

# EEPROM 付きオクタール・デジタル電源マネージャ

## 特長

- I<sup>2</sup>C/SMBus シリアル・インタフェース
- PMBus 準拠コマンド・セット
- CRC 付きコンフィギュレーション EEPROM
- 内部 EEPROM へのブラック・ボックス・フォルト・ログ機能
- 全未調整誤差 ±0.25% 未満の差動入力 16 ビット ΔΣ ADC
- 8 個の電圧サーボが、ソフト接続機能を備えた 8 個の 10 ビット DAC を使って、出力電圧を正確に調整
- 8 つの出力電圧、1 つの入力電圧、内部ダイ温度をモニタ
- 8 チャンネル・シーケンサ
- プログラム可能なウォッチドッグ・タイマ
- 8 つの出力電圧と 1 つの入力電圧の UV/OV を監視
- マルチチャンネル・フォルト管理
- 追加ソフトウェアなしで自律動作
- 3.3V または 4.5V ~ 15V の電源で動作可能
- 64 ピン 9mm×9mm QFN パッケージ

## アプリケーション

- コンピュータ
- ネットワーク・サーバ
- 産業用テストおよび測定機器
- 高信頼性システム
- 医療用画像処理
- ビデオ

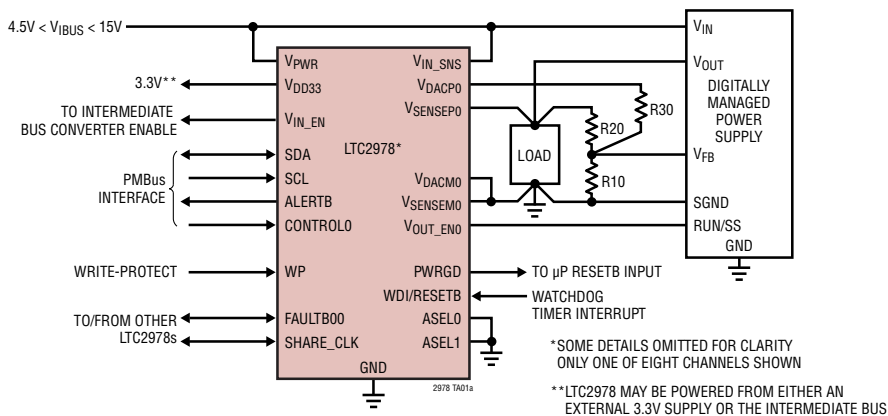
## 概要

LTC®2978 は、電源モニタ、スーパーバイザ、シーケンサおよびマージン・コントローラの機能を備えたオクタールのデジタル電源マネージャ IC です。8 つの出力チャンネルをユーザー定義の構成設定に従って管理することができます。監視機能として、8 つの出力チャンネルと 1 つの入力チャンネルに対して、フォールト OV/UV スレッシュホールドを規定できます。フォールトの依存特性と応答特性をプログラム可能なので、フォールト検出後にオプションのリトライ付きで電源をディスエーブルすることができます。シリアル・バス・テレメトリにより、8 つの出力電圧と 1 つの入力電圧、ダイ温度、フォールトの状態をモニタできます。また、奇数番号のチャンネルでは、電流センス抵抗の両端の電圧を測定するように設定できます。PMBus コマンドを使用することによって、電源シーケンス制御に加え、ポイントオブロード電圧の高精度な調整やマージニングが可能です。プログラム可能なウォッチドッグ・タイマは、マイクロプロセッサの動作がストール状態にあるかどうかを監視し、必要であればマイクロプロセッサをリセットします。1 線同期バスは、リニアテクノロジーの複数のデジタル電源デバイスに関して電源シーケンス制御を行います。ユーザー設定可能なパラメータは EEPROM に格納できます。フォールトおよびテレメトリ・データは診断・分析のために EEPROM に記録できます。

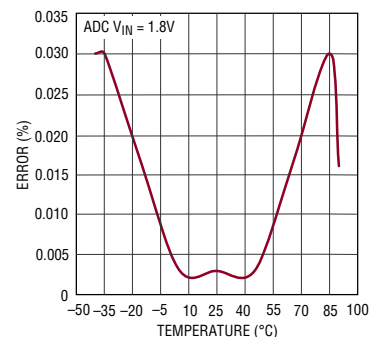
LT、LT、LTC、LTM、PolyPhase、Linear Technology および Linear のロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。LTpowerPlay は、リニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7382303 および 7420359 を含む米国特許によって保護されています。

## 標準的応用例

PMBus インタフェースを備えたオクタール電源コントローラ



標準的な ADC の全未調整誤差と温度



## 目次

|   |           |  |    |
|---|-----------|--|----|
| 特長.....   | 1         | VIN_ON、VIN_OFF、VIN_OV_FAULT_LIMIT、VIN_OV_WARN_LIMIT、VIN_UV_WARN_LIMIT および VIN_UV_FAULT_LIMIT ..... | 33 |
| アプリケーション .....  | 1         | 温度に關係するコマンド .....  | 34 |
| 標準的応用例.....   | 1         | OT_FAULT_LIMIT、OT_WARN_LIMIT、UT_WARN_LIMIT および UT_FAULT_LIMIT .....                                | 34 |
| 概要.....   | 1         | タイマ・リミット .....   | 34 |
| 絶対最大定格.....   | 4         | TON_DELAY、TON_RISE、TON_MAX_FAULT_LIMIT および TOFF_DELAY .....  | 34 |
| 発注情報.....   | 4         | 高速スーパーバイザによって測定される電圧のフォールト応答 .....   | 35 |
| ピン配置 .....  | 4         | VOUT_OV_FAULT_RESPONSE および VOUT_UV_FAULT_RESPONSE .....  | 35 |
| 電気的特性.....  | 5         | ADCによって測定された値に対するフォールト応答..   | 36 |
| PMBus タイミング図 .....  | 9         | OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_RESPONSE、および VIN_UV_FAULT_RESPONSE .....          | 36 |
| 標準的的性能特性.....   | 10        | 時限フォールト応答 .....  | 36 |
| ピン機能 .....  | 14        | TON_MAX_FAULT_RESPONSE .....   | 36 |
| ブロック図.....  | 16        | ステータス・コマンド .....   | 37 |
| 動作.....   | 17        | STATUS_BYTE:.....  | 37 |
| 動作の概要 .....   | 17        | STATUS_WORD:.....  | 38 |
| EEPROM .....  | 17        | STATUS_VOUT .....  | 38 |
| リセット .....  | 18        | STATUS_INPUT .....   | 39 |
| 書き込み禁止ピン .....  | 18        | STATUS_TEMPERATURE.....  | 39 |
| その他の動作 .....  | 18        | STATUS_CML .....   | 40 |
| クロックの共有 .....   | 18        | STATUS_MFR_SPECIFIC.....   | 40 |
| PMBus シリアル・デジタル・インタフェース.....  | 19        | ADC モニタ・コマンド .....   | 41 |
| PMBus.....  | 19        | READ_VIN .....   | 41 |
| デバイスのアドレス .....   | 22        | READ_VOUT .....  | 41 |
| コマンド処理.....   | 23        | READ_TEMPERATURE_1 .....   | 41 |
| <b>PMBus のコマンドの要約 .....</b>   | <b>24</b> | PMBUS_REVISION.....  | 41 |
| 要約 .....  | 24        | 製造元固有のコマンド .....   | 42 |
| データ・フォーマット .....  | 28        | MFR_CONFIG_LTC2978 .....   | 42 |
| <b>PMBus コマンドの説明 .....</b>  | <b>29</b> | MFR_CONFIG_ALL_LTC2978 .....   | 43 |
| 動作、モードおよび EEPROM のコマンド .....  | 29        | MFR_FAULTz0_PROPAGATE、MFR_FAULTz1_PROPAGATE .....  | 44 |
| PAGE.....   | 29        | MFR_PWRGD_EN .....   | 45 |
| OPERATION .....   | 30        | MFR_FAULTB00_RESPONSE、MFR_FAULTB01_RESPONSE、MFR_FAULTB10_RESPONSE および MFR_FAULTB11_RESPONSE.....   | 46 |
| ON_OFF_CONFIG .....   | 31        | MFR_VINEN_OV_FAULT_RESPONSE.....   | 47 |
| CLEAR_FAULTS.....   | 31        | MFR_VINEN_UV_FAULT_RESPONSE.....   | 48 |
| WRITE_PROTECT.....  | 32        |  |    |
| STORE_USER_ALL および RESTORE_USER_ALL ..  | 32        |  |    |
| CAPABILITY.....   | 32        |  |    |
| VOUT_MODE .....   | 33        |  |    |
| 出力電圧に關係するコマンド .....   | 33        |  |    |
| VOUT_COMMAND、VOUT_MAX、VOUT_MARGIN_HIGH、VOUT_MARGIN_LOW、VOUT_OV_FAULT_LIMIT、VOUT_OV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_FAULT_LIMIT、POWER_GOOD_ON および POWER_GOOD_OFF ..... | 33        |  |    |
| 入力電圧に關係するコマンド .....   | 33        |  |    |

## 目次

|   |           |   |           |
|---|-----------|---|-----------|
| MFR_RETRY_DELAY.....                              | 48        | MFR_RESTART_DELAY コマンドと CONTROLn<br>ピンによる自動リスタート .....                  | 64        |
| MFR_RESTART_DELAY.....                            | 49        | フォールト管理.....  | 64        |
| MFR_VOUT_PEAK.....                                | 49        | V <sub>OUT</sub> OV/UV フォールト .....                                      | 64        |
| MFR_VIN_PEAK.....                                 | 49        | V <sub>OUT</sub> OV/UV 警告 .....   | 65        |
| MFR_TEMPERATURE_PEAK.....                         | 49        | V <sub>IN_EN</sub> 出力の設定.....   | 65        |
| MFR_DAC.....                                      | 50        | マルチチャンネルのフォールト管理.....   | 67        |
| MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY.....                | 50        | 複数の LTC2978 間の相互接続 .....  | 67        |
| ウォッチドッグ動作.....                                    | 50        | アプリケーション回路 .....  | 69        |
| MFR_WATCHDOG_T_FIRST および MFR_<br>WATCHDOG_T ..... | 50        | 外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータの<br>トリミングおよびマージニング.....                        | 69        |
| MFR_PAGE_FF_MASK .....                            | 51        | 外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータの<br>4ステップの抵抗選択手順.....                          | 69        |
| MFR_PADS.....                                     | 52        | TRIM ピンを使用した DC/DC コンバータの<br>トリミングおよびマージニング.....                        | 70        |
| MFR_I2C_BASE_ADDRESS .....                        | 52        | TRIM ピンを備えた DC/DC コンバータの<br>2ステップの抵抗および DAC のフルスケール<br>電圧の選択手順.....     | 70        |
| MFR_SPECIAL_ID.....                               | 52        | 電流測定 .....  | 71        |
| MFR_SPECIAL_LOT.....                              | 53        | センス抵抗による電流測定 .....  | 71        |
| MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD.....                 | 53        | インダクタの DCR による電流測定.....   | 71        |
| MFR_COMMON.....                                   | 53        | シングルフェーズの設計例.....   | 72        |
| MFR_SPARE0.....                                   | 53        | マルチフェーズの電流測定 .....  | 72        |
| MFR_SPARE2.....                                   | 53        | マルチフェーズの設計例 .....   | 72        |
| MFR_VOUT_MIN .....                                | 54        | アンチエイリアシング・フィルタに関する<br>検討事項 .....                                       | 73        |
| MFR_VIN_MIN .....                                 | 54        | 負電圧の検出.....   | 73        |
| MFR_TEMPERATURE_MIN .....                         | 54        | USB-to-I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBus コントローラをシステム<br>内の LTC2978 に接続 ..... | 74        |
| フォールト・ログ動作.....                                   | 54        | LTpowerPlay: デジタル電源向け対話型グラフィカル・<br>ユーザー・インタフェース(GUI) .....              | 76        |
| MFR_FAULT_LOG_STORE .....                         | 55        | PCB のアセンブリとレイアウトに関する推奨事項.....   | 77        |
| MFR_FAULT_LOG_RESTORE .....                       | 55        | バイパス・コンデンサの配置.....  | 77        |
| MFR_FAULT_LOG_CLEAR .....                         | 55        | 露出パッド・ステンシルの設計 .....  | 77        |
| MFR_FAULT_LOG_CLEAR .....                         | 55        | PC 基板のレイアウト .....   | 77        |
| MFR_FAULT_LOG_STATUS.....                         | 55        | 未使用の ADC 検出入力 .....   | 77        |
| MFR_FAULT_LOG.....                                | 56        | <b>パッケージ</b> .....  | <b>78</b> |
| <b>アプリケーション情報</b> .....                           | <b>62</b> | <b>改訂履歴</b> .....   | <b>79</b> |
| LTC2978 の概要 .....                                 | 62        | <b>標準的応用例</b> .....   | <b>80</b> |
| LTC2978 の給電 .....                                 | 62        | <b>関連製品</b> .....   | <b>80</b> |
| コマンド・レジスタの値の設定.....                               | 62        |   |           |
| シーケンス、サーボ、マージンおよびリスタート動作.....                     | 62        |   |           |
| コマンド・ユニットのオン/オフ .....                             | 62        |   |           |
| オン・シーケンス.....                                     | 63        |   |           |
| オン状態の動作.....                                      | 63        |   |           |
| サーボ・モード .....                                     | 63        |   |           |
| DAC モード.....                                      | 63        |   |           |
| マージニング .....                                      | 64        |   |           |
| オフ・シーケンス.....                                     | 64        |   |           |
| V <sub>OUT</sub> のオフ・スレッショルド電圧 .....              | 64        |   |           |

# LTC2978

## 絶対最大定格

(Notes 1, 2)

電源電圧:

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| V <sub>PWR</sub> ~ GND 間    | -0.3V ~ 15V   |
| V <sub>IN_SNS</sub> ~ GND 間 | -0.3V ~ 15V   |
| V <sub>DD33</sub> ~ GND 間   | -0.3V ~ 3.6V  |
| V <sub>DD25</sub> ~ GND 間   | -0.3V ~ 2.75V |

デジタル入力/出力電圧:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| ALERTB、SDA、SCL、CONTROL0、<br>CONTROL1    | -0.3V ~ 5.5V                     |
| PWRGD、SHARE_CLK、<br>WDI/RESETB、WP       | -0.3V ~ V <sub>DD33</sub> + 0.3V |
| FAULTB00、FAULTB01、FAULTB10、<br>FAULTB11 | -0.3V ~ V <sub>DD33</sub> + 0.3V |
| ASELO、ASEL1                             | -0.3V ~ V <sub>DD33</sub> + 0.3V |

アナログ電圧:

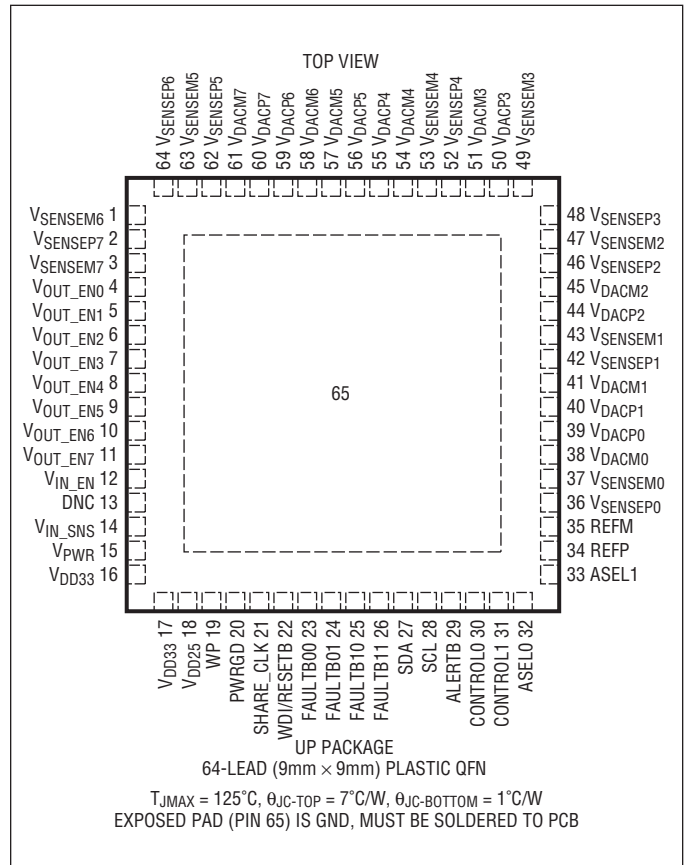
|  |               |
|--|---------------|
| REFP   | -0.3V ~ 1.35V |
| REFM ~ GND 間   | -0.3V ~ 0.3V  |
| V <sub>SENSEP</sub> [7:0] ~ GND 間                    | -0.3V ~ 6V    |
| V <sub>SENSEM</sub> [7:0] ~ GND 間                    | -0.3V ~ 6V    |
| V <sub>OUT_EN</sub> [3:0]、V <sub>IN_EN</sub> ~ GND 間 | -0.3V ~ 15V   |
| V <sub>OUT_EN</sub> [7:4] ~ GND 間                    | -0.3V ~ 6V    |
| V <sub>DACP</sub> [7:0] ~ GND 間                      | -0.3V ~ 6V    |
| V <sub>DACM</sub> [7:0] ~ GND 間                      | -0.3V ~ 0.3V  |

動作接合部温度範囲:

|          |              |
|----------|--------------|
| LTC2978C | 0°C ~ 70°C   |
| LTC2978I | -40°C ~ 85°C |

保存温度範囲..... -65°C ~ 125°C

## ピン配置



## 発注情報

| 鉛フリー仕様         | テープアンドリール        | 製品マーキング*  | パッケージ                           | 接合部温度範囲       |
|----------------|------------------|-----------|---------------------------------|---------------|
| LTC2978CUP#PBF | LTC2978CUP#TRPBF | LTC2978UP | 64-Lead (9mm x 9mm) Plastic QFN | 0°C to 70°C   |
| LTC2978IUP#PBF | LTC2978IUP#TRPBF | LTC2978UP | 64-Lead (9mm x 9mm) Plastic QFN | -40°C to 85°C |

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。\* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。  
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

## 電气的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$  および REFピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。

| SYMBOL                                   | PARAMETER  | CONDITIONS   | MIN   | TYP                                   | MAX        | UNITS  |    |
|--|--|--|-------|---------------------------------------|------------|--|----|
| <b>Power-Supply Characteristics</b>      |  |  |       |                                       |            |  |    |
| $V_{PWR}$                                | $V_{PWR}$ Supply Input Operating Range                 |  | ● 4.5 |                                       | 15         | V  |    |
| $I_{PWR}$                                | $V_{PWR}$ Supply Current                               | $4.5\text{V} \leq V_{PWR} \leq 15\text{V}$ , $V_{DD33}$ Floating   | ●     | 10                                    | 13         | mA   |    |
| $I_{VDD33}$                              | $V_{DD33}$ Supply Current                              | $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$  | ●     | 10                                    | 13         | mA   |    |
| $V_{UVLO\_VDD33}$                        | $V_{DD33}$ Undervoltage Lockout                        | $V_{DD33}$ Ramping Up, $V_{PWR} = V_{DD33}$  | ●     | 2.35                                  | 2.55       | 2.8  | V  |
|  | $V_{DD33}$ Undervoltage Lockout Hysteresis             |  |       | 120                                   |            | mV   |    |
| $V_{DD33}$                               | Supply Input Operating Range                           | $V_{PWR} = V_{DD33}$   | ●     | 3.13                                  |            | 3.47   | V  |
|  | Regulator Output Voltage                               | $4.5\text{V} \leq V_{PWR} \leq 15\text{V}$   | ●     | 3.13                                  | 3.26       | 3.47   | V  |
|  | Regulator Output Short-Circuit Current                 | $V_{PWR} = 4.5\text{V}$ , $V_{DD33} = 0\text{V}$   | ●     | 75                                    | 90         | 140  | mA |
| $V_{DD25}$                               | Regulator Output Voltage                               | $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$   | ●     | 2.35                                  | 2.5        | 2.6  | V  |
|  | Regulator Output Short-Circuit Current                 | $V_{PWR} = V_{DD33} = 3.47\text{V}$ , $V_{DD25} = 0\text{V}$   | ●     | 30                                    | 55         | 80   | mA |
| <b>Voltage Reference Characteristics</b> |  |  |       |                                       |            |  |    |
| $V_{REF}$                                | Output Voltage   |  |       | 1.232                                 |            | V  |    |
|  | Temperature Coefficient                                |  |       | 3                                     |            | ppm/ $^\circ\text{C}$  |    |
|  | Hysteresis   | (Note 3)   |       | 100                                   |            | ppm  |    |
| <b>ADC Characteristics</b>               |  |  |       |                                       |            |  |    |
| $V_{IN\_ADC}$                            | Voltage Sense Input Range                              | Differential Voltage:<br>$V_{IN\_ADC} = (V_{SENSEPn} - V_{SENSEMn})$   | ●     | 0                                     | 6          | V  |    |
|  |  | Single-Ended Voltage: $V_{SENSEMn}$  | ●     | -0.1                                  | 0.1        | V  |    |
|  | Current Sense Input Range (Odd Numbered Channels Only) | Single-Ended Voltage: $V_{SENSEPn}$ , $V_{SENSEMn}$  | ●     | -0.1                                  | 6          | V  |    |
|  |  | Differential Voltage: $V_{IN\_ADC}$  | ●     | -170                                  | 170        | mV   |    |
| $N\_ADC$                                 | Voltage Sense Resolution Uses L16 Format               | $0\text{V} \leq V_{IN\_ADC} \leq 6\text{V}$  |       | 122                                   |            | $\mu\text{V}/\text{LSB}$   |    |
|  | Current Sense Resolution (Odd Numbered Channels Only)  | $0\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 16\text{mV}$ (Note13)<br>$16\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 32\text{mV}$<br>$32\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 63.9\text{mV}$<br>$63.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 127.9\text{mV}$<br>$127.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC} $ |       | 15.625<br>31.25<br>62.5<br>125<br>250 |            | $\mu\text{V}/\text{LSB}$<br>$\mu\text{V}/\text{LSB}$<br>$\mu\text{V}/\text{LSB}$<br>$\mu\text{V}/\text{LSB}$<br>$\mu\text{V}/\text{LSB}$ |    |
| $TUE\_ADC$                               | Total Unadjusted Error                                 | $V_{IN\_ADC} \geq 1.8\text{V}$ (Note 4)  | ●     |                                       | $\pm 0.25$ | %  |    |
| $INL\_ADC$                               | Integral Nonlinearity                                  | Voltage Sense Mode (Note 5)  | ●     |                                       | $\pm 854$  | $\mu\text{V}$  |    |
|  |  | Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only, $15.6\mu\text{V}/\text{LSB}$ (Note 5)  | ●     |                                       | $\pm 31.3$ | $\mu\text{V}$  |    |
| $DNL\_ADC$                               | Differential Nonlinearity                              | Voltage Sense Mode   | ●     |                                       | $\pm 400$  | $\mu\text{V}$  |    |
|  |  | Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only   | ●     |                                       | $\pm 31.3$ | $\mu\text{V}$  |    |
| $V_{OS\_ADC}$                            | Offset Error   | Voltage Sense Mode   | ●     |                                       | $\pm 250$  | $\mu\text{V}$  |    |
|  |  | Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only   | ●     |                                       | $\pm 35$   | $\mu\text{V}$  |    |
| $GAIN\_ADC$                              | Gain Error   | Voltage Sense Mode, $V_{IN\_ADC} = 6\text{V}$  | ●     |                                       | $\pm 0.2$  | %  |    |
|  |  | Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only, $V_{IN\_ADC} = \pm 0.17\text{V}$   | ●     |                                       | $\pm 0.2$  | %  |    |

## 電气的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$  および REFピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。

| SYMBOL          | PARAMETER                  | CONDITIONS  | MIN | TYP  | MAX  | UNITS |
|-----------------|----------------------------|---|-----|------|------|-------|
| $t_{CONV\_ADC}$ | Conversion Time            | Voltage Sense Mode (Note 6)   |     | 6.15 |      | ms    |
|                 |                            | Current Sense Mode (Note 6)   |     | 24.6 |      | ms    |
|                 |                            | Temperature Input (Note 6)  |     | 24.6 |      | ms    |
| $C_{IN\_ADC}$   | Input Sampling Capacitance |   |     | 1    |      | pF    |
| $f_{IN\_ADC}$   | Input Sampling Frequency   |   |     | 62.5 |      | kHz   |
| $I_{IN\_ADC}$   | Input Leakage Current      | $V_{IN\_ADC} = 0\text{V}$ , $0\text{V} \leq V_{COMMONMODE} \leq 6\text{V}$ , Current Sense Mode | ●   |      | ±0.5 | μA    |
|                 | Differential Input Current | $V_{IN\_ADC} = 0.17\text{V}$ , Current Sense Mode   | ●   | 80   | 250  | nA    |
|                 |                            | $V_{IN\_ADC} = 6\text{V}$ , Voltage Sense Mode  | ●   | 10   | 15   | μA    |

## Voltage Buffered IDAC Output Characteristics

|                            |   |   |                       |     |      |      |        |   |
|----------------------------|---|---|-----------------------|-----|------|------|--------|---|
| $N_{VDACP}$                | Resolution                                  |   |                       | 10  |      | Bits |        |   |
| $V_{FS\_VDACP}$            | Full-Scale Output Voltage (Programmable)    | DAC Code = 0x3FF  | Buffer Gain Setting_0 | ●   | 1.32 | 1.38 | 1.44   | V |
|                            |   | DAC Polarity = 1  | Buffer Gain Setting_1 | ●   | 2.53 | 2.65 | 2.77   | V |
| $INL\_VDACP$               | Integral Nonlinearity                       | (Note 7)  | ●                     |     |      | ±2   | LSB    |   |
| $DNL\_VDACP$               | Differential Nonlinearity                   | (Note 7)  | ●                     |     |      | ±2.4 | LSB    |   |
| $V_{OS\_VDACP}$            | Offset Voltage                              | (Note 7)  | ●                     |     |      | ±10  | mV     |   |
| $V_{DACP}$                 | Load Regulation ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ ) | $V_{DACPn} = 2.65\text{V}$ , $I_{VDACPn}$ Sourcing = 2mA                  |                       |     | 100  |      | ppm/mA |   |
|                            |   | $V_{DACPn} = 0.1\text{V}$ , $I_{VDACPn}$ Sinking = 2mA                    |                       |     | 100  |      | ppm/mA |   |
|                            | PSRR ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ )            | DC: $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$ |                       |     | 60   |      | dB     |   |
|                            |   | 100mV Step in 20ns with 50pF Load   |                       |     | 40   |      | dB     |   |
|                            | DC CMRR ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ )         | $-0.1\text{V} \leq V_{DACMn} \leq 0.1\text{V}$                            |                       |     | 60   |      | dB     |   |
|                            | Leakage Current                             | $V_{DACPn}$ Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{DACPn} \leq 6\text{V}$               | ●                     |     |      | ±100 | nA     |   |
|                            | Short-Circuit Current Low                   | $V_{DACPn}$ Shorted to GND  | ●                     | -10 |      | -4   | mA     |   |
| Short-Circuit Current High | $V_{DACPn}$ Shorted to $V_{DD33}$           | ●   | 4                     |     | 10   | mA   |        |   |
| $C_{OUT}$                  | Output Capacitance                          | $V_{DACPn}$ Hi-Z  |                       |     | 10   |      | pF     |   |
| $t_{S\_VDACP}$             | DAC Output Update Rate                      | Fast Servo Mode   |                       |     | 250  |      | μs     |   |

## Voltage Supervisor Characteristics

|              |                                    |   |                      |   |      |       |       |        |
|--------------|------------------------------------|---|----------------------|---|------|-------|-------|--------|
| $V_{IN\_VS}$ | Input Voltage Range (Programmable) | $V_{IN\_VS} = (V_{SENSEPN} - V_{SENSEMn})$                            | Low Resolution Mode  | ● | 0    |       | 6     | V      |
|              |                                    |   | High Resolution Mode | ● | 0    |       | 3.8   | V      |
|              |                                    | Single-Ended Voltage: $V_{SENSEMn}$                                   |                      | ● | -0.1 |       | 0.1   | V      |
| $N_{VS}$     | Voltage Sensing Resolution         | 0V to 3.8V Range: High Resolution Mode                                |                      |   |      | 4     |       | mV/LSB |
|              |                                    | 0V to 6V Range: Low Resolution Mode                                   |                      |   |      | 8     |       | mV/LSB |
| $TUE\_VS$    | Total Unadjusted Error             | $2\text{V} \leq V_{IN\_VS} \leq 6\text{V}$ , Low Resolution Mode      |                      | ● |      |       | ±1.25 | %      |
|              |                                    | $1.5\text{V} < V_{IN\_VS} \leq 3.8\text{V}$ , High Resolution Mode    |                      | ● |      |       | ±1.0  | %      |
|              |                                    | $0.8\text{V} \leq V_{IN\_VS} \leq 1.5\text{V}$ , High Resolution Mode |                      | ● |      |       |       | ±1.5   |
| $t_{S\_VS}$  | Update Rate                        |   |                      |   |      | 12.21 |       | μs     |

 $V_{IN\_SNS}$  Input Characteristics

|                |                                   |  |   |    |    |     |  |    |
|----------------|-----------------------------------|--|---|----|----|-----|--|----|
| $V_{VIN\_SNS}$ | $V_{IN\_SNS}$ Input Voltage Range |  | ● | 0  |    | 15  |  | V  |
| $R_{VIN\_SNS}$ | $V_{IN\_SNS}$ Input Resistance    |  | ● | 70 | 90 | 110 |  | kΩ |

## 電气的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$  および REFピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。

| SYMBOL                 | PARAMETER   | CONDITIONS                                   | MIN | TYP | MAX  | UNITS |
|------------------------|---|--|-----|-----|------|-------|
| TUE <sub>VIN_SNS</sub> | V <sub>IN_ON</sub> , V <sub>IN_OFF</sub> Threshold Total Unadjusted Error | $3\text{V} \leq V_{VIN\_SNS} \leq 8\text{V}$ | ●   |     | ±2.0 | %     |
|                        |   | $V_{VIN\_SNS} > 8\text{V}$                   | ●   |     | ±1.0 | %     |
|                        | READ_V <sub>IN</sub> Total Unadjusted Error                               | $3\text{V} \leq V_{VIN\_SNS} \leq 8\text{V}$ | ●   |     | ±1.5 | %     |
|                        |   | $V_{VIN\_SNS} > 8\text{V}$                   | ●   |     | ±1.0 | %     |

## Voltage Buffered IDAC Soft-Connect Comparator Characteristics

|                     |                |  |   |    |     |    |
|---------------------|----------------|--|---|----|-----|----|
| V <sub>OS_CMP</sub> | Offset Voltage |  | ● | ±3 | ±18 | mV |
|---------------------|----------------|--|---|----|-----|----|

## Temperature Sensor Characteristics

|                   |                        |  |  |    |  |    |
|-------------------|------------------------|--|--|----|--|----|
| TUE <sub>TS</sub> | Total Unadjusted Error |  |  | ±1 |  | °C |
|-------------------|------------------------|--|--|----|--|----|

V<sub>OUT</sub> Enable Output (V<sub>OUT\_EN</sub> [3:0]) Characteristics

|                       |                               |   |   |      |      |      |    |
|-----------------------|-------------------------------|---|---|------|------|------|----|
| V <sub>VOUT_ENn</sub> | Output High Voltage (Note 12) | I <sub>VOUT_ENn</sub> = -5μA, V <sub>DD33</sub> = 3.3V            | ● | 11.6 | 12.5 | 14.7 | V  |
| I <sub>VOUT_ENn</sub> | Output Sourcing Current       | V <sub>VOUT_ENn</sub> Pull-Up Enabled, V <sub>VOUT_ENn</sub> = 1V | ● | -5   | -6   | -8   | μA |
|                       | Output Sinking Current        | Strong Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_ENn</sub> = 0.4V            | ● | 3    | 5    | 8    | mA |
|                       |                               | Weak Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_ENn</sub> = 0.4V              | ● | 33   | 50   | 60   | μA |
|                       | Output Leakage Current        | Internal Pull-Up Disabled, 0V ≤ V <sub>VOUT_ENn</sub> ≤ 15V       | ● |      |      | ±1   | μA |

V<sub>OUT</sub> Enable Output (V<sub>OUT\_EN</sub> [7:4]) Characteristics

|                       |                        |  |   |   |   |    |    |
|-----------------------|------------------------|--|---|---|---|----|----|
| I <sub>VOUT_ENn</sub> | Output Sinking Current | Strong Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_ENn</sub> = 0.1V | ● | 3 | 6 | 9  | mA |
|                       | Output Leakage Current | 0V ≤ V <sub>VOUT_ENn</sub> ≤ 6V                        | ● |   |   | ±1 | μA |

V<sub>IN</sub> Enable Output (V<sub>IN\_EN</sub>) Characteristics

|                     |                         |   |   |      |      |      |    |
|---------------------|-------------------------|---|---|------|------|------|----|
| V <sub>VIN_EN</sub> | Output High Voltage     | I <sub>VIN_EN</sub> = -5μA, V <sub>DD33</sub> = 3.3V          | ● | 11.6 | 12.5 | 14.7 | V  |
| I <sub>VIN_EN</sub> | Output Sourcing Current | V <sub>VIN_EN</sub> Pull-Up Enabled, V <sub>VIN_EN</sub> = 1V | ● | -5   | -6   | -8   | μA |
|                     | Output Sinking Current  | V <sub>VIN_EN</sub> = 0.4V                                    | ● | 3    | 5    | 8    | mA |
|                     | Leakage Current         | Internal Pull-Up Disabled, 0V ≤ V <sub>VIN_EN</sub> ≤ 15V     | ● |      |      | ±1   | μA |

## EEPROM Characteristics

|            |                                    |  |   |        |     |      |        |
|------------|------------------------------------|--|---|--------|-----|------|--------|
| Endurance  | (Notes 8, 11)                      | 0°C < T <sub>J</sub> < 85°C During EEPROM Write Operations                 | ● | 10,000 |     |      | Cycles |
| Retention  | (Notes 8, 11)                      | T <sub>J</sub> < 85°C  | ● | 10     |     |      | Years  |
| Mass_Write | Mass Write Operation Time (Note 9) | STORE_USER_ALL, 0°C < T <sub>J</sub> < 85°C During EEPROM Write Operations | ● |        | 440 | 4100 | ms     |

## Digital Inputs SCL, SDA, CONTROL0, CONTROL1, WDI/RESETB, FAULTB00, FAULTB01, FAULTB10, FAULTB11, WP

|                   |                                 |  |   |     |    |     |    |
|-------------------|---------------------------------|--|---|-----|----|-----|----|
| V <sub>IH</sub>   | High Level Input Voltage        |  | ● | 2.1 |    |     | V  |
| V <sub>IL</sub>   | Low Level Input Voltage         |  | ● |     |    | 1.5 | V  |
| V <sub>HYST</sub> | Input Hysteresis                |  |   |     | 20 |     | mV |
| I <sub>LEAK</sub> | Input Leakage Current           | 0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ 5.5V, SDA, SCL, CONTROLx Pins Only                           | ● |     |    | ±2  | μA |
|                   |                                 | 0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD33</sub> + 0.3V, FAULTBxx, WDI/RESETB, WP Pins Only | ● |     |    | ±2  | μA |
| t <sub>SP</sub>   | Pulse Width of Spike Suppressed | FAULTBxx, CONTROLx Pins Only   |   |     | 10 |     | μs |
|                   |                                 | SDA, SCL Pins Only   |   |     | 98 |     | ns |

# LTC2978

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での値。注記がない限り、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$  および REFピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。

| SYMBOL                  | PARAMETER   | CONDITIONS                               | MIN   | TYP | MAX | UNITS         |
|-------------------------|---|--|-------|-----|-----|---------------|
| $t_{\text{FAULT\_MIN}}$ | Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults |  | 110   |     |     | ms            |
| $t_{\text{RESETB}}$     | Pulse Width to Assert Reset                             | $V_{\text{WDI/RESETB}} \leq 1.5\text{V}$ | ● 300 |     |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{WDI}}$        | Pulse Width to Reset Watchdog Timer                     | $V_{\text{WDI/RESETB}} \leq 1.5\text{V}$ | ● 0.3 |     | 200 | $\mu\text{s}$ |
| $f_{\text{WDI}}$        | Watchdog Interrupt Input Frequency                      |  | ●     |     | 1   | MHz           |
| $C_{\text{IN}}$         | Digital Input Capacitance                               |  |       | 10  |     | pF            |

### Digital Input SHARE\_CLK

|                             |                                 |  |         |    |         |               |
|-----------------------------|---------------------------------|--|---------|----|---------|---------------|
| $V_{\text{IH}}$             | High Level Input Voltage        |  | ● 1.6   |    |         | V             |
| $V_{\text{IL}}$             | Low Level Input Voltage         |  | ●       |    | 0.8     | V             |
| $f_{\text{SHARE\_CLK\_IN}}$ | Input Frequency Operating Range |  | ● 90    |    | 110     | kHz           |
| $t_{\text{LOW}}$            | Assertion Low Time              | $V_{\text{SHARE\_CLK}} < 0.8\text{V}$  | ● 0.825 |    | 1.1     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{RISE}}$           | Rise Time                       | $V_{\text{SHARE\_CLK}} < 0.8\text{V}$ to $V_{\text{SHARE\_CLK}} > 1.6\text{V}$ | ●       |    | 450     | ns            |
| $I_{\text{LEAK}}$           | Input Leakage Current           | $0\text{V} \leq V_{\text{SHARE\_CLK}} \leq V_{\text{DD33}} + 0.3\text{V}$      | ●       |    | $\pm 1$ | $\mu\text{A}$ |
| $C_{\text{IN}}$             | Input Capacitance               |  |         | 10 |         | pF            |

### Digital Outputs SDA, ALERTB, PWRGD, SHARE\_CLK, FAULTB00, FAULTB01, FAULTB10, FAULTB11

|                              |                                  |   |   |    |     |     |     |
|------------------------------|----------------------------------|---|---|----|-----|-----|-----|
| $V_{\text{OL}}$              | Digital Output Low Voltage       | $I_{\text{SINK}} = 3\text{mA}$              | ● |    | 0.4 | V   |     |
| $f_{\text{SHARE\_CLK\_OUT}}$ | Output Frequency Operating Range | 5.49k $\Omega$ Pull-Up to $V_{\text{DD33}}$ | ● | 90 | 100 | 110 | kHz |

### Digital Inputs ASELO,ASEL1

|                    |                              |   |   |                         |          |               |
|--------------------|------------------------------|---|---|-------------------------|----------|---------------|
| $V_{\text{IH}}$    | Input High Threshold Voltage |   | ● | $V_{\text{DD33}} - 0.5$ |          | V             |
| $V_{\text{IL}}$    | Input Low Threshold Voltage  |   | ● |                         | 0.5      | V             |
| $I_{\text{IH,IL}}$ | High, Low Input Current      | $\text{ASEL}[1:0] = 0, V_{\text{DD33}}$ | ● |                         | $\pm 95$ | $\mu\text{A}$ |
| $I_{\text{IH,Z}}$  | Hi-Z Input Current           |   | ● |                         | $\pm 24$ | $\mu\text{A}$ |
| $C_{\text{IN}}$    | Input Capacitance            |   |   | 10                      |          | pF            |

### Serial Bus Timing Characteristics

|                           |   |                    |   |     |     |     |               |
|---------------------------|---|--------------------|---|-----|-----|-----|---------------|
| $f_{\text{SCL}}$          | Serial Clock Frequency (Note 10)  |                    | ● | 10  |     | 400 | kHz           |
| $t_{\text{LOW}}$          | Serial Clock Low Period (Note 10)   |                    | ● | 1.3 |     |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{HIGH}}$         | Serial Clock High Period (Note 10)  |                    | ● | 0.6 |     |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{BUF}}$          | Bus Free Time Between Stop and Start (Note 10)  |                    | ● | 1.3 |     |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{\text{HD,STA}}$       | Start Condition Hold Time (Note 10)   |                    | ● | 600 |     |     | ns            |
| $t_{\text{SU,STA}}$       | Start Condition Setup Time (Note 10)  |                    | ● | 600 |     |     | ns            |
| $t_{\text{SU,STO}}$       | Stop Condition Setup Time (Note 10)   |                    | ● | 600 |     |     | ns            |
| $t_{\text{HD,DAT}}$       | Data Hold Time (LTC2978 Receiving Data) (Note 10)   |                    | ● | 0   |     |     | ns            |
|                           | Data Hold Time (LTC2978 Transmitting Data) (Note 10)  |                    | ● | 300 |     | 900 | ns            |
| $t_{\text{SU,DAT}}$       | Data Setup Time (Note 10)   |                    | ● | 100 |     |     | ns            |
| $t_{\text{SP}}$           | Pulse Width of Spike Suppressed (Note 10)   |                    |   |     | 98  |     | ns            |
| $t_{\text{TIMEOUT\_BUS}}$ | Time Allowed to Complete any PMBus Command After Which Time SDA Will Be Released and Command Terminated | Longer Timeout = 0 | ● |     | 25  | 35  | ms            |
|                           |   | Longer Timeout = 1 | ● |     | 200 | 280 | ms            |

2978fc



## 電気的特性

**Note1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

**Note2:** デバイスのピンに流れ込む電流は全て正。デバイスのピンから流れ出す電流は全て負。注記がない限り、全ての電圧はグラウンドを基準にしている。V<sub>DD33</sub> ピンのみから電力供給される場合は、V<sub>PWR</sub> ピンと V<sub>DD33</sub> ピンを接続する。

**Note3:** 出力電圧のヒステリシスは、デバイスがそれまでに置かれていた温度が高温か低温かによってパッケージ内の応力が異なるために生じる。出力電圧は常に 25°C で測定されるが、デバイスは次の測定前に 85°C または -40°C の温度環境に置かれる。ヒステリシスは温度変化の二乗にほぼ比例する。

**Note4:** TUE (%) は次のように定義されている。

$$\text{利得誤差 (\%)} + 100 \cdot (\text{INL} + \text{V}_{\text{OS}}) / \text{V}_{\text{IN}}$$

**Note5:** 積分非直線性 (INL) は、実際の伝達曲線のエンドポイント (0V と 6V) を通る直線からのコードの偏差として定義されている。偏差は量子化幅の中心から測定される。

**Note6:** ADC の継起する変換相互の時間間隔 (ADC の待ち時間) は、いずれのチャンネルでも次の式で求められる。36.9ms + (6.15ms • 低分解モードに設定された ADC チャンネル数) + (24.6ms • 高分解モードに設定された ADC チャンネル数)

**Note7:** 非直線性は、最大オフセットの規定値に等しいかそれより大きな最初のコードからコード 1023 (フルスケール) まで定義されている。

**Note8:** EEPROM の耐久性とデータ保持能力は、設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関により保証される。最小保持時間仕様は、内蔵 EEPROM の書き込みサイクル数が最小耐久性仕様より少ないデバイスに適用される。

**Note9:** 大量書き込み動作の実行中は、LTC2978 はどの PMBus コマンドにもアクノリッジを返さない。このようなコマンドとして、STORE\_USER\_ALL および MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドの他に、チャンネルのフォールト・オフによって起動されるフォールト・ログ保存のコマンドが含まれる。

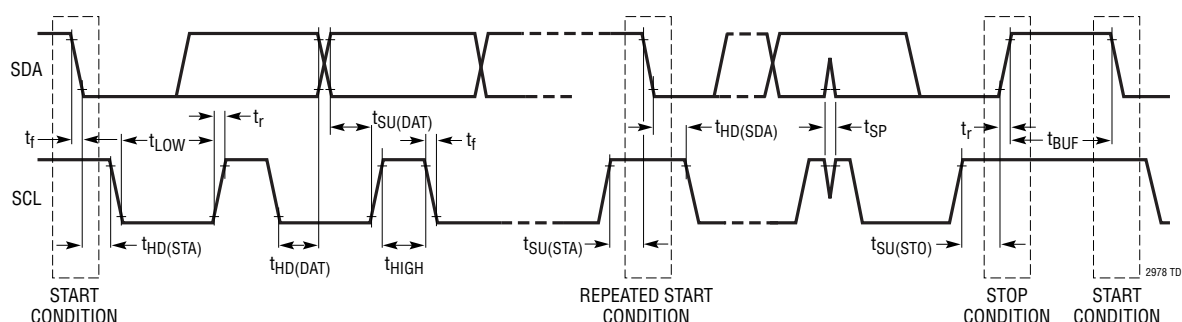
**Note10:** SCL および SDA の最大容量負荷 (C<sub>B</sub>) は 400pF である。データとクロックの立ち上がり時間 (t<sub>r</sub>) および立ち下がり時間 (t<sub>f</sub>) は、(20 + 0.1 • C<sub>B</sub>) (ns) < t<sub>r</sub> < 300ns および (20 + 0.1 • C<sub>B</sub>) (ns) < t<sub>f</sub> < 300ns である。C<sub>B</sub> = 1 本のバスラインの容量 (pF)。SCL と SDA の外部プルアップ電圧 (V<sub>I0</sub>) は 3.13V < V<sub>I0</sub> < 5.5V である。

**Note11:** EEPROM の耐久性とデータ保持能力は T<sub>J</sub> > 85°C になると低下する。

**Note12:** 出力イネーブル・ピンは V<sub>DD33</sub> からチャージポンプされる。

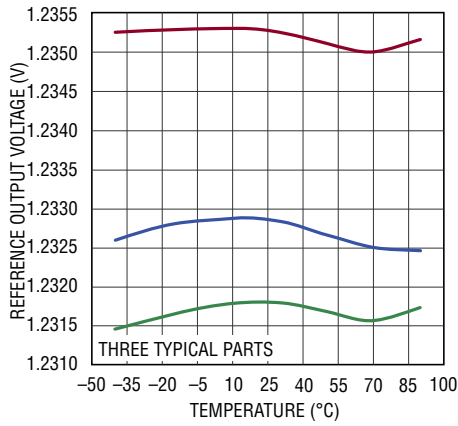
**Note13:** 電流検出の分解能は返された値の L11 フォーマットと mV 単位によって決まる。たとえば、170mV のフルスケール値は 0xF2A8=680 • 2<sup>2</sup>=170 の L11 値が返される。これは L11 の仮数をオーバーフローすることなくこの値を表現できる最低範囲であり、この範囲内での 1LSB の分解能は 2<sup>2</sup>mV = 250μV となる。段階的に低くなっていく各範囲は LSB のサイズを半分にすることによって分解能を高めている。

## PMBus タイミング図



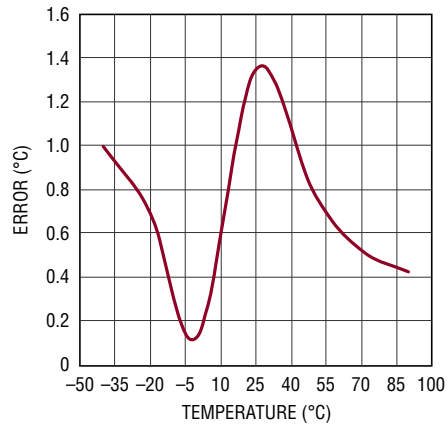
## 標準的性能特性

リファレンス電圧と温度



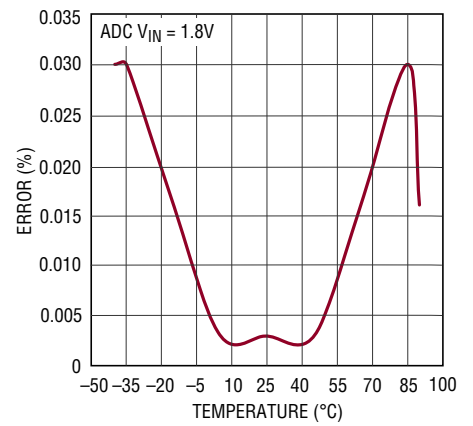
2978 G01

温度検出誤差と温度



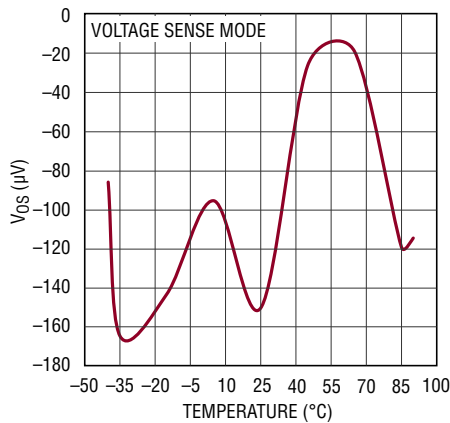
2978 G02

ADCの全未調整誤差と温度



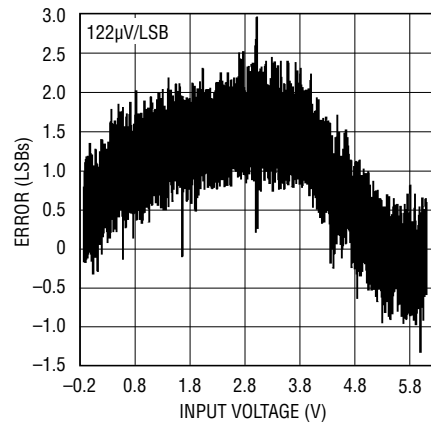
2978 G03

ADCのゼロ・コード中心  
オフセット電圧と温度



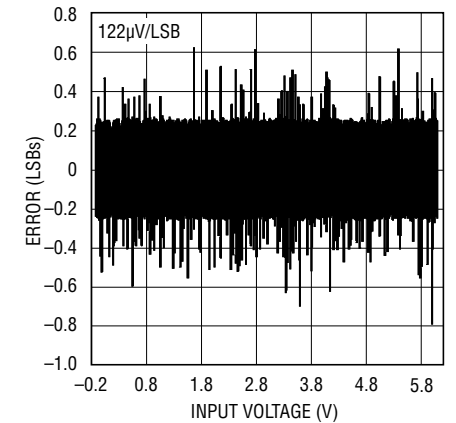
2978 G04

ADCのINL



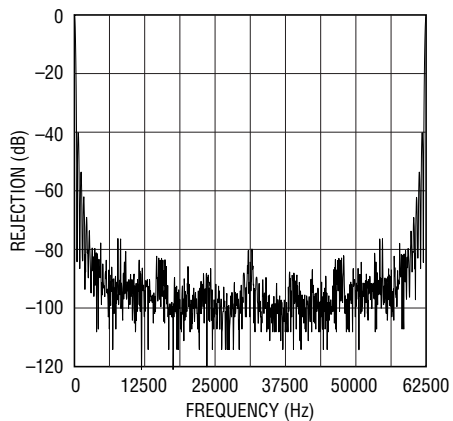
2978 G05

ADCのDNL



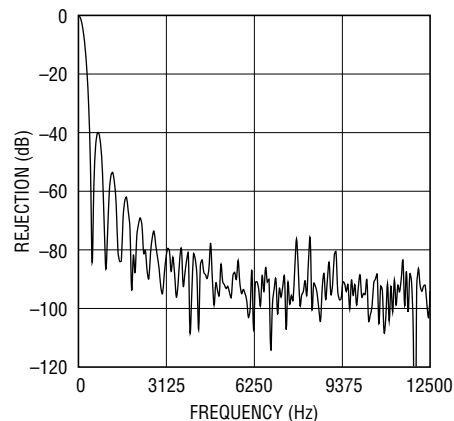
2978 G06

ADCの除去比とV\_INの周波数



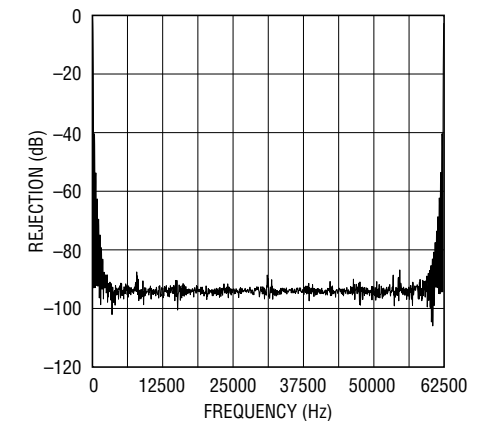
2978 G07

ADCの除去比とV\_INの周波数  
(拡大図)



2978 G08

ADCの除去比とV\_INの周波数  
(電流検出モード)

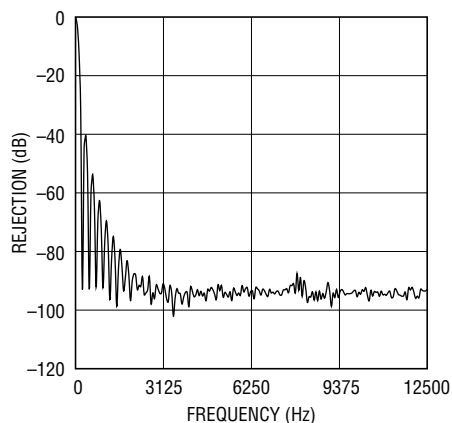


2978 G09

2978fc

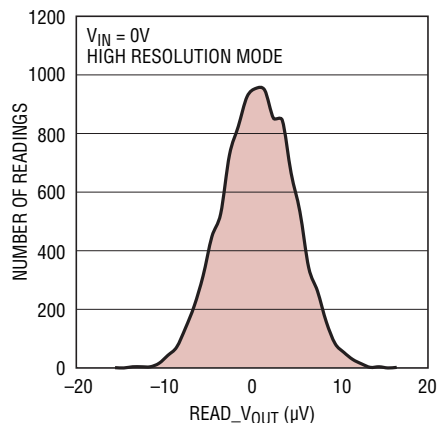
標準的性能特性

ADCの除去比と $V_{IN}$ の周波数  
(電流検出モード、拡大図)



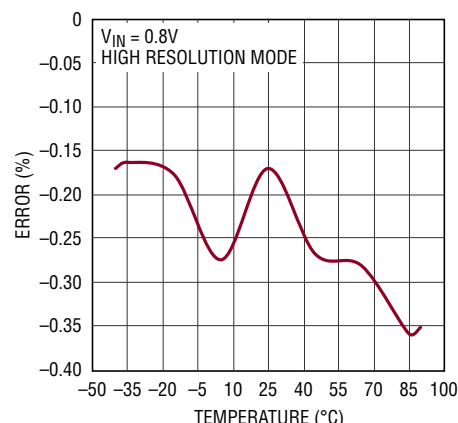
2978 G10

ADCのノイズ・ヒストグラム



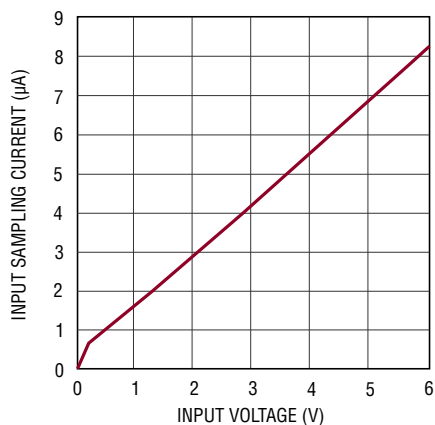
2978 G11

電圧スーパーバイザの  
全未調整誤差と温度



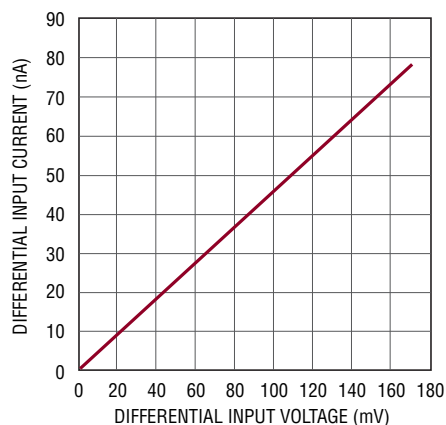
2978 G12

入力サンプリング電流と  
差動入力電圧



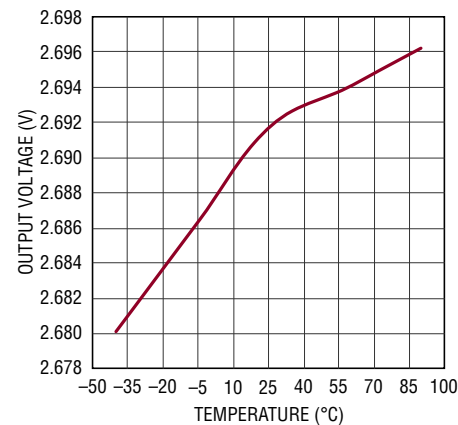
2978 G13

ADCの高分解能モードの  
差動入力電流



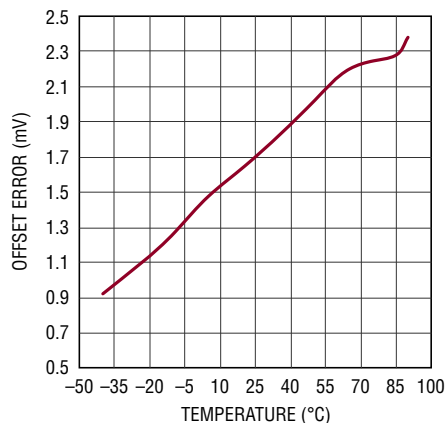
2978 G14

DACのフルスケール出力電圧と  
温度



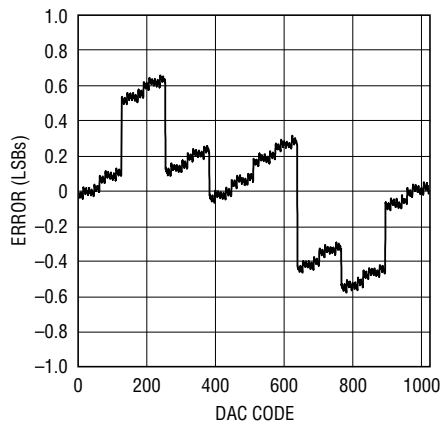
2978 G15

DACのオフセット電圧と温度



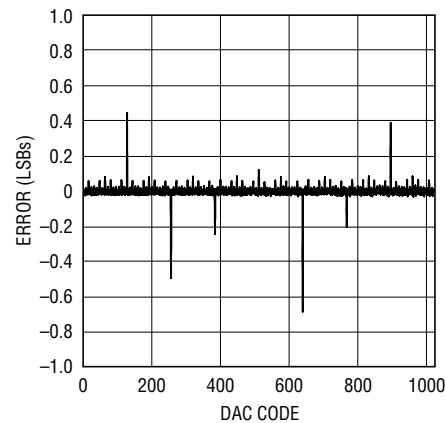
2978 G16

DACのINL



2978 G17

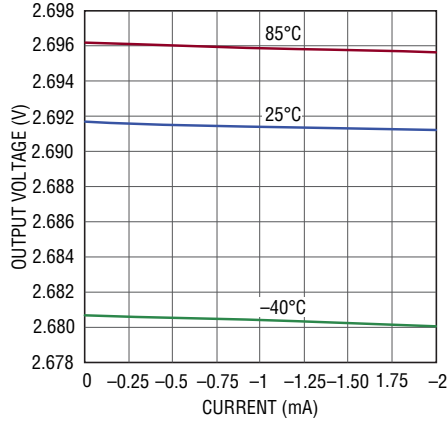
DACのDNL



2978 G18

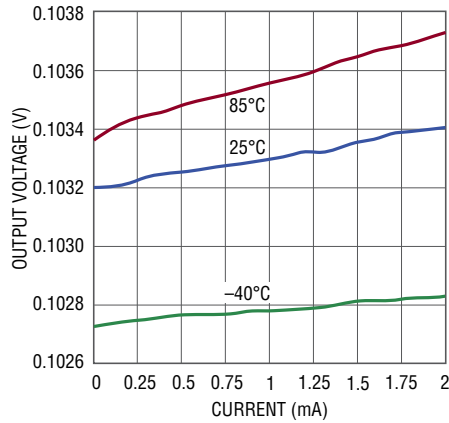
## 標準的性能特性

**DACの負荷レギュレーション  
(ソース電流)**



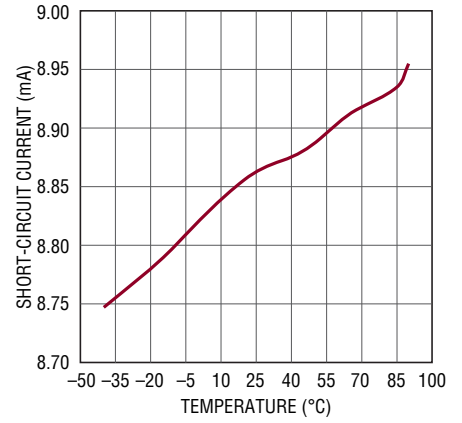
2978 G19

**DACの負荷レギュレーション  
(シンク電流)**



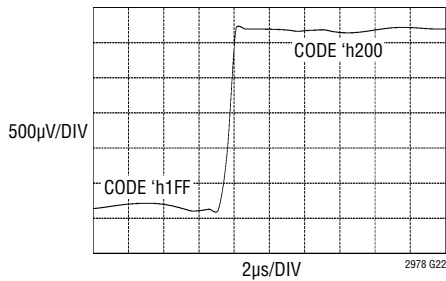
2978 G20

**DACの短絡電流と温度**



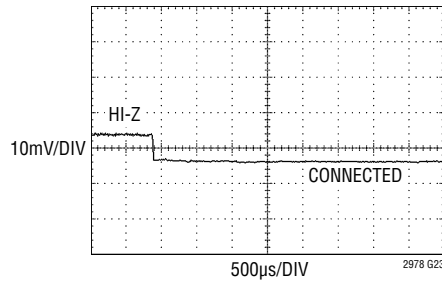
2978 G21

**DACのコードの1LSBの変化に  
対するDACの過渡応答**



2978 G22

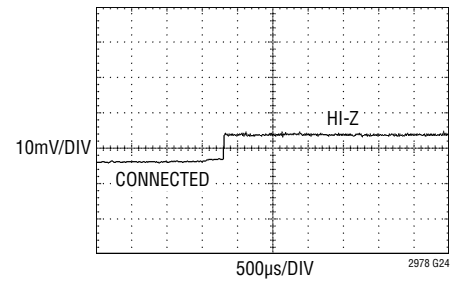
**高インピーダンス状態から  
オン状態への遷移時のDACの  
ソフト接続過渡応答**



2978 G23

100k SERIES RESISTANCE ON  
CODE: 'h1FF'

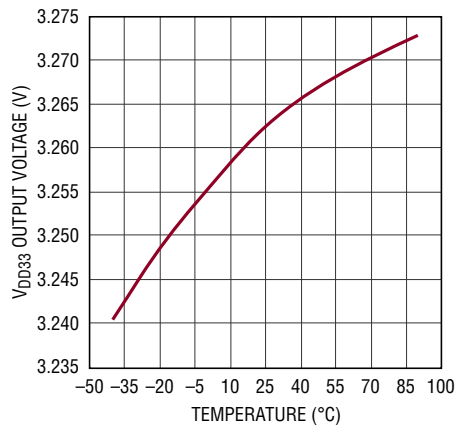
**オン状態から高インピーダンス  
状態への遷移時のDACのソフト  
接続過渡応答**



2978 G24

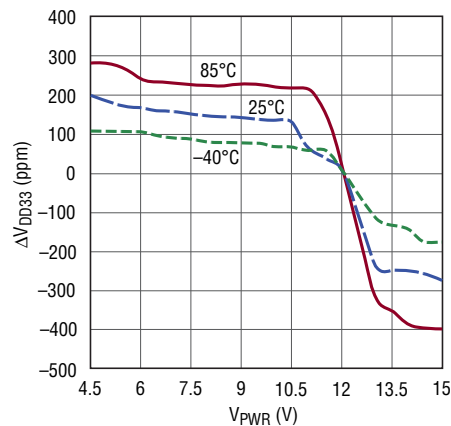
100k SERIES RESISTANCE ON  
CODE: 'h1FF'

**V<sub>DD33</sub>レギュレータの  
出力電圧と温度**



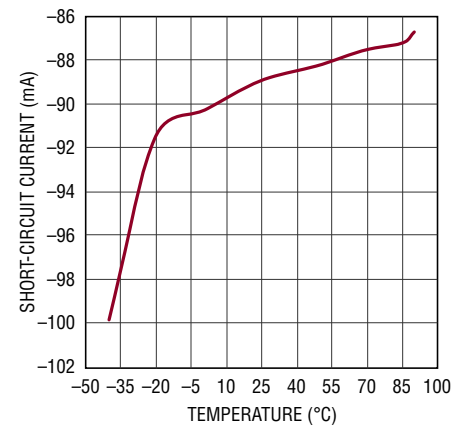
2978 G25

**V<sub>DD33</sub>レギュレータの  
ラインレギュレーション**



2978 G26

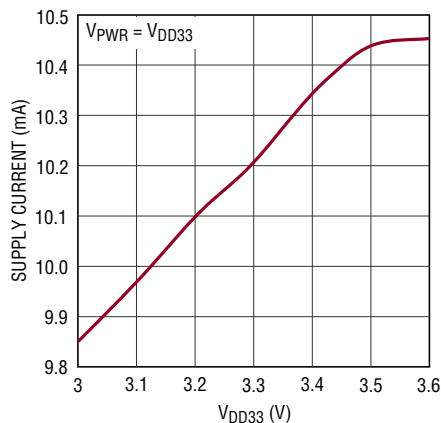
**V<sub>DD33</sub>レギュレータの  
短絡電流と温度**



2978 G27

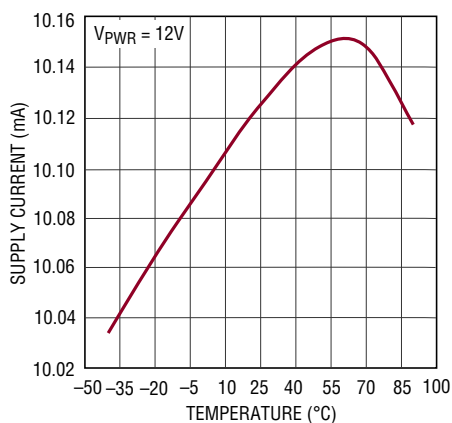
標準的性能特性

消費電流と電源電圧



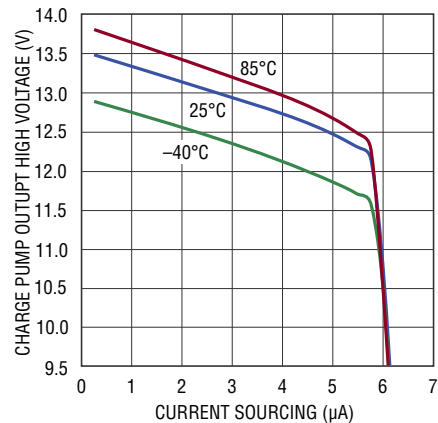
2978 G28

消費電流と温度



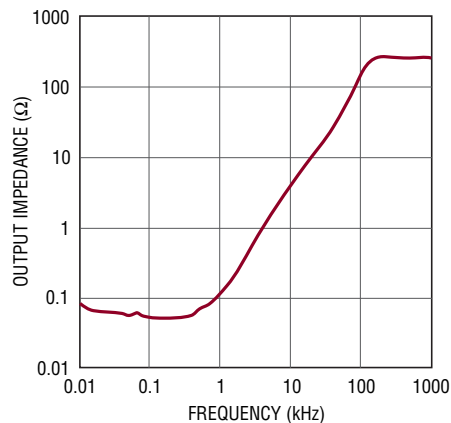
2978 G29

VOUT\_EN[3:0] および VIN\_EN の出力 "H" 電圧と負荷電流



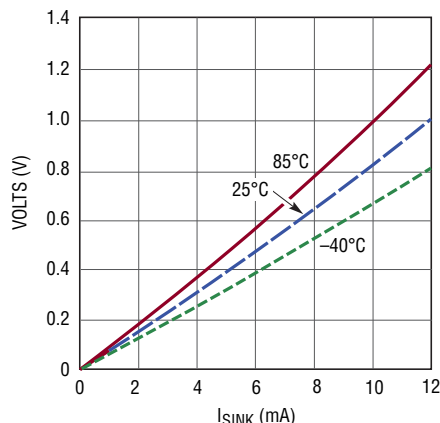
2978 G30

DAC の出力インピーダンスと周波数



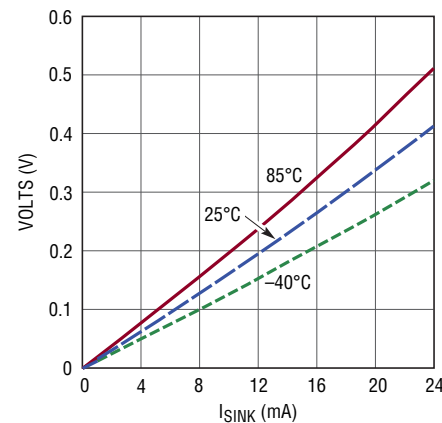
2978 G31

VOUT\_EN[3:0] および VIN\_EN の VOL と電流



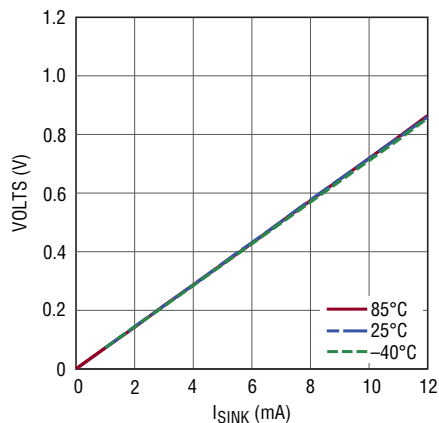
2978 G32

VOUT\_EN[7:4] の VOL と電流



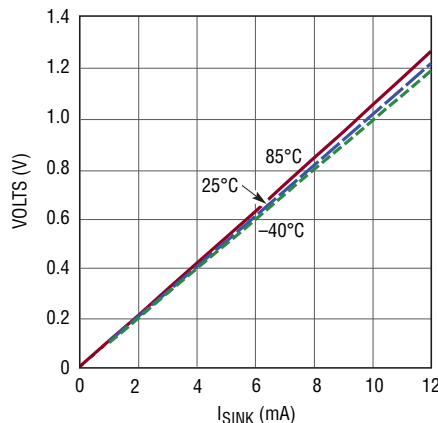
2978 G33

PWRGD および FAULTBzn の VOL と電流



2978 G34

ALERTB の VOL と電流



2978 G35

2978fc

## ピン機能

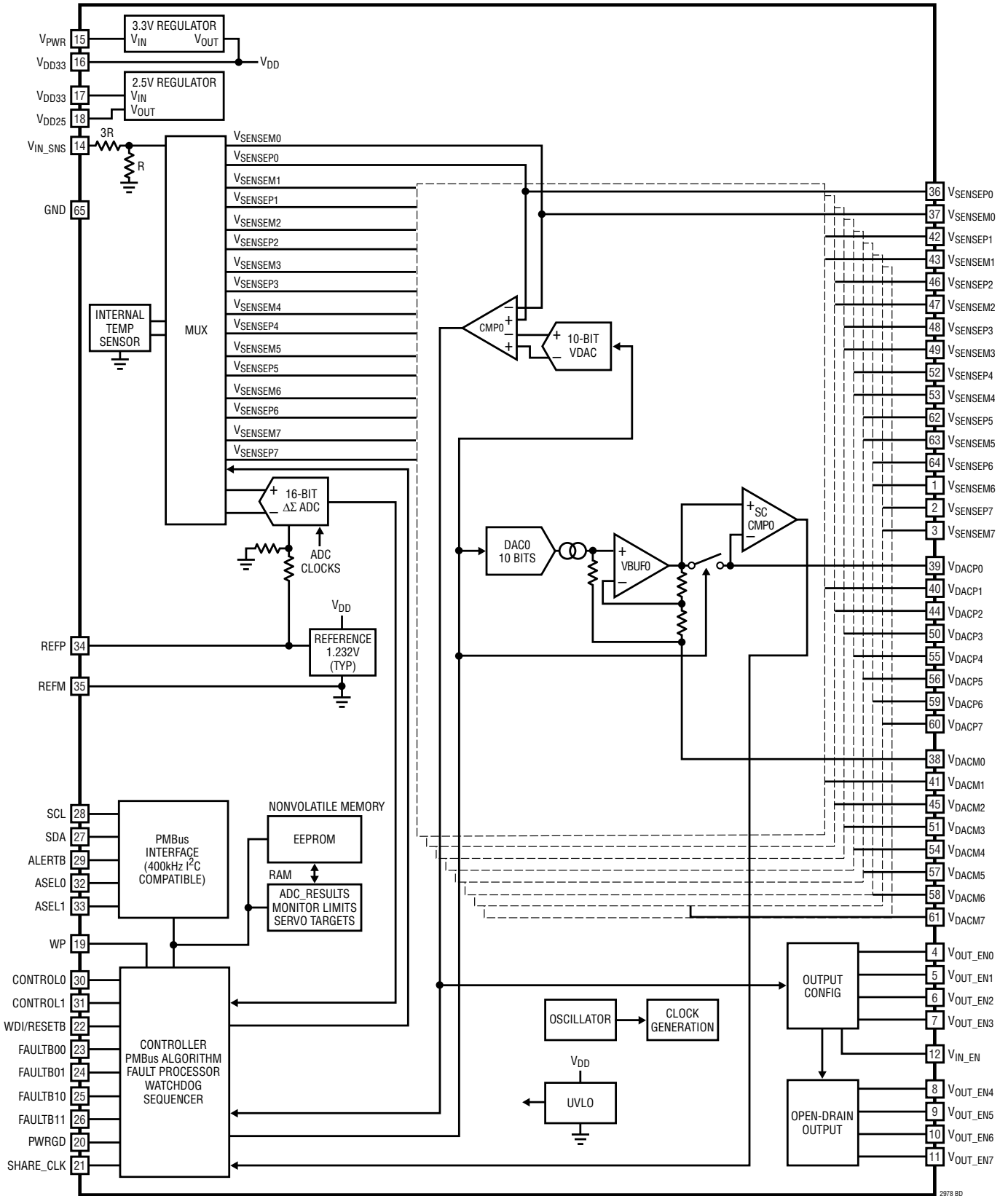
| PIN NAME              | PIN NUMBER | PIN TYPE       | DESCRIPTION  |
|-----------------------|------------|----------------|--|
| V <sub>SENSE</sub> M6 | 1*         | In             | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-6 Sensing Pin  |
| V <sub>SENSE</sub> P7 | 2*         | In             | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage or Current-7 Sensing Pin   |
| V <sub>SENSE</sub> M7 | 3*         | In             | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage or Current-7 Sensing Pin   |
| V <sub>OUT_EN</sub> 0 | 4          | Out            | DC/DC Converter Enable-0 Pin. Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A   |
| V <sub>OUT_EN</sub> 1 | 5          | Out            | DC/DC Converter Enable-1 Pin. Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A   |
| V <sub>OUT_EN</sub> 2 | 6          | Out            | DC/DC Converter Enable-2 Pin. Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A   |
| V <sub>OUT_EN</sub> 3 | 7          | Out            | DC/DC Converter Enable-3 Pin. Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A   |
| V <sub>OUT_EN</sub> 4 | 8          | Out            | DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-4  |
| V <sub>OUT_EN</sub> 5 | 9          | Out            | DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-5  |
| V <sub>OUT_EN</sub> 6 | 10         | Out            | DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-6  |
| V <sub>OUT_EN</sub> 7 | 11         | Out            | DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-7  |
| V <sub>IN_EN</sub>    | 12         | Out            | DC/DC Converter V <sub>IN</sub> ENABLE Pin. Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A   |
| DNC                   | 13         | Do Not Connect | Do Not Connect to This Pin   |
| V <sub>IN_SNS</sub>   | 14         | In             | V <sub>IN</sub> SENSE Input. This Voltage is Compared Against the V <sub>IN</sub> On and Off Voltage Thresholds in Order to Determine When to Enable and Disable, Respectively, the Downstream DC/DC Converters  |
| V <sub>PWR</sub>      | 15         | In             | V <sub>PWR</sub> Serves as the Unregulated Power Supply Input to the Chip (4.5V to 15V). If a 4.5V to 15V Supply Voltage is Unavailable, Short V <sub>PWR</sub> to V <sub>DD33</sub> and Power the Chip Directly from a 3.3V Supply. Bypass to GND with 0.1 $\mu$ F Capacitor. |
| V <sub>DD33</sub>     | 16         | In/Out         | If Shorted to V <sub>PWR</sub> , it Serves as 3.13V to 3.47V Supply Input Pin. Otherwise it is a 3.3V Internally Regulated Voltage Output (Use 100nF Decoupling Capacitor to GND)  |
| V <sub>DD33</sub>     | 17         | In             | Input for Internal 2.5V Sub-Regulator. Short This Pin to Pin 16  |
| V <sub>DD25</sub>     | 18         | In/Out         | 2.5V Internally Regulated Voltage Output. Bypass to GND with a 0.1 $\mu$ F Capacitor   |
| WP                    | 19         | In             | Digital Input. Write-Protect Input Pin, Active High  |
| PWRGD                 | 20         | Out            | Power Good Open-Drain Output. Indicates When Outputs are Power Good. Can be Used as System Power-On Reset. The Latency of This Signal May Be as Long as the ADC Latency. See Note 6.   |
| SHARE_CLK             | 21         | In/Out         | Bidirectional Clock Sharing Pin. Connect a 5.49k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub>   |
| WDI/RESETB            | 22         | In             | Watchdog Timer Interrupt and Chip Reset Input. Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> . Rising Edge Resets Watchdog Counter. Holding This Pin Low for More Than t <sub>RESETB</sub> Resets the Chip   |
| FAULTB00              | 23         | In/Out         | Open-Drain Output and Digital Input. Active Low Bidirectional Fault Indicator-00. Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub>  |
| FAULTB01              | 24         | In/Out         | Open-Drain Output and Digital Input. Active Low Bidirectional Fault Indicator-01. Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub>  |
| FAULTB10              | 25         | In/Out         | Open-Drain Output and Digital Input. Active Low Bidirectional Fault Indicator-10. Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub>  |
| FAULTB11              | 26         | In/Out         | Open-Drain Output and Digital Input. Active Low Bidirectional Fault Indicator-11. Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub>  |
| SDA                   | 27         | In/Out         | PMBus Bidirectional Serial Data Pin  |
| SCL                   | 28         | In             | PMBus Serial Clock Input Pin (400kHz Maximum)  |
| ALERTB                | 29         | Out            | Open-Drain Output. Generates an Interrupt Request in a Fault/Warning Situation   |
| CONTROL0              | 30         | In             | Control Pin 0 Input  |
| CONTROL1              | 31         | In             | Control Pin 1 Input  |
| ASEL0                 | 32         | In             | Ternary Address Select Pin 0 Input. Connect to V <sub>DD33</sub> , GND or Float to Encode 1 of 3 Logic States  |
| ASEL1                 | 33         | In             | Ternary Address Select Pin 1 Input. Connect to V <sub>DD33</sub> , GND or Float to Encode 1 of 3 Logic States  |
| REFP                  | 34         | Out            | Reference Voltage Output. Needs 0.1 $\mu$ F Decoupling Capacitor to REFM   |
| REFM                  | 35         | Out            | Reference Return Pin. Needs 0.1 $\mu$ F Decoupling Capacitor to REFP.  |
| V <sub>SENSE</sub> P0 | 36*        | In             | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage-0 Sensing Pin  |
| V <sub>SENSE</sub> M0 | 37*        | In             | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-0 Sensing Pin  |
| V <sub>DAC</sub> M0   | 38         | Out            | DAC0 Return. Connect to Channel 0 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND   |
| V <sub>DAC</sub> P0   | 39         | Out            | DAC0 Output  |

## ピン機能

| PIN NAME             | PIN NUMBER | PIN TYPE | DESCRIPTION  |
|----------------------|------------|----------|--|
| V <sub>DACP1</sub>   | 40         | Out      | DAC1 Output  |
| V <sub>DACM1</sub>   | 41         | Out      | DAC1 Return. Connect to Channel 1 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>SENSEP1</sub> | 42*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage or Current-1 Sensing Pins      |
| V <sub>SENSEM1</sub> | 43*        | In       | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage or Current-1 Sensing Pins      |
| V <sub>DACP2</sub>   | 44         | Out      | DAC2 Output  |
| V <sub>DACM2</sub>   | 45         | Out      | DAC2 Return. Connect to Channel 2 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>SENSEP2</sub> | 46*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage-2 Sensing Pin                  |
| V <sub>SENSEM2</sub> | 47*        | In       | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-2 Sensing Pin                  |
| V <sub>SENSEP3</sub> | 48*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage or Current-3 Sensing Pins      |
| V <sub>SENSEM3</sub> | 49*        | In       | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage or Current-3 Sensing Pins      |
| V <sub>DACP3</sub>   | 50         | Out      | DAC3 Output  |
| V <sub>DACM3</sub>   | 51         | Out      | DAC3 Return. Connect to Channel 3 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>SENSEP4</sub> | 52*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage-4 Sensing Pin                  |
| V <sub>SENSEM4</sub> | 53*        | In       | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-4 Sensing Pin                  |
| V <sub>DACM4</sub>   | 54         | Out      | DAC4 Return. Connect to Channel 4 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>DACP4</sub>   | 55         | Out      | DAC4 Output  |
| V <sub>DACP5</sub>   | 56         | Out      | DAC5 Output  |
| V <sub>DACM5</sub>   | 57         | Out      | DAC5 Return. Connect to Channel 5 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>DACM6</sub>   | 58         | Out      | DAC6 Return. Connect to Channel 6 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>DACP6</sub>   | 59         | Out      | DAC6 Output  |
| V <sub>DACP7</sub>   | 60         | Out      | DAC7 Output  |
| V <sub>DACM7</sub>   | 61         | Out      | DAC7 Return. Connect to Channel 7 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND |
| V <sub>SENSEP5</sub> | 62*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage or Current-5 Sensing Pins      |
| V <sub>SENSEM5</sub> | 63*        | In       | DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage or Current-5 Sensing Pins      |
| V <sub>SENSEP6</sub> | 64*        | In       | DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage-6 Sensing Pin                  |
| GND                  | 65         | Ground   | Exposed Pad, Must be Soldered to PCB   |

\* 未使用の V<sub>SENSEP<sub>n</sub></sub> ピン、V<sub>SENSEM<sub>n</sub></sub> ピン、V<sub>DACM<sub>n</sub></sub> ピンはいずれも、GND に接続する必要があります。

## ブロック図





## 動作

### 動作の概要

LTC2978は、PMBus準拠のプログラム可能な電源コントローラ、モニタ、シーケンサ、および電圧スーパーバイザであり、以下の動作を行うことができます。

- PMBus 互換のプログラミング・コマンドを受け取る。
- PMBus インタフェースを介してDC/DCコンバータの入力電圧と出力電圧/電流の読み取りを行う。
- トリム・ピンで出力電圧を設定するDC/DCコンバータや、外付けの抵抗帰還ネットワークを使用して出力電圧を設定するDC/DCコンバータの出力を制御する。
- PMBus のプログラミング入力ピンとCONTROL入力ピンを介してDC/DCコンバータの起動シーケンスを制御する。
- PMBus のプログラミングにより、閉ループ・サーボ動作モードでDC/DCコンバータの出力電圧を(標準0.2%ステップで)トリミングする。
- DC/DCコンバータの出力電圧をPMBusでプログラムされたりリミットにマーゼニングする。
- マーゼンDACに直接アクセスすることにより、マニュアル動作モードでDC/DCコンバータの出力電圧のトリミングやマーゼニングを行うことができる。
- DC/DCコンバータの出力電圧、入力電圧、およびLTC2978のダイ温度がPMBusでプログラムされたりリミットに比べて過大か過小かを監視して、適切なフォールトや警告を発生する。
- 動作を無期限に継続する、またはプログラム可能なデグレリッチ時間の経過後にラッチオフする、または直ちにラッチオフする、のいずれかによってフォールト状態に反応する。リトライ・モードを使用して、ラッチオフ状態から自動的に回復することができる。
- DC/DCコンバータの出力電圧が初期マーゼンまたは公称目標値に達すると、トリミングを停止する。目標値がV<sub>OUT</sub>の警告リミットから外れると、必要に応じてサーボ制御を再開できる。
- PMBus のプログラミングにより、CRC付きのコマンド・レジスタの内容をEEPROMに格納する。
- PMBus のプログラミングによって、または起動時にV<sub>DD33</sub>が印加される時に、EEPROMの内容をリストアする。
- PMBus インタフェースとパワーグッド出力により、DC/DCコンバータの出力電圧の状態を通知する。
- サポートされているPMBusのフォールトや警告に反応してALERTBピンをアサートすることにより、割り込み要求を発生する。
- FAULTBz0ピンとFAULTBz1ピンに接続されたすべてのDC/DCコンバータに対するシステムの幅広いフォールト反応を調整する。
- SHARE\_CLKピンを使用して複数のデバイスのシーケンス遅延やシャットダウンを同期させる。
- コマンド・レジスタへのソフトウェアおよびハードウェア書き込みを禁止する。
- 出力電圧のOVフォールトおよびUVフォールトに反応して、監視対象のDC/DCコンバータの入力電圧をディスエーブルする。
- フォールトオフ状態に反応してテレメトリ・データおよびステータス・データをEEPROMに記録する。
- プログラム可能なウォッチドッグ・タイマを使用して外部マイクロコントローラの動作がストール状態かどうかを監視し、必要に応じてマイクロコントローラをリセットする。
- DC/DCコンバータが、パワー・サイクル後、プログラム可能な時間(MFR\_RESTART\_DELAY)が経過し、出力がプログラム可能なスレッシュホールド電圧(MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD)を下回るまで、オン状態に再移行しないようにする。
- 入力電圧、出力電圧、および温度の測定された最小値と最大値を記録する。

### EEPROM

LTC2978は構成設定とフォールト・ログ情報を格納するEEPROM(不揮発性メモリ)を内蔵しています。EEPROMの耐久性、データ保持能力および大量書き込み動作時間は、全動作温度範囲で規定されています。これらの仕様については、電気的特性と絶対最大定格のセクションを参照してください。

## 動作

$T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度で非破壊動作は可能ですが、電気的特性は保証されず、EEPROMは劣化します。

$85^\circ\text{C}$ を超える温度でEEPROMを動作させると、データ保持能力が低下します。高温で発生し得るシステムの問題をデバッグするのに役立つフォールト・ログ機能は、EEPROMのフォールト・ログのロケーションにだけ書き込みを行います。 $85^\circ\text{C}$ を超える温度でこれらのレジスタへしばしば書き込みが行われると、フォールト・ログのデータ保持特性がわずかに劣化することがあります。

$T_J > 85^\circ\text{C}$ では、STORE\_USER\_ALL コマンドまたはバルク・プログラミングを用いてEEPROMへの書き込みを行わないことを推奨します。

$85^\circ\text{C}$ を超える温度でのEEPROMのデータ保持能力の低下は、次式を用いて無次元の加速係数を計算することで近似させることができます。

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

ここで、

AF = 加速係数

$E_a$  = 活性化エネルギー = 1.4 eV

$k$  =  $8.625 \times 10^{-5}$  eV/°K

$T_{USE}$  =  $85^\circ\text{C}$ の規定接合部温度

$T_{STRESS}$  = 実際の接合部温度(°C)

例：接合部温度 $95^\circ\text{C}$ で10時間動作時のデータ保持能力への影響を計算します。

$T_{STRESS} = 95^\circ\text{C}$

$T_{USE} = 85^\circ\text{C}$

AF = 3.4

$85^\circ\text{C}$ での等価動作時間 = 34 時間

したがって、接合部温度 $95^\circ\text{C}$ で10時間動作させた場合、EEPROMの全データ保持時間は34時間だけ短くなります。最大接合部温度 $85^\circ\text{C}$ でのEEPROMの全データ保持時間の定格値が87,600時間であることと比較すれば、このオーバーストレスの影響は無視できます。

## リセット

WDI/RESETBピンを $t_{RESETB}$ より長く“L”に保つと、LTC2978はパワーオン・リセット状態に移行します。その後LTC2978がWDI/RESETBピンの立ち上がりエッジを検出すると、EEPROMに格納されたユーザー設定に従ってパワーオン・シーケンスを実行します。

## 書き込み禁止ピン

WPピンを使用することにより、LTC2978の設定レジスタへの書き込みを禁止することができます。WPピン(アクティブ“H”)がアサートされると、レベル2の保護が有効となり、WRITE\_PROTECT、PAGE、STORE\_USER\_ALL、OPERATION、MFR\_PAGE\_FF\_MASKおよびCLEAR\_FAULTSの各コマンドを除く全ての書き込みが禁止されます。WPピンとWRITE\_PROTECTコマンドの間では、より厳しい設定が優先されます。例えば、WP = 1でWRITE\_PROTECT = 0x80の場合、WRITE\_PROTECTコマンドのほうが限定的であるため、こちらが優先されます。

## その他の動作

### クロックの共有

リニアテクノロジーの複数のPMBusデバイスは、オープンドレインのSHARE\_CLK入力/出力端子をプルアップ抵抗にワイヤードOR接続することにより、1つのアプリケーションにおいてクロックを同期させることができます。この場合には最速のクロックが優先されて全てのLTC2978を同期させます。

MFR\_CONFIG\_ALLレジスタのビット3(Mfr\_config\_all\_vin\_share\_enable)をセットすることにより、SHARE\_CLKをオプションで使用して、複数のデバイスについて $V_{IN}$ に依存したオン/オフを同期させることができます。このように構成した場合、入力電圧が不十分なためにデバイスがオフすると、SHARE\_CLKが“L”に保持されます。SHARE\_CLKが“L”に保持されていることを検出すると、デバイスは短いデグリッチ時間の後、すべてのチャンネルを無効にします。SHARE\_CLKピンの立ち上がりが許可されると、デバイスはソフトスタート・シーケンスを開始して応答します。この場合、複数のデバイスのうち $V_{IN\_ON}$ が最も遅く検出されたものが採用され、他のデバイスはそのソフトスタート・シーケンスに同期します。

## 動作

### PMBus シリアル・デジタル・インタフェース

LTC2978は、標準PMBusシリアル・バス・インタフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バスの信号のタイミング関係を「PMBus タイミング図」に示します。2本のバスライン SDA および SCL は、バスが使用されていないとき“H”にする必要があります。これらのラインには外付けプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC2978はスレーブ・デバイスです。マスタは以下のフォーマットを使用してLTC2978と通信することができます。

- マスタ・トランスミッタ、スレーブ・レシーバ
- マスタ・レシーバ、スレーブ・トランスミッタ

以下のSMBusプロトコルがサポートされています。

- バイト書き込み、ワード書き込み、バイト送信
- バイト読み出し、ワード読み出し、ブロック読み出し
- アラート応答アドレス

前述のSMBusプロトコルを図1～図12に示します。全てのトランザクションはPEC (パリティ・エラー・チェック)とGCP (グループ・コマンド・プロトコル)をサポートしています。ブロック読み出しは255バイトのリターン・データをサポートしています。したがって、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeoutの設定を使用してPMBusタイムアウトを延長することができます。

LTC2978は、STORE\_USER\_ALL、RESTORE\_USER\_ALL、MFR\_CONFIG\_LTC2978のコマンドの処理中か、またはEEPROMにフォールト・ログ・データが書き込まれている間は、どのPMBusコマンドにもアクノリッジを返しません。Status\_word\_busyもセットされます。

### PMBus

PMBusはパワー・コンバータ間の通信方法を規定する業界標準規格です。PMBusは業界標準のSMBusシリアル・インタフェースとPMBusコマンド言語から構成されます。

2線インタフェースであるPMBusはSMBusの拡張規格です。SMBusはI<sup>2</sup>C規格をベースとしてタイミング、DCパラメータおよびプロトコルに若干の変更が加えられたものです。SMBusプロトコルは、バスのハング・アップを防ぐためのタイムアウト機能、およびデータの完全性を保証するためのオプションの packets・エラー・チェック(PEC)機能を備えているため、単純なI<sup>2</sup>Cバイト・コマンドよりも安定性に優れています。一般に、I<sup>2</sup>C通信用に設定することができるマスタ・デバイスは、ハードウェアやファームウェアに変更を加えずに、または若干の変更を加えることによってPMBus通信が可能となります。

逆にPMBusをSMBusに変更する場合の説明は「PMBus Specification Part 1 Revision 1.1」の第5節「Transport」を参照してください。以下でも閲覧可能

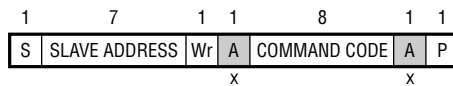
[www.pmbus.org](http://www.pmbus.org).

SMBusとI<sup>2</sup>Cの違いについてはシステム・マネージメント・バス(SMBus)規格Ver. 2.0の付録B「Differences Between SMBus and I<sup>2</sup>C」を参照してください。以下で閲覧可能

[www.smbus.org](http://www.smbus.org).

I<sup>2</sup>Cコントローラを用いてPMBusと通信する場合、コントローラが停止命令を出すことなく1バイトのデータを書き込みできることが重要です。これにより、コントローラは開始コマンドのバイト書き込みとI<sup>2</sup>Cによる読み出しを連結させることによって、PMBus読み出しコマンドの開始を適切に繰り返すことができます。

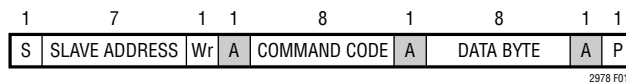
## 動作



- S START CONDITION
- Sr REPEATED START CONDITION
- Rd READ (BIT VALUE OF 1)
- Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)
- x SHOWN UNDER A FIELD INDICATES THAT THE FIELD IS REQUIRED TO HAVE THE VALUE OF x
- A ACKNOWLEDGE (THIS BIT POSITION MAY BE 0 FOR AN ACK OR 1 FOR A NACK)
- P STOP CONDITION
- PEC PACKET ERROR CODE
- MASTER TO SLAVE
- SLAVE TO MASTER
- ... CONTINUATION OF PROTOCOL

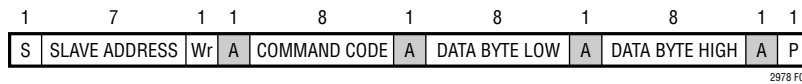
2978 F01a

図 1a. PMBus パケット・プロトコル図の重要な要素



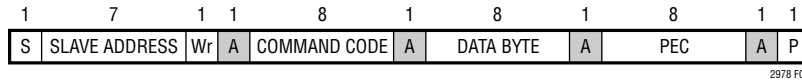
2978 F01b

図 1b. バイト書き込みプロトコル



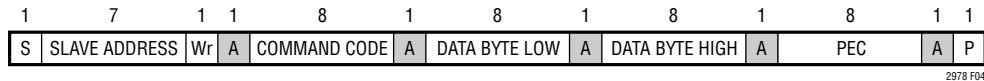
2978 F02

図 2. ワード書き込みプロトコル



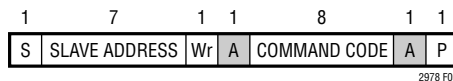
2978 F03

図 3. PEC を付加したバイト書き込みプロトコル



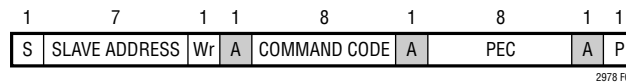
2978 F04

図 4. PEC を付加したワード書き込みプロトコル



2978 F05

図 5. バイト送信プロトコル



2978 F06

図 6. PEC を付加したバイト送信プロトコル

動作

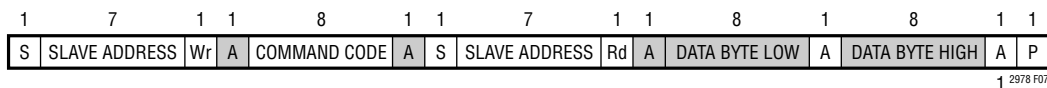


図7. ワード読み出しプロトコル

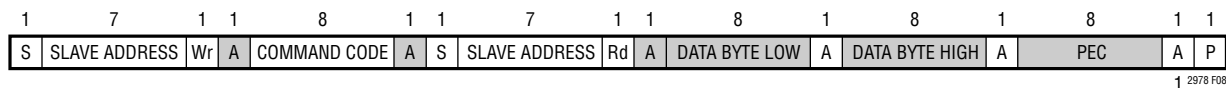


図8. PECを付加したワード読み出しプロトコル

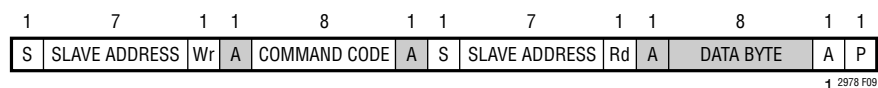


図9. バイト読み出しプロトコル

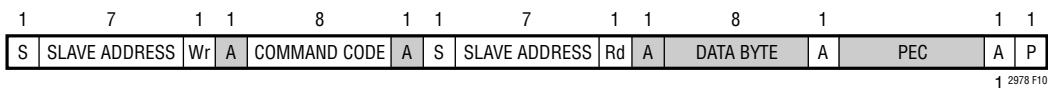


図10. PECを付加したバイト読み出しプロトコル

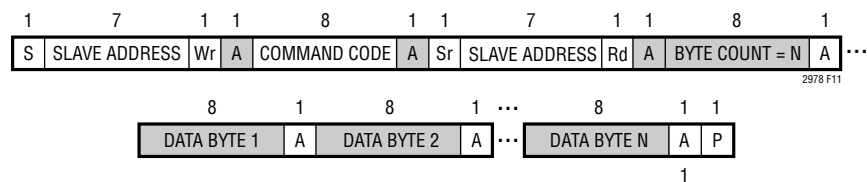


図11. ブロック読み出し

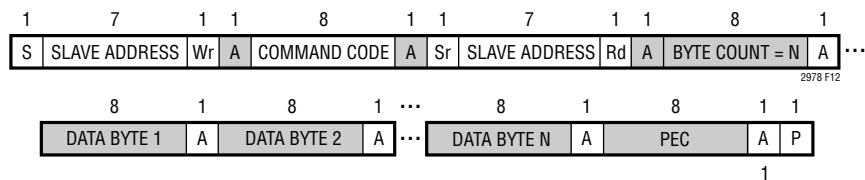


図12. PECを付加したブロック読み出し

## 動作

### デバイスのアドレス

LTC2978のI<sup>2</sup>C/SMBusアドレスはベースアドレス+Nです。ここでNは0から8までの整数であり、ASEL0ピンとASEL1ピンをV<sub>DD33</sub>、GNDまたはフロート状態に設定することによって決定されます。表1を参照してください。1つのベースアドレスと9つのN値を用いることによって、9個のLTC2978を結合して72個の出力を制御するように設定することができます。ベースアドレスはMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタに保存されます。ベースアドレスは任意の値を設定できますが、通常はそ

の範囲が既存のアドレスと重複しない限り変更してはなりません。アドレスの範囲が他のI<sup>2</sup>C/SMBusデバイスのアドレスやグローバル・アドレス(I<sup>2</sup>C/SMBusマルチプレクサやバス・バッファを含む)と重なっていないことをチェックしてください。これで安心できます。

LTC2978はASELピンとMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタの状態とは無関係に、常時グローバル・アドレスとSMBus Alert Responseアドレスに応答します。

表1. LTC2978のデバイス・アドレス・ルックアップ・テーブル

| アドレスの説明 | 16進数の<br>デバイス・アドレス |       | 2進数のデバイス・アドレス・ビット |   |   |   |   |   |   |     | アドレス・ピン |       |
|---------|--------------------|-------|-------------------|---|---|---|---|---|---|-----|---------|-------|
|         | 7-Bit              | 8-Bit | 6                 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | R/W | ASEL1   | ASEL0 |
| アラート応答  | 0C                 | 19    | 0                 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1   | X       | X     |
| グローバル   | 5B                 | B6    | 1                 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0   | X       | X     |
| N = 0   | 5C*                | B8    | 1                 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0   | L       | L     |
| N = 1   | 5D                 | BA    | 1                 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0   | L       | NC    |
| N = 2   | 5E                 | BC    | 1                 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0   | L       | H     |
| N = 3   | 5F                 | BE    | 1                 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0   | NC      | L     |
| N = 4   | 60                 | C0    | 1                 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0   | NC      | NC    |
| N = 5   | 61                 | C2    | 1                 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0   | NC      | H     |
| N = 6   | 62                 | C4    | 1                 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0   | H       | L     |
| N = 7   | 63                 | C6    | 1                 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0   | H       | NC    |
| N = 8   | 64                 | C8    | 1                 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0   | H       | H     |

H = V<sub>DD33</sub>に接続、NC = No Connect (接続なし) = オープンまたはフロート、L = GNDに接続、X = Don't Care  
 \*MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS = 7ビット、5C (製造時のデフォルト値)

## 動作

### コマンド処理

LTC2978はすべてのコマンドに対して迅速な応答を保証するために専用の処理ブロックを使用します。例外的に、前のコマンドを処理中であるために次のコマンドへのアクノリッジを返さない (NACK) 場合があります。これらについて、以下の表にまとめます。

### EEPROM 関連コマンド

| コマンド                 | 標準遅延時間*    | 備考  |
|----------------------|------------|---|
| STORE_USER_ALL       | Mass_write | 電气的特性の表を参照。LTC2978はレジスタの内容をEEPROMに転送中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。   |
| RESTORE_USER_ALL     | 30ms       | LTC2978はEEPROMのデータをコマンド・レジスタに転送中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。  |
| MFR_DATA_LOG_CLEAR   | 175ms      | LTC2978はEEPROMのフォールト・ログ用領域を初期化中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。   |
| MFR_DATA_LOG_STORE   | 20ms       | LTC2978はフォールト・ログRAMバッファの内容をEEPROM領域に転送中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。   |
| 内部フォールト・ログ           | 10ms       | 内部フォールト・ログ・イベントはフォールト発生時にフォールト・ログの内容をEEPROMにアップロードするワンタイム・イベントである。内部フォールト・ログ機能はディスエーブルすることができる。このEEPROM書き込み中に受け取ったコマンドにはアクノリッジが返されない。 |
| MFR_DATA_LOG_RESTORE | 2ms        | LTC2978はEEPROMのデータをフォールト・ログRAMバッファに転送中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。  |

\*標準遅延時間は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの測定値です。

| コマンド               | 標準遅延時間* | 備考   |
|--------------------|---------|--|
| MFR_CONFIG_LTC2978 | <50μs   | LTC2978はこのコマンドを処理中はいかなるコマンドも受け付けられない。コマンド・バイトにはアクノリッジが返されない。 |

\*標準遅延時間は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの測定値です。

### PMBusのタイミングに関するその他の注記

| COMMAND      | COMMENT  |
|--------------|--|
| CLEAR_FAULTS | LTC2978はこのコマンドの処理中はコマンドを受け付けるが、影響を受けるステータス・フラグは最大500μsの間クリアされない。 |

## PMBus のコマンドの要約

## 要約

| COMMAND NAME           | CMD CODE | DESCRIPTION  | TYPE      | PAGED | DATA FORMAT | UNITS | NVM | DEFAULT VALUE<br>FLOAT<br>HEX | REF PAGE |
|------------------------|----------|--|-----------|-------|-------------|-------|-----|-------------------------------|----------|
| PAGE                   | 0x00     | Channel or page currently selected for any command that supports paging.                                   | R/W Byte  | N     | Reg         |       |     | 0x00                          | 29       |
| OPERATION              | 0x01     | Operating mode control. On/Off, Margin High and Margin Low.  | R/W Byte  | Y     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 30       |
| ON_OFF_CONFIG          | 0x02     | CONTROL pin & PMBus bus on/off command setting.  | R/W Byte  | Y     | Reg         |       | Y   | 0x12                          | 31       |
| CLEAR_FAULTS           | 0x03     | Clear any fault bits that have been set.   | Send Byte | Y     |             |       |     | NA                            | 31       |
| WRITE_PROTECT          | 0x10     | Level of protection provided by the device against accidental changes.                                     | R/W Byte  | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 32       |
| STORE_USER_ALL         | 0x15     | Store entire operating memory to EEPROM.   | Send Byte | N     |             |       |     | NA                            | 32       |
| RESTORE_USER_ALL       | 0x16     | Restore entire operating memory from EEPROM.   | Send Byte | N     |             |       |     | NA                            | 32       |
| CAPABILITY             | 0x19     | Summary of PMBus optional communication protocols supported by this device.                                | R Byte    | N     | Reg         |       |     | 0xE0                          | 32       |
| VOUT_MODE              | 0x20     | Output voltage data format and mantissa exponent. ( $2^{-13}$ )  | R Byte    | Y     | Reg         |       |     | 0x13                          | 33       |
| VOUT_COMMAND           | 0x21     | Servo Target. Nominal DC/DC converter output voltage setpoint.   | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 1.0<br>0x2000                 | 33       |
| VOUT_MAX               | 0x24     | Upper limit on the output voltage the unit can command regardless of any other commands.                   | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 4.0<br>0x8000                 | 33       |
| VOUT_MARGIN_HIGH       | 0x25     | Margin high DC/DC converter output voltage setting.  | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 1.05<br>0x219A                | 33       |
| VOUT_MARGIN_LOW        | 0x26     | Margin low DC/DC converter output voltage setting.   | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 0.95<br>0x1E66                | 33       |
| VIN_ON                 | 0x35     | Input voltage above which power conversion can be enabled.   | R/W Word  | N     | L11         | V     | Y   | 10.0<br>0xD280                | 33       |
| VIN_OFF                | 0x36     | Input voltage below which power conversion is disabled. All V <sub>OUT_EN</sub> pins go off immediately.   | R/W Word  | N     | L11         | V     | Y   | 9.0<br>0xD240                 | 33       |
| VOUT_OV_FAULT_LIMIT    | 0x40     | Output overvoltage fault limit   | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 1.1<br>0x2333                 | 33       |
| VOUT_OV_FAULT_RESPONSE | 0x41     | Action to be taken by the device when an output overvoltage fault is detected.                             | R/W Byte  | Y     | Reg         |       | Y   | 0x80                          | 35       |
| VOUT_OV_WARN_LIMIT     | 0x42     | Output overvoltage warning limit .   | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 1.075<br>0x2266               | 33       |
| VOUT_UV_WARN_LIMIT     | 0x43     | Output undervoltage warning limit  | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 0.925<br>0x1D9A               | 33       |
| VOUT_UV_FAULT_LIMIT    | 0x44     | Output undervoltage fault limit. Limit used to determine if TON_MAX_FAULT has been met and the unit is on. | R/W Word  | Y     | L16         | V     | Y   | 0.9<br>0x1CCD                 | 33       |
| VOUT_UV_FAULT_RESPONSE | 0x45     | Action to be taken by the device when an output undervoltage fault is detected.                            | R/W Byte  | Y     | Reg         |       | Y   | 0x7F                          | 35       |
| OT_FAULT_LIMIT         | 0x4F     | Overtemperature fault limit setting.   | R/W Word  | N     | L11         | °C    | Y   | 85.0<br>0xEAA8                | 34       |



## PMBus のコマンドの要約

## 要約

| COMMAND NAME           | CMD CODE | DESCRIPTION  | TYPE     | PAGED | DATA FORMAT | UNITS | NVM | DEFAULT VALUE<br>FLOAT<br>HEX | REF PAGE |
|------------------------|----------|--|----------|-------|-------------|-------|-----|-------------------------------|----------|
| OT_FAULT_RESPONSE      | 0x50     | Action to be taken by the device when an overtemperature fault is detected.  | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0xB8                          | 36       |
| OT_WARN_LIMIT          | 0x51     | Overtemperature warning limit setting.   | R/W Word | N     | L11         | °C    | Y   | 75.0<br>0xEA58                | 34       |
| UT_WARN_LIMIT          | 0x52     | Undertemperature warning limit.  | R/W Word | N     | L11         | °C    | Y   | 0<br>0x8000                   | 34       |
| UT_FAULT_LIMIT         | 0x53     | Undertemperature fault limit.  | R/W Word | N     | L11         | °C    | Y   | -5.0<br>0xCD80                | 34       |
| UT_FAULT_RESPONSE      | 0x54     | Action to be taken by the device when an undertemperature fault is detected.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0xB8                          | 36       |
| VIN_OV_FAULT_LIMIT     | 0x55     | Input overvoltage fault limit measured at VIN_SNS pin  | R/W Word | N     | L11         | V     | Y   | 15.0<br>0xD3C0                | 33       |
| VIN_OV_FAULT_RESPONSE  | 0x56     | Action to be taken by the device when an input overvoltage fault is detected.  | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x80                          | 36       |
| VIN_OV_WARN_LIMIT      | 0x57     | Input overvoltage warning limit measured at VIN_SNS pin  | R/W Word | N     | L11         | V     | Y   | 14.0<br>0xD380                | 33       |
| VIN_UV_WARN_LIMIT      | 0x58     | Input undervoltage warning limit measured at VIN_SNS pin.  | R/W Word | N     | L11         | V     | Y   | 0<br>0x8000                   | 33       |
| VIN_UV_FAULT_LIMIT     | 0x59     | Input undervoltage fault limit measured at VIN_SNS pin   | R/W Word | N     | L11         | V     | Y   | 0<br>0x8000                   | 33       |
| VIN_UV_FAULT_RESPONSE  | 0x5A     | Action to be taken by the device when an input undervoltage fault is detected.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 36       |
| POWER_GOOD_ON          | 0x5E     | Output voltage at or above which a power good should be asserted.  | R/W Word | Y     | L16         | V     | Y   | 0.96<br>0x1EB8                | 33       |
| POWER_GOOD_OFF         | 0x5F     | Output voltage at or below which a power good should be deasserted.  | R/W Word | Y     | L16         | V     | Y   | 0.94<br>0x1E14                | 33       |
| TON_DELAY              | 0x60     | Time from CONTROL pin and/or OPERATION command = ON to VOUT_EN pin = ON.   | R/W Word | Y     | L11         | ms    | Y   | 1.0<br>0xBA00                 | 34       |
| TON_RISE               | 0x61     | Time from when the output starts to rise until the LTC2978 optionally soft-connects its DAC and begins to servo the output voltage to the desired value. | R/W Word | Y     | L11         | ms    | Y   | 10.0<br>0xD280                | 34       |
| TON_MAX_FAULT_LIMIT    | 0x62     | Maximum time from VOUT_EN = ON assertion that an UV condition will be tolerated before a TON_MAX_FAULT condition results.                                | R/W Word | Y     | L11         | ms    | Y   | 15.0<br>0xD3C0                | 34       |
| TON_MAX_FAULT_RESPONSE | 0x63     | Action to be taken by the device when a TON_MAX_FAULT event is detected.   | R/W Byte | Y     | Reg         |       | Y   | 0xB8                          | 36       |
| TOFF_DELAY             | 0x64     | Time from CONTROL pin and/or OPERATION command = OFF to VOUT_EN pin = OFF.   | R/W Word | Y     | L11         | ms    | Y   | 1.0<br>0xBA00                 | 34       |
| STATUS_BYTE            | 0x78     | One byte summary of the unit's fault condition.  | R Byte   | Y     | Reg         |       |     | NA                            | 37       |
| STATUS_WORD            | 0x79     | Two byte summary of the unit's fault condition.  | R Word   | Y     | Reg         |       |     | NA                            | 38       |
| STATUS_VOUT            | 0x7A     | Output voltage fault and warning status.   | R Byte   | Y     | Reg         |       |     | NA                            | 38       |

## PMBus のコマンドの要約

## 要約

| COMMAND NAME                | CMD CODE | DESCRIPTION   | TYPE     | PAGED | DATA FORMAT | UNITS | NVM | DEFAULT VALUE<br>FLOAT<br>HEX | REF PAGE |
|-----------------------------|----------|---|----------|-------|-------------|-------|-----|-------------------------------|----------|
| STATUS_INPUT                | 0x7C     | Input voltage fault and warning status measured at VIN_SNS pin.   | R Byte   | N     | Reg         |       |     | NA                            | 39       |
| STATUS_TEMPERATURE          | 0x7D     | Temperature fault and warning status for READ_TEMPERATURE_1.  | R Byte   | N     | Reg         |       |     | NA                            | 39       |
| STATUS_CML                  | 0x7E     | Communication and memory fault and warning status.  | R Byte   | N     | Reg         |       |     | NA                            | 40       |
| STATUS_MFR_SPECIFIC         | 0x80     | Manufacturer specific fault and state information.  | R Byte   | Y     | Reg         |       |     | NA                            | 40       |
| READ_VIN                    | 0x88     | Input voltage measured at VIN_SNS pin..   | R Word   | N     | L11         | V     |     | NA                            | 41       |
| READ_VOUT                   | 0x8B     | DC/DC converter output voltage.   | R Word   | Y     | L16         | V     |     | NA                            | 41       |
| READ_TEMPERATURE_1          | 0x8D     | Internal junction temperature.  | R Word   | N     | L11         | °C    |     | NA                            | 41       |
| PMBUS_REVISION              | 0x98     | PMBus revision supported by this device. Current revision is 1.1.   | R Byte   | N     | Reg         |       |     | 0x11                          | 41       |
| MFR_CONFIG_LTC2978          | 0xD0     | Configuration bits that are channel specific.   | R/W Word | Y     | Reg         |       | Y   | 0x0080                        | 42       |
| MFR_CONFIG_ALL_LTC2978      | 0xD1     | Configuration bits that are common to all pages.  | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x7B                          | 43       |
| MFR_FAULTBz0_PROPAGATE      | 0xD2     | Configuration that determines if a channel's faulted off state is propagated to the FAULTB00 and FAULTB10 pins.                                 | R/W Byte | Y     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 44       |
| MFR_FAULTBz1_PROPAGATE      | 0xD3     | Manufacturer configuration that Configuration that determines if a channel's faulted off state is propagated to the FAULTB01 and FAULTB11 pins. | R/W Byte | Y     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 44       |
| MFR_PWRGD_EN                | 0xD4     | Configuration for mapping PWRGD and WD1/RESETB status to the PWRGD pin.   | R/W Word | N     | Reg         |       | Y   | 0x0000                        | 45       |
| MFR_FAULTB00_RESPONSE       | 0xD5     | Action to be taken by the device when the FAULTB00 pin is asserted low.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 46       |
| MFR_FAULTB01_RESPONSE       | 0xD6     | Action to be taken by the device when the FAULTB01 pin is asserted low.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 46       |
| MFR_FAULTB10_RESPONSE       | 0xD7     | Action to be taken by the device when the FAULTB10 pin is asserted low.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 46       |
| MFR_FAULTB11_RESPONSE       | 0xD8     | Action to be taken by the device when the FAULTB11 pin is asserted low.   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 46       |
| MFR_VINEN_OV_FAULT_RESPONSE | 0xD9     | Action to be taken by the VIN_EN pin in response to a VOUT_OV_FAULT   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 47       |
| MFR_VINEN_UV_FAULT_RESPONSE | 0xDA     | Action to be taken by the VIN_EN pin in response to a VOUT_UV_FAULT   | R/W Byte | N     | Reg         |       | Y   | 0x00                          | 48       |
| MFR_RETRY_DELAY             | 0xDB     | Retry interval during FAULT retry mode.   | R/W Word | N     | L11         | ms    | Y   | 200.0<br>0xF320               | 48       |
| MFR_RESTART_DELAY           | 0xDC     | Delay from actual CONTROL active edge to virtual CONTROL active edge.   | R/W Word | N     | L11         | ms    | Y   | 400.0<br>0xFB20               | 49       |
| MFR_VOUT_PEAK               | 0xDD     | Maximum measured value of READ_VOUT.  | R Word   | Y     | L16         | V     |     | NA                            | 49       |
| MFR_VIN_PEAK                | 0xDE     | Maximum measured value of READ_VIN.   | R Word   | N     | L11         | V     |     | NA                            | 49       |

## PMBus のコマンドの要約

## 要約

| COMMAND NAME                  | CMD CODE | DESCRIPTION   | TYPE      | PAGED | DATA FORMAT | UNITS | NVM | DEFAULT VALUE<br>FLOAT<br>HEX | REF PAGE |
|-------------------------------|----------|---|-----------|-------|-------------|-------|-----|-------------------------------|----------|
| MFR_TEMPERATURE_PEAK          | 0xDF     | Maximum measured value of READ_TEMPERATURE_1.   | R Word    | N     | L11         | °C    |     | NA                            | 49       |
| MFR_DAC                       | 0xE0     | Manufacturer register that contains the code of the 10-bit DAC.   | R/W Word  | Y     | U16         |       | Y   | 0x0000                        | 50       |
| MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY | 0xE1     | Power good output assertion delay.  | R/W Word  | N     | L11         | ms    | Y   | 100.0<br>0xEB20               | 50       |
| MFR_WATCHDOG_T_FIRST          | 0xE2     | First watchdog timer interval.  | R/W Word  | N     | L11         | ms    | Y   | 0<br>0x8000                   | 50       |
| MFR_WATCHDOG_T                | 0xE3     | Watchdog timer interval.  | R/W Word  | N     | L11         | ms    | Y   | 0<br>0x8000                   | 50       |
| MFR_PAGE_FF_MASK              | 0xE4     | Configuration defining which channels respond to global page commands (PAGE=0xFF).  | R/W Byte  | N     | Reg         |       | Y   | 0xFF                          | 51       |
| MFR_PADS                      | 0xE5     | Current state of selected digital I/O pads.   | R Word    | N     | Reg         |       |     | N/A                           | 52       |
| MFR_I2C_BASE_ADDRESS          | 0xE6     | Base value of the I <sup>2</sup> C/SMBus address byte.  | R/W Byte  | N     | U16         |       | Y   | 0x5C                          | 52       |
| MFR_SPECIAL_ID                | 0xE7     | Manufacturer code for identifying the LTC2978   | R Word    | N     | Reg         |       | Y   | 0x0121                        | 52       |
| MFR_SPECIAL_LOT               | 0xE8     | Customer dependent codes that identify the factory programmed user configuration stored in EEPROM. Contact factory for default value. | R Byte    | Y     | Reg         |       | Y   |                               | 53       |
| MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD  | 0xE9     | Coefficient used to multiply VOUT_COMMAND in order to determine V <sub>OUT</sub> off threshold voltage.                               | R/W Word  | Y     | L11         |       | Y   | 2.0<br>0xC200                 | 53       |
| MFR_FAULT_LOG_STORE           | 0xEA     | Command a transfer of the fault log from RAM to EEPROM. This causes the part to behave as if a channel has faulted off.               | Send Byte | N     |             |       |     | NA                            | 55       |
| MFR_FAULT_LOG_RESTORE         | 0xEB     | Command a transfer of the fault log previously stored in EEPROM back to RAM.  | Send Byte | N     |             |       |     | NA                            | 55       |
| MFR_FAULT_LOG_CLEAR           | 0xEC     | Initialize the EEPROM block reserved for fault logging and clear any previous fault logging locks.                                    | Send Byte | N     |             |       |     | NA                            | 55       |
| MFR_FAULT_LOG_STATUS          | 0xED     | Fault logging status.   | R Byte    | N     | Reg         |       | Y   | NA                            | 55       |
| MFR_FAULT_LOG                 | 0xEE     | Fault log data bytes. This sequentially retrieved data is used to assemble a complete fault log. 256 Bytes.                           | R Block   | N     | Reg         |       | Y   | NA                            | 56       |
| MFR_COMMON                    | 0xEF     | Manufacturer status bits that are common across multiple LTC chips.   | R Byte    | N     | Reg         |       |     | NA                            | 53       |
| MFR_SPARE_0                   | 0xF7     | Scratchpad register   | R/W Word  | N     | Reg         |       | Y   | 0x0000                        | 53       |
| MFR_SPARE_2                   | 0xF9     | Paged scratchpad register   | R/W Word  | Y     | Reg         |       | Y   | 0x0000                        | 53       |
| MFR_VOUT_MIN                  | 0xFB     | Minimum measured value of READ_VOUT.  | R Word    | Y     | L16         | V     |     | NA                            | 54       |
| MFR_VIN_MIN                   | 0xFC     | Minimum measured value of READ_VIN.   | R Word    | N     | L11         | V     |     | NA                            | 54       |
| MFR_TEMPERATURE_MIN           | 0xFD     | Minimum measured value of READ_TEMPERATURE_1.   | R Word    | N     | L11         | °C    |     | NA                            | 54       |

## PMBusのコマンドの要約

## データ・フォーマット

|     |               |   |
|-----|---------------|---|
| L11 | Linear_5s_11s | <p>PMBus データ・フィールド b[15:0]<br/> 値 = <math>Y \cdot 2^N</math><br/> ここで、<math>N=b[15:11]</math> は 5 ビットの 2 の補数の整数で、<math>Y=b[10:0]</math> は 11 ビットの 2 の補数の整数。<br/> 例:<br/> READ_VIN = 10V<br/> b[15:0] = 0xD280 = 1101_0010_1000_0000b では、<br/> 値 = <math>640 \cdot 2^{-6} = 10</math><br/> PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1 参照。</p>   |
| L16 | Linear_16u    | <p>PMBus データ・フィールド b[15:0]<br/> 値 = <math>Y \cdot 2^N</math><br/> ここで、<math>Y=b[15:0]</math> は符号なしの整数、<math>N=Vout\_mode\_parameter</math> は 5 ビットの 2 の補数の指数で、10 進数の -13 にハードワイヤされている。<br/> 例:<br/> VOUT_COMMAND = 4.75V<br/> b[15:0] = 0x9800 = 1001_1000_0000_0000b では、<br/> 値 = <math>38912 \cdot 2^{-13} = 4.75</math><br/> PMBus Spec Part II: Paragraph 8.3.1 参照。</p> |
| Reg | レジスタ          | <p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0] または b[7:0]<br/> ビット・フィールドの意味は「PMBus コマンド・レジスタの説明」で詳細に定義されている。</p>   |
| U16 | 整数ワード         | <p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]<br/> 値 = <math>Y</math> ここで、<math>Y = b[15:0]</math> は 16 ビットの符号なし整数。<br/> 例:<br/> b[15:0] = 0x9807 = 1001_1000_0000_0111b では、<br/> 値 = 38919</p>   |
| CF  | カスタム・フォーマット   | <p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]<br/> 値は、「PMBus コマンド・レジスタの説明」で詳細に定義されており、メーカー固有の定数によってスケール設定された符号なし整数または 2 の補数の整数である。</p>  |

## PMBus コマンドの説明

### 動作、モードおよび EEPROM のコマンド

#### PAGE

LTC2978 は管理可能な 8 つの DC/DC コンバータ・チャンネルに対応する 8 つのページを持っています。各 DC/DC コンバータ・チャンネルは最初に該当ページを設定することによって個別にプログラム可能です。

PAGE コマンドには 1 つのユニットの複数の出力を設定、制御、モニタする機能があります。PAGE = 0xFF に設定すると、グローバル・ページ・プログラミングをサポートする PMBus コマンドをすべてのページに同時に書き込むことができます。PAGE = 0xFF をサポートするコマンドは OPERATION と ON\_OFF\_CONFIG だけです。追加のオプションについては、MFR\_PAGE\_FF\_MASK を参照してください。PAGE = 0xFF でページ指定されたどの PMBus レジスタを読み出しても、予測不能なデータが返されて CML フォールトがトリガされます。

#### PAGE のデータの内容

| ビット    | シンボル | 用途  |
|--------|------|---|
| b[7:0] | Page | ページ動作<br>0x00: 全ての PMBus コマンドがチャンネル/ページ0をアドレス指定する。<br>0x01: 全ての PMBus コマンドがチャンネル/ページ1をアドレス指定する。<br>•<br>•<br>•<br>0x07: 全ての PMBus コマンドがチャンネル/ページ7をアドレス指定する。<br>0xFF: 規定されていない値は全て予備。<br>0xFF: MFR_PAGE_FF_MASK がイネーブルされていると、このモードをサポートするコマンドに対する 1 回の PMBus 書き込み/送信により、すべてのチャンネル/ページが同時にアドレス指定されます。 |

## PMBus コマンドの説明

## OPERATION

OPERATION コマンドは、CONTROL<sub>n</sub> ピンおよび ON\_OFF\_CONFIG と組み合わせて使用して、ユニットのオン/オフを行います。このコマンド・レジスタはグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) に応答します。データ・バイトの内容と機能を以下の表に示します。

## OPERATION のデータの内容 (On\_off\_config\_use\_pmbus=1)

| シンボル | 動作                               | Operation_control[1:0] | Operation_margin[1:0] | Operation_fault[1:0] | 予備 (読み出し専用) |
|------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| ビット  |                                  | b[7:6]                 | b[5:4]                | b[3:2]               | b[1:0]      |
| 機能   | 直ちにターンオフ                         | 00                     | XX                    | XX                   | 00          |
|      | ターンオン                            | 10                     | 00                    | XX                   | 00          |
|      | 下方マージン<br>(フォールトと警告を無視)          | 10                     | 01                    | 01                   | 00          |
|      | 下方マージン                           | 10                     | 01                    | 10                   | 00          |
|      | 上方マージン<br>(フォールトと警告を無視)          | 10                     | 10                    | 01                   | 00          |
|      | 上方マージン                           | 10                     | 10                    | 10                   | 00          |
|      | シーケンス・オフとマージン値から<br>公称値への移行      | 01                     | 00                    | XX                   | 00          |
|      | シーケンス・オフと下方マージン<br>(フォールトと警告を無視) | 01                     | 01                    | 01                   | 00          |
|      | シーケンス・オフと下方マージン                  | 01                     | 01                    | 10                   | 00          |
|      | シーケンス・オフと上方マージン<br>(フォールトと警告を無視) | 01                     | 10                    | 01                   | 00          |
|      | シーケンス・オフと上方マージン                  | 01                     | 10                    | 10                   | 00          |
|      | 予備                               | 残り全ての組み合わせ             |                       |                      |             |

## OPERATION のデータの内容 (On\_off\_config\_use\_pmbus=0)

| シンボル | 動作                      | Operation_control[1:0] | Operation_margin[1:0] | Operation_fault[1:0] | 予備 (読み出し専用) |
|------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| ビット  |                         | b[7:6]                 | b[5:4]                | b[3:2]               | b[1:0]      |
| 機能   | 公称値で出力                  | 00, 01 or 10           | 00                    | XX                   | 00          |
|      | 下方マージン<br>(フォールトと警告を無視) | 00, 01 or 10           | 01                    | 01                   | 00          |
|      | 下方マージン                  | 00, 01 or 10           | 01                    | 10                   | 00          |
|      | 上方マージン<br>(フォールトと警告を無視) | 00, 01 or 10           | 10                    | 01                   | 00          |
|      | 上方マージン                  | 00, 01 or 10           | 10                    | 10                   | 00          |
|      | 予備                      | 残り全ての組み合わせ             |                       |                      |             |

## PMBus コマンドの説明

### ON\_OFF\_CONFIG

以下の表に示すように、ON\_OFF\_CONFIG コマンドは、パワーオン動作を含む、CONTROL $n$ ピンの入力とLTC2978のオン/オフに必要なPMBusバス・コマンドの組み合わせを設定します。このコマンド・レジスタはグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) に応答します。デバイスの初期化が終わった後、別のコンパレータがVIN\_SNSをモニタします。出力電源シーケンスが開始可能になるには、その前にVIN\_ONスレッシュホールドを超える必要があります。VINが最初に印加された後、TON\_DELAYタイマを初期化して始動するのに通常135msを要します。電圧と電流の読み出しにはさらに160msを要することがあります。

### ON\_OFF\_CONFIGのデータの内容

| ビット    | シンボル                           | 動作  |
|--------|--------------------------------|---|
| b[7:5] | 予備                             | ドントケア。常に0を返す。   |
| b[4]   | On_off_config_controlled_on    | デフォルトの自動パワーアップ動作を制御する。<br>0: CONTROL $n$ ピンに関係なくユニットをパワーアップする。ユニットは常にシーケンス制御を行ってパワーアップする。シーケンス制御なしでユニットをオンするには、TON_DELAY = 0に設定する。<br>1: ユニットは、CONTROL $n$ ピンやシリアル・バスのOPERATIONコマンドによって指示されない限りパワーアップしない。On_off_config[3:2] = 00の場合、ユニットがパワーアップすることはない。 |
| b[3]   | On_off_config_use_pmbus        | シリアル・バスを介して受け取ったコマンドに対するユニットの応答を制御する。<br>0: ユニットはOperation_control[1:0]を無視する。<br>1: ユニットはOperation_control[1:0]に応答する。ユニットは、On_off_config_use_controlに基づき、ユニットをスタートするためにCONTROL $n$ ピンをアサートすることも必要になることがある。  |
| b[2]   | On_off_config_use_control      | CONTROL $n$ ピンに対するユニットの応答を制御する。<br>0: ユニットはCONTROL $n$ ピンを無視する。<br>1: ユニットは、ユニットをスタートするためにCONTROL $n$ ピンをアサートする必要がある。On_off_config_use_PMBusに基づき、OPERATIONコマンドがデバイスのスタートを指示することも必要になることがある。   |
| b[1]   | 予備                             | サポートされていない。常に1を返す。  |
| b[0]   | On_off_config_control_fast_off | ユニットをオフするよう指示するときのCONTROL $n$ ピンによるターンオフ動作<br>0: プログラムされたTOFF_DELAYを使用する。<br>1: 出力をオフし、できるだけ速くエネルギーの移動を停止する。<br>つまり、VOUTEN $n$ をすぐに“L”に引き下げる。   |

### CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTS コマンドは、セットされている全ての状態フォールトをクリアするのに使用されます。このコマンドは、全てのページ化されていない状態レジスタ、および現在のPAGE設定によって選択されたページ化されているステータス・レジスタ内の全てのビットをクリアします。同時に、デバイスは自己のALERTBへの寄与を無効に(クリア、解放)します。

CLEAR\_FAULTS コマンドは、フォールト状態の間ラッチオフしているユニットをリスタートすることはありません。詳細については、「ラッチされたフォールトのクリア」を参照してください。

フォールト・ステータスがクリアされた後でフォールト状態が生じると、フォールト・ステータス・ビットが再度セットされ、ホストには通常的手段で通知されます。

注記: このコマンド・レジスタはグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) には応答しません。

## PMBus コマンドの説明

### WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTC2978 のコマンド・レジスタが誤ってプログラムされないようにします。サポートされる全てのコマンドは、WRITE\_PROTECT の設定に関係なく、それらのパラメータの読み出しが可能です。

書き込み禁止には2つのレベルがあります。

- レベル1: 書き込み禁止自体のレベル以外は何も変更できません。値はすべてのページから読み出すことができます。この設定はEEPROMに保存することができます。
- レベル2: 保護のレベル、チャンネルのオン/オフ状態、およびフォルトのクリア以外は何も変更できません。値はすべてのページから読み出し可能です。この設定はEEPROMに保存できます。

### WRITE\_PROTECT のデータの内容

| ビット    | シンボル               | 動作  |
|--------|--------------------|---|
| b[7:0] | Write_protect[7:0] | レベル1: 1000_0000b: WRITE_PROTECT、PAGE、STORE_USER_ALL 以外のコマンドへの全ての書き込みをディスエーブルする。<br>レベル2: 0100_0000b: WRITE_PROTECT、PAGE、STORE_USER_ALL、OPERATION、MFR_PAGE_FF_MASK、CLEAR_FAULTS 以外のコマンドへの全ての書き込みをディスエーブルする。<br>0000_0000b: 全てのコマンドへの書き込みをイネーブルする。<br>xxxx_xxxx b: 他の全ての値は予備。 |

### STORE\_USER\_ALL および RESTORE\_USER\_ALL

STORE\_USER\_ALL、RESTORE\_USER\_ALL のコマンドは、ユーザーの不揮発性EEPROMメモリにアクセスします。コマンドがEEPROMに格納されると、明確なリストア・コマンドを使用することにより、または電源が接続された後のデバイスのパワーオン・リセット終了時にリストアされます。これらのコマンドのどちらかが処理されている間、デバイスはI<sup>2</sup>C書き込み要求に対してアクノリッジを返しません。

STORE\_USER\_ALL: このコマンドにアクセスすると、動作メモリ内の全コマンドを該当するEEPROMのメモリ・ロケーションに格納します。動作メモリからEEPROMに転送される時に全てのモニタリングが中断されるので、ユニットがイネーブルされているときにはこのコマンドを実行しないことを推奨します。

RESTORE\_USER\_ALL: このコマンドにアクセスすると、EEPROMメモリから全てのコマンドがリストアされます。EEPROMから動作メモリに転送される時に全てのモニタリングが中断されるので、ユニットがイネーブルされているときにはこのコマンドを実行しないことを推奨します。また、EEPROMからの転送途中の値は動作中のメモリに最初に格納される値と整合性がないことがあります。

### CAPABILITY

CAPABILITY コマンドにより、ホスト・システムがLTC2978のいくつかの主要機能を識別する手段が提供されます。この1バイト・コマンドは読み出し専用です。

### CAPABILITY のデータの内容

| ビット    | シンボル                 | 動作   |
|--------|----------------------|--|
| b[7]   | Capability_pec       | 1にハードコードされており、パケット・エラー・チェックがサポートされていることを示す。Mfr_config_all_pec_en ビットを読み出すことにより、現在PECが必要であるかどうかを示される。 |
| b[6]   | Capability_scl_max   | 1にハードコードされており、サポートされる最大バス速度が400kHzであることを示す。  |
| b[5]   | Capability_smb_alert | 1にハードコードされており、このデバイスにALERTBピンがあり、SMBusのアラート応答プロトコルをサポートしていることを示す。                                    |
| b[4:0] | 予備                   | 常に0を返す。  |



## PMBus コマンドの説明

### VOUT\_MODE

このコマンドは読み出し専用で、L16 データ・フォーマットですべてのコマンドのモードと指数を指定します。28 ページのデータ・フォーマットの表を参照してください。

#### VOUT\_MODE のデータの内容

| ビット    | シンボル                | 動作   |
|--------|---------------------|--|
| b[7:5] | Vout_mode_type      | リニア・モードを通知する。000b に固定されている。                            |
| b[4:0] | Vout_mode_parameter | リニア・モードの指数。5 ビットの 2 の補数の整数。0x13 (10 進数の -13) に固定されている。 |

### 出力電圧に関するコマンド

#### VOUT\_COMMAND、VOUT\_MAX、VOUT\_MARGIN\_HIGH、VOUT\_MARGIN\_LOW、VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT、VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT、VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT、VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT、POWER\_GOOD\_ON および POWER\_GOOD\_OFF

これらのコマンドは同じフォーマットを使用して、様々なサーボ制御、マージニング、およびチャネルの出力電圧のリミットの監視を行います。奇数チャネルが電流測定に設定された場合、OV\_WARN\_LIMIT、UV\_WARN\_LIMIT、OV\_FAULT\_LIMIT、UV\_FAULT\_LIMIT のコマンドはサポートされません。

#### データの内容

| ビット     | シンボル  | 動作   |
|---------|---|--|
| b[15:0] | Vout_command[15:0],<br>Vout_max[15:0],<br>Vout_margin_high[15:0],<br>Vout_margin_low[15:0],<br>Vout_ov_fault_limit[15:0],<br>Vout_ov_warn_limit[15:0],<br>Vout_uv_warn_limit[15:0],<br>Vout_uv_fault_limit[15:0],<br>Power_good_on[15:0],<br>Power_good_off[15:0] | これらのコマンドは出力電圧に関する。データは L16 フォーマットを使用する。<br>単位: V |

### 入力電圧に関するコマンド

#### VIN\_ON、VIN\_OFF、VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT、VIN\_OV\_WARN\_LIMIT、VIN\_UV\_WARN\_LIMIT および VIN\_UV\_FAULT\_LIMIT

これらのコマンドは同じフォーマットを使用して、 $V_{IN}$  のリミットを監視する電圧を提供します。

#### データの内容

| BIT(S)  | SYMBOL   | OPERATION   |
|---------|--|---|
| b[15:0] | Vin_on[15:0],<br>Vin_off[15:0],<br>Vin_ov_fault_limit[15:0],<br>Vin_ov_warn_limit[15:0],<br>Vin_uv_warn_limit[15:0],<br>Vin_uv_fault_limit[15:0] | これらのコマンドは入力電圧に関する。データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: V。 |

## PMBus コマンドの説明

### 温度に関するコマンド

#### OT\_FAULT\_LIMIT、OT\_WARN\_LIMIT、UT\_WARN\_LIMITおよびUT\_FAULT\_LIMIT

これらのコマンドは温度のリミットの監視機能を提供します。

#### データの内容

| ビット     | シンボル  | 動作                             |
|---------|---|--------------------------------|
| b[15:0] | Ot_fault_limit[15:0],<br>Ot_warn_limit[15:0],<br>Ut_warn_limit[15:0],<br>Ut_fault_limit[15:0] | データはL11フォーマットを使用する。<br>単位: °C。 |

### タイマ・リミット

#### TON\_DELAY、TON\_RISE、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITおよびTOFF\_DELAY

これらのコマンドは同じフォーマットを共有し、シーケンス制御と、タイマ・フォールトおよび警告の遅延(単位:ms)を与えます。

TON\_DELAYは、(通常、CONTROL<sub>n</sub>ピンまたはOPERATIONコマンドによって)チャンネルのオンが許可されてからチャンネルが電源をイネーブルするまでに経過する時間で、単位はmsです。この遅延はSHARE\_CLKのみを使用してカウントされます。

TON\_RISEは、Mfr\_dac\_mode = 00bのとき、電源がイネーブルされてからLTC2978のDACがソフト接続して出力電圧を必要なレベルにサーボ制御するまでに経過する時間で、単位はmsです。この遅延はSHARE\_CLKのみを使用してカウントされます。

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは、LTC2978によって制御されている電源が、VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達することなく、出力をパワーアップすることを試みることができる時間の最大値です。出力がTON\_MAX\_FAULT\_LIMITより前にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達した場合、LTC2978はVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITスレッシュホールドをアンマスクします。達しない場合は、TON\_MAX\_FAULTを宣言します。(値がゼロということは、電源が出力電圧の上昇を試みることができる時間に制限がないことを意味します。)この遅延はSHARE\_CLKのみを使用してカウントされます。

TOFF\_DELAYは、CONTROL<sub>n</sub>ピンやOPERATIONコマンドがデアサートされてからチャンネルがディスエーブル(ソフトオフ)されるまで経過する時間です。この遅延は、SHARE\_CLKが使用可能であればSHARE\_CLKを使用してカウントされ、それ以外の場合には内部発振器が使用されます。

#### データの内容

| ビット     | シンボル   | 動作  |
|---------|--|---|
| b[15:0] | Ton_delay[15:0],<br>Ton_rise[15:0],<br>Ton_max_fault_limit[15:0],<br>Toff_delay[15:0], | データはL11フォーマットを使用する。<br>内部タイマは10μsの内部クロックで動作する。SHARE_CLKピンを使用して10μsのタイマを同期させることができる。<br>遅延は10μsに最も近い値になる。<br>単位: ms。最大値: 655ms |

## PMBus コマンドの説明

### 高速スーパーバイザによって測定される電圧のフォールト応答

#### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE および VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE

ここで記述するフォールト応答は、高速スーパーバイザによって測定される電圧に対するものです。これらの電圧は短時間で測定されるので、デグリッチ時間を必要とすることがあります。これらのコマンドで示される応答に加えて、LTC2978には以下の応答もあることに注意してください。

- STATUS\_BYTE 内の該当するビットをセットする、
- STATUS\_WORD 内の該当するビットをセットする、
- 対応する STATUS\_VOUT レジスタ内の該当するビットをセットする、そして
- ALERTB ピンを“L”にすることによってホストに通知する。

注記: 高分解能 ADC 測定に設定される奇数のチャンネルは OV/UV のフォールトまたは警告に応答しません。

#### データの内容

| ビット    | シンボル  | 動作  |
|--------|---|---|
| b[7:6] | Vout_ov_fault_response_action,<br>Vout_uv_fault_response_action | <p>応答動作。</p> <p>00b: ユニットは中断することなく動作を継続する。</p> <p>01b: ユニットは、ビット [2:0] によって ts_vs 単位で指定された遅延時間の間動作を継続する。(電氣的特性の表の Voltage Supervisor Characteristics のセクションを参照してください。)</p> <p>遅延時間経過時にフォールト状態のままの場合、ユニットはシャットダウンし、リトライ設定 (ビット [5:3]) でプログラムされる応答をする。</p> <p>1Xb: デバイスはシャットダウンし、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。</p> |
| b[5:3] | Vout_ov_fault_response_retry,<br>Vout_uv_fault_response_retry   | <p>応答リトライ動作:</p> <p>000b: リトライ設定のゼロ値はユニットがリスタートを試みないことを意味する。フォールトが解除されるまで出力はディスエーブル状態を維持する。</p> <p>001b ~ 111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) オフに指示されるまで、またはバイアス電源が除去されるまで、または別のフォールト状態によってユニットがシャットダウンするまで、Mfr_retry_delay を使用して無制限にリスタートを試みる。</p>                                 |
| b[2:0] | Vout_ov_fault_response_delay,<br>Vout_uv_fault_response_delay   | <p>このサンプル数により、フォールトが最初に検出されてからのユニットがフォールトを無視する時間が決まる。この遅延を使用して高速のフォールトをデグリッチする。</p> <p>000b: ユニットは直ちにオフする。</p> <p>001b ~ 111b: ユニットは、ts_vs のサンプリング周期 (標準 12.2μs) で b[2:0] 回サンプルした後にオフする。</p>  |

## PMBus コマンドの説明

### ADCによって測定された値に対するフォールト応答

#### OT\_FAULT\_RESPONSE、UT\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE、およびVIN\_UV\_FAULT\_RESPONSE

ここで記述するフォールト応答は、ADCによって測定された値に対する応答です。これらの値は長時間測定したものであり、デグレリッチされてはいません。これらのコマンドで示される応答に加えて、LTC2978には以下の応答もあります。

- STATUS\_BYTE内の該当するビットをセットする、
- STATUS\_WORD内の該当するビットをセットする、
- 対応するSTATUS\_VINレジスタまたはSTATUS\_TEMPERATUREレジスタ内の該当するビットをセットする、そして
- ALERTBピンを“L”にすることによってホストに通知する。

#### データの内容

| ビット    | シンボル  | 動作  |
|--------|---|---|
| b[7:6] | Ot_fault_response_action,<br>Ut_fault_response_action,<br>Vin_ov_fault_response_action,<br>Vin_uv_fault_response_action | 応答動作:<br>00b: ユニットは中断することなく動作を継続する。<br>01b~11b: デバイスはシャットダウンし、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。  |
| b[5:3] | Ot_fault_response_retry,<br>Ut_fault_response_retry,<br>Vin_ov_fault_response_retry,<br>Vin_uv_fault_response_retry     | 応答動作:<br>000b: リトライ設定のゼロ値はユニットがリスタートを試みないことを意味する。フォールトが解除されるまで出力はディスエーブル状態を維持する。<br>001b~111b: PMBus デバイスは、(CONTROL <sub>n</sub> ピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって) オフに指示されるまで、またはバイアス電源が取り去られるまで、または別のフォールト状態によってユニットがシャットダウンするまで、Mfr_retry_delayを使用して無制限にリスタートを試みる。 |
| b[2:0] | Ot_fault_response_delay,<br>Ut_fault_response_delay,<br>Vin_ov_fault_response_delay,<br>Vin_uv_fault_response_delay     | 000bにハードコードされている。ユニットは直ちにオフする。  |

### 時限フォールト応答

#### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

このコマンドはTON\_MAX\_FAULTに対するLTC2978の応答を規定します。このコマンドを使用して、起動時の出力短絡から保護することができます。起動後の出力短絡保護にはVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEを使用します。

デバイスには以下の応答もあります。

- STATUS\_BYTE内のHIGH\_BYTEビットをセットする、
- STATUS\_WORD内のVOUTビットをセットする、
- STATUS\_VOUTレジスタ内のTON\_MAX\_FAULTビットをセットする、
- ALERTBをアサートすることによってホストに通知する。

## PMBus コマンドの説明

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE のデータの内容

| ビット    | シンボル                          | 動作   |
|--------|-------------------------------|--|
| b[7:6] | Ton_max_fault_response_action | 応答動作。<br>00b: ユニットは中断することなく動作を継続する。<br>01b: このタイプのフォールトの場合瞬時のシャットダウンに相当する指定された遅延時間の間、ユニットは動作を継続する。デバイスはシャットオフ後、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。<br>1Xb: デバイスはシャットダウンし、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。   |
| b[5:3] | Ton_max_fault_response_retry  | 応答動作:<br>000b: リトライ設定のゼロ値はユニットがリスタートを試みないことを意味する。フォールトが解除されるまで出力はデイスレーブル状態を維持する。<br>001b ~ 111b: PMBus デバイスは、(CONTROLn ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) オフに指示されるまで、またはバイアス電源が取り去られるまで、または別のフォールト状態によってユニットがシャットダウンするまで、Mfr_retry_delay を使用して無制限にリスタートを試みる。 |
| b[2:0] | Ton_max_fault_response_delay  | 000b にハードコードされている。ユニットは直ちにオフする。  |

### ラッチされたフォールトのクリア

ラッチされたフォールトは、CONTROL ピンをトグルするか、OPERATION コマンドを用いるか、あるいは V<sub>IN\_SNS</sub> ピンへのバイアス電圧を除去または再印加することによってリセットすることができます。いずれかのフォールト状態または警告状態が生じると、ALERTB ピンが“L”にアサートされ、ステータス・レジスタの対応するビットがセットされます。CLEAR\_FAULTS コマンドはステータス・レジスタの内容をリセットし、ALERTB 出力のアサートを解除しますが、フォールトによるオフ状態をクリアしたり、チャンネルを再度オンすることはありません。

### ステータス・コマンド

#### STATUS\_BYTE:

以下の表に示すように、STATUS\_BYTE コマンドは、発生した最も重要なフォールトや警告の要約を返します。STATUS\_BYTE は、STATUS\_WORD のサブセットで、ビットの動作は同じです。

### STATUS\_BYTE のデータの内容

| ビット  | シンボル                  | 動作                        |
|------|-----------------------|---------------------------|
| b[7] | Status_byte_busy      | Status_word_busy と同じ      |
| b[6] | Status_byte_off       | Status_word_off と同じ       |
| b[5] | Status_byte_vout_ov   | Status_word_vout_ov と同じ   |
| b[4] | Status_byte_iout_oc   | Status_word_iout_oc と同じ   |
| b[3] | Status_byte_vin_uv    | Status_word_vin_uv と同じ    |
| b[2] | Status_byte_temp      | Status_word_temp と同じ      |
| b[1] | Status_byte_cml       | Status_word_cml と同じ       |
| b[0] | Status_byte_high_byte | Status_word_high_byte と同じ |

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_WORD:

STATUS\_WORD コマンドは、ユニットのフォールト状態の要約が付いた2バイトの情報を返します。これらのバイトの情報に基づき、ホストは詳細なステータス・レジスタを読み出すことによってさらに情報を得ることができます。

STATUS\_WORD の下位のバイトは STATUS\_BYTE コマンドと同じレジスタです。

### STATUS\_WORD のデータの内容

| ビット   | シンボル                       | 動作   |
|-------|----------------------------|--|
| b[15] | Status_word_vout           | 出力電圧フォールトまたは警告が生じている。STATUS_VOUT を参照。  |
| b[14] | Status_word_iout           | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[13] | Status_word_input          | 入力電圧フォールトまたは警告が生じている。STATUS_INPUT を参照。   |
| b[12] | Status_word_mfr            | 製造元固有のフォールトが生じている。STATUS_MFR_SPECIFIC を参照。   |
| b[11] | Status_word_power_not_good | POWER_GOOD 信号が存在する場合、取り消される。パワーグッド状態ではない。  |
| b[10] | Status_word_fans           | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[9]  | Status_word_other          | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[8]  | Status_word_unknown        | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[7]  | Status_word_busy           | PMBus コマンドの受信時にデバイスがビジー状態。「動作」の「コマンド処理」を参照。  |
| b[6]  | Status_word_off            | ユニットが出力に電力を供給しない場合、単にイネーブルされていないなどの理由に関わらず、このビットはアサートされます。ユニットが出力に電力を供給できる場合は、off ビットはクリアされます。 |
| b[5]  | Status_word_vout_ov        | 出力過電圧フォールトが発生している。   |
| b[4]  | Status_word_iout_oc        | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[3]  | Status_word_vin_uv         | 入力低電圧フォールトが発生している。   |
| b[2]  | Status_word_temp           | 温度のフォールトまたは警告が発生している。STATUS_TEMPERATURE を参照。   |
| b[1]  | Status_word_cml            | 通信、メモリ、ロジックのフォールトが発生している。STATUS_CML を参照。   |
| b[0]  | Status_word_high_byte      | b[7:1]に記載されていないフォールト/警告が発生している。  |

### STATUS\_VOUT

以下の表に示すように、STATUS\_VOUT コマンドは、発生した電圧フォールトや警告の要約を返します。

### STATUS\_VOUT のデータの内容

| ビット  | シンボル                       | 動作   |
|------|----------------------------|--|
| b[7] | Status_vout_ov_fault       | 過電圧フォールト。  |
| b[6] | Status_vout_ov_warn        | 過電圧警告。   |
| b[5] | Status_vout_uv_warn        | 低電圧警告。   |
| b[4] | Status_vout_uv_fault       | 低電圧フォールト。  |
| b[3] | Status_vout_max_fault      | VOUT_MAX フォールト。VOUT_MAX コマンドで許容された値より高く出力電圧を設定する試みがなされている。 |
| b[2] | Status_vout_ton_max_fault  | TON_MAX_FAULT シーケンス・フォールト。                                 |
| b[1] | Status_vout_toff_max_warn  | サポートされていない。常に0を返す。   |
| b[0] | Status_vout_tracking_error | サポートされていない。常に0を返す。   |

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_INPUT

以下の表に示すように、STATUS\_INPUT コマンドは、発生した  $V_{IN}$  フォールトや警告の要約を返します。

#### STATUS\_INPUT のデータの内容

| ビット  | シンボル                              | 動作                      |
|------|-----------------------------------|-------------------------|
| b[7] | Status_input_ov_fault             | $V_{IN}$ の過電圧フォールト      |
| b[6] | Status_input_ov_warn              | $V_{IN}$ の過電圧警告         |
| b[5] | Status_input_uv_warn              | $V_{IN}$ の低電圧警告         |
| b[4] | Status_input_uv_fault             | $V_{IN}$ の低電圧フォールト      |
| b[3] | Status_input_off                  | 入力電圧が十分でないためにユニットがオフ状態。 |
| b[2] | I <sub>IN</sub> overcurrent fault | サポートされていない。常に0を返す。      |
| b[1] | I <sub>IN</sub> overcurrent warn  | サポートされていない。常に0を返す。      |
| b[0] | PIN overpower warn                | サポートされていない。常に0を返す。      |

### STATUS\_TEMPERATURE

以下の表に示すように、STATUS\_TEMPERATURE コマンドは、発生した温度フォールトや警告の要約を返します。

#### STATUS\_TEMPERATURE のデータの内容

| ビット  | シンボル                        | 動作         |
|------|-----------------------------|------------|
| b[7] | Status_temperature_ot_fault | 過温度フォールト。  |
| b[6] | Status_temperature_ot_warn  | 過温度警告。     |
| b[5] | Status_temperature_ut_warn  | 低温度警告。     |
| b[4] | Status_temperature_ut_fault | 低温度フォールト。  |
| b[3] | 予備                          | 予備。常に0を返す。 |
| b[2] | 予備                          | 予備。常に0を返す。 |
| b[1] | 予備                          | 予備。常に0を返す。 |
| b[0] | 予備                          | 予備。常に0を返す。 |

## PMBus コマンドの説明

## STATUS\_CML

以下の表に示すように、STATUS\_CML コマンドは、発生した通信、メモリ、およびロジックのフォールトや警告の要約を返します。

## STATUS\_CML のデータの内容

| ビット  | シンボル                       | 動作  |
|------|----------------------------|---|
| b[7] | Status_cml_cmd_fault       | 不正な、またはサポートされていないコマンドのフォールトが生じている。  |
| b[6] | Status_cml_data_fault      | 不正な、またはサポートされていないデータを受信した状態。  |
| b[5] | Status_cml_pec_fault       | PEC フォールトが生じている。Note: LTC2978 では、PEC チェックは常にアクティブである。追加のバイトが整合する PEC バイトでない限り、STOP の前に受信したどの追加バイトも Status_cml_pec_fault をセットする。 |
| b[4] | Status_cml_memory_fault    | NVM (EEPROM) 内でフォールトが生じている。   |
| b[3] | Status_cml_processor_fault | サポートされていない、常に 0 を返す。  |
| b[2] | 予備                         | 予備、常に 0 を返す。  |
| b[1] | Status_cml_pmbus_fault     | この表に示されている以外の通信フォールトが発生している。これは、不正に形成された I <sup>2</sup> C/SMBus コマンド (例: START 直後に受信された read=1 のアドレス・バイト) のキャッチ・オール・カテゴリである。    |
| b[0] | Status_cml_unknown_fault   | サポートされていない、常に 0 を返す。  |

## STATUS\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドは製造元固有のステータス・フラグを返します。フォールトが No と示されたビットはポーリングによるハンドシェイクをサポートするためのもので、これらはラッチされず ALERTB をアサートすることはありません。フォールトが Yes と示されたビットは ALERTB を“L”にアサートし、CLEAR\_FAULTS によってクリアされます。チャンネルが All と示されたビットはどのページからも読み出すことができます。

## STATUS\_MFR\_SPECIFIC のデータの内容

| ビット  | シンボル                            | 動作  | チャンネル | フォールト |
|------|---------------------------------|---|-------|-------|
| b[7] | Status_mfr_discharge            | オン状態への移行を試みているときに V <sub>OUT</sub> 放電フォールトが生じた状態  | 最新ページ | Yes   |
| b[6] | Status_mfr_fault1_in            | このチャンネルは FAULTBz1 ピンが“L”にアサートされたときにターンオンを試みている。あるいは、最後の CONTROL <sub>n</sub> ピンのトグル以降、または OPERATION コマンドのオン/オフのサイクル以降、または CLEAR_FAULTS コマンド以降、FAULTBz1 ピンが“L”にアサートされたことに応答してこのチャンネルは少なくとも 1 回以上シャットダウンしている。 | 最新ページ | Yes   |
| b[5] | Status_mfr_fault0_in            | このチャンネルは FAULTBz0 ピンが“L”にアサートされたときにターンオンを試みている。あるいは最後の CONTROL <sub>n</sub> ピンのトグル以降、または OPERATION コマンドのオン/オフのサイクル以降、または CLEAR_FAULTS コマンド以降、FAULTBz0 ピンが“L”にアサートされたことに応答してこのチャンネルは少なくとも 1 回以上シャットダウンしている。  | 最新ページ | Yes   |
| b[4] | Status_mfr_servo_target_reached | サーボの目標値に達している。  | 最新ページ | No    |
| b[3] | Status_mfr_dac_connected        | DAC が接続され、V <sub>DACP</sub> ピンをドライブしている。  | 最新ページ | No    |
| b[2] | Status_mfr_dac_saturated        | 最大または最小の DAC 値で前のサーボ動作が終了している状態。  | 最新ページ | Yes   |
| b[1] | Status_mfr_vinen_faulted_off    | V <sub>OUT</sub> フォールトによって V <sub>IN_EN</sub> がデアサートされている。  | All   | No    |
| b[0] | Status_mfr_watchdog_fault       | ウォッチドッグ・フォールトが生じている。  | All   | Yes   |



## PMBus コマンドの説明

### ADC モニタ・コマンド

#### READ\_VIN

このコマンドは、VIN\_SNS ピンで測定される電圧の ADC による最新の測定値を返します。

#### READ\_VIN のデータの内容

| ビット     | シンボル           | 動作                             |
|---------|----------------|--------------------------------|
| b[15:0] | Read_vin[15:0] | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: V |

#### READ\_VOUT

このコマンドは、チャンネルの出力電圧の ADC による最新の測定値を返します。奇数チャンネルが電流測定に設定される場合には、データの内容は L11 フォーマットを使用します。単位は、mV です。

#### READ\_VOUT のデータの内容

| ビット     | シンボル            | 動作                             |
|---------|-----------------|--------------------------------|
| b[15:0] | Read_vout[15:0] | データは L16 フォーマットを使用する。<br>単位: V |

#### READ\_VOUT のデータの内容 (奇数チャンネルが電流測定に設定される場合)

| ビット     | シンボル            | 動作                              |
|---------|-----------------|---------------------------------|
| b[15:0] | Read_vout[15:0] | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: mV |

#### READ\_TEMPERATURE\_1

このコマンドは、LTC2978 の内部温度センサによって測定される接合部温度 (単位: °C) の ADC による最新の測定値を返します。

#### READ\_TEMPERATURE\_1 のデータの内容

| ビット     | シンボル                      | 動作                               |
|---------|---------------------------|----------------------------------|
| b[15:0] | Read_temperature_1 [15:0] | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: °C. |

#### PMBUS\_REVISION

PMBUS\_REVISION コマンド・レジスタは読み出し専用で、LTC2978 が PMBus 標準規格の 1.1 版に準拠していることを知らせます。

#### PMBUS\_REVISION のデータの内容

| ビット    | シンボル      | 動作   |
|--------|-----------|--|
| b[7:0] | PMBus_rev | PMBus 標準規格の改訂版への準拠を通知する。これは 1.1 版用に 0x11 にハードコードされている。 |

## PMBus コマンドの説明

### 製造元固有のコマンド

#### MFR\_CONFIG\_LTC2978

このコマンドは、各チャンネルの様々な製造元固有の動作パラメータの設定に使用されます。

#### MFR\_CONFIG\_LTC2978 のデータの内容

| ビット      | シンボル                             | 動作  |
|----------|----------------------------------|---|
| b[15:12] | 予備                               | ドントケア。常に0を返す。   |
| b[11]    | Mfr_config_fast_servo_off        | 出力電圧のマージニングやトリミングを行うときに高速サーボをディスエーブルする。<br>0: 高速サーボをイネーブル。<br>1: 高速サーボをディスエーブル。   |
| b[10]    | Mfr_config_supervisor_resolution | スーパーバイザの分解能を選択する。<br>0: 高分解能 (4mV/LSB)、 $V_{VSENSEn} - V_{VSENSEn}$ の範囲は 0V ~ 3.8V。<br>1: 低分解能 (8mV/LSB)、 $V_{VSENSEn} - V_{VSENSEn}$ の範囲は 0V ~ 6.0V。   |
| b[9]     | Mfr_config_adc_hires             | 奇数チャンネルのADCの分解能を選択する。通常、電流を測定するのに使用される。偶数チャンネルについては無視する (偶数チャンネルでは常に低分解能を使用する)。<br>0: 低分解能 (122 $\mu$ V/LSB)<br>1: 高分解能 (15.6 $\mu$ V/LSB)  |
| b[8]     | Mfr_config_controln_sel          | このチャンネルのアクティブ制御入力ピン (CONTROL0 または CONTROL1) を選択する。<br>0: CONTROL0 ピンを選択する。<br>1: CONTROL1 ピンを選択する。  |
| b[7]     | Mfr_config_servo_continuous      | $V_{OUT}$ が新たなマージンまたは公称目標値に達した後、ユニットが $V_{OUT}$ のサーボ制御を継続するかどうかを選択する。Mfr_config_dac_mode = 00b のときのみ適用する。<br>0: 初期目標値に達した後は $V_{OUT}$ のサーボ制御を継続しない。<br>1: $V_{OUT}$ を目標値に継続してサーボ制御する。   |
| b[6]     | Mfr_config_servo_on_warn         | 警告機能に基づいてサーボ制御をし直す。Mfr_config_dac_mode = 00b かつ Mfr_config_servo_continuous = 0 のときのみ適用する。<br>0: $V_{OUT}$ の警告スレッシュホールドに達するか、または超えた場合、ユニットはサーボ制御し直すことはできない。<br>1: $V_{OUT} \geq V(V_{out\_ov\_warn\_limit})$ または $V_{OUT} \leq V(V_{out\_uv\_warn\_limit})$ の場合、ユニットは $V_{OUT}$ を公称目標値にサーボ制御し直すことができる。  |
| b[5:4]   | Mfr_config_dac_mode              | チャンネルがオン状態に移行するか、または既にオン状態の場合、DACをどのように使用するかを決定する。<br>00: (必要に応じて) ソフト接続し、目標値にサーボ制御する。オン状態に移行した直後には TON_RISE の間待機する。<br>01: DAC を接続しない。<br>10: MFR_DAC コマンドからの値を使用して DAC を接続する。<br>11: DAC をソフト接続する。ソフト接続が完了すると、MFR_DAC を書き込むことができる。  |
| b[3]     | Mfr_config_vo_en_wpu_en          | $V_{OUT\_EN}$ のチャージポンプで発生させた電流制限プルアップのイネーブル。<br>0: 弱いプルアップをディスエーブルする。チャンネルがオンのとき、 $V_{OUT\_EN}$ のドライバはスリーステート状態。<br>1: チャンネルがオンのとき、 $V_{OUT\_EN}$ の弱い電流制限プルアップを使用する。<br>チャンネル4~7では、このビットはその値に関係なく0として扱われる。  |
| b[2]     | Mfr_config_vo_en_wpd_en          | $V_{OUT\_EN}$ の電流制限プルダウンのイネーブル。<br>0: 何らかの理由でチャンネルがオフ状態のとき、高速Nチャンネル・デバイスを使用して $V_{OUT\_EN}$ をプルダウンする。<br>1: CONTROL $n$ ピンや OPERATION コマンドによるソフトストップが原因でチャンネルがオフ状態の場合、弱い電流制限プルダウンを使用して $V_{OUT\_EN}$ を放電する。フォールトが原因でチャンネルがオフ状態の場合には、 $V_{OUT\_EN}$ の高速プルダウンを使用する。<br>チャンネル4~7では、このビットはその値に関係なく0として扱われる。 |
| b[1]     | Mfr_config_dac_gain              | DAC バッファの利得。<br>0: DAC バッファの利得を dac_gain_0 (フルスケールで 1.38V) に設定する<br>1: DAC バッファの利得を dac_gain_1 (フルスケールで 2.65V) に設定する  |
| b[0]     | Mfr_config_dac_pol               | DAC 出力の極性。<br>0: 負 (反転) の DC/DC コンバータのトリム入力をエンコードする。<br>1: 正 (非反転) の DC/DC コンバータのトリム入力をエンコードする。   |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2978

このコマンドは、デバイスの全てのチャンネルに共通のパラメータを設定するのに使用されます。これらは全てのPAGE設定から設定や見直しができます。

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2978のデータの内容

| ビット  | シンボル                                | 動作   |
|------|-------------------------------------|--|
| b[7] | Mfr_config_fault_log_enable         | フォールトにตอบสนองしてNVMへのフォールト・ログをイネーブルする。<br>0: NVMへのフォールト・ログをディスエーブル<br>1: NVMへのフォールト・ログをイネーブル  |
| b[6] | Mfr_vin_on_clr_faults_en            | VIN_ONの立ち上がりエッジがラッチされた全てのフォルトをクリアできるようにする。<br>0: VIN_ONがフォルトをクリアする機能をディスエーブルする。<br>1: VIN_ONがフォルトをクリアする機能をイネーブルする。   |
| b[5] | Mfr_config_control1_pol             | CONTROL1ピンのアクティブな極性を選択する。<br>0: アクティブ“L”(ピンを“L”にしてユニットをスタートする)<br>1: アクティブ“H”(ピンを“H”にしてユニットをスタートする)  |
| b[4] | Mfr_config_control0_pol             | CONTROL0ピンのアクティブな極性を選択する。<br>0: アクティブ“L”(ピンを“L”にしてユニットをスタートする)<br>1: アクティブ“H”(ピンを“H”にしてユニットをスタートする)  |
| b[3] | Mfr_config_vin_share_enable         | VIN_ONがVIN_OFFを下回っている場合、このユニットは共有クロック・ピンを“L”にホールドできる。このユニットは、イネーブルされると、共有クロックが“L”にホールドされたことにตอบสนองして全てのチャンネルをオフする。<br>0: 共有クロックの禁止をディスエーブル<br>1: 共有クロックの禁止をイネーブル                                |
| b[2] | Mfr_config_all_pec_en               | PMBusの packets・エラー・チェック(PEC)のイネーブル。<br>0: PECを受け取るが必要としない<br>1: PECを必要とする  |
| b[1] | Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout | PMBusの内部タイムアウトを8倍に延長する。フォールト・ログに推奨される。<br>0: PMBusのタイムアウトを8倍にしない<br>1: PMBusのタイムアウトを8倍にする  |
| b[0] | Mfr_config_all_vinen_wpu_dis        | VIN_ENのチャージポンプで発生させた電流制限プルアップのディスエーブル。<br>0: フォールトによってVIN_ENがオフに強制されていない限り、パワーアップ後にVIN_ENの弱い電流制限プルアップを使用する。<br>1: 弱いプルアップをディスエーブルする。フォールトによってVIN_ENがオフに強制されていない限り、パワーアップ後のVIN_ENのドライバはスリーステート状態。 |

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_FAULTz0\_PROPAGATE、MFR\_FAULTz1\_PROPAGATE

これらの製造元固有のコマンドは、チャンネルの状態を該当するフォールト・ピンへ伝えるためにフォールトオフしているチャンネルをイネーブルします。ゾーン0では、ページ0～3のフォールトオフした状態をピンFAULTB00またはFAULTB01へ伝えることができます。ゾーン1では、ページ4～7のフォールトオフした状態をピンFAULTB10またはFAULTB11へ伝えることができます。コマンド名の識別子zは、このコマンドがページに応じて異なったゾーンに作用することを示すために使用されます。図19を参照してください。

フォールト・ピンを“L”にしても、MFR\_FAULTBzn\_RESPONSEが0に設定されているチャンネルには影響しないことに注意してください。チャンネルは中断なしに、動作を続けます。LTpowerPlay™では、このフォールト応答をアクションなしと見なします。

## MFR\_FAULTz0\_PROPAGATEのデータの内容

| ビット    | シンボル                   | 動作  |
|--------|------------------------|---|
| b[7:1] | 予備                     | ドントケア。常に0を返す。   |
| b[0]   | Mfr_faultbz0_propagate | フォールトの伝搬をイネーブルする。<br>ページ0～3、ゾーン0<br>0: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB00を“L”にアサートしない。<br>1: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB00をアサートする。<br>ページ4～7、ゾーン1<br>0: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB10を“L”にアサートしない。<br>1: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB10をアサートする。 |

## MFR\_FAULTz1\_PROPAGATEのデータの内容

| ビット    | シンボル                   | 動作  |
|--------|------------------------|---|
| b[7:1] | 予備                     | ドントケア。常に0を返す。   |
| b[0]   | Mfr_faultbz1_propagate | フォールトの伝搬をイネーブルする。<br>ページ0～3、ゾーン0<br>0: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB01を“L”にアサートしない。<br>1: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB01をアサートする。<br>ページ4～7、ゾーン1<br>0: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB11を“L”にアサートしない。<br>1: チャンネルのフォールト・オフ状態は、FAULTB11をアサートする。 |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PWRGD\_EN

このコマンド・レジスタにより、ウォッチドッグとチャンネルのパワーグッド・ステータスのパワーグッド・ピンへのマッピングが制御されます。ADCが高分解能モードの奇数番号のチャンネルはパワーグッドに影響しません。

### MFR\_PWRGD\_EN のデータの内容

| ビット     | シンボル               | 動作  |
|---------|--------------------|---|
| b[15:9] | 予備                 | 読み出し専用、常に0を返す。  |
| b[8]    | Mfr_pwrgd_en_wdog  | ウォッチドッグ<br>1 = ウォッチドッグ・タイマの未終了ステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = ウォッチドッグ・タイマはPWRGDピンに影響しない。     |
| b[7]    | Mfr_pwrgd_en_chan7 | チャンネル7<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[6]    | Mfr_pwrgd_en_chan6 | チャンネル6<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[5]    | Mfr_pwrgd_en_chan5 | チャンネル5<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[4]    | Mfr_pwrgd_en_chan4 | チャンネル4<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[3]    | Mfr_pwrgd_en_chan3 | チャンネル3<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[2]    | Mfr_pwrgd_en_chan2 | チャンネル2<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[1]    | Mfr_pwrgd_en_chan1 | チャンネル1<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |
| b[0]    | Mfr_pwrgd_en_chan0 | チャンネル0<br>1 = このチャンネルのPWRGDステータスと、全ての同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスの論理積をとってPWRGDピンをアサートする時点を決定する。<br>0 = このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンに影響しない。 |

## PMBus コマンドの説明

**MFR\_FAULTB00\_RESPONSE、MFR\_FAULTB01\_RESPONSE、MFR\_FAULTB10\_RESPONSE および MFR\_FAULTB11\_RESPONSE**

これらの製造元固有のコマンドは同じフォーマットを共有し、FAULTB ピンのアサートへの応答を指定します。フォールト・ゾーン 0 では、MFR\_FAULTB00\_RESPONSE によって FAULTB00 ピンのアサート時にチャンネル 0～3 がシャットオフするかどうか決定され、MFR\_FAULTB01\_RESPONSE によって FAULTB01 ピンのアサート時にチャンネル 0～3 がシャットオフするかどうか決定されます。フォールト・ゾーン 1 では、MFR\_FAULTB10\_RESPONSE によって FAULTB10 ピンのアサート時にチャンネル 4～7 がシャットオフするかどうか決定され、MFR\_FAULTB11\_RESPONSE によって FAULTB11 ピンのアサート時にチャンネル 4～7 がシャットオフするかどうか決定されます。FAULTB ピンに回答してチャンネルがシャットオフされる場合 ALERTB ピンは“L”にアサートされ、STATUS\_MFR\_SPECIFIC レジスタで適切なビットがセットされます。図での説明は、「図 19. チャンネルのフォルト管理のブロック図」の左側のスイッチを参照してください。

**データの内容:フォールト・ゾーン0の応答コマンド**

| ビット    | シンボル  | 動作   |
|--------|---|--|
| b[7:4] | 予備  | 読み出し専用、常に0を返す。   |
| b[3]   | Mfr_faultb00_response_chan3,<br>Mfr_faultb01_response_chan3 | チャンネル3の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[2]   | Mfr_faultb00_response_chan2,<br>Mfr_faultb01_response_chan2 | チャンネル2の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[1]   | Mfr_faultb00_response_chan1,<br>Mfr_faultb01_response_chan1 | チャンネル1の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[0]   | Mfr_faultb00_response_chan0,<br>Mfr_faultb01_response_chan0 | チャンネル0の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |

**データの内容:フォールト・ゾーン1の応答コマンド**

| ビット    | シンボル  | 動作   |
|--------|---|--|
| b[7:4] | 予備  | 読み出し専用、常に0を返す。   |
| b[3]   | Mfr_faultb10_response_chan7,<br>Mfr_faultb11_response_chan7 | チャンネル7の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[2]   | Mfr_faultb10_response_chan6,<br>Mfr_faultb11_response_chan6 | チャンネル6の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[1]   | Mfr_faultb10_response_chan5,<br>Mfr_faultb11_response_chan5 | チャンネル5の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |
| b[0]   | Mfr_faultb10_response_chan4,<br>Mfr_faultb11_response_chan4 | チャンネル4の応答。<br>0:チャンネルは中断することなく動作を継続する。<br>1:対応する FAULTBzn ピンが10 $\mu$ s後にアサートされたままの場合、チャンネルはシャットダウンする。その後 FAULTBzn ピンがデアサートされると、TON_DELAY および TON_RISE の設定に従ってチャンネルはオン状態に戻る。 |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_VINEN\_OV\_FAULT\_RESPONSE

このコマンド・レジスタにより、特定のチャンネルからの  $V_{OUT}$  過電圧フォールトによって  $V_{IN\_EN}$  ピンがオフに強制されるかどうかが決まります。

### MFR\_VINEN\_OV\_FAULT\_RESPONSE のデータの内容

| ビット  | シンボル                              | 動作  |
|------|-----------------------------------|---|
| b[7] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan7 | チャンネル7の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[6] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan6 | チャンネル6の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[5] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan5 | チャンネル5の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[4] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan4 | チャンネル4の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[3] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan3 | チャンネル3の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[2] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan2 | チャンネル2の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[1] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan1 | チャンネル1の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[0] | Mfr_vinen_ov_fault_response_chan0 | チャンネル0の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_VINEN\_UV\_FAULT\_RESPONSE

このコマンド・レジスタにより、特定のチャンネルからの  $V_{OUT}$  低電圧フォールトによって  $V_{IN\_EN}$  ピンがオフに強制されるかどうかが決まります。

## MFR\_VINEN\_UV\_FAULT\_RESPONSE のデータの内容

| ビット  | シンボル                              | 動作  |
|------|-----------------------------------|---|
| b[7] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan7 | チャンネル7の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[6] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan6 | チャンネル6の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[5] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan5 | チャンネル5の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[4] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan4 | チャンネル4の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[3] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan3 | チャンネル3の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[2] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan2 | チャンネル2の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[1] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan1 | チャンネル1の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |
| b[0] | Mfr_vinen_uv_fault_response_chan0 | チャンネル0の $V_{OUT\_UV\_FAULT}$ への応答。<br>1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする。<br>0 = $V_{IN\_EN}$ を現状のままにする。 |

## MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドにより、LTC2978 がフォールト状態にตอบสนองしてリトライ・モードになっているときのリトライ間隔が決定されます。

## MFR\_RETRY\_DELAY のデータの内容

| ビット     | シンボル            | 動作   |
|---------|-----------------|--|
| b[15:0] | Mfr_retry_delay | データは L11 フォーマットを使用する。<br>この遅延は SHARE_CLK のみを使用してカウントされる。<br>遅延は 200 $\mu$ s に最も近い値になる。<br>単位: ms。最大遅延は 13.1 秒。 |



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドにより、CONTROL ピンによって開始されるリスタートの最小オフ時間が設定されます。CONTROL ピンが少なくとも 10 $\mu$ s オフにされ、その後オンにされる場合、対応する全てのチャンネルがディスエーブルされ、Mfr\_restart\_delay の間オフのままになり、その後オンになります。オフ時間が Mfr\_restart\_delay を超えている CONTROL $n$  ピンの遷移はこのコマンドに影響されません。この機能はオールゼロの値によってディスエーブルされます。

#### MFR\_RESTART\_DELAY のデータの内容

| ビット     | シンボル              | 動作   |
|---------|-------------------|--|
| b[15:0] | Mfr_restart_delay | データは L11 フォーマットを使用する。<br>この遅延は SHARE_CLK のみを使用してカウントされる。<br>遅延は 200 $\mu$ s に最も近い値になる。<br>単位: ms。最大遅延は 13.1 秒。 |

### MFR\_VOUT\_PEAK

このコマンドは、チャンネルの出力電圧の ADC による最大の測定値を返します。このコマンドは、電流測定に設定された奇数チャンネルではサポートされません。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタは 0xF800(0.0) にリセットされます。

#### MFR\_VOUT\_PEAK のデータの内容

| ビット     | シンボル                | 動作                              |
|---------|---------------------|---------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_vout_peak[15:0] | データは L16 フォーマットを使用する。<br>単位: V。 |

### MFR\_VIN\_PEAK

このコマンドは、入力電圧の ADC による最大の測定値を返します。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタの内容は 0x7C00(-2<sup>25</sup>) にリセットされます。

#### MFR\_VIN\_PEAK のデータの内容

| ビット     | シンボル               | 動作                              |
|---------|--------------------|---------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_vin_peak[15:0] | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: V。 |

### MFR\_TEMPERATURE\_PEAK

このコマンドは、LTC2978 の内部温度センサによって測定される接合部温度 (単位: °C) の ADC による最大の測定値を返します。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタの内容は 0x7C00(-2<sup>25</sup>) にリセットされます。

#### MFR\_TEMPERATURE\_PEAK のデータの内容

| ビット     | シンボル                       | 動作                               |
|---------|----------------------------|----------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_temperature_peak[15:0] | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位: °C。 |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_DAC

このコマンド・レジスタを用いることにより、ユーザーは10ビットDACを直接プログラムすることができます。マニュアルでDAC書き込みを行うためには、チャンネルをオン状態にし、TON\_RISEを終了させ、MFR\_CONFIG\_LTC2978 b[5:4]を10bまたは11bに設定する必要があります。MFR\_CONFIG\_LTC2978 b[5:4] = 10b に設定すると、DACをMfr\_dac\_direct\_valの値でハード接続する指令が出されます。また、b[5:4]に11bを書き込んだ場合はDACをソフト接続する指令が出されます。一旦DACがソフト接続されると、Mfr\_dac\_direct\_valは、電源を乱すことなくDACを接続可能にした値を返します。

### MFR\_DACのデータの内容

| ビット      | シンボル               | 動作             |
|----------|--------------------|----------------|
| b[15:10] | 予備                 | 読み出し専用、常に0を返す。 |
| b[9:0]   | Mfr_dac_direct_val | DACのコード値。      |

### MFR\_POWERGOOD\_ASSERTION\_DELAY

このコマンド・レジスタにより、内部パワーグッド信号が有効になってからパワーグッド出力がアサートされるまでの遅延をプログラムすることができます。この遅延は、SHARE\_CLKが利用可能であればこれを用いてカウントされ、さもなければ内部発振器を用いてカウントされます。この遅延は内部で13.1秒に制限されており、最も近い200μsの概数をとりま。このコマンドの読み出し値は常に最後に書き込まれた内容を返しますが、内部制限は反映しません。

### MFR\_POWERGOOD\_ASSERTION\_DELAYのデータの内容

| ビット     | シンボル                          | 動作  |
|---------|-------------------------------|---|
| b[15:0] | Mfr_powergood_assertion_delay | データはL11フォーマットを使用する。<br>この遅延は、SHARE_CLKが利用可能であればSHARE_CLKを使用してカウントされ、それ以外の場合には内部発振器が使用される。<br>遅延は最も近い200μsの概数をとる。<br>単位:ms。最大遅延は13.1秒。 |

### ウォッチドッグ動作

MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタにゼロ以外を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはリセットされます。WDI/RESETBピンの“L”から“H”への遷移によってもウォッチドッグ・タイマはリセットされます。タイマ時間が経過すると、ALERTBがアサートされ、PWRGD出力がオプションによってはデアサートされ、次いで、MFR\_PWRGD\_ASSERTION\_DELAY ms後に再アサートされます。MFR\_WATCHDOG\_TレジスタまたはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタのどちらかに0を書き込むと、タイマはディスエーブルされます。

### MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTおよびMFR\_WATCHDOG\_T

MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタにより、POWER GOOD信号のアサートに続く最初のウォッチドッグ・タイマの時間間隔をプログラムすることができます。この場合、POWER GOOD信号がウォッチドッグ・タイマのステータスを反映するものと仮定します。POWER GOODのアサートがウォッチドッグ・タイマのステータスによって調整されない場合、MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTはタイマがイネーブルされた後の最初のタイミング間隔に適用されます。MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0msの値を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはディスエーブルされます。

MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタにより、MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTのタイミング間隔に続くウォッチドッグの時間間隔をプログラムすることができます。MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタに0msの値を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはディスエーブルされます。MFR\_WATCHDOG\_Tにゼロ以外を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはリセットされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_WATCHDOG\_T\_POR および MFR\_WATCHDOG\_T のデータの内容

| ビット     | シンボル                                   | 動作  |
|---------|--|---|
| b[15:0] | Mfr_watchdog_t_first<br>Mfr_watchdog_t | データはL11フォーマットを使用する。<br>これらのタイムは内部クロックで動作する。Mfr_watchdog_t タイマは、動作中の場合、SHARE_CLK に合わせられる。<br>遅延は Mfr_watchdog_t の場合 10 $\mu$ s、Mfr_watchdog_t_first の場合 1ms に最も近い値になる。<br>Mfr_watchdog_t レジスタまたは Mfr_watchdog_t_first レジスタの Y の値にゼロを書き込むと、ウォッチドッグ・タイムはディスエーブルされる。<br>単位: ms。最大タイムアウトは、Mfr_watchdog_t の場合 0.6 秒、Mfr_watchdog_t_first の場合 65 秒 |

### MFR\_PAGE\_FF\_MASK

MFR\_PAGE\_FF\_MASK コマンドは、グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) が使用されている場合の応答チャンネルの選択に使用します。

### MFR\_PAGE\_FF\_MASK のデータの内容

| ビット  | シンボル                   | 動作  |
|------|------------------------|---|
| b[7] | Mfr_page_ff_mask_chan7 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル7のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[6] | Mfr_page_ff_mask_chan6 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル6のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[5] | Mfr_page_ff_mask_chan5 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル5のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[4] | Mfr_page_ff_mask_chan4 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル4のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[3] | Mfr_page_ff_mask_chan3 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル3のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[2] | Mfr_page_ff_mask_chan2 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル2のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[1] | Mfr_page_ff_mask_chan1 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル1のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |
| b[0] | Mfr_page_ff_mask_chan0 | グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) のアクセスに対するチャンネル0のマスク。<br>0 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスを無視<br>1 = グローバル・ページ・コマンドのアクセスに全て応答 |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PADS

MFR\_PADS コマンドは、低周波数のデジタル・パッドに読み出し専用のアクセスを行います。ビット[9:0]に示されている入力値はデグリッチ・ロジックによる処理前の値です。

#### MFR\_PADS\_PWRGD\_DRIVE のデータの内容

| ビット      | シンボル                       | 動作  |
|----------|----------------------------|---|
| b[15]    | Mfr_pads_pwrgd_drive       | 0 = このデバイスによってPWRGDパッドが“L”にドライブされている<br>1 = このデバイスによってPWRGDパッドが“L”にドライブされていない   |
| b[14]    | Mfr_pads_alertb_drive      | 0 = このデバイスによってALERTBパッドが“L”にドライブされている<br>1 = このデバイスによってALERTBパッドが“L”にドライブされていない   |
| b[13:10] | Mfr_pads_faultb_drive[3:0] | 以下のように、FAULTB00パッドにビット [3] が使用され、FAULTB01パッドにビット [2] が使用され、FAULTB10パッドにビット [1] が使用され、FAULTB11パッドにビット [0] が使用されている。<br>0 = このデバイスによってFAULTBznパッドが“L”にドライブされている<br>1 = このデバイスによってFAULTBznパッドが“L”にドライブされていない |
| b[9:8]   | Mfr_pads_asel1[1:0]        | 11: ASEL1の入力パッドでロジック“H”が検出された<br>10: ASEL1の入力パッドがフロート状態<br>01: 予備<br>00: ASEL1の入力パッドでロジック“L”が検出された  |
| b[7:6]   | Mfr_pads_asel0[1:0]        | 11: ASEL0の入力パッドでロジック“H”が検出された<br>10: ASEL0の入力パッドがフロート状態<br>01: 予備<br>00: ASEL0の入力パッドでロジック“L”が検出された  |
| b[5]     | Mfr_pads_control1          | 1: CONTROL1パッドでロジック“H”が検出された<br>0: CONTROL1パッドでロジック“L”が検出された  |
| b[4]     | Mfr_pads_control0          | 1: CONTROL0パッドでロジック“H”が検出された<br>0: CONTROL0パッドでロジック“L”が検出された  |
| b[3:0]   | Mfr_pads_faultb[3:0]       | 以下のように、FAULTB00パッドにビット [3] が使用され、FAULTB01パッドにビット [2] が使用され、FAULTB10パッドにビット [1] が使用され、FAULTB11パッドにビット [0] が使用されている。<br>1: FAULTBznパッドでロジック“H”が検出された<br>0: FAULTBznパッドでロジック“L”が検出された                        |

### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS

MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS コマンドにより、I<sup>2</sup>C アドレス・バイトの基準値が決定されます。このベースアドレスには、デバイスのI<sup>2</sup>C/SMBus アドレスを作成するために0から9までのオフセット値が加算されます。

#### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS のデータの内容

| ビット    | シンボル             | 動作  |
|--------|------------------|---|
| b[7]   | 予備               | 読み出し専用、常に0を返す。  |
| b[6:0] | i2c_base_address | この7ビットの値により、7ビットのI <sup>2</sup> C/SMBusアドレスの基準値が決定される。「動作」セクションの「デバイス・アドレス」を参照。 |

### MFR\_SPECIAL\_ID

このレジスタにLTC2978の製造元のIDが含まれています。

#### MFR\_SPECIAL\_ID のデータの内容

| ビット     | シンボル           | 動作                 |
|---------|----------------|--------------------|
| b[15:0] | Mfr_special_id | 読み出し専用、常に0x0121を返す |

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_SPECIAL\_LOT

これらのページ化されたレジスタには、製造時にプログラムされたユーザー設定を識別する情報が含まれています。

#### MFR\_SPECIAL\_LOTのデータの内容

| ビット    | シンボル            | 動作  |
|--------|-----------------|---|
| b[7:0] | Mfr_special_lot | LTCの特殊なデフォルト・ロット番号が含まれている。製造時にプログラムされるユーザー設定および特殊なロット番号については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。 |

### MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD

このレジスタには、対応する出力のオフ・スレッシュホールド電圧を決定するためにVOUT\_COMMANDに掛ける係数が含まれています。チャンネルがオン状態への移行/再移行を指示される前に、出力電圧がMFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD・VOUT\_COMMANDより下に減衰していないと、STATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタのビット[7]がセットされ、ALERTBピンが“L”にアサートされます。さらに、出力がオフ・スレッシュホールド電圧より下に減衰するまでチャンネルはオン状態に移りません。

特定の出力が放電に失敗した場合、双方向FAULTznピンを使用して別のチャンネルをオフに保つことができます(MFR\_FAULTBzn\_RESPONSEレジスタおよびMFR\_FAULTBzn\_PROPAGATEレジスタを参照)。

#### MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDのデータの内容

| ビット     | シンボル                         | 動作  |
|---------|------------------------------|---|
| b[15:0] | Mfr_vout_discharge_threshold | データはL11フォーマットを使用する。<br>単位: 無次元、このレジスタには係数が含まれる。 |

### MFR\_COMMON

このコマンドは、共有クロック・ピン(SHARE\_CLK)および書き込み禁止ピン(WP)のステータス情報を返します。

#### MFR\_COMMONのデータの内容

| ビット    | シンボル                     | 動作   |
|--------|--------------------------|--|
| b[7:2] | 予備                       | 読み出し専用、常に0を返す。   |
| b[1]   | Mfr_common_share_clk     | 共有クロック・ピンのステータスを返す<br>1: 共有クロック・ピンが“L”にホールドされた状態<br>0: 共有クロック・ピンがアクティブ状態 |
| b[0]   | Mfr_common_write_protect | 書き込み禁止ピンのステータスを返す<br>1: 書き込み禁止ピンが“H”状態<br>0: 書き込み禁止ピンが“L”状態              |

### MFR\_SPARE0

この16ビット幅のレジスタを使用して様々な情報を格納することができます。これらのレジスタの内容は、それぞれSTORE\_USER\_ALLコマンドおよびRESTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して、EEPROMへの格納およびEEPROMからの取り出しを行うことができます。

### MFR\_SPARE2

この16ビット幅のページ化されたレジスタを使用して様々な情報を格納することができます。これらのレジスタの内容は、それぞれSTORE\_USER\_ALLコマンドおよびRESTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して、EEPROMへの格納およびEEPROMからの取り出しを行うことができます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_VOUT\_MIN

このコマンドは、チャンネルの出力電圧の ADC による最小の測定値を返します。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタの内容は 0xFFFF (7.999) にリセットされます。奇数チャンネルが電流測定に設定される場合、このコマンドはサポートされません。低電圧検出がディスエーブルされると、更新がディスエーブルされます。

#### MFR\_VOUT\_MIN のデータの内容

| ビット     | シンボル         | 動作                             |
|---------|--------------|--------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_vout_min | データは L16 フォーマットを使用する。<br>単位:V。 |

### MFR\_VIN\_MIN

このコマンドは、入力電圧の ADC による最小の測定値を返します。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタの内容は 0x7BFF (およそ 2<sup>25</sup>) にリセットされます。入力電圧が十分でないためにユニットがオフ状態のときは、更新がディスエーブルされます。

#### MFR\_VIN\_MIN のデータの内容

| ビット     | シンボル        | 動作                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_vin_min | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位:V。 |

### MFR\_TEMPERATURE\_MIN

このコマンドは、LTC2978 の内部温度センサによって測定される接合部温度 (単位:°C) の ADC による最小の測定値を返します。LTC2978 のパワーオン・リセットが終了するか、または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、このレジスタの内容は 0x7BFF (およそ 2<sup>25</sup>) にリセットされます。

#### MFR\_TEMPERATURE\_MIN のデータの内容

| ビット     | シンボル                | 動作                              |
|---------|---------------------|---------------------------------|
| b[15:0] | Mfr_temperature_min | データは L11 フォーマットを使用する。<br>単位:°C。 |

## フォールト・ログ動作

フォールト・ログの概念を図 13 に示します。フォールト・ログは LTC2978 にブラックボックス機能を提供します。通常動作中は、ステータス・レジスタの内容、出力電圧／電流の読み取り値、温度の読み取り値に加えてこれらの数値のピーク値と最小値が RAM 内の連続的に更新されるバッファに保存されます。この動作は記録紙レコーダーの動作と似ています。フォールトが発生した場合、そのバッファの内容が不揮発性メモリの EEPROM に書き込まれます。続いて EEPROM のフォールト・ログがロックされます。このデバイスは、フォールト・ログを後で読み出せるようにした状態でパワーダウンをすることができます。

## PMBus コマンドの説明

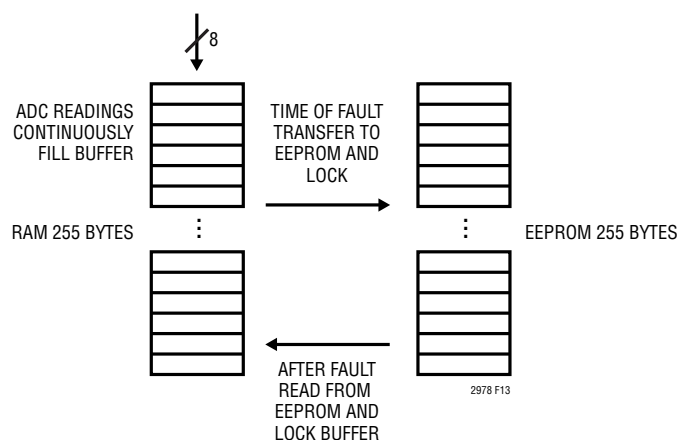


図 13. フォールト・ログ概念図

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

このコマンドにより、RAM バッファから EEPROM へデータを転送することができます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE

このコマンドにより、EEPROM から RAM バッファへフォールト・ログ・データのコピーを転送することができます。リストア後、Mfr\_fault\_log の読み出しが正常終了するまで RAM バッファはロックされます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR

このコマンドにより、フォールト・ログ用に予約された EEPROM ブロックが初期化されます。EEPROM に前もって格納されているどのフォールト・ログもこの動作によって消去されます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS

読み出し専用。このレジスタはフォールト・ログ・イベントの管理に使用されます。

MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドまたはフォールトオフしたイベントが RAM から EEPROM へのフォールト・ログの転送をトリガすると、Mfr\_fault\_log\_status\_eeprom がセットされます。このビットは MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドによってクリアされます。

MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE の後、Mfr\_fault\_log\_status\_ram がセットされ、RAM のデータが EEPROM からリストアされていて MFR\_FAULT\_LOG コマンドを使用した読み出しがまだ行われていないことを示します。このビットは MFR\_FAULT\_LOG コマンドが正常に実行されることによるのみクリアされます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS のデータの内容

| ビット  | シンボル                        | 動作  |
|------|-----------------------------|---|
| b[1] | Mfr_fault_log_status_ram    | フォールト・ログ RAM のステータスは以下のとおり。<br>0: フォールト・ログ RAM は更新可能。<br>1: フォールト・ログ RAM は次の Mfr_fault_log の読み出しまでロックされている。             |
| b[0] | Mfr_fault_log_status_eeprom | フォールト・ログ EEPROM のステータスは以下のとおり。<br>0: フォールト・ログ RAM から EEPROM への転送がイネーブルされている。<br>1: フォールト・ログ RAM から EEPROM への転送が禁止されている。 |

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_FAULT\_LOG

読み出し専用。この2040ビットのデータ・ブロックには、RAMバッファのフォールト・ログのコピーが含まれています。RAMバッファはMfr\_fault\_log\_status\_ramがクリアされている限り、各ADCの変換の後で常に更新されます。Mfr\_config\_fault\_log\_en = 1およびMfr\_fault\_log\_status\_eeprom = 0では、LTC2978のフォールトによってチャンネルがラッチオフするか、またはMFR\_FAULT\_LOG\_STOREコマンドを受け取ると、RAMバッファがEEPROMに転送されます。LTC2978がリセットされるか、またはパワーダウンしても、RAMバッファがEEPROMに転送された後でMfr\_fault\_log\_status\_eepromは“H”にセットされ、Mfr\_fault\_log\_clearを受け取るまでクリアされません。Status\_mfr\_discharge、Status\_mfr\_fault1\_in、またはStatus\_mfr\_fault0\_inのイベントの結果としてフォールト・ログEEPROMの転送が開始されることはありません。以下の表で規定されるように、Mfr\_fault\_logの読み出しの間、データは返されます。フォールト・ログのデータは2つのセクションに分割されます。最初のセクションはプリアンブルと呼ばれ、最終位置ポインタ、時間情報、ピーク値および最小値が含まれます。2つ目のセクションは、テレメトリの時系列的記録を含み、フォールト情報の適切な解釈のために最終位置情報を必要とします。フォールト・ログには約1秒～2秒に相当するテレメトリ・データが格納されています。ブロック読み出し中のタイムアウトを防ぐために、MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2978b[1]を1にセットすることを推奨します。

表2. データ・ブロックの内容

| データ                  | バイト* | 説明  |
|----------------------|------|---|
| Position_last[7:0]   | 0    | フォールトが生じたときのフォールト・ログ・ポインタの位置。   |
| SharedTime[7:0]      | 1    | フォールトが生じたときの41ビットの共有クロック・カウンタの値。カウンタのLSBの単位は200 $\mu$ s。このカウンタは、パワーアップ時またはLTC2978のリセット後にクリアされる。 |
| SharedTime[15:8]     | 2    |   |
| SharedTime[23:16]    | 3    |   |
| SharedTime[31:24]    | 4    |   |
| SharedTime[39:32]    | 5    |   |
| SharedTime[40]       | 6    |   |
| Mfr_vout_peak0[7:0]  | 7    |   |
| Mfr_vout_peak0[15:8] | 8    |   |
| Mfr_vout_min0[7:0]   | 9    |   |
| Mfr_vout_min0[15:8]  | 10   |   |
| Mfr_vout_peak1[7:0]  | 11   |   |
| Mfr_vout_peak1[15:8] | 12   |   |
| Mfr_vout_min1[7:0]   | 13   |   |
| Mfr_vout_min1[15:8]  | 14   |   |
| Mfr_vin_peak[7:0]    | 15   |   |
| Mfr_vin_peak[15:8]   | 16   |   |
| Mfr_vin_min[7:0]     | 17   |   |
| Mfr_vin_min[15:8]    | 18   |   |
| Mfr_vout_peak2[7:0]  | 19   |   |
| Mfr_vout_peak2[15:8] | 20   |   |
| Mfr_vout_min2[7:0]   | 21   |   |
| Mfr_vout_min2[15:8]  | 22   |   |
| Mfr_vout_peak3[7:0]  | 23   |   |
| Mfr_vout_peak3[15:8] | 24   |   |
| Mfr_vout_min3[7:0]   | 25   |   |
| Mfr_vout_min3[15:8]  | 26   |   |
| Mfr_temp_peak[7:0]   | 27   |   |
| Mfr_temp_peak[15:8]  | 28   |   |
| Mfr_temp_min[7:0]    | 29   |   |
| Mfr_temp_min[15:8]   | 30   |   |
| Mfr_vout_peak4[7:0]  | 31   |   |
| Mfr_vout_peak4[15:8] | 32   |   |
| Mfr_vout_min4[7:0]   | 33   |   |
| Mfr_vout_min4[15:8]  | 34   |   |
| Mfr_vout_peak5[7:0]  | 35   |   |
| Mfr_vout_peak5[15:8] | 36   |   |
| Mfr_vout_min5[7:0]   | 37   |   |
| Mfr_vout_min5[15:8]  | 38   |   |
| Mfr_vout_peak6[7:0]  | 39   |   |
| Mfr_vout_peak6[15:8] | 40   |   |
| Mfr_vout_min6[7:0]   | 41   |   |
| Mfr_vout_min6[15:8]  | 42   |   |



## PMBus コマンドの説明

表2. データ・ブロックの内容

| データ                       | バイト*      | 説明                         |
|---------------------------|-----------|----------------------------|
| Mfr_vout_peak7[7:0]       | 43        |                            |
| Mfr_vout_peak7[15:8]      | 44        |                            |
| Mfr_vout_min7[7:0]        | 45        |                            |
| Mfr_vout_min7[15:8]       | 46        |                            |
|                           |           | プリアンブル用に 47 バイト            |
| Fault_log [Position_last] | 47        |                            |
| Fault_log                 | 48        |                            |
| .                         |           |                            |
| .                         |           |                            |
| Fault_log                 | 237       | 最終有効バイト                    |
| Reserved                  | 238 ~ 254 |                            |
|                           |           | ループの数<br>(238-47)/40 = 4.8 |

Note: PMBus データ・バイトは 0 ではなく 1 から始まります。Position\_last は BYTE COUNT = 0xFF の後初めて返されるバイトです。ブロック読み出しのプロトコルを参照してください。

上の表のバイト 47 からバイト 237 までの間に返されたデータは Position\_last と下の表を用いて解釈されます。バイト 47 を特定するための鍵は、下の表の位置 = Position\_last に対応するデータのロケーションを見つけ出すことにあります。後続のバイトは「位置」の値を 1 つずつ減らすことによって特定されます。例: Position\_last = 9 の場合、ブロック読み出しのバイト位置 47 に返される最初のデータは Read\_vin [15:8] で、これに Read\_vin [7:0] が続き、さらにページ 1 の Status\_mfr が続きます。表 3 を参照してください。

表3. 周期的ループの解釈

| 位置 | データ              |
|----|------------------|
| 0  | Read_vout0[7:0]  |
| 1  | Read_vout0[15:8] |
| 2  | Status_vout0     |
| 3  | Status_mfr0      |
| 4  | Read_vout1[7:0]  |
| 5  | Read_vout1[15:8] |
| 6  | Status_vout1     |
| 7  | Status_mfr1      |
| 8  | Read_vin[7:0]    |
| 9  | Read_vin[15:8]   |
| 10 | Status_vin       |
| 11 | 予備               |
| 12 | Read_vout2[7:0]  |
| 13 | Read_vout2[15:8] |
| 14 | Status_vout2     |
| 15 | Status_mfr2      |

表3. 周期的ループの解釈

| 位置 | データ                      |
|----|--------------------------|
| 16 | Read_vout3[7:0]          |
| 17 | Read_vout3[15:8]         |
| 18 | Status_vout3             |
| 19 | Status_mfr3              |
| 20 | Read_temperature_1[7:0]  |
| 21 | Read_temperature_1[15:8] |
| 22 | Status_temp              |
| 23 | 予備                       |
| 24 | Read_vout4[7:0]          |
| 25 | Read_vout4[15:8]         |
| 26 | Status_vout4             |
| 27 | Status_mfr4              |
| 28 | Read_vout5[7:0]          |
| 29 | Read_vout5[15:8]         |
| 30 | Status_vout5             |
| 31 | Status_mfr5              |
| 32 | Read_vout6[7:0]          |
| 33 | Read_vout6[15:8]         |
| 34 | Status_vout6             |
| 35 | Status_mfr6              |
| 36 | Read_vout7[7:0]          |
| 37 | Read_vout7[15:8]         |
| 38 | Status_vout7             |
| 39 | Status_mfr7              |
|    | 合計バイト = 40               |

下表は、動作の周期的性質を明らかにするために読み出されたフォールト・ログを完全にデコードした例を示します。

MFR\_FAULT\_LOG のデータ・ブロックの内容

| プリアンブル情報     |              |                        |   |
|--------------|--------------|------------------------|---|
| バイト番号 (10進数) | バイト番号 (16進数) | データ                    | 説明  |
| 0            | 00           | Position_last[7:0] = 9 | フォールトが生じたときのフォールト・ログ・ポイントの位置。                           |
| 1            | 01           | SharedTime[7:0]        | フォールトが生じたときの 41 ビットの共有クロック・カウンタの値。カウンタの LSB の単位は 200µs。 |
| 2            | 02           | SharedTime[15:8]       |   |
| 3            | 03           | SharedTime[23:16]      |   |
| 4            | 04           | SharedTime[31:24]      |   |

## PMBus コマンドの説明

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | データ                  | 説明 |
|-----------------|-----------------|----------------------|----|
| 5               | 05              | SharedTime[39:32]    |    |
| 6               | 06              | SharedTime[40]       |    |
| 7               | 07              | Mfr_vout_peak0[7:0]  |    |
| 8               | 08              | Mfr_vout_peak0[15:8] |    |
| 9               | 09              | Mfr_vout_min0[7:0]   |    |
| 10              | 0A              | Mfr_vout_min0[15:8]  |    |
| 11              | 0B              | Mfr_vout_peak1[7:0]  |    |
| 12              | 0C              | Mfr_vout_peak1[15:8] |    |
| 13              | 0D              | Mfr_vout_min1[7:0]   |    |
| 14              | 0E              | Mfr_vout_min1[15:8]  |    |
| 15              | 0F              | Mfr_vin_peak[7:0]    |    |
| 16              | 10              | Mfr_vin_peak[15:8]   |    |
| 17              | 11              | Mfr_vin_min[7:0]     |    |
| 18              | 12              | Mfr_vin_min[15:8]    |    |
| 19              | 13              | Mfr_vout_peak2[7:0]  |    |
| 20              | 14              | Mfr_vout_peak2[15:8] |    |
| 21              | 15              | Mfr_vout_min2[7:0]   |    |
| 22              | 16              | Mfr_vout_min2[15:8]  |    |
| 23              | 17              | Mfr_vout_peak3[7:0]  |    |
| 24              | 18              | Mfr_vout_peak3[15:8] |    |
| 25              | 19              | Mfr_vout_min3[7:0]   |    |
| 26              | 1A              | Mfr_vout_min3[15:8]  |    |
| 27              | 1B              | Mfr_temp_peak[7:0]   |    |
| 28              | 1C              | Mfr_temp_peak[15:8]  |    |
| 29              | 1D              | Mfr_temp_min[7:0]    |    |
| 30              | 1E              | Mfr_temp_min[15:8]   |    |
| 31              | 1F              | Mfr_vout_peak4[7:0]  |    |
| 32              | 20              | Mfr_vout_peak4[15:8] |    |
| 33              | 21              | Mfr_vout_min4[7:0]   |    |
| 34              | 22              | Mfr_vout_min4[15:8]  |    |
| 35              | 23              | Mfr_vout_peak5[7:0]  |    |
| 36              | 24              | Mfr_vout_peak5[15:8] |    |
| 37              | 25              | Mfr_vout_min5[7:0]   |    |
| 38              | 26              | Mfr_vout_min5[15:8]  |    |
| 39              | 27              | Mfr_vout_peak6[7:0]  |    |
| 40              | 28              | Mfr_vout_peak6[15:8] |    |
| 41              | 29              | Mfr_vout_min6[7:0]   |    |
| 42              | 2A              | Mfr_vout_min6[15:8]  |    |
| 43              | 2B              | Mfr_vout_peak7[7:0]  |    |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | データ                  | 説明        |
|-----------------|-----------------|----------------------|-----------|
| 44              | 2C              | Mfr_vout_peak7[15:8] |           |
| 45              | 2D              | Mfr_vout_min7[7:0]   |           |
| 46              | 2E              | Mfr_vout_min7[15:8]  | プリアンプルの最後 |

## 周期的データ・ループ

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ0         | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 47              | 2F              | 9                           | Read_vin[15:8]   | Position_last   |
| 48              | 30              | 8                           | Read_vin[7:0]    |                 |
| 49              | 31              | 7                           | Status_mfr1      |                 |
| 50              | 32              | 6                           | Status_vout1     |                 |
| 51              | 33              | 5                           | Read_vout1[15:8] |                 |
| 52              | 34              | 4                           | Read_vout1[7:0]  |                 |
| 53              | 35              | 3                           | Status_mfr0      |                 |
| 54              | 36              | 2                           | Status_vout0     |                 |
| 55              | 37              | 1                           | Read_vout0[15:8] |                 |
| 56              | 38              | 0                           | Read_vout0[7:0]  |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ1         | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 57              | 39              | 39                          | Status_mfr7      |                 |
| 58              | 3A              | 38                          | Status_vout7     |                 |
| 59              | 3B              | 37                          | Read_vout7[15:8] |                 |
| 60              | 3C              | 36                          | Read_vout7[7:0]  |                 |
| 61              | 3D              | 35                          | Status_mfr6      |                 |
| 62              | 3E              | 34                          | Status_vout6     |                 |
| 63              | 3F              | 33                          | Read_vout6[15:8] |                 |
| 64              | 40              | 32                          | Read_vout6[7:0]  |                 |
| 65              | 41              | 31                          | Status_mfr5      |                 |
| 66              | 42              | 30                          | Status_vout5     |                 |
| 67              | 43              | 29                          | Read_vout5[15:8] |                 |
| 68              | 44              | 28                          | Read_vout5[7:0]  |                 |
| 69              | 45              | 27                          | Status_mfr4      |                 |
| 70              | 46              | 26                          | Status_vout4     |                 |
| 71              | 47              | 25                          | Read_vout4[15:8] |                 |
| 72              | 48              | 24                          | Read_vout4[7:0]  |                 |
| 73              | 49              | 23                          | Reserved         |                 |
| 74              | 4A              | 22                          | Status_temp      |                 |

## PMBus コマンドの説明

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ1                 | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 75              | 4B              | 21                          | Read_temperature_1[15:8] |                 |
| 76              | 4C              | 20                          | Read_temperature_1[7:0]  |                 |
| 77              | 4D              | 19                          | Status_mfr3              |                 |
| 78              | 4E              | 18                          | Status_vout3             |                 |
| 79              | 4F              | 17                          | Read_vout3[15:8]         |                 |
| 80              | 50              | 16                          | Read_vout3[7:0]          |                 |
| 81              | 51              | 15                          | Status_mfr2              |                 |
| 82              | 52              | 14                          | Status_vout2             |                 |
| 83              | 53              | 13                          | Read_vout2[15:8]         |                 |
| 84              | 54              | 12                          | Read_vout2[7:0]          |                 |
| 85              | 55              | 11                          | Reserved                 |                 |
| 86              | 56              | 10                          | Status_vin               |                 |
| 87              | 57              | 9                           | Read_vin[15:8]           |                 |
| 88              | 58              | 8                           | Read_vin[7:0]            |                 |
| 89              | 59              | 7                           | Status_mfr1              |                 |
| 90              | 5A              | 6                           | Status_vout1             |                 |
| 91              | 5B              | 5                           | Read_vout1[15:8]         |                 |
| 92              | 5C              | 4                           | Read_vout1[7:0]          |                 |
| 93              | 5D              | 3                           | Status_mfr0              |                 |
| 94              | 5E              | 2                           | Status_vout0             |                 |
| 95              | 5F              | 1                           | Read_vout0[15:8]         |                 |
| 96              | 60              | 0                           | Read_vout0[7:0]          |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ2         | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 97              | 61              | 39                          | Status_mfr7      |                 |
| 98              | 62              | 38                          | Status_vout7     |                 |
| 99              | 63              | 37                          | Read_vout7[15:8] |                 |
| 100             | 64              | 36                          | Read_vout7[7:0]  |                 |
| 101             | 65              | 35                          | Status_mfr6      |                 |
| 102             | 66              | 34                          | Status_vout6     |                 |
| 103             | 67              | 33                          | Read_vout6[15:8] |                 |
| 104             | 68              | 32                          | Read_vout6[7:0]  |                 |
| 105             | 69              | 31                          | Status_mfr5      |                 |
| 106             | 6A              | 30                          | Status_vout5     |                 |
| 107             | 6B              | 29                          | Read_vout5[15:8] |                 |
| 108             | 6C              | 28                          | Read_vout5[7:0]  |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ2                 | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 109             | 6D              | 27                          | Status_mfr4              |                 |
| 110             | 6E              | 26                          | Status_vout4             |                 |
| 111             | 6F              | 25                          | Read_vout4[15:8]         |                 |
| 112             | 70              | 24                          | Read_vout4[7:0]          |                 |
| 113             | 71              | 23                          | Reserved                 |                 |
| 114             | 72              | 22                          | Status_temp              |                 |
| 115             | 73              | 21                          | Read_temperature_1[15:8] |                 |
| 116             | 74              | 20                          | Read_temperature_1[7:0]  |                 |
| 117             | 75              | 19                          | Status_mfr3              |                 |
| 118             | 76              | 18                          | Status_vout3             |                 |
| 119             | 77              | 17                          | Read_vout3[15:8]         |                 |
| 120             | 78              | 16                          | Read_vout3[7:0]          |                 |
| 121             | 79              | 15                          | Status_mfr2              |                 |
| 122             | 7A              | 14                          | Status_vout2             |                 |
| 123             | 7B              | 13                          | Read_vout2[15:8]         |                 |
| 124             | 7C              | 12                          | Read_vout2[7:0]          |                 |
| 125             | 7D              | 11                          | Reserved                 |                 |
| 126             | 7E              | 10                          | Status_vin               |                 |
| 127             | 7F              | 9                           | Read_vin[15:8]           |                 |
| 128             | 80              | 8                           | Read_vin[7:0]            |                 |
| 129             | 81              | 7                           | Status_mfr1              |                 |
| 130             | 82              | 6                           | Status_vout1             |                 |
| 131             | 83              | 5                           | Read_vout1[15:8]         |                 |
| 132             | 84              | 4                           | Read_vout1[7:0]          |                 |
| 133             | 85              | 3                           | Status_mfr0              |                 |
| 134             | 86              | 2                           | Status_vout0             |                 |
| 135             | 87              | 1                           | Read_vout0[15:8]         |                 |
| 136             | 88              | 0                           | Read_vout0[7:0]          |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ3         | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 137             | 89              | 39                          | Status_mfr7      |                 |
| 138             | 8A              | 38                          | Status_vout7     |                 |
| 139             | 8B              | 37                          | Read_vout7[15:8] |                 |
| 140             | 8C              | 36                          | Read_vout7[7:0]  |                 |
| 141             | 8D              | 35                          | Status_mfr6      |                 |

## PMBus コマンドの説明

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ3                 | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 142             | 8E              | 34                          | Status_vout6             |                 |
| 143             | 8F              | 33                          | Read_vout6[15:8]         |                 |
| 144             | 90              | 32                          | Read_vout6[7:0]          |                 |
| 145             | 91              | 31                          | Status_mfr5              |                 |
| 146             | 92              | 30                          | Status_vout5             |                 |
| 147             | 93              | 29                          | Read_vout5[15:8]         |                 |
| 148             | 94              | 28                          | Read_vout5[7:0]          |                 |
| 149             | 95              | 27                          | Status_mfr4              |                 |
| 150             | 96              | 26                          | Status_vout4             |                 |
| 151             | 97              | 25                          | Read_vout4[15:8]         |                 |
| 152             | 98              | 24                          | Read_vout4[7:0]          |                 |
| 153             | 99              | 23                          | Reserved                 |                 |
| 154             | 9A              | 22                          | Status_temp              |                 |
| 155             | 9B              | 21                          | Read_temperature_1[15:8] |                 |
| 156             | 9C              | 20                          | Read_temperature_1[7:0]  |                 |
| 157             | 9D              | 19                          | Status_mfr3              |                 |
| 158             | 9E              | 18                          | Status_vout3             |                 |
| 159             | 9F              | 17                          | Read_vout3[15:8]         |                 |
| 160             | A0              | 16                          | Read_vout3[7:0]          |                 |
| 161             | A1              | 15                          | Status_mfr2              |                 |
| 162             | A2              | 14                          | Status_vout2             |                 |
| 163             | A3              | 13                          | Read_vout2[15:8]         |                 |
| 164             | A4              | 12                          | Read_vout2[7:0]          |                 |
| 165             | A5              | 11                          | Reserved                 |                 |
| 166             | A6              | 10                          | Status_vin               |                 |
| 167             | A7              | 9                           | Read_vin[15:8]           |                 |
| 168             | A8              | 8                           | Read_vin[7:0]            |                 |
| 169             | A9              | 7                           | Status_mfr1              |                 |
| 170             | AA              | 6                           | Status_vout1             |                 |
| 171             | AB              | 5                           | Read_vout1[15:8]         |                 |
| 172             | AC              | 4                           | Read_vout1[7:0]          |                 |
| 173             | AD              | 3                           | Status_mfr0              |                 |
| 174             | AE              | 2                           | Status_vout0             |                 |
| 175             | AF              | 1                           | Read_vout0[15:8]         |                 |
| 176             | B0              | 0                           | Read_vout0[7:0]          |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ4                 | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 177             | B1              | 39                          | Status_mfr7              |                 |
| 178             | B2              | 38                          | Status_vout7             |                 |
| 179             | B3              | 37                          | Read_vout7[15:8]         |                 |
| 180             | B4              | 36                          | Read_vout7[7:0]          |                 |
| 181             | B5              | 35                          | Status_mfr6              |                 |
| 182             | B6              | 34                          | Status_vout6             |                 |
| 183             | B7              | 33                          | Read_vout6[15:8]         |                 |
| 184             | B8              | 32                          | Read_vout6[7:0]          |                 |
| 185             | B9              | 31                          | Status_mfr5              |                 |
| 186             | BA              | 30                          | Status_vout5             |                 |
| 187             | BB              | 29                          | Read_vout5[15:8]         |                 |
| 188             | BC              | 28                          | Read_vout5[7:0]          |                 |
| 189             | BD              | 27                          | Status_mfr4              |                 |
| 190             | BE              | 26                          | Status_vout4             |                 |
| 191             | BF              | 25                          | Read_vout4[15:8]         |                 |
| 192             | C0              | 24                          | Read_vout4[7:0]          |                 |
| 193             | C1              | 23                          | Reserved                 |                 |
| 194             | C2              | 22                          | Status_temp              |                 |
| 195             | C3              | 21                          | Read_temperature_1[15:8] |                 |
| 196             | C4              | 20                          | Read_temperature_1[7:0]  |                 |
| 197             | C5              | 19                          | Status_mfr3              |                 |
| 198             | C6              | 18                          | Status_vout3             |                 |
| 199             | C7              | 17                          | Read_vout3[15:8]         |                 |
| 200             | C8              | 16                          | Read_vout3[7:0]          |                 |
| 201             | C9              | 15                          | Status_mfr2              |                 |
| 202             | CA              | 14                          | Status_vout2             |                 |
| 203             | CB              | 13                          | Read_vout2[15:8]         |                 |
| 204             | CC              | 12                          | Read_vout2[7:0]          |                 |
| 205             | CD              | 11                          | Reserved                 |                 |
| 206             | CE              | 10                          | Status_vin               |                 |
| 207             | CF              | 9                           | Read_vin[15:8]           |                 |
| 208             | D0              | 8                           | Read_vin[7:0]            |                 |
| 209             | D1              | 7                           | Status_mfr1              |                 |
| 210             | D2              | 6                           | Status_vout1             |                 |
| 211             | D3              | 5                           | Read_vout1[15:8]         |                 |

## PMBus コマンドの説明

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ4         | ループにつき<br>40バイト |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 212             | D4              | 4                           | Read_vout1[7:0]  |                 |
| 213             | D5              | 3                           | Status_mfr0      |                 |
| 214             | D6              | 2                           | Status_vout0     |                 |
| 215             | D7              | 1                           | Read_vout0[15:8] |                 |
| 216             | D8              | 0                           | Read_vout0[7:0]  |                 |

| バイト番号<br>(10進数) | バイト番号<br>(16進数) | ループの<br>バイト<br>番号<br>(10進数) | データ・ループ5                 | ループにつき<br>40バイト   |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 217             | D9              | 39                          | Status_mfr7              |                   |
| 218             | DA              | 38                          | Status_vout7             |                   |
| 219             | DB              | 37                          | Read_vout7[15:8]         |                   |
| 220             | DC              | 36                          | Read_vout7[7:0]          |                   |
| 221             | DD              | 35                          | Status_mfr6              |                   |
| 222             | DE              | 34                          | Status_vout6             |                   |
| 223             | DF              | 33                          | Read_vout6[15:8]         |                   |
| 224             | E0              | 32                          | Read_vout6[7:0]          |                   |
| 225             | E1              | 31                          | Status_mfr5              |                   |
| 226             | E2              | 30                          | Status_vout5             |                   |
| 227             | E3              | 29                          | Read_vout5[15:8]         |                   |
| 228             | E4              | 28                          | Read_vout5[7:0]          |                   |
| 229             | E5              | 27                          | Status_mfr4              |                   |
| 230             | E6              | 26                          | Status_vout4             |                   |
| 231             | E7              | 25                          | Read_vout4[15:8]         |                   |
| 232             | E8              | 24                          | Read_vout4[7:0]          |                   |
| 233             | E9              | 23                          | Reserved                 |                   |
| 234             | EA              | 22                          | Status_temp              |                   |
| 235             | EB              | 21                          | Read_temperature_1[15:8] |                   |
| 236             | EC              | 20                          | Read_temperature_1[7:0]  |                   |
| 237             | ED              | 19                          | Status_mfr3              | 最後の有効フォールト・ログ・バイト |

| 予備バイト |    |  |      |   |
|-------|----|--|------|---|
| 238   | EE |  | 0x00 | バイトEE～FEは0x00を返しますが、読み出しを行う必要があります。                           |
| 239   | EF |  | 0x00 |   |
| 240   | F0 |  | 0x00 |   |
| 241   | F1 |  | 0x00 |   |
| 242   | F2 |  | 0x00 |   |
| 243   | F3 |  | 0x00 |   |
| 244   | F4 |  | 0x00 |   |
| 245   | F5 |  | 0x00 |   |
| 246   | F6 |  | 0x00 |   |
| 247   | F7 |  | 0x00 |   |
| 248   | F8 |  | 0x00 |   |
| 249   | F9 |  | 0x00 |   |
| 250   | FA |  | 0x00 |   |
| 251   | FB |  | 0x00 |   |
| 252   | FC |  | 0x00 |   |
| 253   | FD |  | 0x00 |   |
| 254   | FE |  | 0x00 |   |
|       |    |  |      | One Block Read コマンドを用いると、0x00から0xFEまでの255バイトを一括して読み出すことができます。 |

# LTC2978

## アプリケーション情報

### LTC2978の概要

LTC2978は、シーケンス制御、マーージニング、トリミング、出力電圧のOV/UV状態の監視、フォールト管理、および8個のDC/DCコンバータの電圧の読み取りが可能なパワーマネージメント・デバイスです。入力電圧および接合部温度の読み取りも可能です。検出抵抗の電圧の読み取りに奇数チャネルを設定することができます。SHARE\_CLK、FAULTB、CONTROLの各ピンを使用して、複数のLTC2978を同期させて同時に動作させることができます。LTC2978では、PMBus準拠のインタフェースとコマンド・セットが使用されます。

### LTC2978の給電

LTC2978は2つの方法で給電することができます。1つめは、V<sub>PWR</sub>ピンに4.5V～15Vの電圧を印加する方法です。図14参照。内部のリニア・レギュレータがV<sub>PWR</sub>の電圧を3.3Vに変換し、この電圧でLTC2978のすべての内部回路を駆動します。

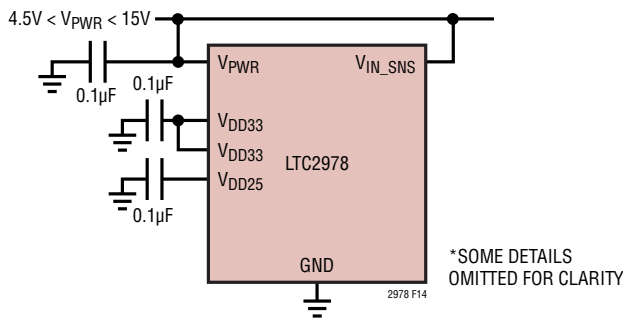


図14. 中間バスから直接LTC2978に給電

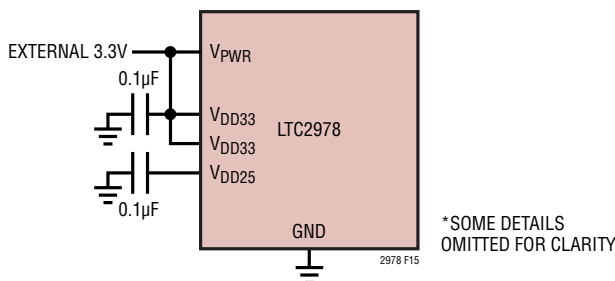


図15. 外部3.3V電源からLTC2978に給電

もう1つの方法として、3.3Vの外部電源から3.13V～3.47Vの電圧を使ってV<sub>DD33</sub>ピン(ピン16とピン17)に直接電力を供給することができます。V<sub>PWR</sub>をV<sub>DD33</sub>ピンに接続してください。図15参照。この方法を用いた場合、すべての機能を利用できます。V<sub>OUT\_EN</sub>[0:3]ピンおよびV<sub>SENSE</sub>ピンのバイアスに必要な、より高い電圧は、V<sub>DD33</sub>の電圧をチャージポンプすることによって生成されます。

### コマンド・レジスタの値の設定

ここに記載されているコマンド・レジスタの設定値は、ホスト・プロセッサの理解とソフトウェア開発が目的です。実際には、リニアテクノロジーのUSB to I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラと直感的なメニュー・ドリブン・オブジェクトを使用したソフトウェアGUIにより、LTC2978をスタンドアロン動作に完全に設定することができます。

### シーケンス、サーボ、マーージンおよびリスタート動作

#### コマンド・ユニットのオン/オフ

3つの制御パラメータ(CONTROLピン、OPERATIONコマンド、およびV<sub>IN\_SNS</sub>ピンで測定される入力電圧の値(V<sub>IN</sub>))により、特定のチャネルのオン/オフの方法が決定されます。どのような場合でも、開始をイネーブルするためにV<sub>IN</sub>はVIN\_ONを上回る必要があります。V<sub>IN</sub>がVIN\_OFFを下回ると、結果として全てのチャネルが直ちにシャットダウンします。ON\_OFF\_CONFIGコマンドの詳細説明についてはデータシートの「動作」を参照してください。

以下に標準的なオン/オフ設定のいくつかの例を示します。

1. DC/DCコンバータはV<sub>IN</sub>がVIN\_ONを超えたときはいつでもオンするように設定することができます。
2. DC/DCコンバータはOPERATIONコマンドを受け取ったときだけオンするように設定することができます。
3. DC/DCコンバータはCONTROLピンによってのみオンするように設定することができます。
4. DC/DCコンバータはOPERATIONコマンドを受け取ってCONTROLピンがアサートされたときだけオンす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

### オン・シーケンス

TON\_DELAY コマンドにより、オン・シーケンスの開始後 V<sub>OUT\_EN</sub> ピンによって DC/DC コンバータがイネーブルされるまでチャンネルが待機する時間が設定されます。DC/DC コンバータがイネーブルされていると、TON\_RISE コマンドにより、V<sub>DACP<sub>n</sub></sub> の出力がソフト接続されて DC/DC コンバータの出力が V<sub>OUT\_COMMAND</sub> ボルトまでサーボ制御されるまで LTC2978 が待機する時間が決定されます。TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT コマンドにより、DC/DC コンバータがイネーブルされてからフォルトが生じるまでの低電圧状態を許容できる時間が決定されます。TON\_MAX\_FAULT が生じると、チャンネルは、DC/DC コンバータをディスエーブルし、双方向の FAULTB ピンを使用してフォルトを別のチャンネルへ伝えるように設定することができます。CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンスを図 16 に示します。

### オン状態の動作

チャンネルがオン状態に達しているとき、OPERATION コマンドを使用して DC/DC コンバータの出力を上方マージン、下方マージンに設定するか、または V<sub>OUT\_COMMAND</sub> で示される公称出力電圧に戻すように指示することができます。DC/DC コンバータの出力を V<sub>OUT\_COMMAND</sub> 電圧に継続的に調整するようにチャンネルを設定するオプションもあります。または、チャンネルの V<sub>DACP<sub>n</sub></sub> 出力を高インピーダンス状態にすることにより、DC/DC コンバータの出力電圧を公称値 V<sub>DC(NOM)</sub> にすることができます。出力電圧のサーボ制御の設定方法の詳細については、MFR\_CONFIG\_LTC2978 コマンドを参照してください。

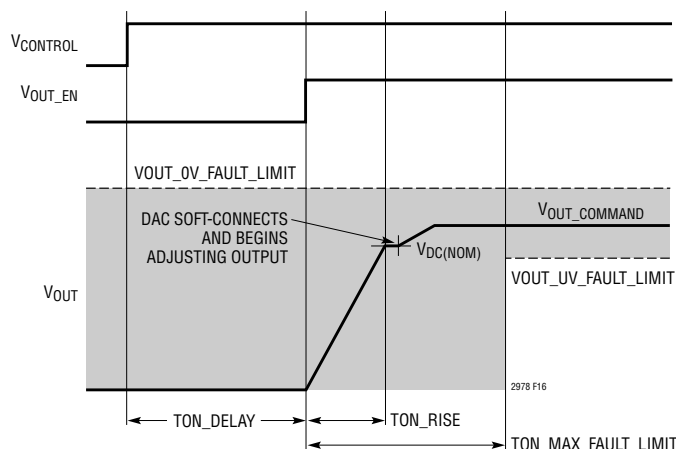


図 16. CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンス

### サーボ・モード

ADC、DAC および内部プロセッサは、いくつかの有用なモードで動作するように設定することができるデジタル・サーボ・ループを構成します。サーボの目的を一言で言えば、望ましい出力電圧を生成することにあります。

連続／不連続トリム・モード。MFR\_CONFIG\_LTC2978 b[7] の連続トリム・モードでは、サーボは V<sub>OUT</sub> の読み出しを行うたびに閉ループで DAC を更新します。更新周期は、信号が ADC の MUX を通過するのに要する時間 (通常 100ms) によって決まります。電気的特性の表の Note6 を参照してください。不連続トリム・モードでは、ADC が望みの出力電圧値を測定するまでサーボが DAC をドライブした後、DAC の更新を停止します。

不連続サーボ・オン警告モード。MFR\_CONFIG\_LTC2978 b[7] = 0, b[6] = 1。不連続モードでは、LTC2978 は、出力が OV または UV 警告リミットを超えた場合に出力の再トリム (再サーボ) を追加することができます。

### DAC モード

V<sub>DACP<sub>n</sub></sub> ピンをドライブする DAC は、複数の有用なモードで動作することができます。MFR\_CONFIG\_LTC2978 を参照。

- ソフト接続モード。リニアテクノロジーの特許であるソフト接続機能を用いることにより、DAC の出力は DC/DC の帰還ノードで電圧の 1LSB 以内でドライブされ、出力の過渡変動を防ぐことができます。このモードは、出力電圧をサーボ制御するときに用いられます。起動時、LTC2978 は TON\_RISE 期間が終了するのを待ってから、DAC を接続します。これが最も一般的な動作モードです。
- 切断モード。DAC 出力は高インピーダンス状態になります。
- ソフト接続による DAC マニュアル・モード。非サーボ・モード。DAC は帰還ノードにソフト接続されます。DAC コードが帰還ノードの電圧に一致するようにドライブされます。接続後、DAC は DAC コードをデバイスに書き込むことによって起動されます。
- ハード接続による DAC マニュアル・モード。非サーボ・モード。DAC は MFR\_DAC の値で帰還ノードに接続されます。接続後、DAC は DAC コードをデバイスに書き込むことによって起動されます。

## アプリケーション情報

### マージニング

LTC2978は、電流を帰還ノードまたはトリム・ピンに流入または流出させることによってDC/DCコンバータの出力を微調整します。マージニングのためのプリセットされた制限値はVOUT\_MARGIN\_HIGH/LOWレジスタに保存されます。マージニングはOPERATIONレジスタの適切なビットに書き込むことによって実行されます。

マージニングを行うためには、DACが接続されていなければなりません。DACが切断時にマージニングが必要になると、DACは強制的にソフト接続されます。上方/下方マージン状態にあるときはDACを切断することができません。DACはオン状態からのみ切断することができます。

### オフ・シーケンス

オフ・シーケンスは、CONTROLピンまたはOPERATIONコマンドを使用して開始されます。TOFF\_DELAYコマンドにより、オフ・シーケンスが開始されてから各チャネルのVOUT\_ENピンが“L”になってそのDC/DCコンバータがディスエーブルされるまでに経過する時間が決定されます。

### VOUTのオフ・スレッシュールド電圧

MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDコマンド・レジスタにより、チャネルのオン状態への移行/再移行が可能になる前に、出力電圧がそれより下に減衰する必要があるオフ・スレッシュールドを決定することができます。オフ・スレッシュールド電圧は、MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDとVOUT\_COMMANDを乗算することによって指定されます。オン状態への移行を試みる前に出力電圧がオフ・スレッシュールドより下に減衰していない場合、チャネルはオフのまま保たれ、STATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタの適切なビットがセットされ、ALERTBピンが“L”にアサートされます。出力電圧がオフ・スレッシュールドより下に減衰している場合は、チャネルはオン状態に移行できます。

### MFR\_RESTART\_DELAY コマンドとCONTROLnピンによる自動リスタート

自動リスタート・シーケンスは、CONTROLピンを10 $\mu$ s以上オフ状態にドライブした後、それを解放することによって開始することができます。自動リスタートは、特定のCONTROLピンに対応づけられるすべてのVOUT\_ENピンをMFR\_RESTART\_DELAY時間の間ディスエーブルし、次いですべてのDC/DCコンバータをそれぞれのTON\_DELAYに基づいて始動させます(図17参照)。VOUT\_EN<sub>n</sub>ピンはMFR\_CONFIG\_LTC2978コマンドによってCONTROLピンの1つに対応づけられます。この機能により、リセットしようとしているホストは、復旧後、電源を制御された方法で再起動することができます。

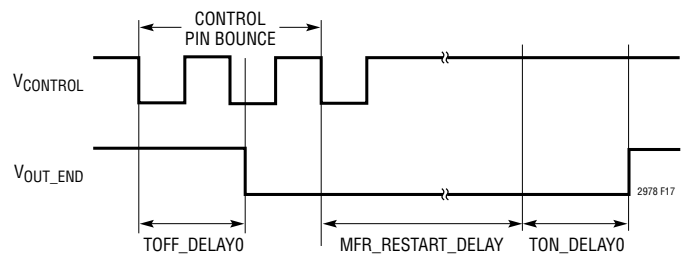


図17. 自動リスタートを使用したオフ・シーケンス

## フォールト管理

### VOUT OV/UVフォールト

高速電圧スーパーバイザのOVフォールト・スレッシュールドおよびUVフォールト・スレッシュールドは、それぞれVOUT\_OV\_FAULT\_LIMITコマンドおよびVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITコマンドを使用して設定されます。VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドおよびVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEコマンドにより、OV/UVフォールトに対する応答が決定されます。フォールト応答は、DC/DCコンバータを直ちにディスエーブルする、またはDC/DCコンバータをディスエーブルする前にある程度の期間フォールト状態が継続しているかどうかを確認するために待機する、またはフォールトしていてもDC/DCコンバータの動作を継続させるなどが可能です。DC/DCコンバータがディスエーブルされている場合、LTC2978はリトライまたはラッチオフに設定することができます。リトライ間隔はMFR\_RETRY\_DELAYコマンドを使用して規定され



## アプリケーション情報

ます。ラッチされたフォールトは、CONTROLピンのトグル、OPERATIONコマンドの使用、またはバイアス電圧( $V_{IN\_SNS}$ ピン)の切り離しと再印加によってリセットされます。フォールト状態および警告状態が生じたときは必ずALERTBピンが“L”にアサートされ、ステータス・レジスタの対応するビットがセットされます。CLEAR\_FAULTSコマンドにより、ステータス・レジスタの内容がリセットされ、ALERTB出力がデアサートされます。

### V<sub>OUT</sub> OV/UV 警告

OVおよびUV警告のスレッシュホールド電圧はLTC2978のADCによって処理されます。これらのスレッシュホールドは、それぞれVOUT\_OV\_WARN\_LIMITコマンドおよびVOUT\_UV\_WARN\_LIMITコマンドによって設定されます。警告が生じると、ステータス・レジスタの対応するビットがセットされ、ALERTB出力が“L”にアサートされます。警告によってVOUT\_EN出力ピンがDC/DCコンバータをディスエーブルすることは決してないことに注意してください。

### V<sub>IN</sub>\_EN 出力の設定

V<sub>IN</sub>\_EN出力を使用して、出力のOVフォールトまたはUVフォールトが生じたときに中間バス電圧をディスエーブルすることができます。MFR\_VINEN\_OV\_FAULT\_RESPONSEレジスタおよびMFR\_VINEN\_UV\_FAULT\_RESPONSEレジスタを使用して、VOUT\_OV/UVのフォールト状態に反応してV<sub>IN</sub>\_ENピンを“L”にアサートするように設定します。LTC2978が、フォールトオフ状態の後オン状態に再移行するように指示されると、V<sub>IN</sub>\_EN出力は“L”への引き下げを停止します。

チャージポンプで発生させた12Vへの5μAのプルアップもV<sub>IN</sub>\_EN出力で利用可能です。詳細については「動作」のMFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2978レジスタの説明を参照してください。

DC/DCコンバータの負荷をスタック・トップ・ゲートなどの致命的なフォールトから保護するために、V<sub>IN</sub>\_EN出力を使用して中間バスのSCRクローバをトリガするアプリケーション回路を図18に示します。

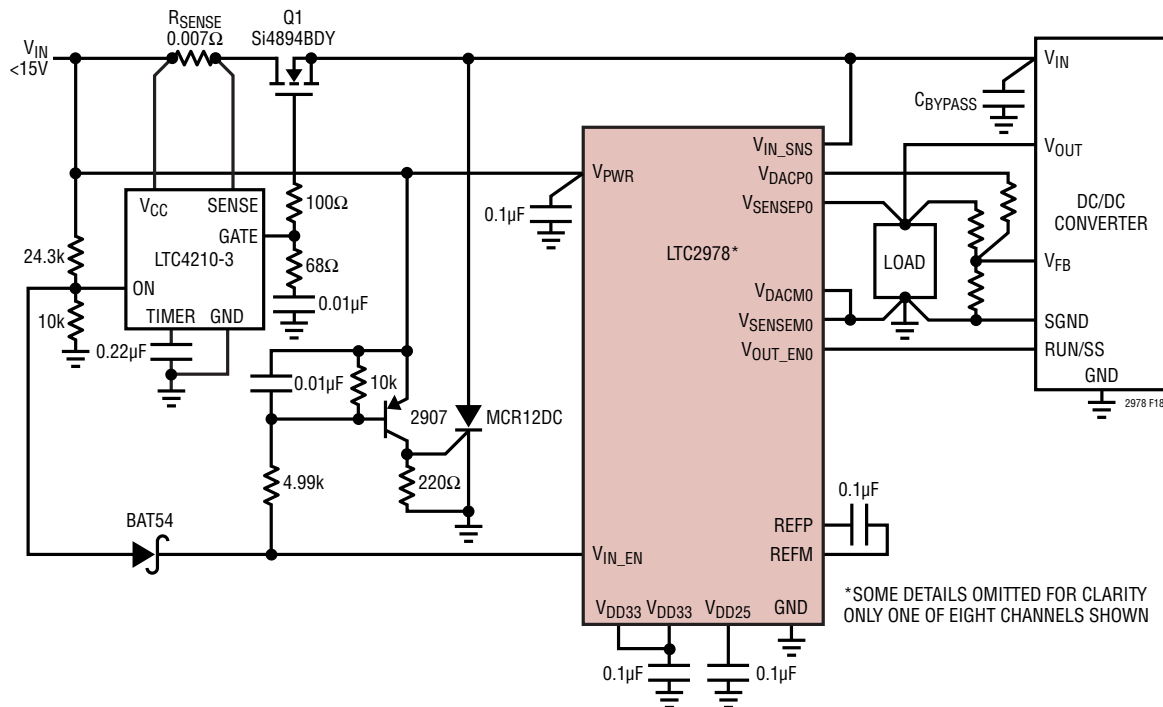


図18. 中間バス上でのクローバ保護機能を備えた LTC2978 の応用回路

アプリケーション情報

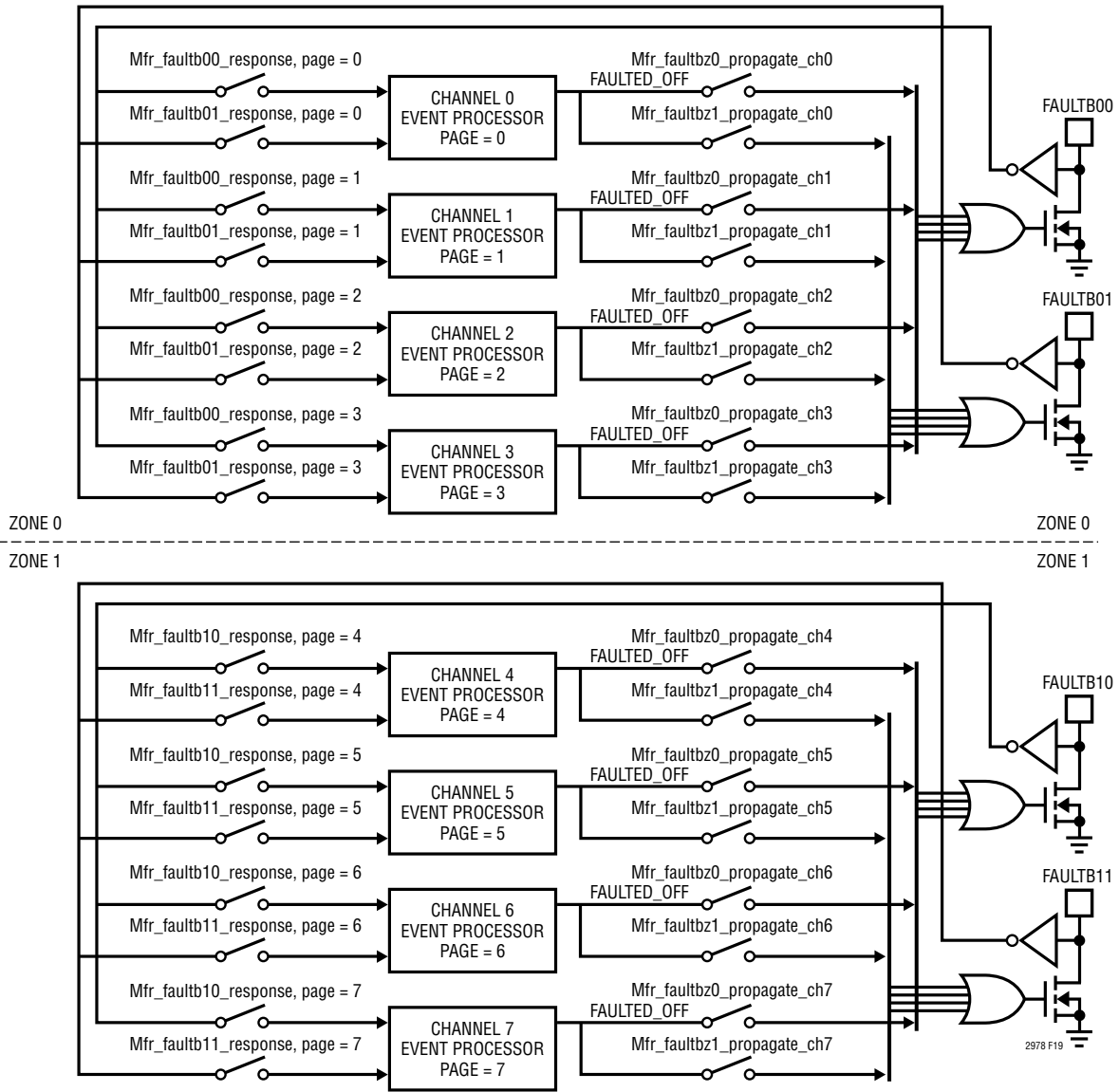


図 19. チャネルのフォールト管理のブロック図

## アプリケーション情報

### マルチチャンネルのフォールト管理

マルチチャンネルのフォールト管理は双方向のFAULTB<sub>zn</sub>ピンを使用して行われます。“z”は0または1のフォールト・ゾーンを示します。LTC2978には2つのフォールト・ゾーンがあります。各ゾーンには4つのチャンネルがあります。チャンネルとFAULTB<sub>zn</sub>ピンの接続を図19に示します。

- MFR\_FAULTB<sub>z0</sub>\_PROPAGATE コマンドはプログラマブル・スイッチのような動作をし、特定のチャンネル(PAGE)からのフォールトオフ状態をそのチャンネルのゾーンのいずれかのFAULTB<sub>zn</sub>出力に伝えることができます。MFR\_FAULTB<sub>zn</sub>\_RESPONSE コマンドは各チャンネルへの入力と同様なスイッチを制御し、ゾーン内のFAULTB<sub>zn</sub>ピンの任意の組み合わせにตอบสนองして任意のチャンネルをシャットダウンすることができます。FAULTB<sub>zn</sub>ピンの“L”状態にตอบสนองしているチャンネルは、フォールトを生じたチャンネルによってそのFAULTB<sub>zn</sub>ピンが解放されると、新しいスタート・シーケンスを試みます。
- フォールト・ゾーン間の依存関係を設定するには、フォールト・ピンを相互接続します。たとえば、FAULTB01をFAULTB10に接続します。どのチャンネルも別のどのチャンネルにも依存させることができます。フォールトオフした任意のチャンネルにตอบสนองして全てのチャンネルをディスエーブルするには、全てのFAULTB<sub>zn</sub>ピンを一緒に短絡し、全てのチャンネルに対してMFR\_FAULTB<sub>zn</sub>\_PROPAGATE = 0x01 および MFR\_FAULTB<sub>zn</sub>\_RESPONSE = 0x0Fを設定します。

- デグリッチの10μsの遅延後直ちにオフ・シーケンスを開始するため、外付けドライバによってFAULTB<sub>zn</sub>ピンを“L”にアサートすることもできます。

### 複数のLTC2978間の相互接続

複数のLTC2978の標準的な配列のピンを相互接続する方法を図20に示します。

- 全てのV<sub>IN\_SNS</sub>ラインは、V<sub>IN</sub>が検出されるポイントで、スター型接続を使用して相互接続します。CONTROLラインとOPERATIONコマンドを無視してV<sub>IN</sub>にだけ基づいてLTC2978を起動するようにON\_OFF\_CONFIGが設定されている場合、この相互接続によってタイミング誤差が最小限に抑えられます。タイミング誤差に敏感な複数デバイスのアプリケーションの場合、VIN\_ONスレッシュホールドおよびVIN\_OFFスレッシュホールドにตอบสนองしてSHARE\_CLKがオン/オフ・シーケンスを同期させることができるように、MFR\_CONFIG\_ALLレジスタのVin\_share\_enableビットを“H”に設定することを推奨します。
- 全てのV<sub>IN\_EN</sub>ラインを相互接続することにより、配列内のどのDC/DCコンバータの出力に選択されたフォールトが生じても共通入力スイッチをオフすることができます。

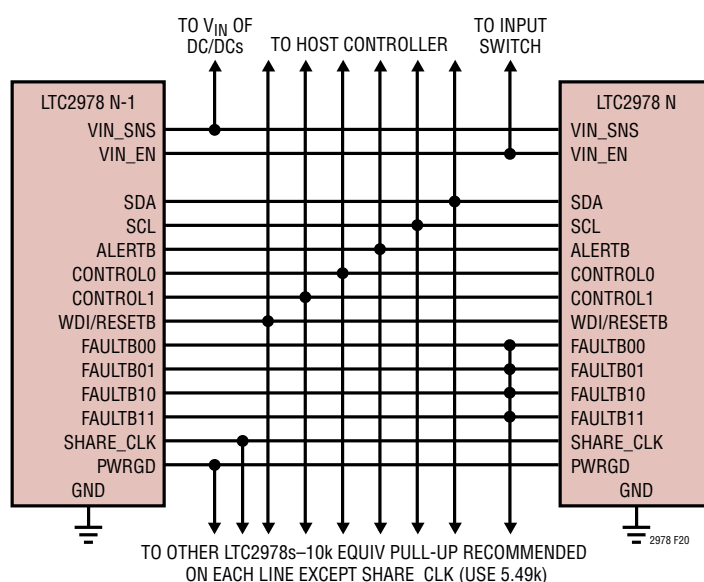


図20. 複数のLTC2978間の標準的な接続

## アプリケーション情報

- PMBus コンバータの配列では通常、ALERTB のラインは 1 本です。LTC2978 は、フォールトと警告の豊富な組み合わせを ALERTB ピンに伝えることができます。
- WDI/RESETB を使用して LTC2978 をパワーオン・リセット状態にすることができます。この状態にするには、WDI/RESETB を少なくとも  $t_{\text{RESETB}}$  の間“L”にします。
- FAULTB<sub>zn</sub> ラインを相互接続してフォールトの依存関係を設定することができます。図 20 は、どの FAULTB<sub>zn</sub> にフォールトが生じても他の全てが“L”になる構成を示しています。これは、どのチャンネルも起動しない場合にスタートアップ・シーケンスを中断する必要がある配列にとって有効です (図 21 を参照)。
- PWRGD には、MFR\_PWRGD\_EN コマンドによってマッピングされた出力の状態が反映されます。図 19 では全ての PWRGD ピンが相互接続されていますが、どの組み合わせを使用することもできます。PWRGD ピンの応答の待ち時間は、ADC MUX の設定条件に応じて 30ms ~ 185ms の範囲であることに注意してください。電気的特性の表の Note 6 を参照してください。

PWRGD の迅速なデアサートは V<sub>IN\_EN</sub> ピンと PWRGD ピンをワイヤ AND 接続することによって実現することができます。UV フォールトのスレッシュホールドを超えると、V<sub>IN\_EN</sub> ピンは“L”に引き下げられます (そのようにプログラムされていれば)。図 22 参照。

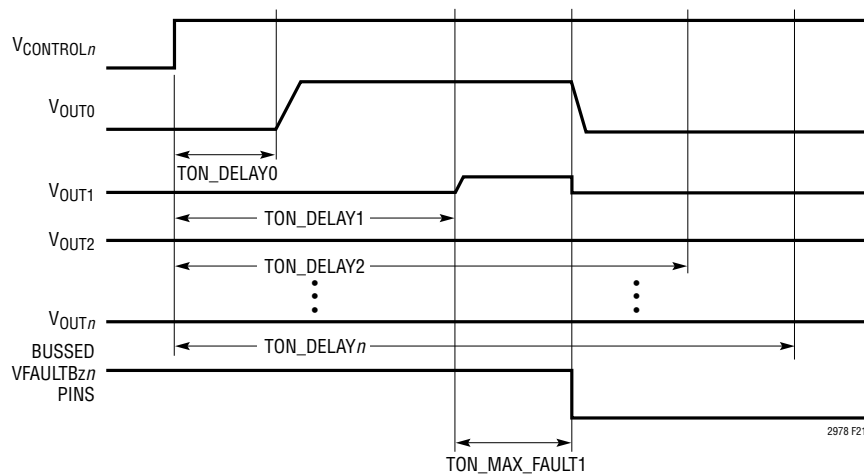


図 21. チャンネル1の短絡によるオン・シーケンスの中断

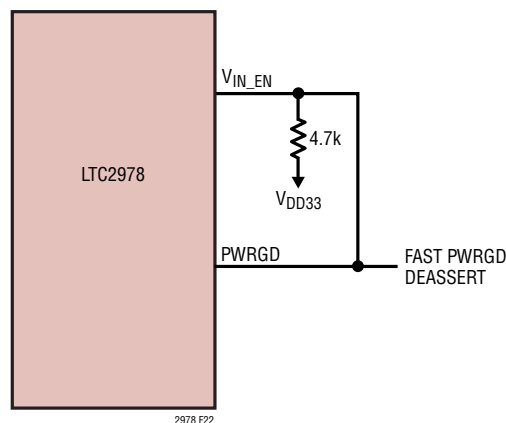


図 22. PWRGD のデアサート

## アプリケーション情報

### アプリケーション回路

#### 外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータのトリミングおよびマーージニング

外付け帰還ネットワークを使用した電源のトリミング/マーージニングの標準的なアプリケーション回路を図23に示します。VSENSEP0およびVSENSEM0の差動入力によって負荷電圧が直接検出され、閉ループ・サーボ・アルゴリズムによってVDACP0ピンとVDACM0ピンの間に補正電圧が生成されます。負荷に起因する接地誤差の影響を最小限に抑えるため、VDACM0はポイントオブロードGNDにケルビン接続されています。VDACP0出力は抵抗R30を介してDC/DCコンバータの帰還ノードに接続されています。この設定のためには、MFR\_CONFIG\_LTC2978のb[0]を0にしてください。

#### 外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータの4ステップの抵抗選択手順

以下の4ステップの手順を使用して、図23に示されているアプリケーション回路に必要な抵抗値を計算します。

1. 帰還抵抗R20とDC/DCコンバータの公称出力電圧V<sub>DC(NOM)</sub>の値を仮定し、R10を求めます。

LTC2978のVDACP0ピンが高インピーダンス状態の場合、V<sub>DC(NOM)</sub>はDC/DCコンバータの出力電圧になります。R10は、R20、V<sub>DC(NOM)</sub>、ループが安定化された状態のときの帰還ノードの電圧(V<sub>FB</sub>)、および帰還ノードの入力電流(I<sub>FB</sub>)と相関関係があります。

$$R10 = \frac{R20 \cdot V_{FB}}{V_{DC(NOM)} - I_{FB} \cdot R20 - V_{FB}} \quad (1)$$

2. DC/DCコンバータに必要な最大出力電圧V<sub>DC(MAX)</sub>を発生させるR30の値を求めます。

V<sub>DACP0</sub>が0Vのとき、DC/DCコンバータの出力は最大電圧になります。

$$R30 \leq \frac{R20 \cdot V_{FB}}{V_{DC(MAX)} - V_{DC(NOM)}} \quad (2)$$

3. DC/DCコンバータに必要な最小出力電圧V<sub>DC(MIN)</sub>を発生させるのに必要なV<sub>DACP0</sub>の最小値を求めます。

DACには、1.38Vと2.65Vの2つのフルスケール設定値があります。適切なフルスケール設定値を選択するためには、V<sub>DACP0(F/S)</sub>に必要な最小出力電圧を次のように計算します。

$$V_{DACP0(F/S)} > (V_{DC(NOM)} - V_{DC(MIN)}) \cdot \frac{R30}{R20} + V_{FB} \quad (3)$$

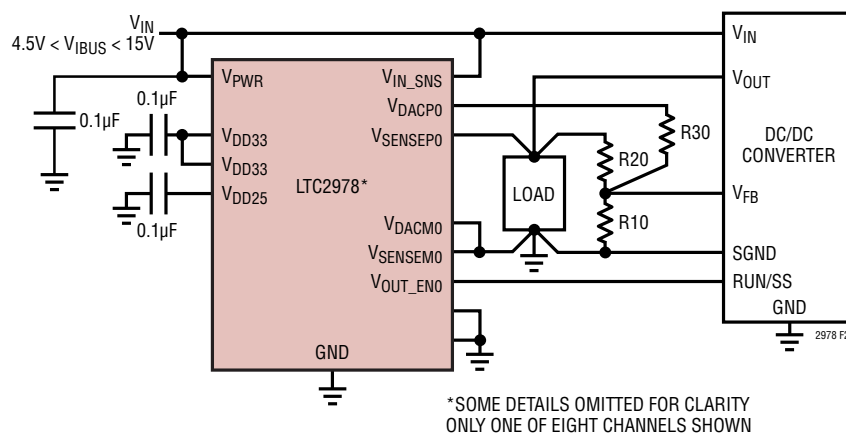


図23. 外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータのアプリケーション回路

## アプリケーション情報

4. DC/DCコンバータの出力電圧の最小値、公称値、および最大値と、これらの結果得られるマーージングの分解能を再計算します。

$$V_{DC(NOM)} = V_{FB} \cdot \left(1 + \frac{R20}{R10}\right) + I_{FB} \cdot R20 \quad (4)$$

$$V_{DC(MIN)} = V_{DC(NOM)} - \frac{R20}{R30} \cdot (V_{DACP0(F/S)} - V_{FB}) \quad (5)$$

$$V_{DC(MAX)} = V_{DC(NOM)} + \frac{R20}{R30} \cdot V_{FB} \quad (6)$$

$$V_{RES} = \frac{\frac{R20}{R30} \cdot V_{DACP0(F/S)}}{1024} \text{ V/DAC LSB} \quad (7)$$

### TRIMピンを使用したDC/DCコンバータのトリミングおよびマーージング

TRIMピンを使用したDC/DCコンバータ出力電圧のトリミング/マーージングの標準的なアプリケーション回路を図24に示します。LTC2978のV<sub>DACP0</sub>ピンは抵抗R30を介してTRIMピンに接続されており、V<sub>DACM0</sub>ピンはコンバータのポイントオブロード・グランドに接続されています。この設定のためには、MFR\_CONFIG\_LTC2978のDAC極性ビットMfr\_config\_dac\_polを1に設定してください。

TRIMピンを備えたDC/DCコンバータでは通常、TRIMピンと、V<sub>SENSEP</sub>ピンまたはV<sub>SENSEM</sub>ピンの間に外付け抵抗を接続することによって上方マーージンまたは下方マーージンが設

定されます。これらの抵抗とDC/DCコンバータの出力電圧のΔ%の変化の関係は、一般に以下のように表されます。

$$R_{TRIM\_DOWN} = \frac{R_{TRIM} \cdot 50}{\Delta_{DOWN}\%} - R_{TRIM} \quad (8)$$

$$R_{TRIM\_UP} = R_{TRIM} \cdot \left[ \frac{V_{DC} \cdot (100 + \Delta_{UP}\%)}{2 \cdot V_{REF} \cdot \Delta_{UP}\%} - \left( \frac{50}{\Delta_{UP}\%} \right) - 1 \right] \quad (9)$$

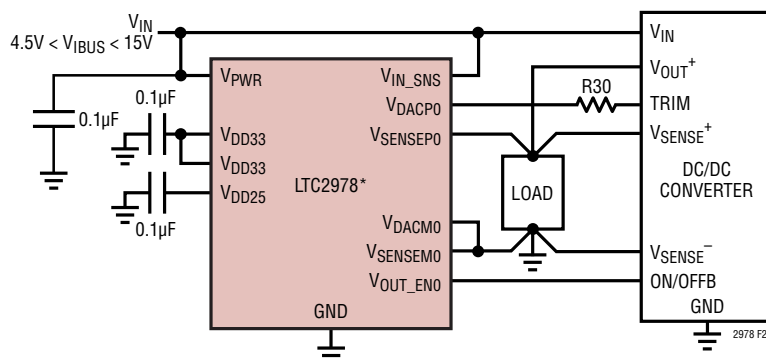
ここで、R<sub>TRIM</sub>はTRIMピンから見た抵抗、V<sub>REF</sub>はTRIMピンのオープン状態の出力電圧、V<sub>DC</sub>はDC/DCコンバータの公称出力電圧です。Δ<sub>UP</sub>%およびΔ<sub>DOWN</sub>%はそれぞれ、マーージンアップまたはマーージンダウン時のコンバータの出力電圧のパーセンテージの変化を示しています。

### TRIMピンを備えたDC/DCコンバータの2ステップの抵抗およびDACのフルスケール電圧の選択手順

以下の2ステップの手順を使用してR30の抵抗値と必要なDACのフルスケール電圧を計算します(図24を参照)。

1. R30を求めます。

$$R30 \leq R_{TRIM} \cdot \left( \frac{50 - \Delta_{DOWN}\%}{\Delta_{DOWN}\%} \right) \quad (10)$$



\*分りやすくするため、部分的に細部を省略してある  
8チャンネルのうちの1つだけが示されている

図24. トリム・ピンを使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

## アプリケーション情報

2.  $V_{DACP0}$ に必要な最大出力電圧を計算します。

$$V_{DACP0} \geq \left(1 + \frac{\Delta_{UP}\%}{\Delta_{DOWN}\%}\right) \cdot V_{REF} \quad (11)$$

Note: すべてのDC/DCコンバータがこれらのトリム式に従う訳ではありません。特に新しい製品はこのトリム式に従わないものが多くあります。リニアテクノロジーまたは販売代理店にお問い合わせください。

### 電流測定

奇数のADCチャンネルを使用して消費電流を測定することができます。電流測定と感度向上のためにADCを高分解能モードに設定します。このモードではOVフォールトもUVフォールトも警告も通知されませんが、11ビットの符号付き仮数と5ビットの符号付き指数のL11データ・フォーマットを使用したREAD\_VOUTコマンドからテレメトリが得られます。高分解能モードをイネーブルするためにMFR\_CONFIG\_LTC2978のビットb[9] = 1を設定します。このモードではVOUT\_ENピンは“L”にアサートされ、DC/DCコンバータの制御に使用できません。VDACP出力ピンも使用できません。

### センス抵抗による電流測定

センス抵抗による電流測定用回路を図25に示します。バランス・フィルタは、DC/DCコンバータの出力からの同相ノイズおよび差動モード・ノイズを除去します。フィルタは、DC/DCコンバータのインダクタと直列のセンス抵抗の両端に直接接続されます。電流検出入力はグラウンドより6V以上高くないように制限する必要があります。フィルタのコーナー周波数がDC/DCコンバータのスイッチング周波数の1/10以下になるように、 $R_{CM}$ と $C_{CM}$ を選択します。これにより、電圧リップルとフィルタによる遅延の間でうまくバランスをとった電流検出波形が得られます。 $R_{CM}$ を1k $\Omega$ にし、電流検出入力の内部抵抗による利得誤差を最小限に抑えることを推奨します。

### インダクタのDCRによる電流測定

図26はDCRによる電流検出を必要とするアプリケーション用の回路を示します。このようなアプリケーションでは、電流検出入力に見られるリップル電圧を最小にするために、2次のRCフィルタが必要です。電流検出入力の内部抵抗による利得誤差を最小限に抑えるために、抵抗 $R_{CM1}$ と $R_{CM2}$ には1k $\Omega$ の値が推奨されます。DCRとインダクタンスによって生成されるゼロをキャンセルするように容量 $C_{CM1}$ の値を選択します。すなわち、 $C_{CM1} = L / (DCR \cdot R_{CM1})$ を選択します。 $C_{CM2}$ の値は、第2段のコーナー周波数がDC/DCコンバータのスイッチング周波数の10分の1以下になるように選択されます。さらに、 $C_{CM2}$ はフィルタの第1段に大きな負荷がかかるのを防ぐために、 $C_{CM1}$ よりはるかに小さな値にしなければなりません。

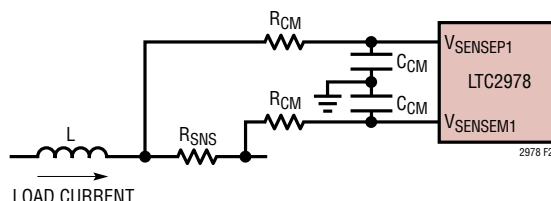


図25. センス抵抗による電流検出回路

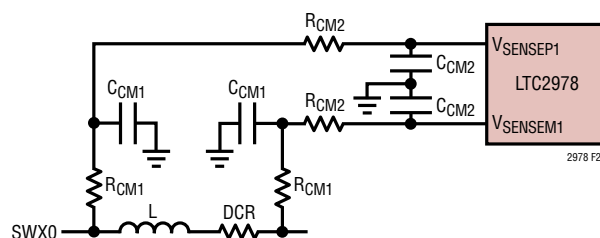


図26. DCRによる電流検出回路

## アプリケーション情報

### シングルフェーズの設計例

DCRによる電流検出のアプリケーションの回路設計例として、 $L = 2.2\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 10\text{m}\Omega$ 、および $F_{\text{SW}} = 500\text{kHz}$ を仮定します。

$R_{\text{CM}1} = 1\text{k}\Omega$ として $C_{\text{CM}1}$ の値を求めます。

$$C_{\text{CM}1} \geq \frac{2.2\mu\text{H}}{10\text{m}\Omega \cdot 1\text{k}\Omega} = 220\text{nF}$$

$R_{\text{CM}2} = 1\text{k}\Omega$ とします。2つめのポールを $F_{\text{SW}}/10 = 50\text{kHz}$ にするためには、 $C_{\text{CM}2}$ は次のようになります。

$$C_{\text{CM}2} \cong \frac{1}{2\pi \cdot 50\text{kHz} \cdot 1\text{k}\Omega} = 3.18\text{nF}$$

そこで、 $C_{\text{CM}2} = 3.3\text{nF}$ を選びます。 $C_{\text{CM}2}$ は $C_{\text{CM}1}$ よりはるかに小さな値なので、第2段フィルタの負荷が整合した第1段に与える影響は大きくありません。結果として、電流検出波形のフィルタを介した遅延時間定数は約 $3\mu\text{s}$ となります。

### マルチフェーズの電流測定

複数の位相をもつ電流検出アプリケーションには、RC平均化が用いられます。図27に3フェーズ・システム向けのDCRによる電流検出回路の例を示します。電流検出波形は $R_{\text{CM}2}$ と $C_{\text{CM}2}$ から成るフィルタの第2段に入る前に合体され、平均化されます。3つの位相に対する3本の $R_{\text{CM}1}$ 抵抗は並列に接続されているため、 $R_{\text{CM}1}$ の値は位相の数で乗算されなければなりません。また、DCRが実質的には並列接続であるため、 $\text{IOUT\_CAL\_GAIN}$ に対する値はインダクタのDCR値を位相の数で割った値に等しくなることに注意してください。正確な結果を得るためには、各インダクタのDC側から加算ノードへのPCB配線抵抗値のバランスが確保されるようにマルチフェーズ・インダクタのレイアウトに注意する必要があります。

### マルチフェーズの設計例

インダクタンスとDCRに前術の回路設計例と同じ値を使用し、 $C_{\text{CM}1}$ を $220\text{nF}$ のままにした場合、3フェーズDC/DCコンバータの $R_{\text{CM}1}$ 値は $3\text{k}\Omega$ となります。同様に、 $\text{IOUT\_CAL\_GAIN}$ の値は $\text{DCR}/3 = 3.33\text{m}\Omega$ となります。

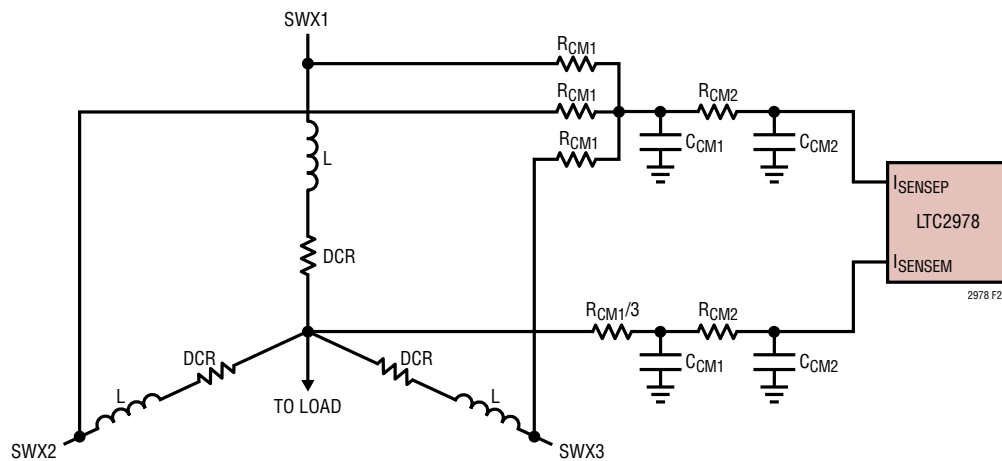


図27. マルチフェーズのDCRによる電流検出回路



## アプリケーション情報

### アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項

極端にノイズの多い環境では、LTC2978のADCの入力にアンチエイリアシング・フィルタが必要になることがあります。図28に示すR-C回路はほとんどの状況に適しています。R40 = R50 ≤ 200Ωを維持してADCの利得誤差を最小限に抑え、OV/UV スーパーバイザに対する応答時間を長くすぎないようにコンデンサC10およびC20の値を選択します。たとえば、τを約10μs (R = 100Ω、C = 0.10μF) にします。

### 負電圧の検出

LTC2978で負電源電圧(V<sub>EE</sub>)を検出するための回路を図29に示します。R1/R2の抵抗分割器が負電源電圧をLTC2978のV<sub>SENSE</sub>M1入力に変換し、一方、V<sub>SENSE</sub>EP1入力は標準

出力電圧が1.23VのREFPピンに接続されています。分圧器は、負電源電圧がそのPOWER\_GOOD\_ONスレッシュホールドに達したときに電圧検出入力に約0.5Vが生じるように構成する必要があります。その結果、V<sub>SENSE</sub>Mnピンから流出する電流は約1μAに抑えられます。POWER\_GOOD\_ONレジスタの値と対応する負電源電圧の値の関係は次式で与えられます。

$$V_{EE} = V_{REFP} - (\text{READ\_VOUT}) \cdot \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) - 1\mu\text{A} \cdot R_2$$

ここで READ\_VOUT は V<sub>SENSE</sub>EP - V<sub>SENSE</sub>M を返します。

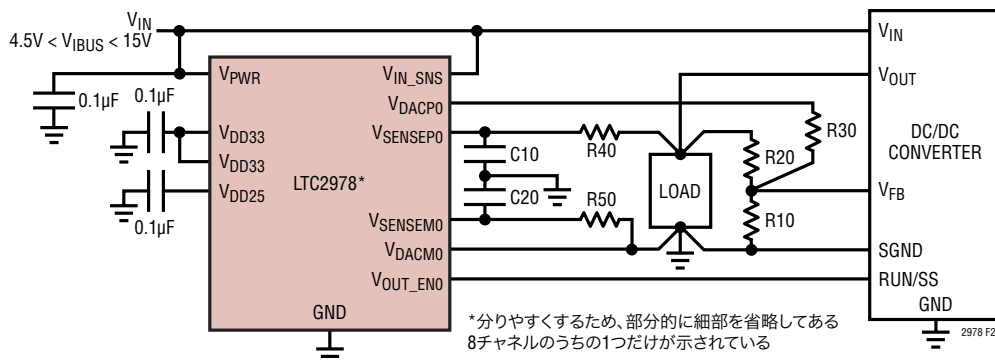


図28. V<sub>SENSE</sub>ラインのアンチエイリアシング・フィルタ

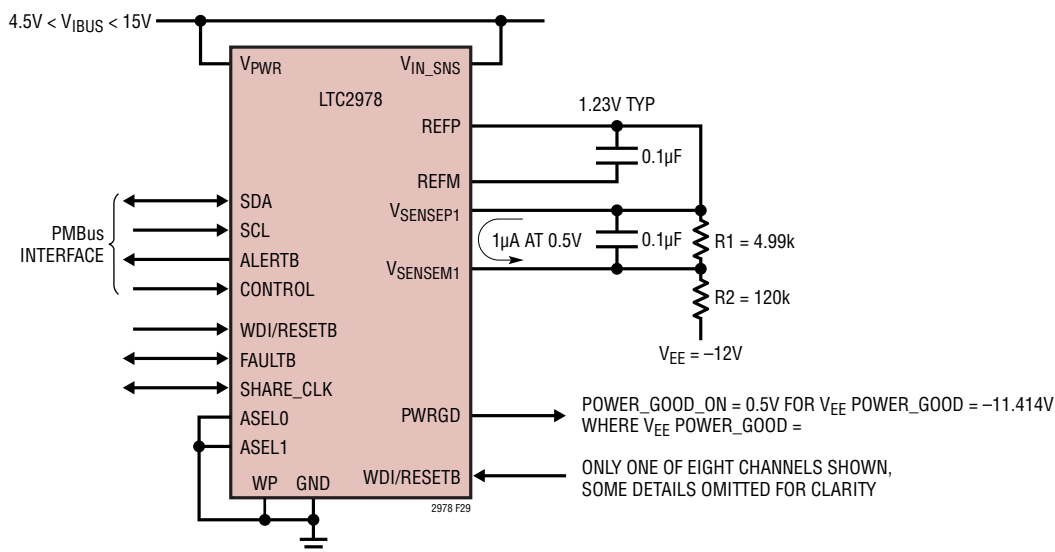


図29. 負電圧の検出回路

## アプリケーション情報

### USB-to-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラをシステム内の LTC2978 に接続

LTC の USB-to-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラは、プログラミング、テレメトリ、およびシステムのデバッグのために、ユーザーの基板上的 LTC2978 に接続することができます。このコントローラは、LTpowerPlay ソフトウェアと連携させて使用すると、電源システム全体をデバッグするための強力な手段を提供します。テレメトリ、フォールト状態レジスタ、およびフォールト・ログを用いることによって、迅速な故障診断を行います。最終設定を短時間で開発し、LTC2978 の EEPROM に格納することができます。

システム電源が存在するか否かに関係なく、LTC の I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラを介して1つまたは複数の LTC2978 に対する給電、プログラミングおよび通信を行う応用回路を図 30 と図 31 に示します。

図 30 は、LTC2978 が V<sub>PWR</sub> ピンを介してシステムの間接バスによって給電される場合の推奨回路図を示します。

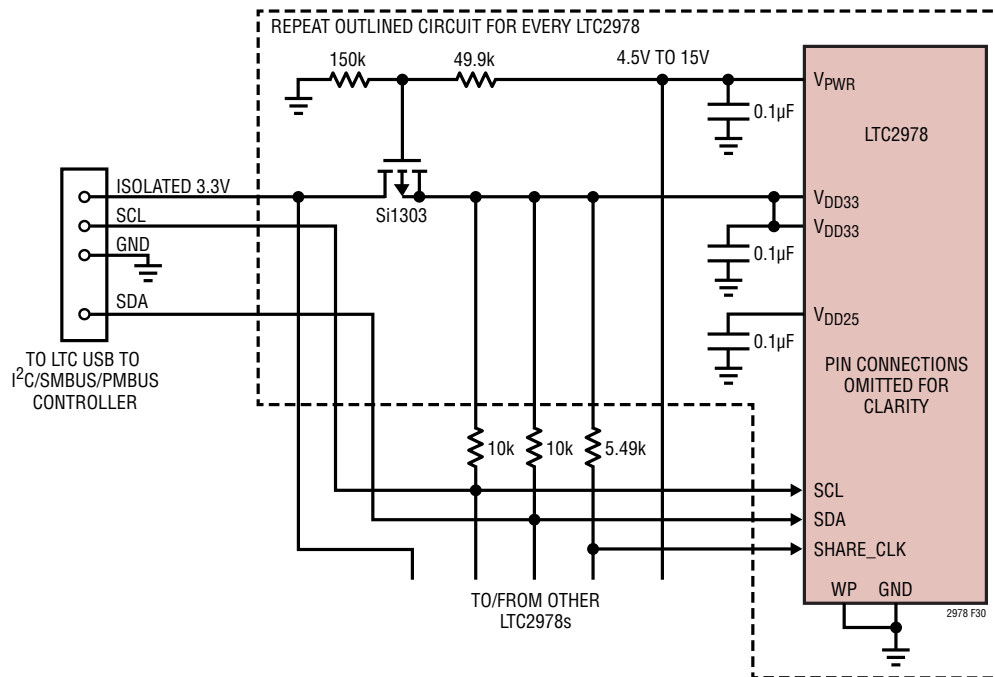


図 30. V<sub>PWR</sub> ピンを使用する場合の LTC コントローラの接続

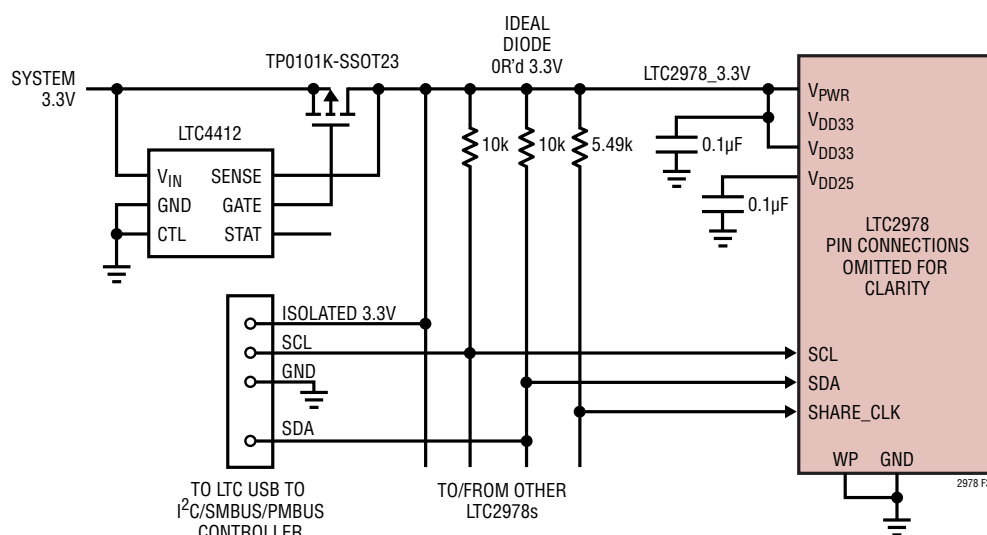
## アプリケーション情報

図31は、 $V_{DD33}$ ピンと $V_{PWR}$ ピンを介してシステムの3.3V電源電圧がLTC2978に供給される場合の推奨回路を示します。LTC4212を用いた理想OR接続回路により、コントローラまたはシステムのいずれかからLTC2978に給電することができます。

コントローラの電流供給能力が制限されているので、LTC2978とそれに関連したプルアップ抵抗およびI<sup>2</sup>C/SMBusのプルアップ抵抗だけが、OR接続された3.3V電源から給電されます。さらに、LTC2978とI<sup>2</sup>C/SMBusバス接続を共有しているデバイスはどれも、SDA/SCLピンとその $V_{DD}$ ノードの間

にボディ・ダイオードを持たないようにします。これは、システム電源が存在しないときにこのダイオードがバス通信を妨げるためです。

LTCのコントローラのI<sup>2</sup>C/SMBus接続はPCのUSBから光絶縁されています。コントローラからの3.3VとLTC2978の $V_{DD33}$ ピンは、これらの電圧を生成するLTCのLDOが逆ドライブされて10 $\mu$ A未満の電流しか流れないため、並列接続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。



Note: LTCのコントローラのI<sup>2</sup>C接続は光絶縁されている  
 コントローラからの絶縁された3.3Vは逆ドライブが可能で、10 $\mu$ A未満の電流しか流れない  
 絶縁された3.3V電源の電流制限値 = 100mA

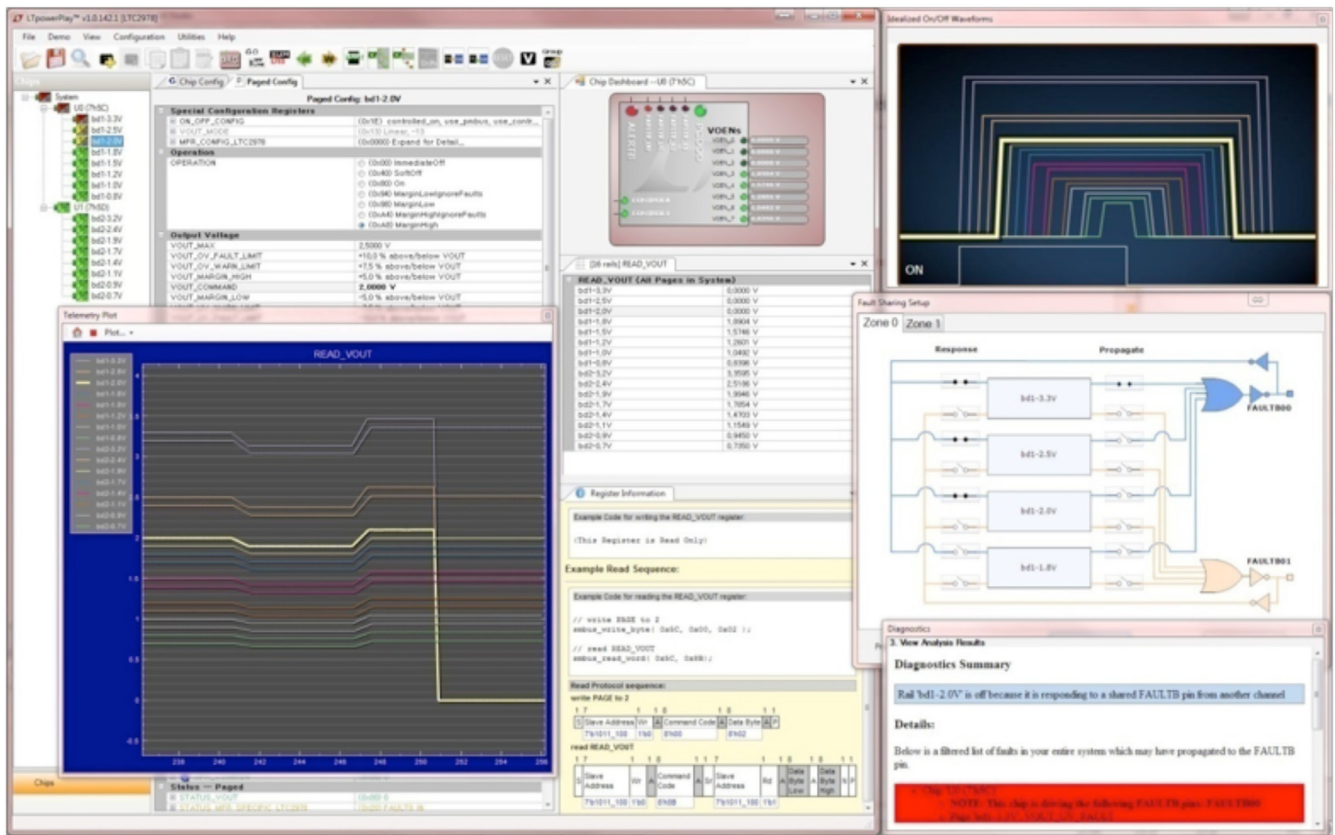
図31. LTC2978が外部の3.3Vから直接給電されているときのLTCコントローラの接続

## アプリケーション情報

### LTpowerPlay: デジタル電源向け対話型グラフィカル・ユーザー・インタフェース(GUI)

LTpowerPlayは強力なWindowsベースの開発環境で、LTC2978オクタール・デジタル電源マネージャを含むリニアテクノロジーのEEPROM内蔵デジタル電源ICをサポートします。このソフトウェアは様々なタスクをサポートします。ユーザーはリニアテクノロジーのICをデモボード・システムに接続し、LTpowerPlayを使って様々な評価を行うことができます。LTpowerPlayは、保存しておいて後で再ロードできる多数のデバイスの設定ファイルを作成するために、オフライン・モード(ハードウェアが存在しない)でも使用可能です。LTpowerPlayは従来なかった診断機能とデバッグ機能を備えています。これは、ボード開発時に貴重な診断ツールとな

り、システム内の電源管理回路のプログラムや微調整または電源レール立ち上げ時の電力の問題の診断を行います。LTpowerPlayはリニアテクノロジーのUSB-to-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラを利用して、DC1540デモボード・セット、DC1508ソケット付きプログラミング・ボード、顧客のターゲット・システムなど、多くの潜在的ターゲットの1つと通信します。また、このソフトウェアは、デバイスのドライバやドキュメントを最新の状態に維持する自動更新機能も備えています。LTpowerPlayでは、いくつかの指導用デモに加えて、ユーザーの疑問に答える多数のヘルプを利用することができます。詳細な情報はWebサイト[www.linear-tech.co.jp/ltpowerplay](http://www.linear-tech.co.jp/ltpowerplay)をご覧ください。



## アプリケーション情報

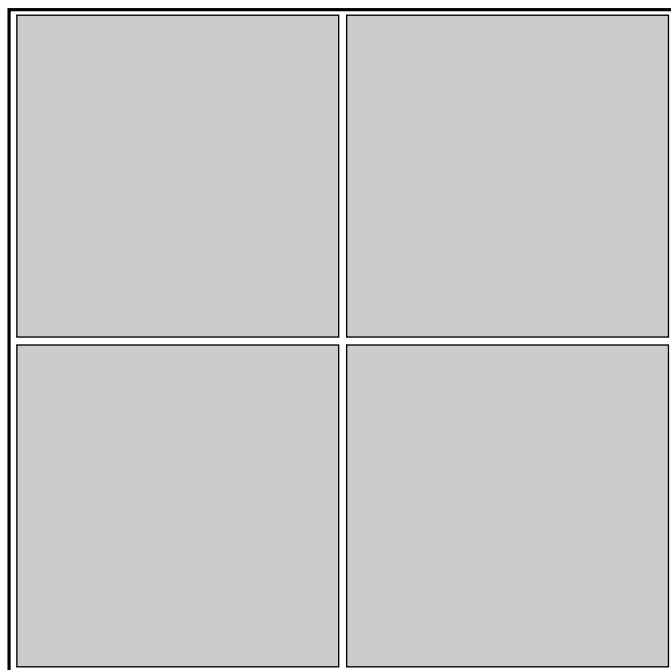
### PCBのアセンブリとレイアウトに関する推奨事項

#### バイパス・コンデンサの配置

LTC2978は、 $V_{DD33}$ ピンとGNDの間、 $V_{DD25}$ ピンとGNDの間、REFPピンとREFMピンの間にそれぞれ $0.1\mu\text{F}$ のバイパス・コンデンサを必要とします。デバイスが $V_{PWR}$ 入力から電力を供給されている場合には、このピンも $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサによってGNDにバイパスします。効果を上げるため、これらはX5RやX7Rなどの高品質セラミック誘電体を使ったコンデンサである必要があります、できるだけデバイスに近づけて配置します。

#### 露出パッド・ステンシルの設計

LTC2978のパッケージは熱的にも電気的にも高効率です。これは、パッケージの下側の露出したダイアタッチ・パッドによって実現され、このパッドはPCBまたはマザーボードの基板に



2978 F32

図32. ダイアタッチ・パッドの推奨スクリーン・パターン

半田付けする必要があります。露出パッドの接続面内でのボイドの発生を最小限に抑えるのが有効な方法です。全てのボイドを除去するのは困難ですが、露出パッド・ステンシルの設計が鍵になります。推奨するスクリーン印刷パターンを図32に示します。推奨するステンシルの設計により、リフロー時に半田ペーストのガス抜きを行うとともに半田仕上げ厚を一定にすることができます。

#### PC基板のレイアウト

PC基板に対する機械的応力や半田付けに起因する応力により、LTC2978のリファレンス電圧と電圧ドリフトがシフトすることがあります。これらの応力に起因するシフトを低減するシンプルな方法は、デバイスをPC基板の短辺付近に配置することです。基板の辺は応力境界として機能します。つまり、基板のたわみが最小になる部分です。

#### 未使用のADC検出入力

未使用のADC検出入力( $V_{SENSEn}$ または $V_{SENSEMn}$ )はすべてGNDに接続してください。これらの入力を取り外し可能なカードに接続されていて、かつ、ある状況でフローティング状態のままになる可能性があるシステムでは、これらの入力は $100\text{k}$ 抵抗を使ってGNDに接続する必要があります。この $100\text{k}$ の抵抗は図33に示すように、あらゆるフィルタ素子の手前に接続し、フィルタが負荷となることを防ぎます。

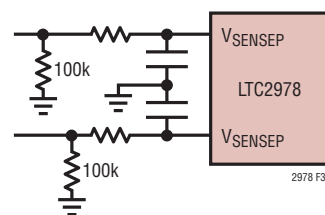
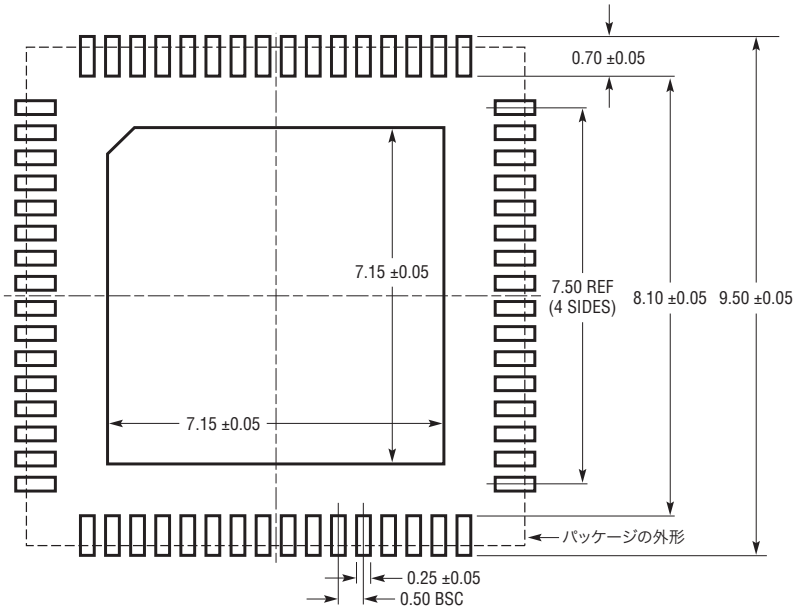


図33. 未使用入力をGNDに接続

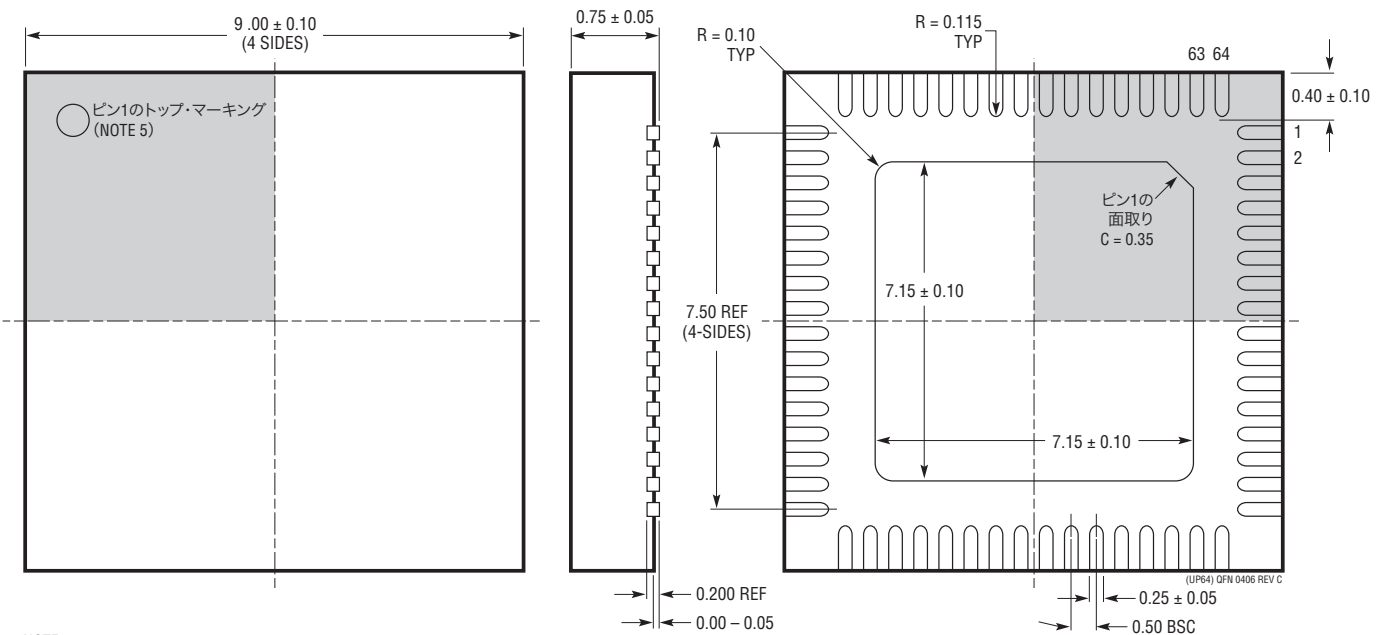
## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

### UPパッケージ 64ピン・プラスチックQFN(9mm×9mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1705 Rev C)



推奨する半田パッドのピッチと寸法  
半田付けされない領域には半田マスクを使用する



底面図－露出パッド

- NOTE:
1. 図面はJEDECのパッケージ外形MO-220バリエーション(WNJR-5)に適合
  2. すべての寸法はミリメートル
  3. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない  
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.20mmを超えないこと
  4. 露出パッドは半田メッキとする
  5. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない
  6. 図は実寸とは異なる

## 改訂履歴 (改訂履歴は Rev B から開始)

| REV | 日付    | 概要   | ページ番号                            |
|-----|-------|--|----------------------------------|
| B   | 10/11 | 全セクションを改訂  | 1～80                             |
| C   | 3/12  | 「MFR_CONFIG」を「MFR_CONFIG_LTC2978」に変更<br>「EEPROM 関連コマンド」の「備考」欄の「データ・ログ」を「フォールト・ログ」に変更<br>ON_OFF_CONFIG コマンドの説明を詳細化<br>「未使用の ADC 検出入力」セクションを追加<br>図 33 を図 34 に番号付け替え | 19、23、42<br>23<br>31<br>77<br>80 |

## 標準的応用例

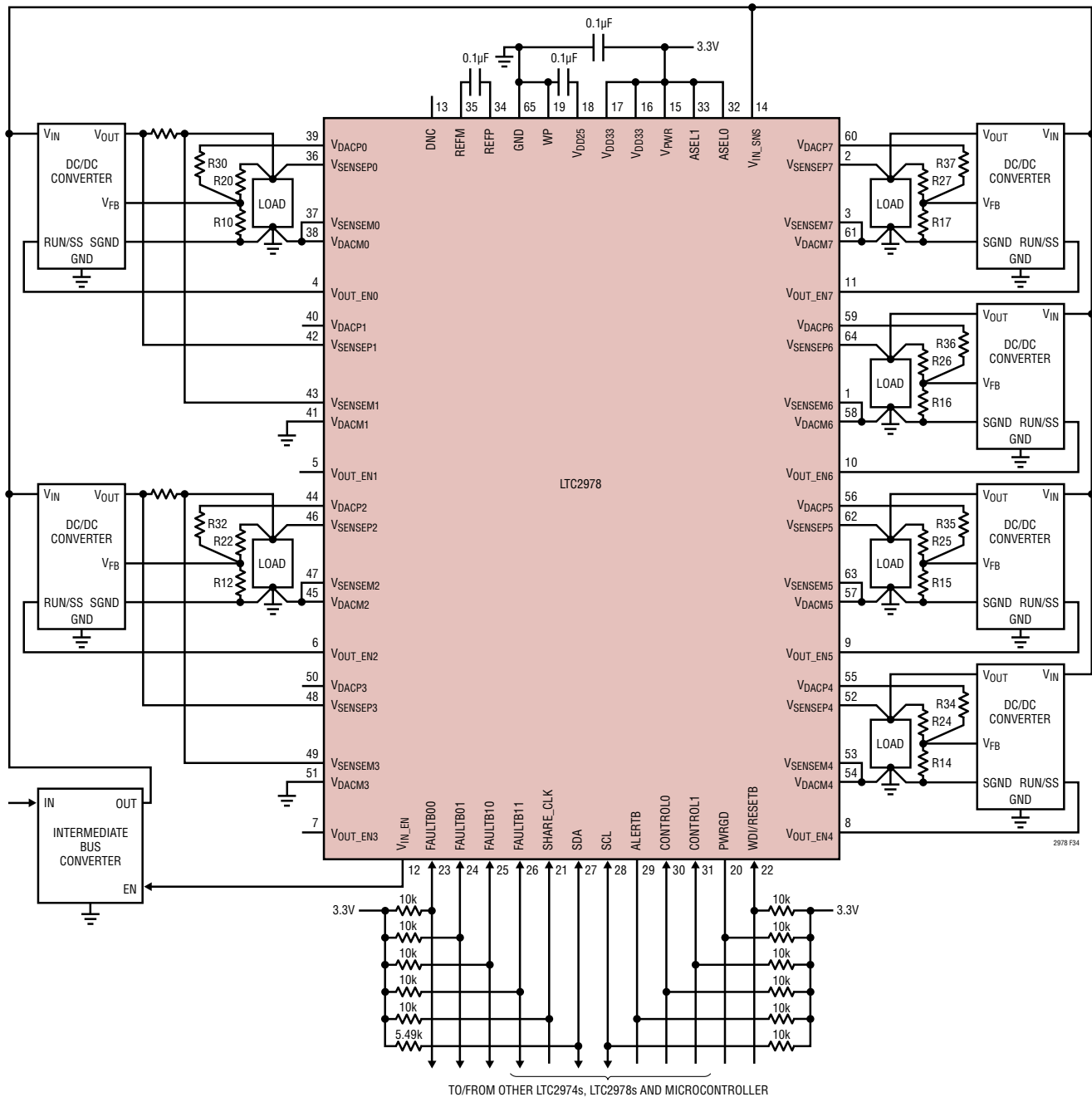


図34. 3.3Vのデバイス電源を備えたLTC2978 アプリケーション回路

## 関連製品

| 製品番号    | 説明  | 注釈         |
|---------|---|------------|
| LTC2970 | デュアルI <sup>2</sup> C電源モニタおよびマージニング・コントローラ                           |            |
| LTC2974 | EEPROM付きクワッド・デジタル電源マネージャ  | 正確な電流測定と監視 |
| LTC3880 | デジタル・パワー・システム・マネジメントを搭載したデュアル出力PolyPhase <sup>®</sup> 降圧DC/DCコントローラ |            |