力(SYNCピンを駆動するようにLTM4682が設定されている場合)。 |
| 9   | チャンネル1のパワーグッド。   |
| 8   | チャンネル0のパワーグッド。   |
| 7   | LTM4682がRUN1をローに駆動。                                    |
| 6   | LTM4682がRUN0をローに駆動。                                    |
| 5   | RUN1ピンの状態。   |
| 4   | RUN0ピンの状態。   |
| 3   | LTM4682がFAULT1をローに駆動。                                  |
| 2   | LTM4682がFAULT0をローに駆動。                                  |
| 1   | FAULT1ピンの状態。   |
| 0   | FAULT0ピンの状態。   |

「1」は条件が真(true)であることを示します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

## PMBus コマンドの詳細

## MFR\_COMMON

MFR\_COMMON コマンドは、アナログ・デバイスのすべてのデジタル電源および遠隔測定製品に共通するビットを内蔵しています。

| ビット | 意味                     |
|-----|------------------------|
| 7   | モジュールはALERTをローに駆動しません。 |
| 6   | LTM4682はビジーではありません。    |
| 5   | 計算は保留されていません。          |
| 4   | LTM4682の出力は遷移中ではありません。 |
| 3   | NVMは初期化されています。         |
| 2   | 予約済み                   |
| 1   | SHARE_CLKタイムアウト。       |
| 0   | WPピン・ステータス。            |

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

## 遠隔測定

| コマンド名                  | コマンド・コード | 説明  | タイプ      | ページ指定 | フォーマット | 単位  | NVM | デフォルト値 |
|------------------------|----------|---|----------|-------|--------|-----|-----|--------|
| READ_VIN               | 0x88     | 測定された入力電源電圧。  | R Word   | N     | L11    | V   |     | NA     |
| READ_IIN               | 0x89     | 測定された入力電源電流。  | R Word   | N     | L11    | A   |     | NA     |
| READ_VOUT              | 0x8B     | 測定された出力電圧。  | R Word   | Y     | L16    | V   |     | NA     |
| READ_IOUT              | 0x8C     | 測定された出力電流。  | R Word   | Y     | L11    | A   |     | NA     |
| READ_TEMPERATURE_1     | 0x8D     | 電力段の温度センサー。この値は、IOUT_CAL_GAINを含む全ての温度関連処理に使われます。        | R Word   | Y     | L11    | °C  |     | NA     |
| READ_TEMPERATURE_2     | 0x8E     | 内部ジャンクション温度。他のコントローラ・コマンドには影響しません。                      | R Word   | N     | L11    | °C  |     | NA     |
| READ_FREQUENCY         | 0x95     | 測定されたPWMスイッチング周波数。                                      | R Word   | Y     | L11    | Hz  |     | NA     |
| READ_POUT              | 0x96     | 出力電力の計算値。   | R Word   | Y     | L11    | W   |     | NA     |
| READ_PIN               | 0x97     | 入力電力の計算値。   | R Word   | N     | L11    | W   |     | NA     |
| MFR_PIN_ACCURACY       | 0xAC     | READ_PINコマンドの精度を返します。                                   | R Byte   | N     |        | %   |     | 5.0%   |
| MFR_IOUT_PEAK          | 0xD7     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IOUTの最大測定値をレポートします。          | R Word   | Y     | L11    | A   |     | NA     |
| MFR_VOUT_PEAK          | 0xDD     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VOUTの最大測定値。                  | R Word   | Y     | L16    | V   |     | NA     |
| MFR_VIN_PEAK           | 0xDE     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VINの最大測定値。                   | R Word   | N     | L11    | V   |     | NA     |
| MFR_TEMPERATURE_1_PEAK | 0xDF     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での外部温度の測定値(READ_TEMPERATURE_1)の最大値。 | R Word   | Y     | L11    | °C  |     | NA     |
| MFR_READ_IIN_PEAK      | 0xE1     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IINコマンドの最大測定値。               | R Word   | N     | L11    | A   |     | NA     |
| MFR_READ_ICHIP         | 0xE4     | LTM4682が使用した測定電流。                                       | R Word   | N     | L11    | A   |     | NA     |
| MFR_TEMPERATURE_2_PEAK | 0xF4     | 最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での最大内部ダイ温度。                         | R Word   | N     | L11    | °C  |     | NA     |
| MFR_ADC_CONTROL        | 0xD8     | 高速でADCリードバックを繰り返す場合に選択されるADC遠隔測定パラメータ。                  | R/W Byte | N     | N      | Reg |     | NA     |

## PMBus コマンドの詳細

### **READ\_VIN**

READ\_VIN コマンドは、 $V_{IN}$  ピンの測定電圧に  $READ\_ICHIP \cdot MFR\_RVIN$  を加算した値 (V) を返します。これは、LTM4682 の電源電流により  $V_{IN}$  フィルタ素子に生じる IR 電圧降下を補償します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_VOUT**

READ\_VOUT コマンドは、VOUT\_MODE コマンドによって測定された出力電圧値を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16u フォーマットに設定されています。

### **READ\_IIN**

READ\_IIN コマンドは、入力電流検出抵抗の両端で測定された入力電流の値 (A) を返します (MFR\_IIN\_CAL\_GAIN も合わせて参照)。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_IOUT**

READ\_IOUT コマンドは平均出力電流 (A) を返します。IOUT の値は以下の値の関数です。

- a) ISENSE ピン両端の差動電圧の測定値
- b) IOUT\_CAL\_GAIN の値
- c) MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC の値
- d) READ\_TEMPERATURE\_1 の値
- e) MFR\_TEMP\_1\_GAIN と MFR\_TEMP\_1\_OFFSET

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_TEMPERATURE\_1**

READ\_TEMPERATURE\_1 コマンドは、電力検出素子の温度 (°C) を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_TEMPERATURE\_2**

READ\_TEMPERATURE\_2 コマンドは、内部検出素子が検出した LTM4682 のダイ温度 (°C) を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_FREQUENCY**

READ\_FREQUENCY コマンドは PWM スイッチング周波数の指示値 (kHz) です。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### **READ\_POUT**

READ\_POUT コマンドは、DC/DC コンバータの出力電力指示値 (W) です。POUT は、最新の出力電圧指示値とそれに対応する出力電流指示値に基づいて計算されます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### **READ\_PIN**

READ\_PIN コマンドは、DC/DC コンバータの入力電力指示値(W)です。PINは、最新の入力電圧指示値と入力電流指示値に基づいて計算されます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### **MFR\_PIN\_ACCURACY**

MFR\_PIN\_ACCURACY コマンドは、READ\_PIN コマンドによって返された値の精度(%)を返します。データは1バイトです。値は1ビットにつき0.1%で、範囲は±0.0%~±25.5%になります。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴い、符号なし整数フォーマットに設定されています。

### **MFR\_IOUT\_PEAK**

MFR\_IOUT\_PEAK コマンドは、READ\_IOUT 測定によってレポートされる電流の最大値(A)をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### **MFR\_VOUT\_PEAK**

MFR\_VOUT\_PEAK コマンドは、READ\_VOUT 測定による電圧の最大値(V)をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### **MFR\_VIN\_PEAK**

MFR\_VIN\_PEAK コマンドは、READ\_VIN 測定による電圧の最大値(V)をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### **MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAK**

MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAK コマンドは、READ\_TEMPERATURE\_1 測定による温度の最大値(°C)をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### **MFR\_READ\_IIN\_PEAK**

MFR\_READ\_IIN\_PEAK コマンドは、READ\_IIN 測定による電流の最大値(A)をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### MFR\_READ\_ICHIP

MFR\_READ\_ICHIP コマンドは、LTM4682 が使用した入力電流の測定値 (A) を返します。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### MFR\_TEMPERATURE\_2\_PEAK

MFR\_TEMPERATURE\_2\_PEAK コマンドは、READ\_TEMPERATURE\_2 測定による温度の最大値 (°C) をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKS コマンドを使ってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11s フォーマットに設定されています。

### MFR\_ADC\_CONTROL

MFR\_ADC\_CONTROL コマンドは、ADC リードバックの選択肢を決定します。このコマンドのデフォルト値は 0 で、この場合は標準のテレメトリ・ループが実行されます。すべてのパラメータがラウンド・ロビン方式で更新され、代表遅延時間は  $t_{\text{CONVERT}}$  です。0 以外の値を指定し、約 8ms の更新レートで 1 つのパラメータをモニタすることも可能です。このコマンドの最大遅延は A/D 変換 2 回分で、これは約 16ms に相当します (外部温度変換の最大遅延は A/D 変換 3 回分で、これは約 24ms に相当します)。ADC を使い 1 つのパラメータを高速で更新する必要があるような特殊な場合を除き、デバイスは標準の遠隔測定モードのままにすることを推奨します。目的のパラメータを限られた時間 (1 秒未満) だけモニタするようデバイスに指示して、その後に標準のラウンド・ロビン方式に戻るようコマンドを設定する必要があります。このコマンドを標準のラウンド・ロビン遠隔測定 (0) 以外の値に設定した場合は、選択したパラメータ以外の遠隔測定に関連するすべての警告とフォルトが実質的にディスエーブルされ、電圧のサーボ制御もディスエーブルされます。ラウンド・ロビン方式が再度アサートされると、すべての警告、フォルト、サーボ・モードが再度イネーブルされます。

| COMMANDED VALUE | TELEMETRY COMMAND NAME | DESCRIPTION                             |
|-----------------|------------------------|---|
| 0x0F            |                        | Reserved                                |
| 0x0E            |                        | Reserved                                |
| 0x0D            |                        | Reserved                                |
| 0x0C            | READ_TEMPERATURE_1     | Channel 1 external temperature.         |
| 0x0B            |                        | Reserved                                |
| 0x0A            | READ_IOUT              | Channel 1 measured output current.      |
| 0x09            | READ_VOUT              | Channel 1 measured output voltage.      |
| 0x08            | READ_TEMPERATURE_1     | Channel 0 external temperature.         |
| 0x07            |                        | Reserved                                |
| 0x06            | READ_IOUT              | Channel 0 measured output current.      |
| 0x05            | READ_VOUT              | Channel 0 measured output voltage.      |
| 0x04            | READ_TEMPERATURE_2     | Internal junction temperature.          |
| 0x03            | READ_IIN               | Measured input supply current.          |
| 0x02            | MFR_READ_ICHIP         | Measured supply current of the LTM4682. |
| 0x01            | READ_VIN               | Measured input supply voltage.          |
| 0x00            |                        | Standard ADC round-robin telemetry.     |

予約済みのコマンド値を入力すると、テレメトリはデフォルトで内部 IC 温度になり、CML フォルトが出力されます。LTM4682 は、有効なコマンド値が入力されるまで CML フォルトを出力し続けます。測定入力電源電圧の精度が確保されるのは、MFR\_ADC\_CONTROL コマンドが標準のラウンド・ロビン遠隔測定に設定されている場合に限りです。

この書き込み専用コマンドは 1 バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットに設定されています。

## PMBus コマンドの詳細

### NVMメモリ・コマンド

#### 格納/復元

| コマンド名                | コマンド・コード | 説明                          | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|----------------------|----------|-----------------------------|-----------|-------|------------|----|-----|--------|
| STORE_USER_ALL       | 0x15     | ユーザの動作メモリの内容をEEPROMに格納します。  | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |
| RESTORE_USER_ALL     | 0x16     | ユーザの動作メモリの内容をEEPROMから復元します。 | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |
| MFR_COMPARE_USER_ALL | 0xF0     | 現在のコマンドの内容をNVMと比較します。       | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |

#### STORE\_USER\_ALL

STORE\_USER\_ALL コマンドは、保存しておく必要のある動作メモリ内容をユーザの不揮発性NVMメモリの対応する位置にコピーするよう、PMBus デバイスに指示します。

ダイ温度が0°C~85°Cの範囲にない状態でこのコマンドを実行することは推奨できません。この場合、10年間のデータ保持期間は確保できません。ダイ温度が130°Cを超えると、STORE\_USER\_ALL コマンドはディスエーブルされます。デバイス温度が125°C未滿に低下すると、コマンドは再度イネーブルされます。

LTM4682との通信およびNVMのプログラミングを開始できるのは、EXTV<sub>CC</sub>またはV<sub>DD33</sub>が供給されていて、V<sub>IN</sub>が印加されていない場合に限られます。この状態でデバイスをイネーブルするには、グローバル・アドレス0x5Bを使ってMFR\_EE\_UNLOCKに0x2Bを書き込み、続いて0xC4を書き込みます。これによりLTM4682が正常な通信を開始し、プロジェクト・ファイルを更新できるようになります。更新したプロジェクト・ファイルをNVMに書き込むには、STORE\_USER\_ALL コマンドを発行します。V<sub>IN</sub>を印加したら、MFR\_RESETを発行してPWMをイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

#### RESTORE\_USER\_ALL

RESTORE\_USER\_ALL コマンドは、不揮発性ユーザ・メモリの内容を動作メモリの対応する位置にコピーするようLTM4682に指示します。動作メモリの値はユーザ・コマンドで取得した値によって上書きされます。LTM4682は、両方のチャンネルがオフであることを確認して内部EEPROMから動作メモリをロードし、すべてのフォルトをクリアして、抵抗設定ピンを読み取り、更にPWMチャンネルのソフトスタートが設定されている場合は両方のチャンネルについてそれを実行します。

STORE\_USER\_ALL、MFR\_COMPARE\_USER\_ALL、およびRESTORE\_USER\_ALL コマンドはダイ温度が130°Cを超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が125°C未滿に下がるまでイネーブルされません。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

#### MFR\_COMPARE\_USER\_ALL

MFR\_COMPARE\_USER\_ALL コマンドは、現在のコマンド内容と不揮発性メモリに格納されている内容を比較するようPMBus デバイスに指示します。この比較によって差が検出された場合は、CMLビット0フォルトが生成されます。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

## PMBus コマンドの詳細

### フォルト・ログ記録

| コマンド名               | コマンド・コード | 説明                                 | タイプ       | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|---------------------|----------|------------------------------------|-----------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_FAULT_LOG       | 0xEE     | フォルト・ログのデータ・バイト。                   | R Block   | N     | CF         |    | Y   | NA     |
| MFR_FAULT_LOG_STORE | 0xEA     | RAMからEEPROMへのフォルト・ログ転送を指示します。      | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |
| MFR_FAULT_LOG_CLEAR | 0xEC     | フォルト・ログ用として指定済みのEEPROMブロックを初期化します。 | Send Byte | N     |            |    |     | NA     |

### MFR\_FAULT\_LOG

MFR\_FAULT\_LOG コマンドを使用すると、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドが最後に書き込まれて以降、初めてフォルトが発生した後に、FAULT\_LOG の内容を読み出すことができます。このコマンドの内容は不揮発性メモリに格納され、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドによってクリアされます。このコマンドの長さと内容を表 15 に示します。MFR\_FAULT\_LOG コマンドにアクセスしてもフォルト・ログが存在しない場合、コマンドはデータ長 0 を返します。フォルト・ログが存在する場合、MFR\_FAULT\_LOG は 147 バイト長のデータ・ブロックを返します。電源オン後の最初の 1 秒以内にフォルトが発生した場合は、フォルト・ログの最初の方のページには有効なデータが格納されないことがあります。

注: このコマンドの転送時間は、400kHz クロックを使用した場合で約 3.4ms です。

この読み出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドは、フォルトが発生した場合と同じようにフォルト・ログ動作を強制的に NVM へ書き込みます。MFR\_CONFIG\_ALL コマンドのビット 7「フォルト・ログを有効にする」がセットされている場合、このコマンドは STATUS\_MFR\_SPECIFIC フォルトのビット 3 をセットします。

ダイ温度が 130°C を超えた場合は、125°C 未満に低下するまで MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドはディスエーブルされません。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

## PMBus コマンドの詳細

表 23. フォルト・ログ記録

この表は、MFR\_FAULT\_LOG コマンドの読み出しブロック・データ・フォーマットの概要を示しています。

| Data Format Definitions    |         |             |          | LIN 11 = PMBus = Rev 1.2, Part 2, section 7.1   |
|----------------------------|---------|-------------|----------|---|
|                            |         |             |          | LIN 16 = PMBus Rev 1.2, Part 2, section 8. Mantissa portion only.   |
|                            |         |             |          | BYTE = 8 bits interpreted per definition of this command.   |
| DATA                       | BITS    | DATA FORMAT | BYTE NUM | BLOCK READ COMMAND  |
| Block Length               |         | Byte        | 147      | The MFR_FAULT_LOG command is a fixed length of 147 bytes.<br>The block length will be zero if a data log event has not been captured.           |
| HEADER INFORMATION         |         |             |          |   |
| Fault Log Preface          | [7:0]   | ASC         | 0        | Returns LTxx beginning at byte 0 if a partial or complete fault log exists.<br>Word xx is a factory identifier that may vary from part to part. |
|                            | [7:0]   |             | 1        |   |
|                            | [15:8]  | Reg         | 2        |   |
|                            | [7:0]   |             | 3        |   |
| Fault Source               | [7:0]   | Reg         | 4        | See Table 19.   |
| MFR_REAL_TIME              | [7:0]   | Reg         | 5        | 48-bit share-clock counter value when the fault occurred (200µs resolution).  |
|                            | [15:8]  |             | 6        |   |
|                            | [23:16] |             | 7        |   |
|                            | [31:24] |             | 8        |   |
|                            | [39:32] |             | 9        |   |
|                            | [47:40] |             | 10       |   |
| MFR_VOUT_PEAK (PAGE 0)     | [15:8]  | L16         | 11       | Peak READ_VOUT on Channel 0 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.   |
|                            | [7:0]   |             | 12       |   |
| MFR_VOUT_PEAK (PAGE 1)     | [15:8]  | L16         | 13       | Peak READ_VOUT on Channel 1 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.   |
|                            | [7:0]   |             | 14       |   |
| MFR_IOUT_PEAK (PAGE 0)     | [15:8]  | L11         | 15       | Peak READ_IOUT on Channel 0 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.   |
|                            | [7:0]   |             | 16       |   |
| MFR_IOUT_PEAK (PAGE 1)     | [15:8]  | L11         | 17       | Peak READ_IOUT on Channel 1 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.   |
|                            | [7:0]   |             | 18       |   |
| MFR_VIN_PEAK               | [15:8]  | L11         | 19       | Peak READ_VIN since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.   |
|                            | [7:0]   |             | 20       |   |
| READ_TEMPERATURE1 (PAGE 0) | [15:8]  | L11         | 21       | Power stage temperature sensor 0 during the last event.   |
|                            | [7:0]   |             | 22       |   |
| READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1) | [15:8]  | L11         | 23       | Power stage temperature sensor 1 during the last event.   |
|                            | [7:0]   |             | 24       |   |
| READ_TEMPERATURE2          | [15:8]  | L11         | 25       | LTM4682 die temperature sensor during the last event.   |
|                            | [7:0]   |             | 26       |   |

## PMBus コマンドの詳細

### CYCLICAL DATA

| <b>EVENT n</b><br><b>(Data at Which Fault Occurred; Most Recent Data)</b> |        |        |    | Event n represents one complete cycle of ADC reads through the MUX at the time of fault. Example: If the fault occurs when the ADC is processing step 15, it will continue to take readings through step 25 and then store the header and all six event pages to EEPROM. |
|---|--------|--------|----|--|
|   |        |        |    |  |
| READ_VOUT (PAGE 0)  | [15:8] | LIN 16 | 27 |  |
|   | [7:0]  | LIN 16 | 28 |  |
| READ_VOUT (PAGE 1)  | [15:8] | LIN 16 | 29 |  |
|   | [7:0]  | LIN 16 | 30 |  |
| READ_IOUT (PAGE 0)  | [15:8] | LIN 11 | 31 |  |
|   | [7:0]  | LIN 11 | 32 |  |
| READ_IOUT (PAGE 1)  | [15:8] | LIN 11 | 33 |  |
|   | [7:0]  | LIN 11 | 34 |  |
| READ_VIN  | [15:8] | LIN 11 | 35 |  |
|   | [7:0]  | LIN 11 | 36 |  |
| READ_IIN  | [15:8] | LIN 11 | 37 |  |
|   | [7:0]  | LIN 11 | 38 |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 0)  |        | Byte   | 39 |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 1)  |        | Byte   | 40 |  |
| STATUS_WORD (PAGE 0)  | [15:8] | Word   | 41 |  |
|   | [7:0]  | Word   | 42 |  |
| STATUS_WORD (PAGE 1)  | [15:8] | Word   | 43 |  |
|   | [7:0]  | Word   | 44 |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)  |        | Byte   | 45 |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)  |        | Byte   | 46 |  |
| <b>EVENT n-1</b><br><b>(data measured before fault was detected)</b>      |        |        |    |  |
| READ_VOUT (PAGE 0)  | [15:8] | LIN 16 | 47 |  |
|   | [7:0]  | LIN 16 | 48 |  |
| READ_VOUT (PAGE 1)  | [15:8] | LIN 16 | 49 |  |
|   | [7:0]  | LIN 16 | 50 |  |
| READ_IOUT (PAGE 0)  | [15:8] | LIN 11 | 51 |  |
|   | [7:0]  | LIN 11 | 52 |  |

## PMBus コマンドの詳細

|                               |        |        |     |  |
|-------------------------------|--------|--------|-----|--|
| READ_IOUT (PAGE 1)            | [15:8] | LIN 11 | 53  |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 54  |  |
| READ_VIN                      | [15:8] | LIN 11 | 55  |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 56  |  |
| READ_IIN                      | [15:8] | LIN 11 | 57  |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 58  |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 0)          |        | BYTE   | 59  |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 1)          |        | BYTE   | 60  |  |
| STATUS_WORD (PAGE 0)          | [15:8] | WORD   | 61  |  |
|                               | [7:0]  | WORD   | 62  |  |
| STATUS_WORD (PAGE 1)          | [15:8] | WORD   | 63  |  |
|                               | [7:0]  | WORD   | 64  |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)  |        | BYTE   | 65  |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)  |        | BYTE   | 66  |  |
| <b>EVENT n-5</b>              |        |        |     |  |
| <b>(Oldest Recorded Data)</b> |        |        |     |  |
| READ_VOUT (PAGE 0)            | [15:8] | LIN 16 | 127 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 16 | 128 |  |
| READ_VOUT (PAGE 1)            | [15:8] | LIN 16 | 129 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 16 | 130 |  |
| READ_IOUT (PAGE 0)            | [15:8] | LIN 11 | 131 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 132 |  |
| READ_IOUT (PAGE 1)            | [15:8] | LIN 11 | 133 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 134 |  |
| READ_VIN                      | [15:8] | LIN 11 | 135 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 136 |  |
| READ_IIN                      | [15:8] | LIN 11 | 137 |  |
|                               | [7:0]  | LIN 11 | 138 |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 0)          |        | BYTE   | 139 |  |
| STATUS_VOUT (PAGE 1)          |        | BYTE   | 140 |  |
| STATUS_WORD (PAGE 0)          | [15:8] | WORD   | 141 |  |
|                               | [7:0]  | WORD   | 142 |  |
| STATUS_WORD (PAGE 1)          | [15:8] | WORD   | 143 |  |
|                               | [7:0]  | WORD   | 144 |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)  |        | BYTE   | 145 |  |
| STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)  |        | BYTE   | 146 |  |

## PMBus コマンドの詳細

表 24. Position\_Fault 値の説明

| POSITION_FAULT VALUE | SOURCE OF FAULT LOG |
|----------------------|---------------------|
| 0xFF                 | MFR_FAULT_LOG_STORE |
| 0x00                 | TON_MAX_FAULT       |
| 0x01                 | VOUT_OV_FAULT       |
| 0x02                 | VOUT_UV_FAULT       |
| 0x03                 | IOUT_OC_FAULT       |
| 0x05                 | TEMP_OT_FAULT       |
| 0x06                 | TEMP_UT_FAULT       |
| 0x07                 | VIN_OV_FAULT        |
| 0x0A                 | MFR_TEMP_2_OT_FAULT |

### MFR\_INFO

詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN

詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

### MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR

MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドは、フォルト・ログ・ファイルに格納された値を消去します。また、STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドのビット 3 も消去します。クリアの実行後にステータスをクリアするまでに、最大 8ms かかることがあります。

この書込み専用コマンドはバイト送信を行います。

### ブロック・メモリの書込み/読出し

| コマンド名         | コマンド・コード | 説明  | タイプ      | ページ指定 | データ・フォーマット | 単位 | NVM | デフォルト値 |
|---------------|----------|---|----------|-------|------------|----|-----|--------|
| MFR_EE_UNLOCK | 0xBD     | MFR_EE_ERASE コマンドおよび MFR_EE_DATA コマンドによるアクセスのために、ユーザ EEPROM のロックを解除します。 | R/W Byte | N     | Reg        |    |     | NA     |
| MFR_EE_ERASE  | 0xBE     | MFR_EE_DATA による一括プログラミングのために EEPROM を初期化します。                            | R/W Byte | N     | Reg        |    |     | NA     |
| MFR_EE_DATA   | 0xBF     | PMBus ワードの順次読出しまたは書込みを使用して EEPROM との間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。       | R/W Word | N     | Reg        |    |     | NA     |

すべての NVM コマンドはダイ温度が 130°C を超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が 125°C 未満に下がるまで再度イネーブルされません。

### MFR\_EE\_xxxx

MFR\_EE\_xxxx コマンドは、LTM4682 の内部 EEPROM の一括プログラミングを容易にします。詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

## パッケージの説明



μModule 製品では、パッケージの行と列のラベル表示が製品ごとに異なることがあります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

表 25. LTM4682 の BGA ピン配置

| PIN ID | FUNCTION              | PIN ID | FUNCTION              | PIN ID | FUNCTION             | PIN ID | FUNCTION          | PIN ID | FUNCTION             | PIN ID | FUNCTION                        |
|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|----------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------------|
| A1     | GND                   | B1     | GND                   | C1     | SW0                  | D1     | SW0               | E1     | SW0                  | F1     | GND                             |
| A2     | GND                   | B2     | GND                   | C2     | SW0                  | D2     | SW0               | E2     | SW0                  | F2     | GND                             |
| A3     | GND                   | B3     | GND                   | C3     | GND                  | D3     | GND               | E3     | GND                  | F3     | GND                             |
| A4     | GND                   | B4     | GND                   | C4     | GND                  | D4     | GND               | E4     | GND                  | F4     | GND                             |
| A5     | V <sub>IN01</sub>     | B5     | V <sub>IN01</sub>     | C5     | V <sub>IN01</sub>    | D5     | V <sub>IN01</sub> | E5     | V <sub>IN01</sub>    | F5     | V <sub>IN01</sub>               |
| A6     | V <sub>IN01</sub>     | B6     | V <sub>IN01</sub>     | C6     | V <sub>IN01</sub>    | D6     | V <sub>IN01</sub> | E6     | V <sub>IN01</sub>    | F6     | V <sub>IN01</sub>               |
| A7     | GND                   | B7     | GND                   | C7     | GND                  | D7     | GND               | E7     | GND                  | F7     | GND                             |
| A8     | V <sub>OUT0_CFG</sub> | B8     | V <sub>OUT1_CFG</sub> | C8     | V <sub>DD25_01</sub> | D8     | SHARE_CLK_01      | E8     | V <sub>DD33_01</sub> | F8     | V <sub>OSNS1</sub> <sup>-</sup> |
| A9     | FSWPH_01_CFG          | B9     | ASEL_01               | C9     | VTRIM1_CFG           | D9     | VTRIM0_CFG        | E9     | WP_01                | F9     | COMP1b                          |
| A10    | FAULT1                | B10    | RUN0                  | C10    | SDA_01               | D10    | SCL_01            | E10    | TSNS1                | F10    | SGND_01                         |
| A11    | FAULT0                | B11    | RUN1                  | C11    | ALERT_01             | D11    | SYNC_01           | E11    | TSNS0                | F11    | SGND_01                         |
| A12    | GND                   | B12    | GND                   | C12    | GND                  | D12    | GND               | E12    | GND                  | F12    | GND                             |
| A13    | V <sub>OUT0</sub>     | B13    | V <sub>OUT0</sub>     | C13    | V <sub>OUT0</sub>    | D13    | V <sub>OUT0</sub> | E13    | V <sub>OUT0</sub>    | F13    | V <sub>OUT1</sub>               |
| A14    | V <sub>OUT0</sub>     | B14    | V <sub>OUT0</sub>     | C14    | V <sub>OUT0</sub>    | D14    | V <sub>OUT0</sub> | E14    | V <sub>OUT0</sub>    | F14    | V <sub>OUT1</sub>               |
| A15    | V <sub>OUT0</sub>     | B15    | V <sub>OUT0</sub>     | C15    | V <sub>OUT0</sub>    | D15    | V <sub>OUT0</sub> | E15    | V <sub>OUT0</sub>    | F15    | V <sub>OUT1</sub>               |

| PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION          | PIN ID | FUNCTION | PIN ID | FUNCTION |
|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|-------------------|--------|----------|--------|----------|
| G1     | SW1                             | H1     | SW1                             | J1     | SW1                             | K1     | GND               | L1     | GND      | M1     | GND      |
| G2     | SW1                             | H2     | SW1                             | J2     | SW1                             | K2     | GND               | L2     | GND      | M2     | GND      |
| G3     | GND                             | H3     | GND                             | J3     | GND                             | K3     | GND               | L3     | GND      | M3     | GND      |
| G4     | GND                             | H4     | GND                             | J4     | GND                             | K4     | GND               | L4     | GND      | M4     | GND      |
| G5     | V <sub>IN01</sub>               | H5     | V <sub>IN01</sub>               | J5     | V <sub>IN01</sub>               | K5     | V <sub>IN01</sub> | L5     | GND      | M5     | GND      |
| G6     | V <sub>IN01</sub>               | H6     | V <sub>IN01</sub>               | J6     | V <sub>IN01</sub>               | K6     | V <sub>IN01</sub> | L6     | GND      | M6     | GND      |
| G7     | GND                             | H7     | GND                             | J7     | GND                             | K7     | GND               | L7     | GND      | M7     | GND      |
| G8     | V <sub>OSNS1</sub> <sup>+</sup> | H8     | PGOOD1                          | J8     | SV <sub>IN_01</sub>             | K8     | GND               | L8     | GND      | M8     | GND      |
| G9     | COMP1a                          | H9     | PGOOD0                          | J9     | INTV <sub>CC_01</sub>           | K9     | GND               | L9     | GND      | M9     | GND      |
| G10    | COMP0b                          | H10    | I <sub>IN_01</sub> <sup>+</sup> | J10    | I <sub>IN_01</sub> <sup>-</sup> | K10    | GND               | L10    | GND      | M10    | GND      |
| G11    | COMP0a                          | H11    | V <sub>OSNS0</sub> <sup>-</sup> | J11    | V <sub>OSNS0</sub> <sup>+</sup> | K11    | GND               | L11    | GND      | M11    | GND      |
| G12    | GND                             | H12    | GND                             | J12    | GND                             | K12    | GND               | L12    | GND      | M12    | GND      |
| G13    | V <sub>OUT1</sub>               | H13    | V <sub>OUT1</sub>               | J13    | V <sub>OUT1</sub>               | K13    | V <sub>OUT1</sub> | L13    | GND      | M13    | GND      |
| G14    | V <sub>OUT1</sub>               | H14    | V <sub>OUT1</sub>               | J14    | V <sub>OUT1</sub>               | K14    | V <sub>OUT1</sub> | L14    | GND      | M14    | GND      |
| G15    | V <sub>OUT1</sub>               | H15    | V <sub>OUT1</sub>               | J15    | V <sub>OUT1</sub>               | K15    | V <sub>OUT1</sub> | L15    | GND      | M15    | GND      |

## パッケージの説明

| PIN ID | FUNCTION              | PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION                        | PIN ID | FUNCTION          | PIN ID | FUNCTION          |
|--------|-----------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|
| N1     | GND                   | P1     | SW2                             | R1     | SW2                             | T1     | SW2                             | U1     | GND               | V1     | SW3               |
| N2     | GND                   | P2     | SW2                             | R2     | SW2                             | T2     | SW2                             | U2     | GND               | V2     | SW3               |
| N3     | GND                   | P3     | GND                             | R3     | GND                             | T3     | GND                             | U3     | GND               | V3     | GND               |
| N4     | GND                   | P4     | GND                             | R4     | GND                             | T4     | GND                             | U4     | GND               | V4     | GND               |
| N5     | V <sub>IN23</sub>     | P5     | V <sub>IN23</sub>               | R5     | V <sub>IN23</sub>               | T5     | V <sub>IN23</sub>               | U5     | V <sub>IN23</sub> | V5     | V <sub>IN23</sub> |
| N6     | V <sub>IN23</sub>     | P6     | V <sub>IN23</sub>               | R6     | V <sub>IN23</sub>               | T6     | V <sub>IN23</sub>               | U6     | V <sub>IN23</sub> | V6     | V <sub>IN23</sub> |
| N7     | GND                   | P7     | GND                             | R7     | GND                             | T7     | GND                             | U7     | GND               | V7     | GND               |
| N8     | GND                   | P8     | V <sub>OSNS2</sub> <sup>+</sup> | R8     | V <sub>OSNS2</sub> <sup>-</sup> | T8     | COMP2a                          | U8     | TSNS2             | V8     | SDA_23            |
| N9     | V <sub>IN_VBIAS</sub> | P9     | I <sub>IN_23</sub> <sup>-</sup> | R9     | I <sub>IN_23</sub> <sup>+</sup> | T9     | COMP2b                          | U9     | TSNS3             | V9     | SYNC_23           |
| N10    | V <sub>BIAS</sub>     | P10    | INTV <sub>CC_23</sub>           | R10    | PGOOD2                          | T10    | PGOOD3                          | U10    | SGND_23           | V10    | FAULT2            |
| N11    | RUNP                  | P11    | SV <sub>IN_23</sub>             | R11    | V <sub>OSNS3</sub> <sup>+</sup> | T11    | V <sub>OSNS3</sub> <sup>-</sup> | U11    | SGND_23           | V11    | COMP3a            |
| N12    | GND                   | P12    | GND                             | R12    | GND                             | T12    | GND                             | U12    | GND               | V12    | GND               |
| N13    | V <sub>OUT2</sub>     | P13    | V <sub>OUT2</sub>               | R13    | V <sub>OUT2</sub>               | T13    | V <sub>OUT2</sub>               | U13    | V <sub>OUT2</sub> | V13    | V <sub>OUT3</sub> |
| N14    | V <sub>OUT2</sub>     | P14    | V <sub>OUT2</sub>               | R14    | V <sub>OUT2</sub>               | T14    | V <sub>OUT2</sub>               | U14    | V <sub>OUT2</sub> | V14    | V <sub>OUT3</sub> |
| N15    | V <sub>OUT2</sub>     | P15    | V <sub>OUT2</sub>               | R15    | V <sub>OUT2</sub>               | T15    | V <sub>OUT2</sub>               | U15    | V <sub>OUT2</sub> | V15    | V <sub>OUT3</sub> |

| PIN ID | FUNCTION          | PIN ID | FUNCTION             | PIN ID | FUNCTION          | PIN ID | FUNCTION             |
|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|
| W1     | SW3               | Y1     | SW3                  | AA1    | GND               | AB1    | GND                  |
| W2     | SW3               | Y2     | SW3                  | AA2    | GND               | AB2    | GND                  |
| W3     | GND               | Y3     | GND                  | AA3    | GND               | AB3    | GND                  |
| W4     | GND               | Y4     | GND                  | AA4    | GND               | AB4    | GND                  |
| W5     | V <sub>IN23</sub> | Y5     | V <sub>IN23</sub>    | AA5    | V <sub>IN23</sub> | AB5    | V <sub>IN23</sub>    |
| W6     | V <sub>IN23</sub> | Y6     | V <sub>IN23</sub>    | AA6    | V <sub>IN23</sub> | AB6    | V <sub>IN23</sub>    |
| W7     | GND               | Y7     | GND                  | AA7    | GND               | AB7    | GND                  |
| W8     | ALERT_23          | Y8     | RUN3                 | AA8    | VOUT2_CFG         | AB8    | VOUT3_CFG            |
| W9     | SCL_23            | Y9     | RUN2                 | AA9    | FSWPH_23_CFG      | AB9    | VTRIM3_CFG           |
| W10    | FAULT3            | Y10    | V <sub>DD33_23</sub> | AA10   | ASEL_23           | AB10   | VTRIM2_CFG           |
| W11    | COMP3b            | Y11    | WP_23                | AA11   | SHARE_CLK_23      | AB11   | V <sub>DD25_23</sub> |
| W12    | GND               | Y12    | GND                  | AA12   | GND               | AB12   | GND                  |
| W13    | V <sub>OUT3</sub> | Y13    | V <sub>OUT3</sub>    | AA13   | V <sub>OUT3</sub> | AB13   | V <sub>OUT3</sub>    |
| W14    | V <sub>OUT3</sub> | Y14    | V <sub>OUT3</sub>    | AA14   | V <sub>OUT3</sub> | AB14   | V <sub>OUT3</sub>    |
| W15    | V <sub>OUT3</sub> | Y15    | V <sub>OUT3</sub>    | AA15   | V <sub>OUT3</sub> | AB15   | V <sub>OUT3</sub>    |

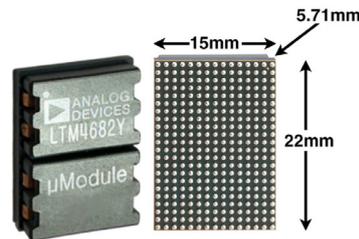


## 改訂履歴

| 版数 | 改訂日   | 説明   | 改訂ページ |
|----|-------|------|-------|
| 0  | 07/24 | 初版発行 | —     |

## パッケージ写真

製品マーキングはインク・マーキングまたはレーザ・マーキングです。



## 設計リソース

| SUBJECT  | DESCRIPTION   |
|--|---|
| <a href="#">μModule Design and Manufacturing Resources</a> | <p><b>Design:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selector Guides</li> <li>• Demo Boards and Gerber Files</li> <li>• Free Simulation Tools</li> </ul> <p><b>Manufacturing:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quick Start Guide</li> <li>• PCB Design, Assembly and Manufacturing Guidelines</li> <li>• Package and Board Level Reliability</li> </ul> |
| <a href="#">μModule Regulator Products Search</a>          | <p>1. Sort table of products by parameters and download the result as a spread sheet.<br/>2. Search using the Quick Power Search parametric table.</p>  |
| <a href="#">Digital Power System Management</a>            | <p>Analog Devices' family of digital power supply management ICs are highly integrated solutions that offer essential functions, including power supply monitoring, supervision, margining and sequencing, and feature EEPROM for storing user configurations and fault logging.</p>  |

## 関連製品

| 製品番号                  | 概要   | 注釈   |
|-----------------------|--|--|
| LTP8800-2             | PMBus インターフェースを備えた 135A DC/DC μModule レギュレータ   | $45V \leq V_{IN} \leq 65V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.0V$ , $22mm \times 24mm \times 6.7mm$ , 表面実装パッケージ   |
| LTP8800-1A            | PMBus インターフェースを備えた 150A DC/DC μModule レギュレータ   | $45V \leq V_{IN} \leq 65V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.1V$ , $22mm \times 24mm \times 6.7mm$ , 表面実装パッケージ   |
| LTP8803-1A            | PMBus インターフェースを備えた 160A DC/DC μModule レギュレータ   | $45V \leq V_{IN} \leq 65V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.5V$ , $22mm \times 24mm \times 22mm$ , 表面実装パッケージ  |
| LTP8800-4A            | PMBus インターフェースを備えた 200A DC/DC μModule レギュレータ   | $45V \leq V_{IN} \leq 65V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.1V$ , $22mm \times 24mm \times 22mm$ , 表面実装パッケージ  |
| LTM4683               | デジタル・パワー・システム・マネージメント (PSM) 機能を備えた低 $V_{OUT}$ クワッド 31.25A またはシングル 125A μModule レギュレータ                    | $4.5V \leq V_{IN} \leq 14V$ , $0.3V \leq V_{OUT} \leq 0.7V$ , $15mm \times 22mm \times 5.71mm$ BGA   |
| LTM4675               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 9A またはシングル 18A 降圧 μModule レギュレータ   | $4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , $11.9mm \times 16mm \times 3.51mm$ BGA   |
| LTM4673               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 12A およびデュアル 5A クワッド μModule レギュレータ   | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ または $5.5V$ , $16mm \times 16mm \times 4.72mm$ BGA  |
| LTM4686/<br>LTM4686-1 | デジタル PSM 機能を備えた超薄型デュアル 10A またはシングル 20A μModule レギュレータ  | $4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.6V$ (LTM4686), $2.375V \leq V_{IN} \leq 17V$ (LTM4686-1), $11.9mm \times 16mm \times 1.82mm$ LGA |
| LTM4686B              | デジタル PSM 機能を備えた低 $V_{OUT}$ 、超薄型のデュアル 14A またはシングル 28A μModule レギュレータ、LTM4686/LTM4686-1 の大 $I_{OUT}$ バージョン | $4.5V \leq V_{IN} \leq 5.75V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.6V$ , $11.9mm \times 16mm \times 1.82mm$ LGA   |
| LTM4676A              | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 13A またはシングル 26A 降圧 μModule レギュレータ  | $4.5V \leq V_{IN} \leq 26.5V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , $16mm \times 16mm \times 5.01mm$ BGA   |
| LTM4677               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 18A またはシングル 36A 降圧 μModule レギュレータ  | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$ , $16mm \times 16mm \times 5.01mm$ BGA   |
| LTM4678               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 25A またはシングル 50A の μModule レギュレータ   | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.4V$ , $16mm \times 16mm \times 5.86mm$ BGA   |
| LTM4664               | デジタル PSM 機能を備えた 54V <sub>IN</sub> 、デュアル 25A またはシングル 50A の μModule レギュレータ                                 | $30V \leq V_{IN} \leq 58V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.5V$ , $16mm \times 16mm \times 7.72mm$ BGA  |
| LTM4680               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 30A またはシングル 60A μModule レギュレータ   | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ , $16mm \times 16mm \times 7.82mm$ BGA   |
| LTM4681               | デジタル PSM 機能を備えたクワッド 31.25A またはシングル 125A μModule レギュレータ、LTM4683 の高 $V_{OUT}$ バージョン                        | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ , $15mm \times 22mm \times 8.17mm$ BGA   |
| LTM4700               | デジタル PSM 機能を備えたデュアル 50A またはシングル 100A μModule レギュレータ  | $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$ , $15mm \times 22mm \times 7.87mm$ BGA   |

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2024年11月20日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2024年11月20日

製品名：LTM4682

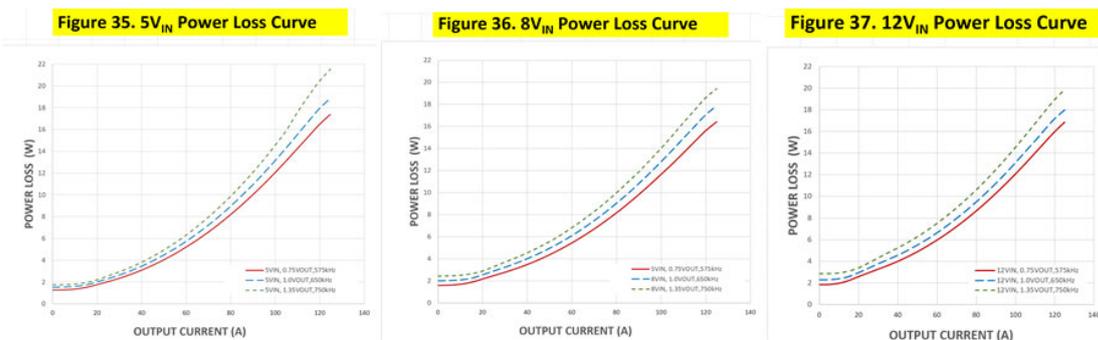
対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev. 0

訂正箇所：P.70 Figure 35~37

グラフそれぞれの横軸、縦軸、凡例の表記が間違っておりました。横軸は OUTPUT CURRENT (A)、縦軸は POWER LOSS (W)になります。曲線および軸の数値はもともとのままです。

また、凡例は下図のとおりで、赤が 5VIN, 0.75VOUT, 575kHz、青が 5V IN, 1.0VOUT, 650kHz、緑が 5VIN, 1.35VOUT, 750kHz となります。

現時点で本社から入手できた画像は解像度が非常に悪いのですが、当該画像を以下に表記します



P.93 英文データシートでは2行目

英文データシートでは The (Bit 6 of MFR\_PWM\_CONFIG set to a 0), MFR\_VOUT\_MAX is 3.6V is not used since the outputs are limited to 1.5V.とありますが、これは誤りです。たたくは MFR\_VOUT\_MAX of 3.6V is not used since the outputs are limited to 1.35V. となります。翻訳しておく、「出力が 1.35V で制限されますので、MFR\_VOUT\_MAX の 3.6V は適用されません」となります。

日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

**アナログ・デバイセズ株式会社**

本 社 / 〒105-7323 東京都港区東新橋 1-9-1  
東京汐留ビルディング 23F  
大 阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36  
新大阪トラストタワー 10F  
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島 6-1  
名古屋ルーセントタワー 40F