

## 設定可能なパワーグッド出力を特長とする 2チャンネルPMBusパワーシステム・マネージャ

### 特長

- 2つの電源のシーケンス制御、調整、マーージニング、および監視
- フォルトの管理、遠隔測定値のモニタ
- PMBus準拠のコマンド・セット
- LTpowerPlay® GUIでサポート
- 電源のマーージニングまたは調整の精度:目標値の0.25%以内
- 入力電流をモニタ(±1%)してエネルギーを蓄積
- チャンネルごとの高速OV/UVスーパーバイザ
- 複数のアナログ・デバイゼス PSM デバイスにまたがるシーケンシングとフォルト管理の連携
- 内蔵のEEPROMへの自動フォルト・ログ機能
- ソフトウェア追加不要の自律動作
- 構成可能なパワーグッド出力ピン
- 出力電圧、出力電流、温度、入力電圧、入力電流の正確なモニタ
- 1.8V~3.3VのI<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・インタフェース
- レギュレータのIMONピンに直接接続
- 3.3Vまたは4.5V~15Vの電源で動作可能
- 44ピン6mm × 7mm QFNパッケージで供給可能

### アプリケーション

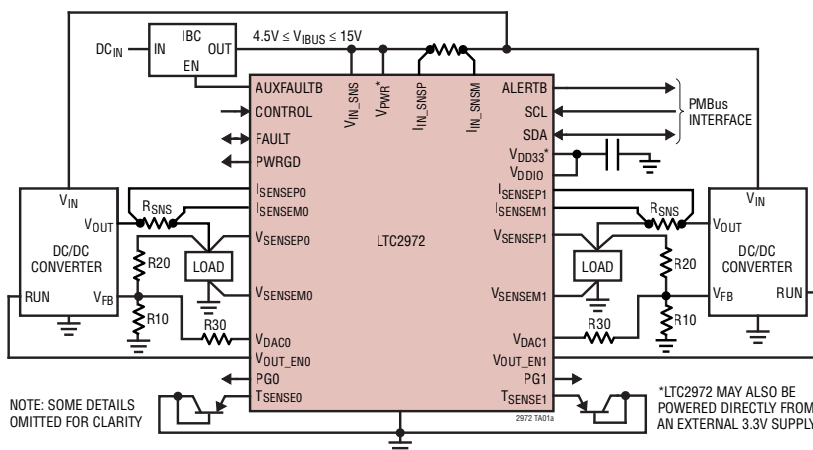
- コンピュータおよびネットワーク・サーバ
- 産業用テスト装置および測定装置
- 高信頼性システム
- ビデオおよび医療用画像処理

### 概要

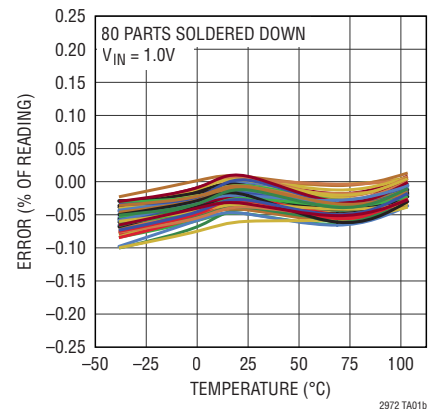
LTC®2972は、2チャンネルのパワーシステム・マネージャで、シーケンス制御、調整(サーボ制御)、監視、フォルトの管理、遠隔測定の実行、およびフォルト・ログの作成を行うために使用します。PMBusコマンドは、電源シーケンシング、高精度のポイントオブロード電圧調整およびマーージニングをサポートしています。D/Aコンバータは、独自のソフト接続アルゴリズムを使用して、電源の障害を最小限に抑えます。監視機能に含まれるのは、2つの電源出力チャンネルの過電圧、低電圧、および温度に関するしきい値制限、更には1つの電源入力チャンネルの過電圧および低電圧しきい値制限です。プログラム可能なフォルト応答により電源をディスエーブルできますが、フォルトが検出された後に再試行を任意で選択可能です。電源をディスエーブルするフォルトが発生すると、フォルト状態と関連の遠隔測定データをブラック・ボックスEEPROMに保存する機能を自動的に起動できます。内蔵の16ビットA/Dコンバータは、2つの出力電圧、2つの出力電流、2つの外部温度、入力電圧、入力電流、およびダイ温度をモニタします。また、入力電力、エネルギー、および出力電力も計算されます。プログラム可能なウォッチドッグ・タイムは、マイクロプロセッサの動作が膠着状態であるかどうかをモニタし、必要に応じてマイクロプロセッサをリセットします。1線式バスは、アナログ・デバイゼスの複数のパワーシステム・マネージメント(PSM)デバイスにわたって電源を同期します。ECC機能を備えた環境設定EEPROMにより、ソフトウェアを追加せずに自律動作がサポートされます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7382303、7420359、8648623、8920026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



閉ループのサーボ制御誤差と温度



## 目次

特長 .....	1	入力電圧コマンドとリミット .....	47
アプリケーション .....	1	VIN_ON、VIN_OFF、VIN_OV_FAULT_LIMIT、VIN_OV_WARN_LIMIT、	
標準的応用例 .....	1	VIN_UV_WARN_LIMIT、VIN_UV_FAULT_LIMIT .....	48
概要 .....	1	入力電流とエネルギー .....	48
絶対最大定格 .....	4	エネルギーの測定と通知 .....	48
発注情報 .....	4	MFR_EIN .....	48
ピン配置 .....	4	MFR_EIN_CONFIG .....	49
電気的特性 .....	5	MFR_IIN_CAL_GAIN .....	50
PMBusのタイミング図 .....	10	MFR_IIN_CAL_GAIN_TC .....	50
標準的性能特性 .....	11	MFR_CLEAR_ENERGY .....	50
ピン機能 .....	15	出力電圧コマンドとリミット .....	51
ブロック図 .....	17	VOUT_MODE .....	51
動作 .....	18	VOUT_COMMAND、VOUT_MAX、VOUT_MARGIN_HIGH、	
LTC2972の動作の概要 .....	18	VOUT_MARGIN_LOW、VOUT_OV_FAULT_LIMIT、	
EEPROM .....	19	VOUT_OV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_WARN_LIMIT、	
AUXFAULTB .....	19	VOUT_UV_FAULT_LIMIT、POWER_GOOD_ON および	
RESETB .....	19	POWER_GOOD_OFF .....	52
VDDIO .....	19	MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD .....	52
PMBusシリアル・デジタル・インタフェース .....	20	MFR_DAC_STARTUP .....	52
PMBus .....	20	MFR_DAC .....	52
デバイス・アドレス .....	20	出力電流コマンドとリミット .....	53
処理コマンド .....	20	IOUT_CAL_GAIN および IOUT_CAL_OFFSET .....	53
アドレス指定および書き込み保護 .....	30	IOUT_OC_WARN_LIMIT .....	53
PAGE .....	30	MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC .....	53
WRITE_PROTECT .....	31	外部温度コマンドとリミット .....	54
書き込み保護 (WP) ピン .....	31	OT_FAULT_LIMIT、OT_WARN_LIMIT、UT_WARN_LIMIT、	
MFR_PAGE_FF_MASK .....	32	UT_FAULT_LIMIT .....	55
MFR_I2C_BASE_ADDRESS .....	32	MFR_TEMP_1_GAIN および MFR_TEMP_1_OFFSET .....	55
MFR_COMMAND_PLUS .....	32	MFR_T_SELF_HEAT、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV、および	
MFR_DATA_PLUS0 および MFR_DATA_PLUS1 .....	32	MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA .....	55
MFR_STATUS_PLUS0 および MFR_STATUS_PLUS1 .....	32	シーケンス・タイミングのリミットとクロックの共有 .....	57
コマンド・プラスおよび MFR_DATA_PLUS0 を使用した		TON_DELAY、TON_RISE、TON_MAX_FAULT_LIMIT、および	
フォルト・ログの読み出し .....	34	TOFF_DELAY .....	57
MFR_COMMAND_PLUS および MFR_DATA_PLUS0 を使用した		ウォッチドッグ・タイマおよびパワージェット .....	58
エネルギーの読み出し .....	34	MFR_RESTART_DELAY .....	58
MFR_DATA_PLUS0 を使用したピーク操作 .....	34	クロックの共有 .....	58
ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル .....	35	MFR_PG_CONFIG .....	59
Mfr_data_plus0 を使用したポーク操作 .....	35	MFR_PG_GPO .....	61
MFR_DATA_PLUS1 を使用したコマンド・プラス操作 .....	35	MFR_PWRGD_EN .....	61
オン/オフ制御、マージニング、および設定 .....	35	MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY .....	61
OPERATION .....	36	ウォッチドッグの動作 .....	62
ON_OFF_CONFIG .....	37	MFR_WATCHDOG_T_FIRST と MFR_WATCHDOG_T .....	62
MFR_CONFIG_LTC2972 .....	37	フォルト応答 .....	62
時間ベースのシーケンス・オフを備えたカスケード・		ラッチされたフォルトのクリア .....	63
シーケンス・オン .....	39	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE と VOUT_UV_FAULT_RESPONSE .....	63
MFR_CONFIG2_LTC2972 .....	40	OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE、	
MFR_CONFIG3_LTC2972 .....	40	VIN_OV_FAULT_RESPONSE、および VIN_UV_FAULT_RESPONSE .....	64
トラッキング電源のオンとオフ .....	41	TON_MAX_FAULT_RESPONSE .....	64
トラッキングの実装 .....	41	MFR_RETRY_DELAY .....	65
MFR_CONFIG_ALL_LTC2972 .....	43	MR_RETRY_COUNT .....	65
ユーザーのEEPROM領域のプログラミング .....	45	共有される外部フォルト .....	66
STORE_USER_ALL と RESTORE_USER_ALL .....	45	MFR_FAULTB0_PROPAGATE および MFR_FAULTB1_PROPAGATE .....	66
ユーザーのEEPROM領域の一括プログラミング .....	45	MFR_FAULTB0_RESPONSE および MFR_FAULTB1_RESPONSE .....	66
MFR_EE_UNLOCK .....	46	フォルトの警告および状態 .....	67
MFR_EE_ERASE .....	46	CLEAR_FAULTS .....	67
MFR_EE_DATA .....	46	STATUS_BYTE .....	68
デバイスがビジーな場合の応答 .....	47	STATUS_WORD .....	68
MFR_EEの消去および書き込みのプログラム時間 .....	47	STATUS_VOUT .....	69

## 目次

STATUS_IOUT .....	69	コマンドによるデバイスのオンまたはオフ .....	91
STATUS_INPUT .....	69	オン・シーケンス .....	92
STATUS_TEMPERATURE.....	70	オン状態の動作.....	92
STATUS_CML.....	70	サーボ・モード .....	92
STATUS_MFR_SPECIFIC.....	71	DACモード .....	92
MFR_PADS.....	71	マーゼニング .....	93
MFR_COMMON.....	72	オフ・シーケンス.....	93
MFR_STATUS_2.....	73	V <sub>OUT</sub> オフしきい値電圧 .....	93
MFR_FIRST_FAULT .....	73	MFR_RESTART_DELAY コマンドと CONTROL ピンを介した	
遠隔測定値 .....	74	自動再起動.....	93
READ_VIN .....	74	フォルト管理.....	94
READ_IIN .....	74	出力電圧の過電圧フォルトおよび低電圧フォルト.....	94
READ_PIN .....	74	出力の過電圧警告、低電圧警告、および過電流警告 .....	94
READ_VOUT .....	74	AUXFAULTB 出力の設定 .....	94
READ_IOUT .....	75	マルチチャネルのフォルト管理.....	94
MFR_IIN_PEAK.....	75	アナログ・デバイセズの複数のパワーマネージャ間の相互接続 .....	96
MFR_IIN_MIN.....	75	アプリケーション回路.....	97
MFR_PIN_PEAK.....	75	外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータの	
MFR_IIN_MIN.....	75	トリミングとマーゼニング.....	97
READ_TEMPERATURE_1 .....	75	外付け帰還抵抗を使用した DC/DC コンバータでの	
READ_TEMPERATURE_2 .....	75	4ステップの抵抗選択手順.....	97
READ_POUT .....	76	TRIM ピンを使用した DC/DC コンバータのトリミングと	
MFR_READ_IOUT .....	76	マーゼニング .....	98
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE.....	77	TRIM ピンを使用した DC/DC コンバータの2ステップでの	
MFR_VIN_PEAK.....	77	抵抗値と DAC フルスケール電圧の選択手順.....	98
MFR_VOUT_PEAK.....	77	検出抵抗を使用した出力の測定.....	99
MFR_IOUT_PEAK.....	77	インダクタの DCR を使用した出力の測定.....	99
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK.....	77	単相の設計例 .....	99
MFR_VIN_MIN.....	77	マルチフェーズ電流の測定.....	100
MFR_VOUT_MIN.....	77	バッファ付き IMON 遠隔測定モードでの出力電流の測定 .....	100
MFR_IOUT_MIN.....	78	LT3086 の IMON の設計例 .....	100
MFR_TEMPERATURE_1_MIN.....	78	マルチフェーズの設計例.....	101
フォルト・ログ .....	78	アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項 .....	101
フォルト・ログの動作.....	78	負電圧の検出.....	101
MFR_FAULT_LOG_STORE .....	79	USB - I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 から	
MFR_FAULT_LOG_RESTORE.....	79	システム内の LTC2972 への接続.....	102
MFR_FAULT_LOG_CLEAR .....	79	高精度の DCR 温度補償.....	104
MFR_FAULT_LOG_STATUS .....	79	LTpowerPlay: パワーマネージャ向けの	
MFR_FAULT_LOG.....	79	インタラクティブ GUI .....	105
MFR_FAULT_LOG 読み出しの例 .....	82	PCB の組み立てとレイアウトに関する推奨事項 .....	107
識別/情報 .....	87	バイパス・コンデンサの配置.....	107
CAPABILITY .....	87	露出パッド・ステンシルの設計 .....	107
PMBUS_REVISION .....	87	プリント回路基板のレイアウト .....	107
MFR_SPECIAL_ID.....	87	不使用の ADC 検出入力.....	107
MFR_SPECIAL_LOT.....	87	設計のチェックリスト .....	108
ユーザーのスクラッチパッド.....	88	I <sup>2</sup> C .....	108
USER_DATA_00、USER_DATA_01、USER_DATA_02、USER_DATA_03、		出力イネーブル .....	108
USER_DATA_04、および MFR_LTC_RESERVED_2 .....	88	V <sub>IN</sub> の検出 .....	108
MFR_INFO.....	88	入力電流検出.....	108
アプリケーション情報.....	89	外部温度検出.....	108
概要 .....	89	ロジック信号.....	108
LTC2972 への電力供給.....	89	不使用の入力.....	108
コマンド・レジスタの値の設定 .....	89	DAC の出力.....	108
入力電流の測定 .....	89	パッケージ .....	109
入力電圧の測定.....	91	標準的応用例.....	110
入力電力の測定 .....	91	関連製品.....	110
入力エネルギーの測定 .....	91		
シーケンス、サーボ、マーゼン、再起動動作.....	91		

# LTC2972

## 絶対最大定格

(Note 1, 2)

電源電圧:

V <sub>PWR</sub> .....	-0.3V~15V
V <sub>DD33</sub> .....	-0.3V~3.6V
V <sub>DD25</sub> .....	-0.3V~2.75V

デジタル入力/出力電圧:

ALERTB、SDA、SCL、CONTROLO、CONTROL1、 PG[1:0]、V <sub>DDIO</sub> .....	-0.3V~3.6V
PWRGD、SHARE_CLK、WDI/RESETB、WP、 FAULTB0、FAULTB1.....	-0.3V~3.6V
ASELO、ASEL1.....	-0.3V~3.6V

アナログ電圧:

REFP.....	-0.3V~1.35V
REFM.....	-0.3V~0.3V
V <sub>IN_SNS</sub> 、V <sub>IN_SNS_CAP</sub> .....	-0.3V~15V
I <sub>IN_SNSP</sub> 、I <sub>IN_SNSM</sub> ~V <sub>IN_SNS</sub> .....	-0.3V~0.3V
V <sub>SENSEP</sub> [1:0].....	-0.3V~6V
V <sub>SENSEM</sub> [1:0].....	-0.3V~6V
I <sub>SENSEP</sub> [1:0].....	-0.3V~6V
I <sub>SENSEM</sub> [1:0].....	-0.3V~6V
V <sub>OUT_EN</sub> [1:0]、AUXFAULTB.....	-0.3V~15V
V <sub>DAC</sub> [1:0].....	-0.3V~6V
T <sub>SENSE</sub> [1:0].....	-0.3V~3.6V
I <sub>IN_SNSP</sub> 、I <sub>IN_SNSM</sub> .....	-0.3V~15V

動作ジャンクション温度範囲:

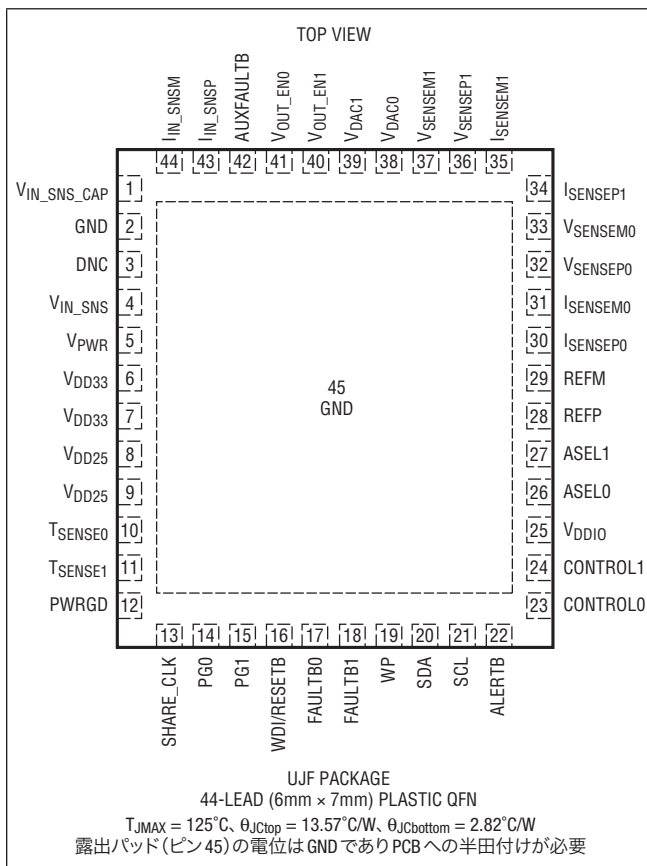
LTC2972C.....	0°C~70°C
LTC2972I.....	-40°C~105°C

保存温度範囲.....-65°C~150°C

最大ジャンクション温度.....125°C\*

\* 105°Cを超える温度でのEEPROMのジャンクション温度に対する詳細なデレレーティングについては「動作」のセクションを参照してください。

## ピン配置



## 発注情報

<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2972#orderinfo>

チューブ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	ジャンクション温度範囲
LTC2972CUJF#PBF	LTC2972CUJF#TRPBF	LTC2972UJF	44-Lead (6mm × 7mm) Plastic QFN	0°C to 70°C
LTC2972IUJF#PBF	LTC2972IUJF#TRPBF	LTC2972UJF	44-Lead (6mm × 7mm) Plastic QFN	-40°C to 105°C

更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。

無鉛仕上げ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/tapeandreeel/> をご覧ください。一部のパッケージは、#TRMPBF接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

## 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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DDIO}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、REFM ピンはフロート状態。  $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VIN\_SNS\_CAP} = 10\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>電源特性</b>							
$V_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Input Operating Range	$V_{DD33}$ Floating	●	4.5	15	V	
$I_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Current	$4.5\text{V} \leq V_{PWR} \leq 15\text{V}$ , $V_{DD33}$ Floating	●	6.7	9	mA	
$I_{VDD33}$	$V_{DD33}$ Supply Current	$3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$	●	6.7	9	mA	
$V_{UVLO\_VDD33}$	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout	$V_{DD33}$ Ramping Up, $V_{PWR} = V_{DD33}$	●	2.25	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
$t_{INIT}$	Initialization Time	Time from $V_{IN}$ applied until the TON_DELAY Timer Starts		30		ms	
$V_{DDIO}$	$V_{DDIO}$ Input Operating Range		●	1.62	3.6	V	
$R_{IN}$	$V_{DDIO}$ Input Resistance	$0 \leq V_{DDIO} \leq 3.6\text{V}$	●	53	68.8	86	k $\Omega$
<b>電圧リファレンス特性</b>							
$V_{REF}$	Output Voltage (Note 3)	$V_{REF} = V_{REFP} - V_{REFM}$ , $0 < I_{REFP} < 100\ \mu\text{A}$	●	1.216	1.228	1.240	V
	Temperature Coefficient			3		ppm/ $^\circ\text{C}$	
	Hysteresis	(Note 4)		100		ppm	
<b>ADCの特性</b>							
$V_{IN\_ADC}$	Voltage Sense Input Range	Differential Voltage: $V_{IN\_ADC} = (V_{SENSEp_n} - V_{SENSEm_n})$	●	0	6	V	
		Single-Ended Voltage: $V_{SENSEm_n}$	●	-0.1	0.1	V	
	Current Sense Input Range	Single-Ended Voltage: $I_{SENSEp_n}$ , $I_{SENSEm_n}$	●	-0.1	6	V	
		Differential Current Sense Voltage: $V_{IN\_ADC} = (I_{SENSEp_n} - I_{SENSEm_n})$ $Mfr\_config\_imon\_sel = 0$ $Mfr\_config\_imon\_sel = 1$	● ●	-170 -0.1	170 6	mV V	
$N_{ADC}$	Voltage Sense Resolution	$0\text{V} \leq V_{IN\_ADC} \leq 6\text{V}$ , READ_VOUT		122		$\mu\text{V}/\text{LSB}$	
	Current Sense Resolution with $I_{OUT\_CAL\_GAIN} = 1\ \Omega$	$0\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 16\text{mV}$ (Note 5)		15.625		$\mu\text{A}/\text{LSB}$	
		$16\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 32\text{mV}$		31.25		$\mu\text{A}/\text{LSB}$	
		$32\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 63.9\text{mV}$		62.5		$\mu\text{A}/\text{LSB}$	
		$63.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 127.9\text{mV}$ $127.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC} $		125 250		$\mu\text{A}/\text{LSB}$ $\mu\text{A}/\text{LSB}$	
$TUE\_ADC\_VOLT\_SNS$	Total Unadjusted Error (Note 3)	Voltage Sense Inputs $V_{IN\_ADC} \geq 1\text{V}$	●		$\pm 0.25$	% of Reading	
		Voltage Sense Inputs $0 \leq V_{IN\_ADC} \leq 1\text{V}$	●		$\pm 2.5$	mV	

## 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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DD10}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、 $REFP$ 、 $REFM$ ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VIN\_SNS\_CAP} = 10\text{nF}$ 、および $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TUE_ADC_CURR_SNS	Total Unadjusted Error (Note 3)	Current Sense Inputs $20\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  \leq 170\text{mV}$ Mfr_config_imon_sel = 0	●		±0.3	% of Reading
		Current Sense Inputs $ V_{IN\_ADC}  \leq 20\text{mV}$ Mfr_config_imon_sel = 0	●		±60	μV
		Current Sense Inputs $V_{IN\_ADC} \geq 1\text{V}$ Mfr_config_imon_sel = 1	●		±0.25	% of Reading
		Current Sense Inputs $0 \leq V_{IN\_ADC} \leq 1\text{V}$ Mfr_config_imon_sel = 1	●		±2.5	mV
V <sub>OS_ADC</sub>	Offset Error	$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs, $V_{OS} \cdot IOUT\_CAL\_GAIN$ , $IOUT\_CAL\_GAIN = 1000\text{m}\Omega$ Mfr_config_imon_sel = 0	●		±35	μV
t <sub>CONV_ADC</sub>	Conversion Time	$V_{SENSEn}$ , $V_{SENSEm}$ , $V_{IN\_SNS}$ Inputs (Note 6)		6.15		ms
		$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs (Note 6) Mfr_config_imon_sel = 0		24.6		ms
		$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs (Note 6) Mfr_config_imon_sel = 1		6.15		ms
		Internal Temperature (READ_TEMPERATURE_2) (Note 6)		24.6		ms
t <sub>UPDATE_ADC</sub>	Update Time	Mfr_ein_config_hd = 0 (Note 6)		135		ms
		Mfr_ein_config_hd = 1 (Note 6)		305		ms
f <sub>IN_ADC</sub>	Input Sampling Frequency			62.5		kHz

## 検出入力電流特性 (Note 7)

I <sub>IN_VSENSE</sub>	Input Current	$V_{SENSEn}$ and $V_{SENSEm}$ Inputs	●		±15	μA
	Differential Input Current	$V_{SENSEn}$ and $V_{SENSEm}$ Inputs, $V_{IN\_DIFF} = 6\text{V}$	●		±30	μA
I <sub>IN_ISENSE</sub>	Input Current	$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs Mfr_config_imon_sel = 0	●		±1	μA
		$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs Mfr_config_imon_sel = 1	●		±4	μA
	Differential Input Current	$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs, $ V_{IN\_DIFF}  = 170\text{mV}$ Mfr_config_imon_sel = 0	●		±1	μA
		$I_{SENSEn}$ and $I_{SENSEm}$ Inputs, $ V_{IN\_DIFF}  = 6.0\text{V}$ Mfr_config_imon_sel = 1	●		±8	μA

## DACの出力特性

N <sub>VDAC</sub>	Resolution				10		Bits	
V <sub>FS_VDAC</sub>	Full-Scale Output Voltage (Programmable)	DAC Code = 0x3FF	Buffer Gain Setting_0	●	1.3	1.38	1.44	V
		DAC Polarity = 1	Buffer Gain Setting_1	●	2.5	2.65	2.77	V
INL <sub>VDAC</sub>	Integral Nonlinearity	(Note 8)		●		±2	LSB	
DNL <sub>VDAC</sub>	Differential Nonlinearity	(Note 8)		●		±2.4	LSB	
V <sub>OS_VDAC</sub>	Offset Voltage	(Note 8)		●		±10	mV	
V <sub>DAC</sub>	Load Regulation	$V_{DACn} = 2.65\text{V}$ , $I_{VDACn}$ Sourcing = 2mA			100		ppm/mA	
		$V_{DACn} = 0.1\text{V}$ , $I_{VDACn}$ Sinking = 2mA			100		ppm/mA	
	PSRR	DC: $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$			60		dB	
	Leakage Current	$V_{DACn}$ Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{DACn} \leq 6\text{V}$	●			±100	nA	
	Short-Circuit Current Low	$V_{DACn}$ Shorted to GND	●	-12		-4	mA	
	Short-Circuit Current High	$V_{DACn}$ Shorted to $V_{DD33}$	●	4		12	mA	

## 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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DD10}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、REFMピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VIN\_SNS\_CAP} = 10\text{nF}$ 、および $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{OUT}$	Output Capacitance	$V_{DACn}$ Hi-Z		10		pF
$t_{S\_VDAC}$	DAC Output Update Rate	Fast Servo Mode		500		$\mu\text{s}$

## 電圧スーパーバイザ特性

$V_{IN\_VS}$	Input Voltage Range (Programmable)	$V_{IN\_VS} = (V_{SENSEp} - V_{SENSEm})$ Low Resolution Mode	●	0	6	V
		High Resolution Mode	●	0	3.8	V
		Single-Ended Voltage: $V_{SENSEm}$	●	-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	●		$\pm 1.25$	% of Reading
		$V_{IN\_VS} \leq 2\text{V}$ , Low Resolution Mode			$\pm 25$	mV
		$1.5\text{V} < V_{IN\_VS} \leq 3.8\text{V}$ , High Resolution Mode	●		$\pm 1.0$	% of Reading
		$0.8\text{V} \leq V_{IN\_VS} \leq 1.5\text{V}$ , High Resolution Mode	●		$\pm 1.5$	% of Reading
		$V_{IN\_VS} \leq 0.8\text{V}$ , High Resolution Mode			$\pm 12$	mV
$t_{S\_VS}$	Update Rate			12.21		$\mu\text{s}$

 $V_{IN\_SNS}$  入力特性

$V_{IN\_SNS}$	$V_{IN\_SNS}$ Input Voltage Range	(Note 9)	●	0	15	V	
$I_{IN\_SNS}$	$V_{IN\_SNS}$ Input Current	$V_{IN\_SNS} = 4.5\text{V}$	●	80	140	200	$\mu\text{A}$
		$V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$	●	150	250	350	$\mu\text{A}$
		$V_{IN\_SNS} = 15\text{V}$	●	180	300	420	$\mu\text{A}$
$TUE_{VIN\_SNS}$	$V_{IN\_ON}$ , $V_{IN\_OFF}$ Threshold Total Unadjusted Error	$4.5\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 8\text{V}$	●		$\pm 2.0$	% of Reading	
		$V_{IN\_SNS} > 8\text{V}$	●		$\pm 1.0$	% of Reading	
$TUE_{VIN}$	READ_VIN Total Unadjusted Error	$4.5\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 15\text{V}$ (Note 9)	●		$\pm 0.5$	% of Reading	

## DACソフト接続コンパレータ特性

$V_{OS\_CMP}$	Offset Voltage	$V_{DACp} = 0.2\text{V}$	●	$\pm 1$	$\pm 18$	mV
		$V_{DACp} = 1.3\text{V}$	●	$\pm 2$	$\pm 26$	mV
		$V_{DACp} = 2.65\text{V}$	●	$\pm 3$	$\pm 52$	mV

## 入力電流検出特性

$V_{IIN}$	Common Mode Input Range	$V_{IIN\_SNSP} = V_{IIN\_SNSM}$ (Note 9)	●	4.5	15	V	
$I_{IIN}$	$I_{IIN\_SNSP}$ , $I_{IIN\_SNSM}$ Input Current	$V_{IIN\_SNSP} = V_{IIN\_SNSM} = V_{IN\_SNS}$ (Note 2)	●	0.5	2	$\mu\text{A}$	
$FS\_IIN$	Full-Scale Input Current Sense Voltage Range	Referred to ( $V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}$ ) High Range	●	-100	100	mV	
		Medium Range	●	-50	50	mV	
		Low Range	●	-20	20	mV	
$TUE_{IIN}$	Total Unadjusted Error	$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 100\text{mV}$ , High Range	●		$\pm 0.6$	% of Reading	
		$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 50\text{mV}$ , Medium Range	●		$\pm 0.65$	% of Reading	
		$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 20\text{mV}$ , Low Range	●		$\pm 0.75$	% of Reading	
			$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 20\text{mV}$ , High Range	●		$\pm 1$	% of Reading
			$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 15\text{mV}$ , Medium Range	●		$\pm 1$	% of Reading
			$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 10\text{mV}$ , Low Range	●		$\pm 1$	% of Reading
			$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 0\text{mV}$ , High Range	●		$\pm 100$	$\mu\text{V}$
$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 0\text{mV}$ , Medium Range			●		$\pm 75$	$\mu\text{V}$	
$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 0\text{mV}$ , Low Range			●		$\pm 50$	$\mu\text{V}$	

## 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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DDIO}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、REFM ピンはフロート状態。C<sub>VDD33</sub> = 100nF、C<sub>VDD25</sub> = 100nF、C<sub>VIN\_SNS\_CAP</sub> = 10nF、および C<sub>REF</sub> = 100nF。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMRR_IIN	DC CMRR	$4.5\text{V} \leq V_{IN\_SNSP} = V_{IN\_SNS} \leq 15\text{V}$ $ V_{IN\_SNSP} - V_{IN\_SNSM}  = 100\text{mV}$ High Range	●	85		dB
	AC CMRR	$V_{IN\_SNSP} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V} \pm 100\text{mV}$ $f = 62.5\text{kHz}$		85		dB
t <sub>CONV_IIN</sub>	Conversion Time			25		ms
t <sub>UPDATE</sub>	Update Rate			5.4		Hz

## 外部温度センサ特性 (READ\_TEMPERATURE\_1)

t <sub>CONV_TSENSE</sub>	Conversion Time	For One Channel, (Total Latency for Both Channels Is 2 • 66ms)		66		ms	
I <sub>TSENSE_HI</sub>	TSENSE High Level Current		●	-90	-64	-40	μA
I <sub>TSENSE_LOW</sub>	TSENSE Low Level Current		●	-5.5	-4	-2.5	μA
TUE_TS	Total Unadjusted Error	Ideal Diode Assumed		±3		°C	
N_TS	Maximum Ideality Factor	READ_TEMPERATURE_1 = 175°C MFR_TEMP_1_GAIN = 1/N_TS			1.10		

## 内部温度センサ特性 (READ\_TEMPERATURE\_2)

TUE_TS2	Total Unadjusted Error			±1		°C
---------	------------------------	--	--	----	--	----

V<sub>OUT</sub> イネーブル出力 (V<sub>OUT\_EN</sub>[1:0]) 特性

I <sub>VOUT_ENn</sub>	Output Sinking Current	Strong Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_ENn</sub> = 0.4V	●	3	5	8	mA
		V <sub>VOUT_ENn</sub> = 0.4V	●	33	50	65	μA
	Output Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{VOUT\_ENn} \leq 15\text{V}$	●			±20	μA
V <sub>VOUT_VALID</sub>	Minimum V <sub>DD33</sub> when V <sub>OUT_ENn</sub> Valid	V <sub>VOUT_ENn</sub> ≤ 0.4V	●			1.1	V

## 汎用出力 (AUXFAULTB) 特性

I <sub>AUXFAULTB</sub>	Output Sinking Current	Strong Pull-Down Enabled, V <sub>AUXFAULTB</sub> = 0.4V	●	3	5	8	mA
	Output Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{AUXFAULTB} \leq 15\text{V}$	●			±20	μA

## エネルギー・メーター特性

TUE_ETB	Energy Meter Time-Base Error		●			±1	% of Reading
TUE_PIN	READ_PIN Total Unadjusted Error	$V_{IN\_SNSP} - V_{IN\_SNSM} = 50\text{mV}$ , Medium Range	●			±1	% of Reading
TUE_EIN	Energy Meter Total Unadjusted Error	$V_{IN\_SNSP} - V_{IN\_SNSM} = 50\text{mV}$ , Medium Range	●			±2	% of Reading

## EEPROM 特性

Endurance	(Notes 10, 11)	$0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●	10,000			Cycles
Retention	(Notes 10, 11)	$T_J < 105^\circ\text{C}$	●	20			Years
t <sub>MASS_WRITE</sub>	Mass Write Operation Time (Note 12)	STORE_USER_ALL, $0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●		200	4100	ms

## デジタル入力 SCL、SDA、CONTROL0、CONTROL1、PG0、PG1、WDI/RESETB、FAULTB0、FAULTB1、WP

V <sub>IH</sub>	Input High Threshold Voltage	$1.62\text{V} \leq V_{DDIO} \leq 3.6\text{V}$	●	$0.7 \cdot V_{DDIO}$			V
V <sub>IL</sub>	Input Low Threshold Voltage	$1.62\text{V} \leq V_{DDIO} \leq 3.6\text{V}$	●		$0.3 \cdot V_{DDIO}$		V
V <sub>HYST</sub>	Input Hysteresis	FAULTBn, CONTROLn, PGn, WDI/RESETB, WP			20		mV
		SDA, SCL			80		mV
I <sub>LEAK</sub>	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$	●			±2	μA



## 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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DD10}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、REFMピンはフロート状態。C<sub>VDD33</sub> = 100nF、C<sub>VDD25</sub> = 100nF、C<sub>VIN\_SNS\_CAP</sub> = 10nF、および C<sub>REF</sub> = 100nF。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t <sub>SP</sub>	Pulse Width of Spike Suppressed	FAULTB0, FAULTB1, CONTROL <sub>n</sub>		10		μs
		SDA, SCL		98		ns
t <sub>FAULT_MIN</sub>	Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults		180			ms
t <sub>RESETB</sub>	Pulse Width to Assert Reset	V <sub>WDI/RESETB</sub> ≤ 1.5V	●	300		μs
t <sub>WDI</sub>	Pulse Width to Reset Watchdog Timer	V <sub>WDI/RESETB</sub> ≤ 1.5V	●	0.3	200	μs
f <sub>WDI</sub>	Watchdog Timer Interrupt Input Frequency		●		1	MHz
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance			10		pF

## デジタル入力 SHARE\_CLK

V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage		●	1.6		V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage		●		0.8	V
f <sub>SHARE_CLK_IN</sub>	Input Frequency Operating Range		●	90	110	kHz
t <sub>LOW</sub>	Assertion Low Time	V <sub>SHARE_CLK</sub> < 0.8V	●	0.825	1.11	μs
t <sub>RISE</sub>	Rise Time	V <sub>SHARE_CLK</sub> < 0.8V to V <sub>SHARE_CLK</sub> > 1.6V	●		450	ns
I <sub>LEAK</sub>	Input Leakage Current	0V ≤ V <sub>SHARE_CLK</sub> ≤ V <sub>DD33</sub> + 0.3V	●		±1	μA
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance			10		pF

## デジタル出力 SDA、ALERTB、SHARE\_CLK、FAULTB0、FAULTB1、PWRGD、PG0、PG1

V <sub>OL</sub>	Digital Output Low Voltage	I <sub>SINK</sub> = 3mA	●		0.4	V	
f <sub>SHARE_CLK_OUT</sub>	Output Frequency Operating Range	5.49kΩ Pull-Up to V <sub>DD33</sub>	●	90	100	110	kHz

## デジタル入力 ASELO、ASEL1

V <sub>IH</sub>	Input High Threshold Voltage		●	V <sub>DD33</sub> - 0.5		V
V <sub>IL</sub>	Input Low Threshold Voltage		●		0.5	V
I <sub>IH,IL</sub>	High, Low Input Current	ASEL[1:0] = 0, V <sub>DD33</sub>	●		±95	μA
I <sub>HIZ</sub>	Hi-Z Input Current		●		±24	μA
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance			10		pF

## シリアル・バスのタイミング特性

f <sub>SCL</sub>	Serial Clock Frequency (Note 13)		●	10	400	kHz
t <sub>LOW</sub>	Serial Clock Low Period (Note 13)		●	1.3		μs
t <sub>HIGH</sub>	Serial Clock High Period (Note 13)		●	0.6		μs
t <sub>BUF</sub>	Bus Free Time Between Stop and Start (Note 13)		●	1.3		μs
t <sub>HD,STA</sub>	Start Condition Hold Time (Note 13)		●	600		ns
t <sub>SU,STA</sub>	Start Condition Setup Time (Note 13)		●	600		ns
t <sub>SU,STO</sub>	Stop Condition Setup Time (Note 13)		●	600		ns
t <sub>HD,DAT</sub>	Data Hold Time (LTC2972 Receiving Data) (Note 13)		●	0		ns
	Data Hold Time (LTC2972 Transmitting Data) (Note 13)		●	300	900	ns
t <sub>SU,DAT</sub>	Data Setup Time (Note 13)		●	100		ns

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、 $V_{PWR} = V_{IN\_SNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33} = V_{DDIO}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、REFMピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VIN\_SNS\_CAP} = 10\text{nF}$ 、および $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{SP}$	Pulse Width of Spike Suppressed (Note 13)			98		ns
$t_{TIMEOUT\_BUS}$	Time Allowed to Complete any PMBus Command After Which Time SDA Will Be Released and Command Terminated	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout = 0 Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout = 1		25 200	35 280	ms

その他のデジタル・タイミング特性

$t_{OFF\_MIN}$	Minimum Off-Time for Any Channel			100		ms
----------------	----------------------------------	--	--	-----	--	----

**Note 1:** 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、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

**Note 2:** 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GNDを基準にしている。 $V_{DD33}$ ピンのみから電力供給される場合は、 $V_{PWR}$ と $V_{DD33}$ ピンを接続する。

**Note 3:** ADCの全未調整誤差には、全ての誤差発生源が含まれる。まず、2点間のアナログ調整を実行して、全温度範囲にわたる平坦なリファレンス電圧( $V_{REF}$ )を実現する。これにより温度係数は最小になるが、電圧の絶対値は引き続き変化する。これを補償するため、高分解能でドリフトとノイズの発生しないデジタル調整をADCの出力に施して、非常に高精度の測定結果を得る。

**Note 4:** 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・ストレスが異なるために生じる。出力電圧は常に $25^\circ\text{C}$ で測定されるが、デバイスは次の測定前に $105^\circ\text{C}$ または $-40^\circ\text{C}$ の温度環境に置かれる。ヒステリシスは、ほぼ温度変化の二乗に比例する。

**Note 5:** 電流の検出分解能は、L11フォーマット、 $I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ の値、および測定対象電流の大きさによって決まる。詳細については、76ページの表3を参照。

**Note 6:** ADC変換の各回間の公称時間間隔(ADCのレイテンシ)は、いずれのチャンネルでも $t_{UPDATE\_ADC}$ である。

**Note 7:**  $V_{SENSE}$ および $I_{SENSE}$ 入力電流の特性は、入力電流および入力差動電流によって決まる。入力電流は、1つのデバイス・ピンに流れ込む電流として定義される(Note 2を参照)。入力差動電流は、 $(I^+ - I^-)$ として定義される。ここで、 $I^+$ は正デバイス・ピンに流れ込む電流、 $I^-$ は負デバイス・ピンに流れ込む電流。

**Note 8:** 非直線性は、最大オフセット仕様以上の最初のコードからフルスケールのコードである1023までで定義される。

**Note 9:** READ\_VINが $0\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 15\text{V}$ で動作している間、READ\_IIN、READ\_PIN、およびMFR\_EINの有効な動作範囲は $4.5\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 15\text{V}$ である。

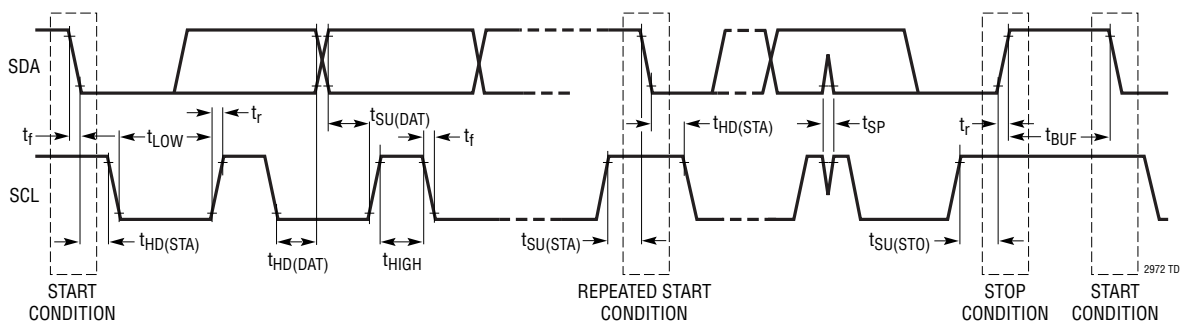
**Note 10:** EEPROMの耐久性とデータ保持能力は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で保証されている。最小保持時間仕様は、内蔵EEPROMの書き込みサイクル数が最小耐久性仕様より少ないデバイスに適用される。

**Note 11:** EEPROMの耐久性とデータ保持能力は $T_J > 105^\circ\text{C}$ になると低下する。

**Note 12:** STORE\_USER\_ALLコマンドの実行中、LTC2972はMFR\_COMMON以外のPMBusコマンドにアクノリッジを返さない。「動作」セクションを参照。

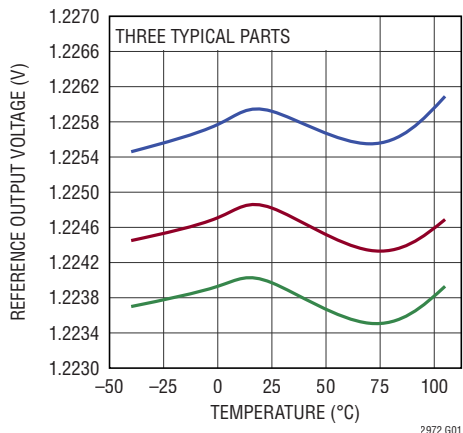
**Note 13:** SCLとSDAの最大容量性負荷、 $C_B$ は $400\text{pF}$ 。データとクロックの立ち上がり時間( $t_r$ )と立ち下がり時間( $t_f$ )は次のとおり: $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_r < 300\text{ns}$ および $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_f < 300\text{ns}$ である。 $C_B = 1$ 本のバスラインの容量(pF)。SCLとSDAの外部プルアップ電圧、 $V_{DDIO}$ は $1.35\text{V} < V_{DDIO} < 3.6\text{V}$ 。

PMBusのタイミング図

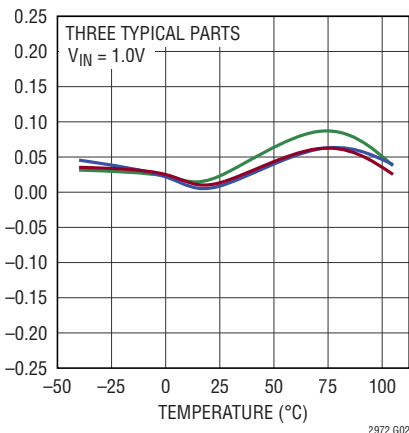


標準的性能特性

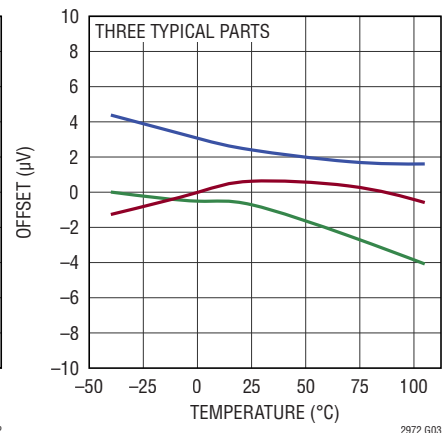
リファレンス電圧と温度



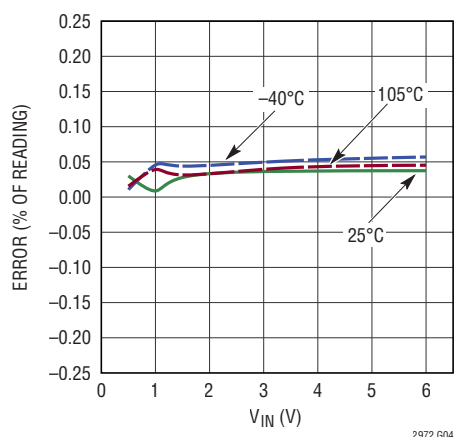
ADCのREAD\_VOUTの  
ADC全未調整誤差と温度



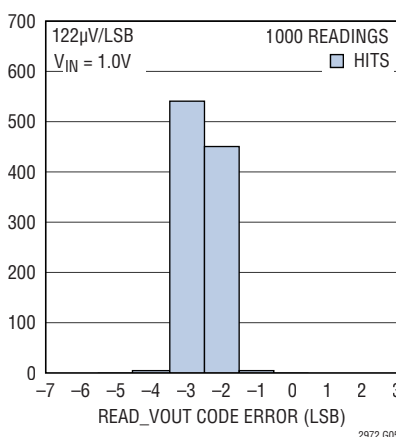
ADCのREAD\_IOUTの  
入力換算オフセット電圧と温度



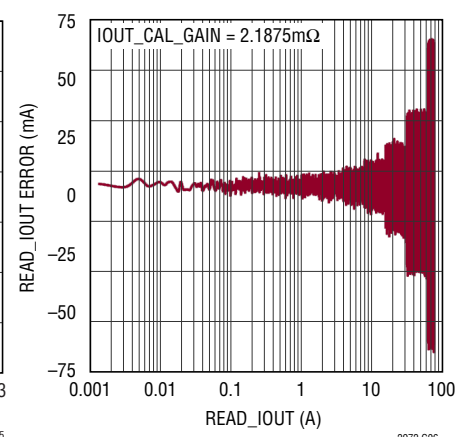
ADCのREAD\_VOUTの  
ADC全未調整誤差と入力電圧



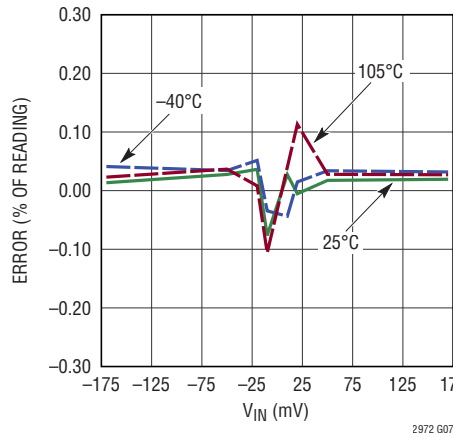
ADCのREAD\_VOUTの  
ノイズ・ヒストグラム



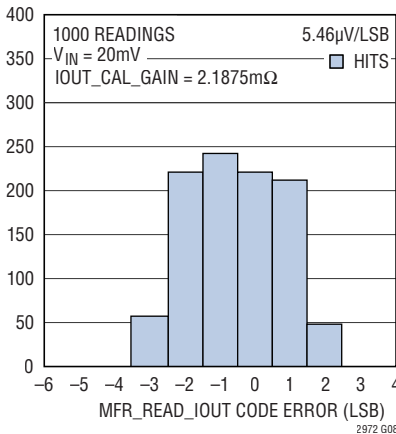
ADCのREAD\_IOUTの  
誤差とREAD\_IOUT



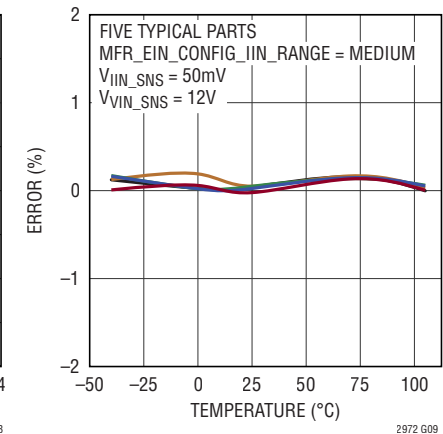
ADCのMFR\_READ\_IOUTの  
ADC全未調整誤差と入力電圧



ADCのMFR\_READ\_IOUTの  
ノイズ・ヒストグラム

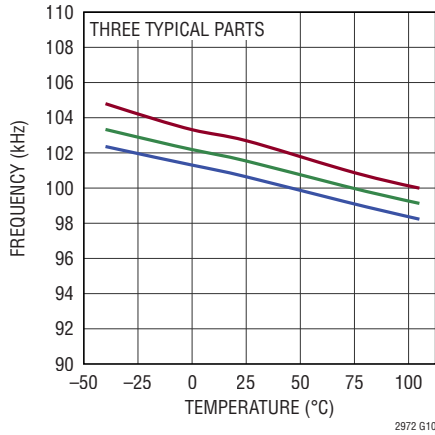


電力の測定誤差

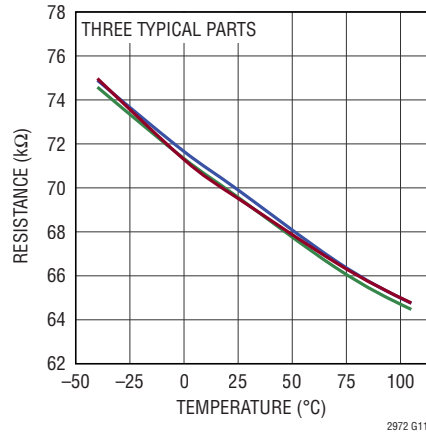


## 標準的性能特性

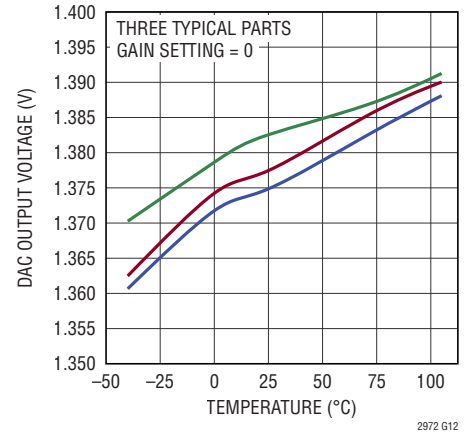
SHARE\_CLK の出力周波数と温度



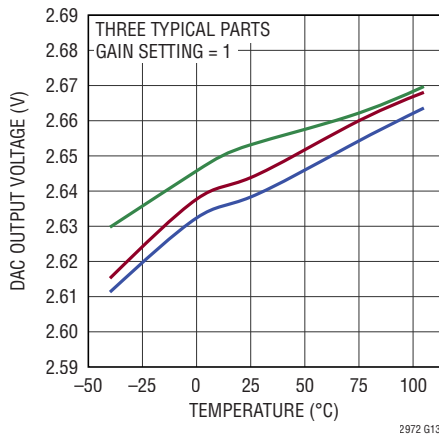
V<sub>DDIO</sub> の入力抵抗と温度



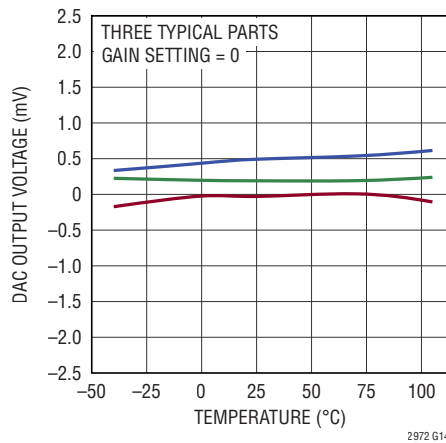
DAC のフルスケール電圧と温度 (利得設定=0)



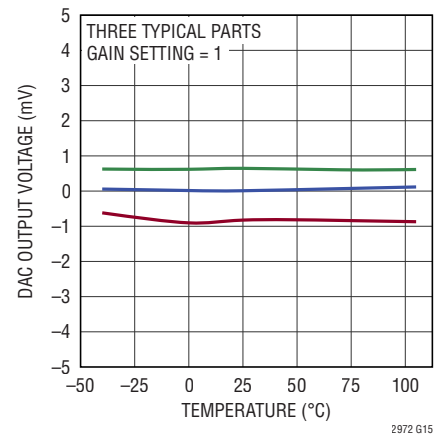
DAC のフルスケール電圧と温度 (利得設定=1)



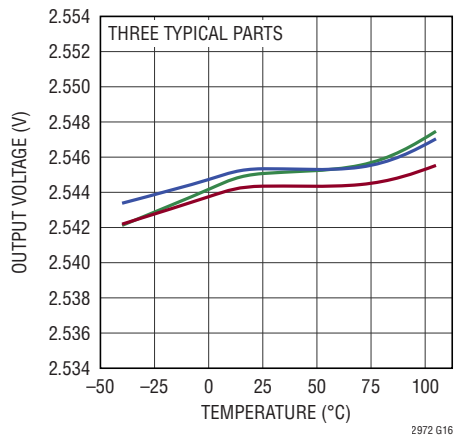
DAC のオフセット電圧と温度 (利得設定=0)



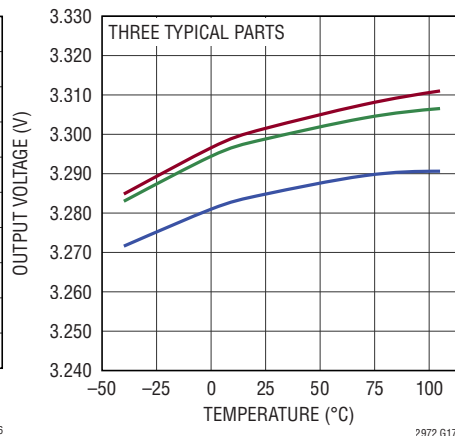
DAC のオフセット電圧と温度 (利得設定=1)



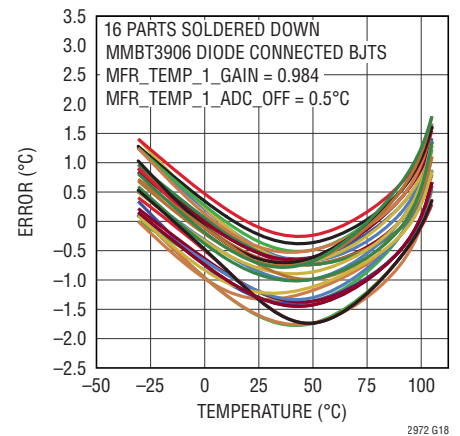
V<sub>DD25</sub> レギュレータの出力電圧と温度



V<sub>DD33</sub> レギュレータの出力電圧と温度

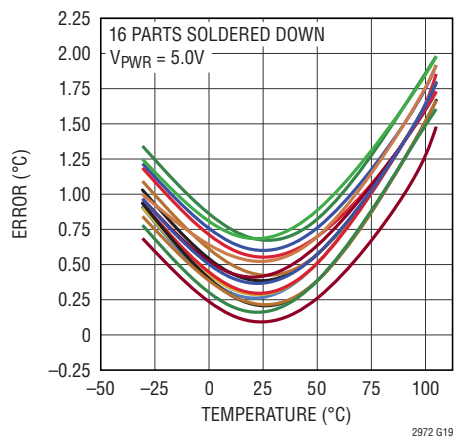


外部温度 READ\_TEMPERATURE\_1 の誤差と温度

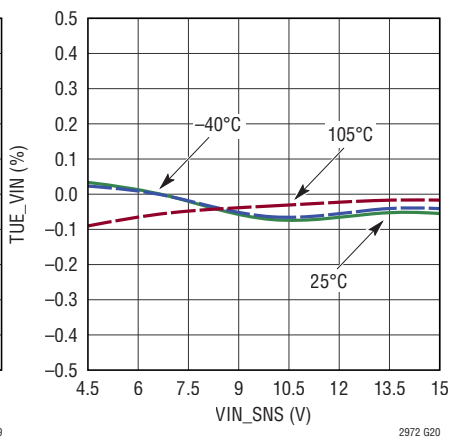


標準的性能特性

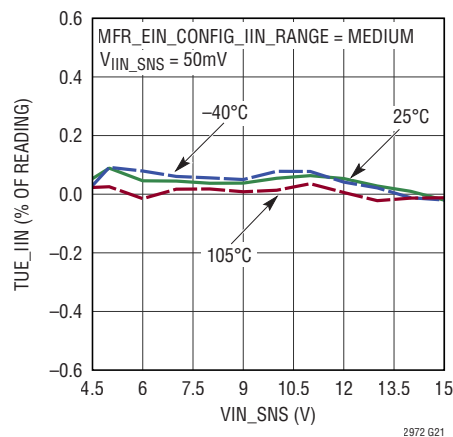
**READ\_TEMPERATURE\_2の誤差と温度**



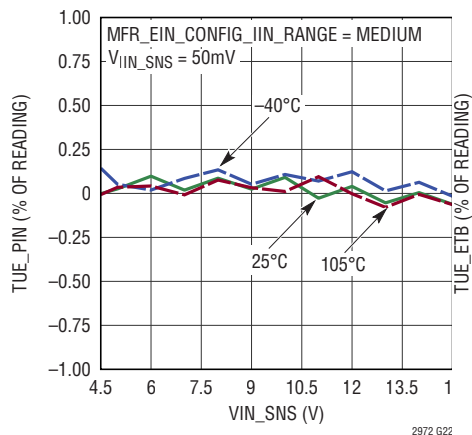
**TUE\_VINとVIN\_SNS**



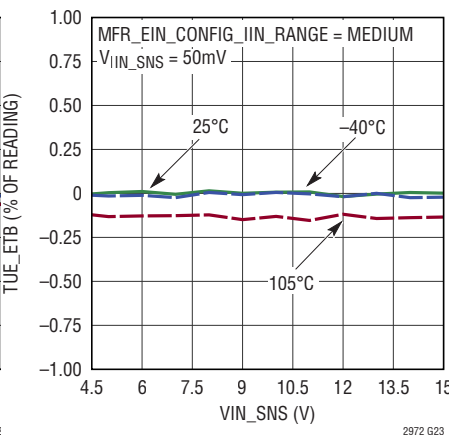
**TUE\_IINとVIN\_SNS**



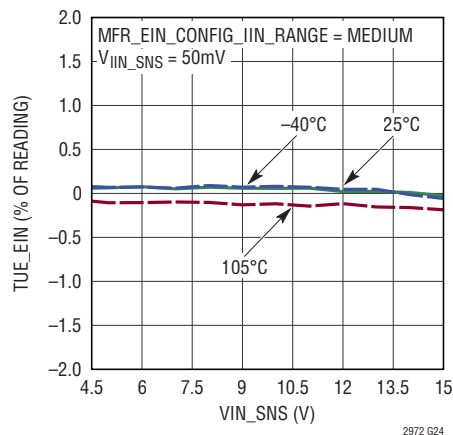
**TUE\_PINとVIN\_SNS**



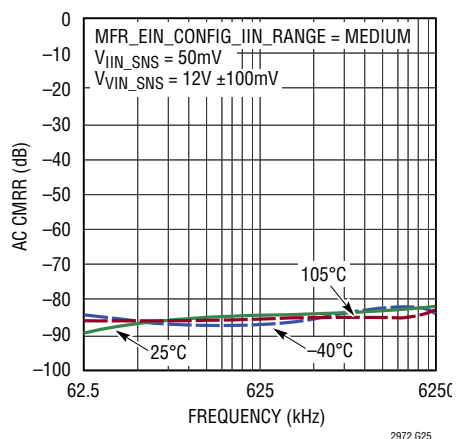
**TUE\_ETBとVIN\_SNS**



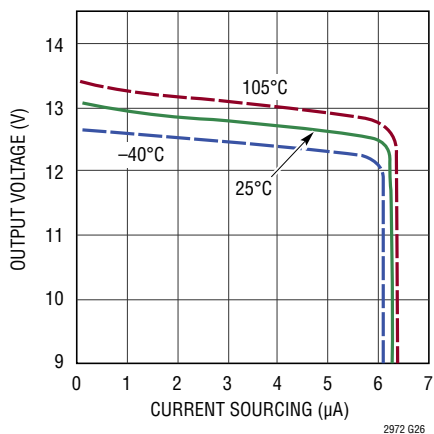
**TUE\_EINとVIN\_SNS**



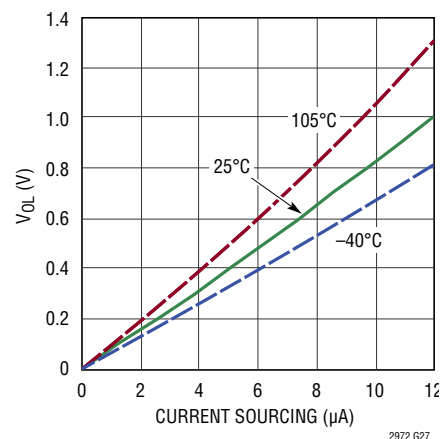
**READ\_IINの同相利得と周波数**



**VOUT\_EN[0:1] および AUXFAULTBの出力“H”電圧と負荷電流**

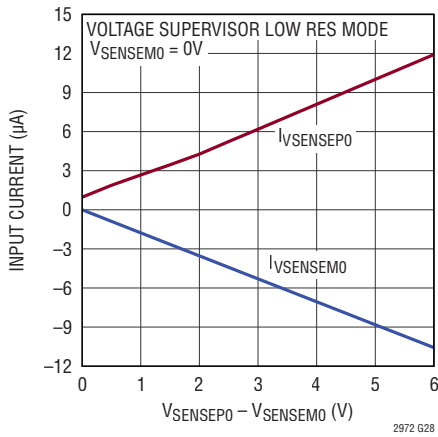


**VOUT\_EN[0:1] および AUXFAULTB VOLと負荷電流**

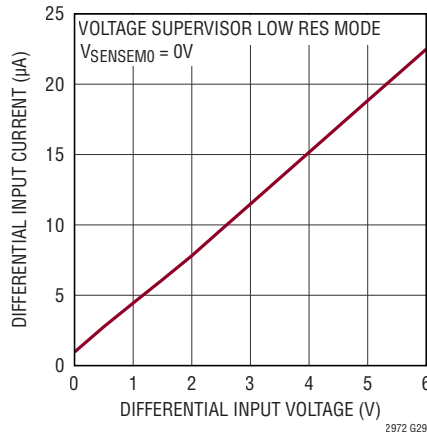


## 標準的性能特性

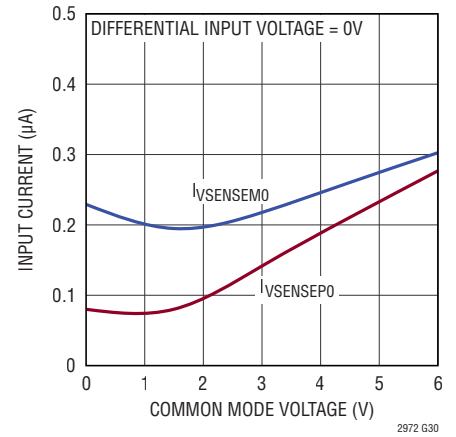
電圧検出入力電流と差動入力電圧



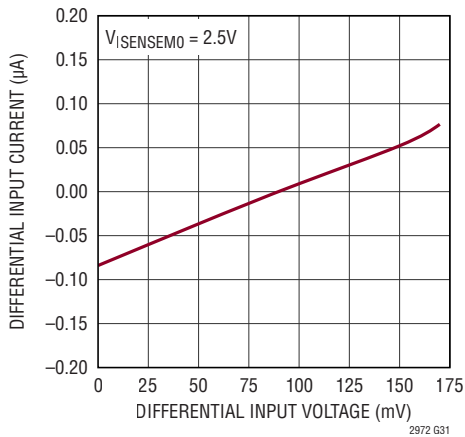
電圧検出差動入力電流と差動入力電圧



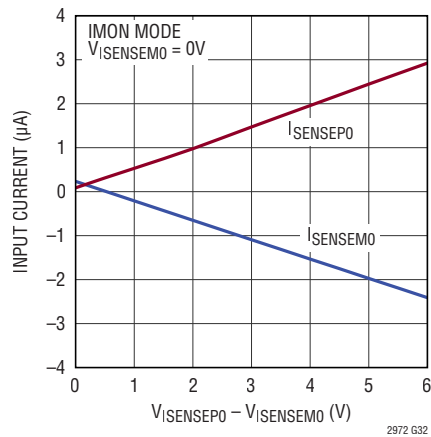
電流検出入力電流と同相電圧



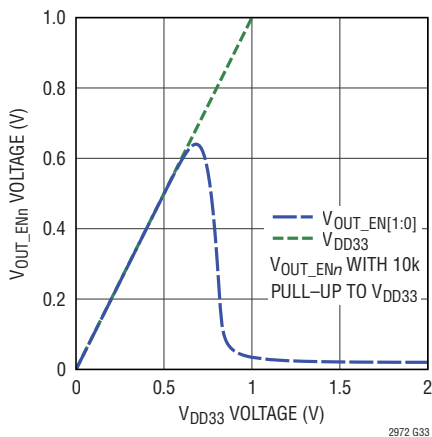
電流検出差動入力電流と差動入力電圧



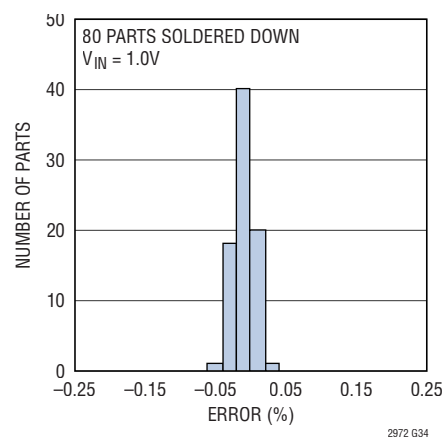
IMONの検出入力電流と差動入力電圧



V<sub>OUT\_EN[1:0]</sub> の出力電圧と V<sub>DD33</sub>



閉ループのサーボ制御誤差



## ピン機能

ピン名称	ピン番号	ピンのタイプ	概要
VSENSE0	32*	In	DC/DCコンバータの差動(+)出力電圧0の検出ピン
VSENSE0	33*	In	DC/DCコンバータの差動(-)出力電圧0の検出ピン
VOUT_EN0	41	Out	DC/DCコンバータのイネーブル0ピン。
VOUT_EN1	40	Out	DC/DCコンバータのイネーブル1ピン。
AUXFAULTB	42	Out	補助フォルト出力ピン。OV/UVの検出時に“L”に引き下げるように設定できる。
DNC	3	Do Not Connect	このピンには何も接続しない。
V <sub>IN_SNS</sub>	4	In	V <sub>IN</sub> 検出入力。この電圧は、下流のDC/DCコンバータをイネーブルおよびディスエーブルするタイミングを決定するために、V <sub>IN</sub> のオンおよびオフ電圧しきい値に対して比較される。
V <sub>PWR</sub>	5	In	V <sub>PWR</sub> は、デバイスへの非安定化電源入力(4.5~15V)としての機能を果たす。4.5~15Vの電源電圧を使用できない場合は、V <sub>PWR</sub> をV <sub>DD33</sub> に短絡し、3.3V電源からデバイスに直接電力を供給する。0.1μFのコンデンサを使用してGNDにバイパスする
V <sub>DD33</sub>	6	In/Out	V <sub>PWR</sub> に短絡した場合、3.13~3.47Vの電源入力ピンとしての機能を果たす。それ以外の場合は、内部で安定化された3.3Vの電圧出力になる(0.1μFのデカップリング・コンデンサを使用してGNDに接続する)。内部レギュレータを使用してV <sub>DD33</sub> を供給する場合、他のどのデバイスのV <sub>DD33</sub> ピンにも接続しないこと。
V <sub>DD33</sub>	7	In	内部2.5Vサブレギュレータの入力。このピンをピン6に短絡する。内部レギュレータを使用してV <sub>DD33</sub> を供給する場合、他のどのデバイスのV <sub>DD33</sub> ピンにも接続しないこと。
V <sub>DD25</sub>	8	In/Out	2.5Vの内部安定化電圧出力。0.1μFのコンデンサを使用してGNDにバイパスする。他のどのデバイスのV <sub>DD25</sub> ピンにも接続しないこと。
V <sub>DD25</sub>	9	In	2.5V電源電圧入力。このピンをピン8に短絡する。他のどのデバイスのV <sub>DD25</sub> ピンにも接続しないこと。
TSENSE0	10*	In/Out	チャンネル0の外部温度の電流出力および電圧入力。最大許容容量は1μF。
TSENSE1	11*	In/Out	チャンネル1の外部温度の電流出力および電圧入力。最大許容容量は1μF。
PWRGD	12	Out	パワーグッド・オープンドレイン出力。選択した出力がパワーグッドになったことを示す。システムのパワーオン・リセットとして使用できる。
SHARE_CLK	13	In/Out	双方向のクロック共有ピン。5.49kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DD33</sub> に接続する。システム内にある他の全てのSHARE_CLKピンに接続する
PG0	14	In/Out	チャンネル0の構成可能なオープンドレイン出力およびデジタル入力。10kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DDIO</sub> に接続する。
PG1	15	In/Out	チャンネル1の構成可能なオープンドレイン出力およびデジタル入力。10kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DDIO</sub> に接続する。
WDI/RESETB	16	In	ウォッチドッグ・タイマ割り込み入力およびデバイス・リセット入力。10kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DD33</sub> に接続する。立ち上がりエッジでウォッチドッグ・カウンタがリセットされる。このピンをt <sub>RESETB</sub> よりも長い間“L”に保つと、デバイスがリセットされる。
FAULTB0	17	In/Out	オープンドレイン出力およびデジタル入力。アクティブ“L”双方向フォルト・インジケータ0。10kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DDIO</sub> に接続する。
FAULTB1	18	In/Out	オープンドレイン出力およびデジタル入力。アクティブ“L”双方向フォルト・インジケータ1。10kΩのプルアップ抵抗をV <sub>DDIO</sub> に接続する。
WP	19	In	デジタル入力。書き込み保護入力ピン、アクティブ“H”。
SDA	20	In/Out	PMBus双方向シリアル・データ・ピン
SCL	21	In	PMBusシリアル・クロック入力ピン(最大400kHz)
ALERTB	22	Out	オープンドレイン出力。フォルト/警告状態で割り込み要求を生成する。
CONTROL0	23	In	制御ピンの0入力
CONTROL1	24	In	制御ピンの1入力
V <sub>DDIO</sub>	25	In	SHARE_CLK、ASEL[1:0]、VOUT_EN[1:0]、およびAUX_FAULTBを除く全てのデジタル入力の入力しきい値をV <sub>DDIO</sub> の約45%に設定する。1.5V~3.6Vの電源電圧を接続する。LTC2972のピンの全てのプルアップ抵抗をこのピンに接続する。ただし、WDI/RESETB、SHARE_CLK、およびVOUT_EN[1:0]は除く。これらのピンのプルアップ抵抗はV <sub>DD33</sub> に接続する

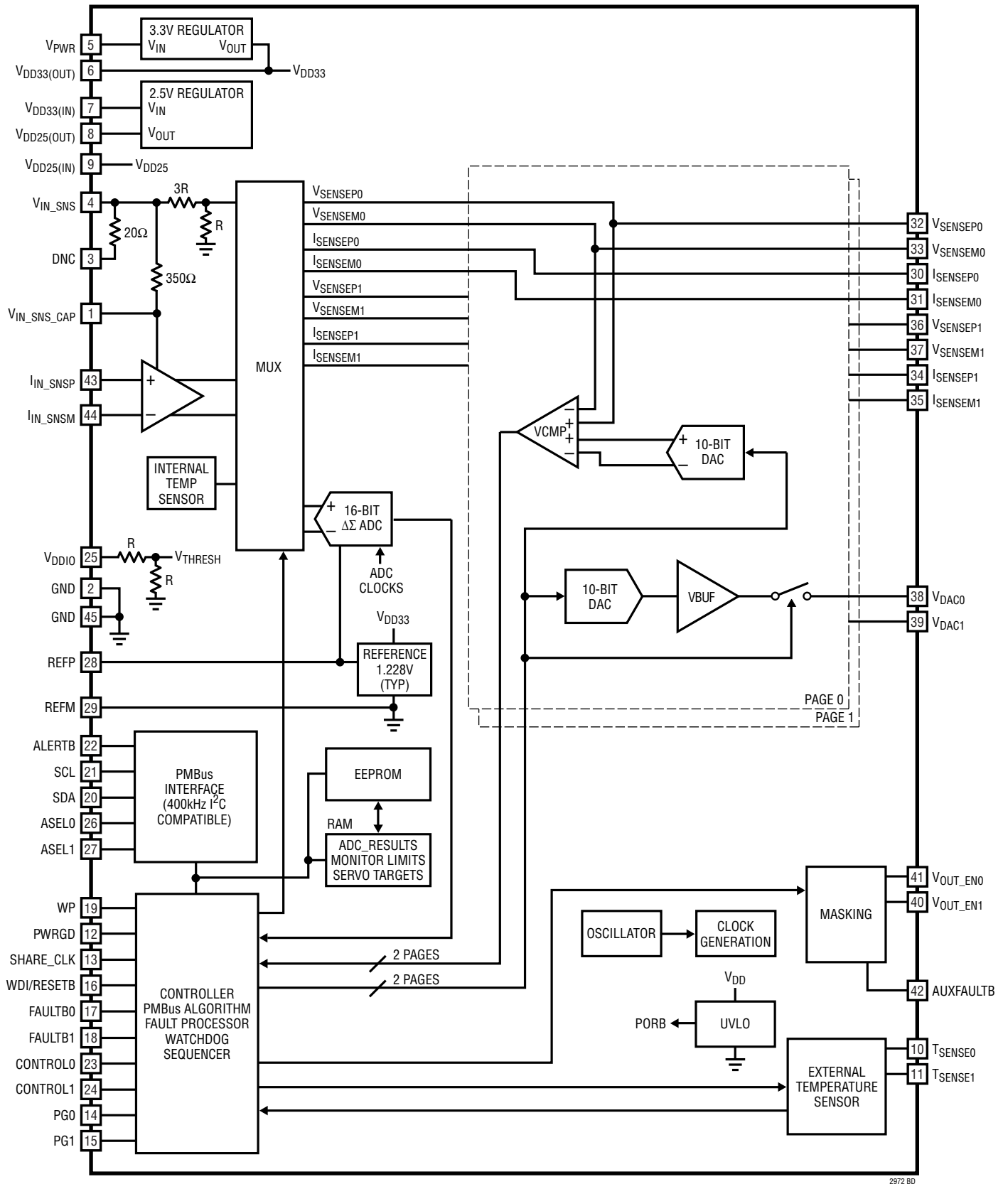
## ピン機能

ピン名称	ピン番号	ピンのタイプ	概要
ASEL0	26	In	3つのアドレス選択ピンの0入力。 $V_{DD33}$ またはGNDに接続するか、フロート状態にして、1~3のロジック・ステートをエンコードする。
ASEL1	27	In	3つのアドレス選択ピンの1入力。 $V_{DD33}$ またはGNDに接続するか、フロート状態にして、1~3のロジック・ステートをエンコードする。
REFP	28	Out	リファレンス電圧出力。0.1 $\mu$ Fのデカップリング・コンデンサを使用してREFMに接続する必要がある。
REFM	29	Out	リファレンスの帰還ピン。0.1 $\mu$ Fのデカップリング・コンデンサを使用してREFPに接続する必要がある。
I <sub>SENSE0</sub>	30*	In	DC/DCコンバータの差動(+)出力電流0検出ピン
I <sub>SENSE0</sub>	31*	In	DC/DCコンバータの差動(-)出力電流0検出ピン
I <sub>SENSE1</sub>	34*	In	DC/DCコンバータの差動(+)出力電流1検出ピン
I <sub>SENSE1</sub>	35*	In	DC/DCコンバータの差動(-)出力電流1検出ピン
V <sub>IN_SNS_CAP</sub>	1	Out	V <sub>IN_SNS</sub> フィルタ・コンデンサ・ピン。10nFのセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする。
GND	2	Ground	
VDAC0	38	Out	DAC0の出力
VDAC1	39	Out	DAC1の出力
I <sub>IN_SNSP</sub>	43	In	DC/DCコンバータの差動(+)入力電流検出ピン。使用しない場合、V <sub>IN_SNS</sub> に接続する。
I <sub>IN_SNSM</sub>	44	In	DC/DCコンバータの差動(-)入力電流検出ピン。使用しない場合、V <sub>IN_SNS</sub> に接続する。
V <sub>SENSE1</sub>	36*	In	DC/DCコンバータの差動(+)出力電圧1検出ピン
V <sub>SENSE1</sub>	37*	In	DC/DCコンバータの差動(-)出力電圧1の検出ピン
GND	45	Ground	露出パッド。PCBに半田付けする必要がある。

\* 使用しないV<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>/I<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>ピン、V<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>/I<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>ピン、またはT<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>ピンはGNDに接続します。「アプリケーション情報」セクションの「不使用のADC検出入力」を参照してください。



ブロック図



2972 BD

## 動作

### LTC2972の動作の概要

LTC2972は、PMBus準拠の設定可能な電源コントローラ、モニタ、シーケンス、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、出力電圧、出力電流、出力温度、およびLTC2972の内部温度読み出しを提供する。
- DC/DCコンバータのIMONピンまたはDCR検出回路網に直接接続して、出力電流の遠隔測定値を読み出す。
- トリム・ピンで出力電圧を設定するDC/DCコンバータや、外部抵抗での帰還回路網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。LTC2972は、時間ベースのシーケンスとトラッキング・シーケンスをサポートする。時間ベースのシーケンス・オフ付きのカスケード・シーケンス・オンもサポートされている。
- 自律的に、または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0.02%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リミットにマージニングする。
- マージンDACへの直接アクセスにより、DC/DCコンバータの出力電圧をトリミングまたはマージニングする。
- DC/DCコンバータの入力電圧、出力電圧、およびインダクタ温度がPMBusで設定されたリミットに比べて過大か過小かを監視して、適切なフォルトや警告を生成する。
- 独自のアルゴリズムでインダクタの自己発熱の過渡状態を正確に処理する。この自己発熱の影響と外部温度センサの読み取り値を組み合わせ、ADC電流測定精度を改善する。
- 動作を無期限に継続、プログラム可能なデグリッチ時間の経過後にラッチオフ、直ちにラッチオフ、TOFF\_DELAY後にシーケンス制御を解除のいずれかによってフォルト状態に応答する。再試行モードを使用して、ラッチオフ状態から自動的に回復することができる。再試行を有効化し、MFR\_RETRY\_COUNTで両方のページの再試行数(0~6または無制限)を設定する。
- オプションとして、DC/DCコンバータの出力電圧が初期マージ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、必要に応じてトリミングを再開できる。
- PMBusの設定により、コマンド・レジスタの内容をEEPROMに格納してCRCとECCを実行する。
- PMBusの設定または起動時にV<sub>DD33</sub>が印加されたときにEEPROMの内容を元に戻す。
- サポートされているPMBusフォルトと警告に応答して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。
- LTC2972のFAULTB0ピンとFAULTB1ピンに接続されている全てのDC/DCコンバータに対してシステム全体にわたるフォルト通知を調整する。
- チャンネルごとのPOWER GOODステータスをPG0ピンおよびPG1ピンを介して伝搬するか、これらのピンを汎用入出力として構成する。
- 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フォルトおよびUVフォルトに応じて監視対象DC/DCコンバータの入力電圧をディスプレイする。
- フォルトオフ状態に応答して遠隔測定データおよびステータス・データをEEPROMに記録する。
- 設定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しきい値電圧(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。
- ハイサイドの入力電流、入力電圧、入力電力、および蓄積された入力エネルギーを読み出す。
- 最小および最大の入力電圧、入力電流、入力電力、出力電圧、出力電流、および出力温度を記録する。

## 動作

- RAM領域(Mfr\_ee\_unlock, Mfr\_ee\_erase, Mfr\_ee\_data)を変更することなく、ユーザーのEEPROMデータに直接アクセスする。社内での一括プログラミングを容易にする。
- コマンド・プラスを使用して複数のホストに対応する。

### EEPROM

LTC2972は、構成設定とフォルト・ログの情報を格納する誤り訂正符号(ECC)付きのEEPROM(不揮発性メモリ)を内蔵しています。EEPROMの持続時間、保持時間、一括書き込み動作時間は動作温度範囲で規定されています。「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。

$T_J = 105^\circ\text{C}$ を超える温度での非破壊動作は可能ですが、電気的特性は保証されておらず、EEPROMは劣化します。

$105^\circ\text{C}$ より高い温度でEEPROMを動作させると、保持特性が劣化する可能性があります。フォルト・ログ機能は、高温で発生する場合があるシステム問題のデバッグに役立ちますが、この機能による書き込み先はEEPROMのフォルト・ログ領域だけです。これらのレジスタへの不定期の書き込みが $105^\circ\text{C}$ を超えて行われると、フォルト・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。

$T_J$ が $85^\circ\text{C}$ を超える場合はSTORE\_USER\_ALLまたはバルク・プログラミングを使用して、EEPROMが書き込まれないことを推奨します。

$105^\circ\text{C}$ を超える温度でのEEPROMの保持特性の劣化は、次式を使って無次元の加速係数を計算することにより、近似することができます。

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

ここで、

AF = 加速係数

$E_a$  = 活性化エネルギー =  $1.4\text{eV}$

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

$T_{USE}$  =  $105^\circ\text{C}$ の規定ジャンクション温度

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

例: ジャンクション温度  $125^\circ\text{C}$  で10時間動作させた場合の保持特性への影響を計算します。

$$T_{STRESS} = 125^\circ\text{C}$$

$$T_{USE} = 105^\circ\text{C}$$

$$AF = 8.65$$

$105^\circ\text{C}$ での等価動作時間 = 86.5時間。

したがって、EEPROMの全データ保持時間は、ジャンクション温度 $125^\circ\text{C}$ で10時間動作させると、結果として更に76.5時間短くなります。ただし、EEPROMの $105^\circ\text{C}$ のジャンクション温度での175,200時間の定格全保持時間に比べると、オーバーストレスの影響は無視できます。

### AUXFAULTB

MFR\_CONFIG2\_LTC2972コマンドとMFR\_CONFIG3\_LTC2972コマンドをチャンネルごとに使用して、AUXFAULTBピンを“L”に駆動するフォルト状態を選択できます。AUXFAULTBピンに伝搬できるフォルトの種類は、過電圧/低電圧フォルトだけです。

### RESETB

WDI/RESETBピンを“L”に保つ時間を $t_{RESETB}$ より長くすると、LTC2972はパワーオン・リセット状態に移行します。パワーオン・リセット状態の間、デバイスは $I^2C$ バス上では通信しません。LTC2972は、WDI/RESETBピンでの次の立ち上がりエッジの後、EEPROMに格納されている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。10kの抵抗を使用して、WDI/RESETBを $V_{DD33}$ に接続します。WDI/RESETBピンには $256\mu\text{s}$ のデグリッチ・フィルタが内蔵されているので、このピンにフィルタ容量を追加するのは推奨されません。

### V<sub>DDIO</sub>

$V_{DDIO}$ ピンは、低電圧デジタル通信が可能になるように、SDA、SCL、ALERTB、PWRGD、FAULTB[1:0]、CONTROL[1:0]、PG[1:0]、WDI/RESETB、およびWPピンの入力しきい値を設定します。 $V_{DDIO}$ ピンの内部抵抗分割器により、内部しきい値電圧は $V_{DDIO}$ ピンの電圧の約45%に設定されます。VOUT\_EN[1:0]、AUX\_FAULTB、およびSHARE\_CLKピンは $V_{DDIO}$ ピンの電圧には影響されません。また、常に $V_{DD33}$ にプルアップしてください。

## 動作

### PMBus シリアル・デジタル・インタフェース

LTC2972は、標準の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。バス信号相互のタイミング関係をPMBus タイミング図に示します。バスを使用しない場合、2本のバスライン(SDAとSCL)は“H”にする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC2972はスレーブ・デバイスです。マスタは以下の形式でLTC2972と通信できます。

- 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 コマンド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1～13に示します。全てのトランザクションがPEC(パケット・エラー・チェック)とGCP(グループ・コマンド・プロトコル)に対応しています。ブロック読み出しは、戻り値のデータとして255バイトをサポートします。したがって、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeoutの設定を使用してSMBus タイムアウトを延長することができます。

### PMBus

PMBusは電力変換デバイスとの通信方法を定義する業界標準です。PMBusは業界標準のSMBusシリアル・インタフェースとPMBus コマンド言語で構成されています。

PMBus 2線インタフェースはSMBusの拡張版です。SMBusは、I<sup>2</sup>Cを基盤として構築され、両者の間にはタイミング、DCパラメータ、プロトコルにいくつかのわずかな差異が存在します。SMBusプロトコルはバスのハングを防ぐタイムアウトと、データの完全性を保証するオプションのパケット・エラー・チェック(PEC)を備えているので、SMBusプロトコルはシンプルなI<sup>2</sup>Cのバイト・コマンドより堅牢です。通常、I<sup>2</sup>C通信用に構成できるマスタ・デバイスは、ハードウェアまたはファームウェアにわずかな変更を加えるか、まったく変更することなくPMBus通信に使用できます。

PMBusで適用されたSMBusに対する軽微な拡張や例外については、『PMBus Specification Part 1 Revision 1.1』のセクション5「Transport」を参照してください。これは、次で閲覧することができます。

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

SMBusとI<sup>2</sup>Cの相違点については、『System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0』の付録B「Differences between SMBus and I<sup>2</sup>C」を参照してください。これは、次で閲覧することができます。

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

PMBusの部分との通信にI<sup>2</sup>Cコントローラを使用する場合は、コントローラがデータ・バイトの停止を発生することなく書き込みのできる事が重要です。この書き込みができると、コントローラはI<sup>2</sup>C読み出しによって開始コマンドバイト書き込みを連結することで、繰り返し起こるPMBusの読み出しコマンドの開始点を適切に構成することができます。

### デバイス・アドレス

LTC2972のI<sup>2</sup>C/SMBusアドレスはベースアドレス + Nと等しく、Nは0～8までの数です。NはASEL0とASEL1ピンをV<sub>DD33</sub>、GND、またはFLOATにセットすることで設定できます。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の値を使用すると、9つのLTC2972を互いに接続して18の出力を制御できます。ベースアドレスはMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタに格納されています。ベースアドレスにはどのような値でも書き込めますが、一般的に希望のアドレス範囲が既存のアドレスと重なり合うことがなければ変更するべきではありません。I<sup>2</sup>C/SMBusデバイスやグローバル・アドレスなどのI<sup>2</sup>C/SMBusマルチプレクサやバスバッファとアドレス範囲が重なり合わないようしてください。こうしておけば十分な安心感が得られます。

LTC2972はASELピンとMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタの状態に関係なく、グローバル・アドレスとSMBus Alert Responseアドレスに常に応答します。

### 処理コマンド

LTC2972は、専用の処理ブロックを使用して、全てのコマンドに対して迅速に応答できるようにしています。数少ない例外として、コマンド処理中に次に続くコマンドにNACKを出すことはあります。次の表にこの点をまとめて示します。MFR\_COMMONは、デバイスがビジー状態でも必ず読み込まれる特殊なコマンドです。この方法により、ホストはLTC2972が処理中かどうかを判定できます。

## 動作

### EEPROM 関連のコマンド

コマンド	標準的遅延時間*	注釈
STORE_USER_ALL	$t_{\text{MASS\_WRITE}}$	「電気的特性」の表参照。LTC2972は、レジスタの内容をEEPROMに転送中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
RESTORE_USER_ALL	30ms	LTC2972は、EEPROMのデータをコマンド・レジスタに転送中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	175ms	LTC2972は、フォルト・ログのEEPROM領域を初期化中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_STORE	20ms	LTC2972は、フォルト・ログのRAMバッファをEEPROM領域に転送中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
内部フォルト・ログ	20ms	内部フォルトログ・イベントは、フォルトに回答してフォルト・ログの内容をEEPROMにアップロードする1回限りのイベント。内部フォルト・ログ機能はディスエーブル可能。このEEPROMへの書き込み中に受け取ったコマンドに対してNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	2ms	LTC2972は、EEPROMのデータをフォルト・ログRAMバッファに転送中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。

\*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時間を測定。

### その他のコマンド

コマンド	標準的遅延時間*	注釈
MFR_CONFIG	<50 $\mu$ s	LTC2972は、このコマンドの処理中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
IOUT_CAL_GAINおよび IOUT_CAL_OFFSET	<500 $\mu$ s	LTC2972は、このコマンドの処理中はどのようなコマンドも受け付けられない。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。

\*遅延は、コマンドの停止から次のコマンドの開始まで測定される。

### PMBusのタイミングに関するその他の注意事項

コマンド	注釈
CLEAR_FAULTS	LTC2972はこのコマンドの処理中もコマンドを受け付けるが、関連するステータス・フラグは最長500 $\mu$ sの間クリアされない。

## 動作

表 1. MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS を 7 ビットの 0x5C に設定した LTC2972 のアドレス・ルックアップ・テーブル

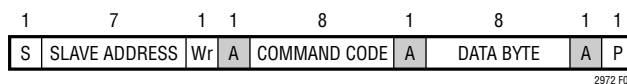
アドレス・ピン		説明	デバイス・アドレス (16進)		デバイス・アドレス(2進)								R/W
ASEL1	ASEL0		7-Bit	8-Bit	6	5	4	3	2	1	0		
X	X	Alert Response	0C	19	0	0	0	1	1	0	0	1	
X	X	Global	5B	B6	1	0	1	1	0	1	1	0	
L	L	N = 0	5C*	B8	1	0	1	1	1	0	0	0	
L	NC	N = 1	5D	BA	1	0	1	1	1	0	1	0	
L	H	N = 2	5E	BC	1	0	1	1	1	1	0	0	
NC	L	N = 3	5F	BE	1	0	1	1	1	1	1	0	
NC	NC	N = 4	60	C0	1	1	0	0	0	0	0	0	
NC	H	N = 5	61	C2	1	1	0	0	0	0	1	0	
H	L	N = 6	62	C4	1	1	0	0	0	1	0	0	
H	NC	N = 7	63	C6	1	1	0	0	0	1	1	0	
H	H	N = 8	64	C8	1	1	0	0	1	0	0	0	

H = V<sub>DD33</sub> に接続、NC = 接続しない = 開放またはフロート、L = GND に接続、X = ドントケア  
 \*MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS = 7 ビットの 0x5C (製造時のデフォルト値)

- S START CONDITION
- Sr REPEATED START CONDITION
- Rd READ (BIT VALUE OF 1)
- Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)
- $\bar{A}$  NOT ACKNOWLEDGE (HIGH)
- A ACKNOWLEDGE (LOW)
- P STOP CONDITION
- PEC PACKET ERROR CODE
- MASTER TO SLAVE
- SLAVE TO MASTER
- ... CONTINUATION OF PROTOCOL

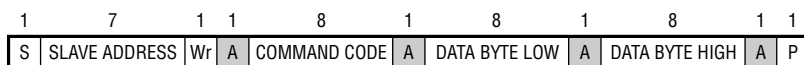
2972 F01

図 1. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



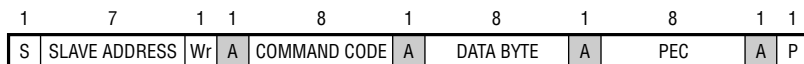
2972 F02

図 2. バイト書き込みプロトコル



2972 F03

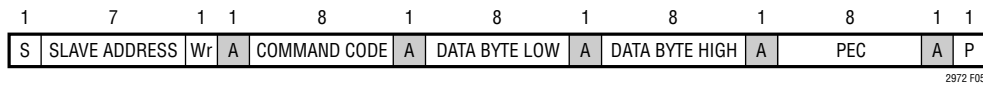
図 3. ワード書き込みプロトコル



2972 F04

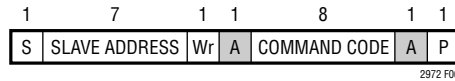
図 4. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

動作



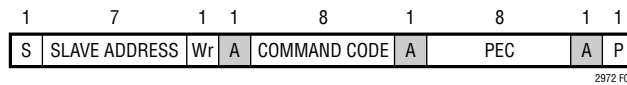
2972 F05

図5. PEC付きワード書き込みプロトコル



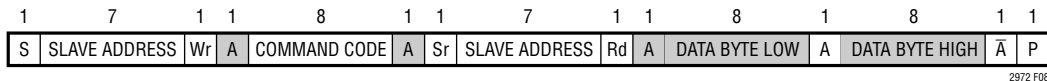
2972 F06

図6. バイト送信プロトコル



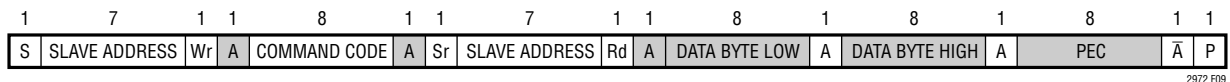
2972 F07

図7. PEC付きバイト送信プロトコル



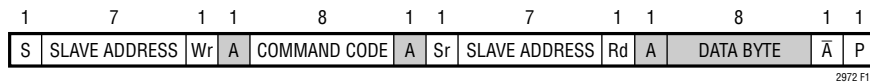
2972 F08

図8. ワード読み出しプロトコル



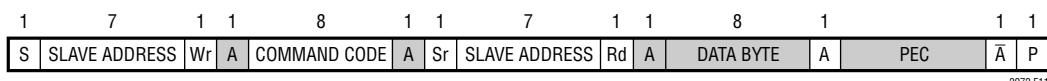
2972 F09

図9. PEC付きワード読み出しプロトコル



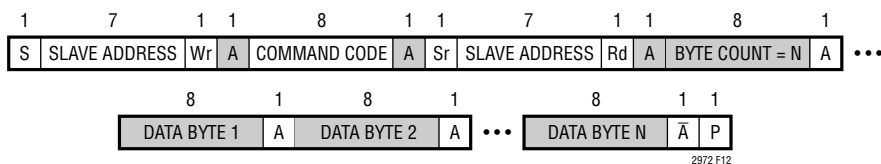
2972 F10

図10. バイト読み出しプロトコル



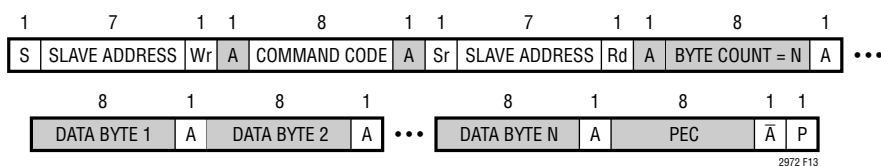
2972 F11

図11. PEC付きバイト読み出しプロトコル



2972 F12

図12. ブロックでの読み出し



2972 F13

図13. PEC付きのブロックでの読み出し

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照 ページ
PAGE	0x00	ページングをサポートする任意のコマンドに対して現在選択されているチャンネルまたはページ。	R/W Byte	N	Reg			0x00	<a href="#">30</a>
動作	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、上方マージンおよび下方マージン。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">36</a>
ON_OFF_CONFIG	0x02	CONTROLピンおよびPMBusのオン/オフ・コマンドの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	<a href="#">37</a>
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされている全フォルト・ビットをクリアする。	Send Byte	Y				NA	<a href="#">67</a>
WRITE_PROTECT	0x10	偶発的な変更に対してデバイスが提供する保護のレベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">31</a>
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリ全体をEEPROMに格納。	Send Byte	N				NA	<a href="#">45</a>
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体をEEPROMから復元する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">45</a>
CAPABILITY	0x19	デバイスがサポートするPMBusオプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	<a href="#">87</a>
VOUT_MODE	0x20	出力電圧データ形式および仮数のべき数 ( $2^{-13}$ )。	R Byte	Y	Reg			0x13	<a href="#">51</a>
VOUT_COMMAND	0x21	サーボ・ターゲット。DC/DCコンバータ出力電圧の公称設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x2000	<a href="#">52</a>
VOUT_MAX	0x24	他のいかなるコマンドにも関係なく、デバイスが指示できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	4.0 0x8000	<a href="#">52</a>
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DCコンバータ出力電圧の上方マージンの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x219A	<a href="#">52</a>
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DCコンバータ出力電圧の下方マージンの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x1E66	<a href="#">52</a>
VIN_ON	0x35	これより高い電圧で電力変換をイネーブルできる入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	10.0 0xD280	<a href="#">48</a>
VIN_OFF	0x36	これより低い電圧では電力変換がディスエーブルされる入力電圧。TOFF_DELAYの経過後に、両方のVOUT_ENピンが直ちにオフになるか、オフになるようシーケンス制御される (Mfr_config_track_ennを参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0xD240	<a href="#">48</a>
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	Y	L11	mΩ	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">53</a>
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	電流検出測定に加えられるオフセット電流 (A)。	R/W Word	Y	L11	A	Y	0 0x8000	<a href="#">53</a>
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧フォルトのリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x2333	<a href="#">52</a>
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	<a href="#">63</a>
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力の過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x2266	<a href="#">48</a>
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力の低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x1D9A	<a href="#">48</a>

注記: データ形式の略号はこの表の末尾で説明しています



## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照ページ
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルトのリミット。Ton_max_faultおよびPWRGDピンのデアサートに使用される。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x1CCD	<a href="#">52</a>
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力の低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7F	<a href="#">63</a>
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力の過電流警告リミット。	R/W Word	Y	L11	A		5.0 0xCA80	<a href="#">53</a>
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサの過熱フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	65.0 0xEA08	<a href="#">55</a>
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサで過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサの過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	60.0 0xE3C0	<a href="#">55</a>
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサの低温警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">55</a>
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサの低温フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-5.0 0xCD80	<a href="#">55</a>
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサで低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VIN_SNSピンで測定した入力過電圧フォルト・リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">48</a>
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x80	<a href="#">64</a>
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VIN_SNSピンで測定した入力過電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	<a href="#">48</a>
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VIN_SNSピンで測定した入力低電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">48</a>
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VIN_SNSピンで測定した入力低電圧フォルト・リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">48</a>
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力の低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">64</a>
POWER_GOOD_ON	0x5E	PWRGDピンをアサートする出力電圧の下限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.96 0x1EB8	<a href="#">52</a>
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrpd_off_uses_uvがクリアされたときにPWRGDピンをデアサートする出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.94 0x1E14	<a href="#">52</a>
TON_DELAY	0x60	CONTROLピンまたはOPERATIONコマンド = ON(あるいはその両方)からVOUT_ENnピン = ONまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">57</a>
TON_RISE	0x61	VOUT_ENnピンが“H”になってから、LTC2972が必要に応じて内蔵のDACをソフト接続して出力電圧を目的の値までサーボ制御し始めるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	10.0 0xD280	<a href="#">57</a>
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	VOUT_ENn = ONのアサートからTON_MAX_FAULT状態が発生するまで低電圧状態が許容される時間の最大値。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">57</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照ページ
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
TOFF_DELAY	0x64	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド = OFF (あるいはその両方) から V <sub>OUT_EN</sub> ピン = OFF までの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">57</a>
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態の1バイトの要約。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">68</a>
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態の2バイトの要約。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">68</a>
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1 の外部温度フォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">70</a>
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">70</a>
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトおよび状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">74</a>
READ_IIN	0x89	DC/DC コンバータの入力電流。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">74</a>
READ_VOUT	0x8B	DC/DC コンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">74</a>
READ_IOUT	0x8C	DC/DC コンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外付けダイオードのジャンクション温度。IOUT_CAL_GAIN をはじめとする、全ての温度関連処理に使用される値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">75</a>
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	<a href="#">75</a>
READ_POUT	0x96	DC/DC コンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">76</a>
READ_PIN	0x97	DC/DC コンバータの入力電力。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">74</a>
PMBUS_REVISION	0x98	デバイスがサポートする PMBus のリビジョン。現在のリビジョンは 1.1。	R Byte	N	Reg			0x11	<a href="#">87</a>
USER_DATA_00	0xB0	メーカーが LTpowerPlay 用に確保。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">88</a>
USER_DATA_01	0xB1	メーカーが LTpowerPlay 用に確保。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	<a href="#">88</a>
USER_DATA_02	0xB2	OEM が確保。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">88</a>
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	<a href="#">88</a>
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">88</a>
MFR_FIRST_FAULT	0xB5	最初のフォルト情報。	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">73</a>
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">88</a>
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">73</a>
MFR_T_SELF_HEAT	0xB8	出力電流検出デバイスの自己発熱に起因する、外部温度センサによって測定された値からの計算された温度上昇。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">55</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	4 • t <sub>CONV_SENSE</sub> によって大きさが変更される Mfr_t_self_heat の変化の時定数の逆数。	R/W Word	Y	L11		Y	0.0 0x8000	<a href="#">55</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照ページ
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタ・コアから、外部温度センサによって測定される点までの熱抵抗。	R/W Word	Y	L11	°C/W	Y	0.0 0x8000	<a href="#">55</a>
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUTの代替データ形式。1 LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	<a href="#">76</a>
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーが確保。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">88</a>
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASEコマンドとMFR_EE_DATAコマンドによるアクセスのために、ユーザーのEEPROMのロックを解除する。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATAによる一括設定のために、ユーザーのEEPROMを初期化する。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読み出しまたは書き込みによってEEPROMとの間で伝送されるデータ。一括設定をサポートする。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>
MFR_EIN	0xC0	入力エネルギーのデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	<a href="#">48</a>
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	エネルギーおよび入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">49</a>
MFR_SPECIAL_LOT	0xC2	製造時にプログラムされ、EEPROMに格納されたユーザー設定を識別するお客様によって異なるコード。デフォルト値は弊社にお問い合わせください。	R Byte	Y	Reg		Y	NA	<a href="#">87</a>
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xC3	IIN_CAL_GAINに適用される温度係数。	R/W Word	N	CF	ppm	Y	0x0000	<a href="#">50</a>
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IINの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IINの最小測定値。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PINの最大測定値。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">75</a>
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PINの最小測定値。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">75</a>
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。全ての追加ホスト用のコマンド。	R/W Word	N	Reg			0x0000	<a href="#">32</a>
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg			0x0000	<a href="#">32</a>
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg			0x0000	<a href="#">32</a>
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PGピンの構成	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	<a href="#">59</a>
MFR_CLEAR_ENERGY	0xCC	MFR_EINの時間とエネルギーの値をクリアする。	Send Byte	N				NA	<a href="#">50</a>
MFR_DAC_STARTUP	0xCD	起動時に使用されるDAC出力のコード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	<a href="#">52</a>
MFR_PG_GPO	0xCE	PGピンの出力データ・レジスタ。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">61</a>
MFR_CONFIG_LTC2972	0xD0	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	<a href="#">37</a>
MFR_CONFIG_ALL_LTC2972	0xD1	両方のページに共通の構成ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x007B	<a href="#">43</a>
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	フォルトのためオフ・ステートになったチャンネルをFAULTB0ピンに伝搬するかどうかを決定する設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	フォルトのためオフ・ステートになったチャンネルをFAULTB1ピンに伝搬するかどうかを決定する設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照ページ
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESETB の状態と個々のチャンネルのパワーグッドを PWRGD ピンにマッピングする設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">61</a>
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULTB0 ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULTB1 ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUT の最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">77</a>
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUT の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_CONFIG2_LTC2972	0xD9	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">40</a>
MFR_CONFIG3_LTC2972	0xDA	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">40</a>
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	フォルト再試行モードでの再試行間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	200 0xF320	<a href="#">65</a>
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	CONTROL の実際のアクティブ・エッジから CONTROL の仮定のアクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	400 0xFB20	<a href="#">58</a>
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1 の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">77</a>
MFR_DAC	0xE0	10ビット DAC のコード。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">52</a>
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	PWRGD ピン出力のアサート遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	100 0xEB20	<a href="#">61</a>
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	ウォッチドッグ・タイマの最初の時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">62</a>
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマの時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">62</a>
MFR_PAGE_FF_MASK	0xE4	グローバル・ページ・コマンドにどのチャンネルが応答するかを定義する設定 (PAGE=0xFF)。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x03	<a href="#">32</a>
MFR_PADS	0xE5	選択されたデジタル I/O パッドの現在のステータス。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">71</a>
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I <sup>2</sup> C/SMBus アドレス・バイトのベース値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	<a href="#">32</a>
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC2972 を識別するメーカーのコード。	R Word	N	Reg		Y	784 0x0310	<a href="#">87</a>
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の公称抵抗 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">50</a>
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT_COMMAND に掛け合わせて V <sub>OUT</sub> がしきい値電圧からどれだけ離れているかを決定する係数。	R/W Word	Y	L11		Y	2.0 0xC200	<a href="#">52</a>
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM へのフォルト・ログの伝送を命令する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前 EEPROM に格納されていたフォルト・ログを RAM に戻すよう命令する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログのために確保された EEPROM のブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアする。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>

## PMBus コマンドの概要

### まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点数 16進数	参照 ページ
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	フォルト・ログの状態。	R Byte	N	Reg		Y	NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全なフォルト・ログをアセンブルする。	R Block	N	Reg		Y	NA	<a href="#">79</a>
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイセス・デバイスに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">72</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	IOUT_CAL_GAINに適用される温度係数。	R/W Word	Y	CF	ppm	Y	0x0000	<a href="#">53</a>
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	再試行をイネーブルする、フォルトでオフになった全ての条件の再試行数。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x07	<a href="#">65</a>
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部ダイオード温度の非理想係数の逆数。1 LSB = $2^{-14}$ 。	R/W Word	Y	CF		Y	1 0x4000	<a href="#">55</a>
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度のオフセット値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">55</a>
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	I <sub>SENSEn</sub> とI <sub>SENSEm</sub> の間の電圧の絶対値。1 LSB = 3.05 μVまたは91.5 μV。	R Word	Y	CF	3.05 μV		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUTの最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VINの最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>

### データ形式

L11	Linear_5s_11s	PMBusのデータ・フィールド b[15:0]。 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、N = b[15:11]は5ビットの2の補数の整数、Y = b[10:0]は11ビットの2の補数の整数。 例: READ_VIN = 10V b[15:0] = 0xD280 = 1101_0010_1000_0000bでは、 値 = $640 \cdot 2^{-6} = 10$ PMBus Rev 1.1仕様の第2部、パラグラフ7.1参照。
L16	Linear_16u	PMBusのデータ・フィールド b[15:0]。 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、Y = b[15:0]は符号なしの整数、N = Vout_mode_parameterは5ビットの2の補数の指数で、10進数の-13に固定配線されている。 例: VOUT_COMMAND = 4.75V b[15:0] = 0x9800 = 1001_1000_0000_0000bでは、 値 = $38912 \cdot 2^{-13} = 4.75$ PMBus Rev 1.1仕様の第2部、パラグラフ8.3.1参照。
Reg	レジスタ	PMBusのデータ・フィールド b[15:0]またはb[7:0] ビット・フィールドの意味はPMBusコマンド・レジスタの詳細な説明で定義されている。
CF	カスタム形式	PMBusのデータ・フィールド b[15:0]。 値はPMBusコマンド・レジスタの詳細な説明で定義されている。多くの場合、MFR固有の一定の倍率が掛けられる、符号なし整数または2の補数の整数である。

## PMBus コマンドの説明

## アドレス指定および書き込み保護

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
PAGE	0x00	ページングをサポートする任意のコマンドに対して現在選択されているチャンネルまたはページ。	R/W Byte	N	Reg			0x00	<a href="#">30</a>
WRITE_PROTECT	0x10	偶発的な変更に対してデバイスが提供する保護のレベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">31</a>
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I <sup>2</sup> C/SMBus アドレス・バイトのベース値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	<a href="#">32</a>
MFR_PAGE_FF_MASK	0xE4	グローバル・ページ・コマンドにどのチャンネルが応答するかを定義する設定 (PAGE=0xFF)。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x03	<a href="#">32</a>
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。全ての追加ホスト用のコマンド。	R/W Word	N	Reg				<a href="#">32</a>
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg				<a href="#">32</a>
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg				<a href="#">32</a>

## PAGE

LTC2972には、管理できるDC/DCコンバータの2つのチャンネルに対応する2つのページがあります。DC/DCコンバータの各チャンネルはまず適切なページを設定することで独自にプログラムできます。

PAGE = 0xFFと設定すると、グローバル・ページ・プログラミング対応のPMBusコマンドを両方のページに同時に書き込むことができます。PAGE = 0xFF対応のコマンドはCLEAR\_FAULTS、OPERATION、ON\_OFF\_CONFIGだけです。その他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でページ化されたどの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フォルトが発生します。PAGE = 0xFF非対応のページ・コマンドをPAGE = 0xFFで書き込んでも無視され、CMLフォルトが発生します。

## PAGEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Page	ページ動作。 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。 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。 0xFF: このモードをサポートするコマンドへの1つのPMBus書き込み/送信は、全てのチャンネル/ページにMFR_PAGE_FF_MASKをイネーブルして同時にアドレスされる。

## PMBus コマンドの説明

### WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTC2972 のコマンド・レジスタが誤ってプログラムされないよう保護します。サポートされる全てのコマンドはWRITE\_PROTECTの設定にかかわらずそのパラメータを読み込み、またEEPROMの内容もWRITE\_PROTECTの設定にかかわらず読み込むことができます。

保護には次の2つのレベルがあります。

- レベル1: 書き込み保護のレベル自体の他は何も変更できません。値は両方のページから読み込むことができます。この設定はEEPROMに格納可能です。
- レベル2: 保護のレベル、チャンネルのオン/オフ状態、フォルトとエネルギーのクリア、PGピンの汎用出力強制状態の他は何も変更できません。値は両方のページから読み込むことができます。この設定はEEPROMに格納可能です。

### 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]	1000_0000b: レベル1保護 – WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL、およびMFR_COMMAND_PLUSコマンド以外の全ての書き込みはディスエーブルされる。 0100_0000b: レベル2保護 – WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL、OPERATION、MFR_COMMAND_PLUS、MFR_PAGE_FF_MASK、MFR_CLEAR_ENERGY、MFR_PG_GPO、およびCLEAR_FAULTSコマンド以外の全ての書き込みはディスエーブルされる。 0000_0000b: 全てのコマンドへの書き込みをイネーブルする。 xxxx_xxxx b: その他の値は全て予備。

### 書き込み保護 (WP) ピン

WPピンを使用すると、LTC2972の構成レジスタへの書き込みを禁止できます。WPピンはアクティブ“H”で、アサートされた場合はレベル2の保護を実現します。WRITE\_PROTECT、PAGE、MFR\_EE\_UNLOCK、STORE\_USER\_ALL、OPERATION、MFR\_COMMAND\_PLUS、MFR\_PAGE\_FF\_MASK、CLEAR\_FAULTS、MFR\_PG\_GPO、およびMFR\_CLEAR\_ENERGYコマンド以外の全ての書き込みはディスエーブルされます。WPピンとWRITE\_PROTECTコマンドの間の最も制限された設定は無効になります。例えば、WP = 1とWRITE\_PROTECT = 0x80の場合は、WRITE\_PROTECTコマンドの方が制限されているので無効になります。

WPピンの状態	WRITE_PROTECTコマンドの値	書き込み保護レベル
Low	0x00	No write protection
	0x40	Level 2
	0x80	Level 1
High	0x00	Level 2
	0x40	Level 2
	0x80	Level 1

## PMBus コマンドの説明

### 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[7:2]	Reserved	常に 0000b を返す
b[1]	Mfr_page_ff_mask_chan1	グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) アクセスに対するチャンネル1のマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスを無視 1 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスに完全に応答
b[0]	Mfr_page_ff_mask_chan0	グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) アクセスに対するチャンネル0のマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスを無視 1 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスに完全に応答

### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS

MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS コマンドは、I<sup>2</sup>C/SMBus アドレス・バイトのベース値を決定します。0~8 のオフセットがこのベース・アドレスに加えられて I<sup>2</sup>C/SMBus アドレスが生成されます。このデバイスはデバイス・アドレスに応答します。例えば、MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS の製造時のデフォルト値が 0x5C、ASEL1 と ASEL0 の両方が“H” (オフセット N=8) では、デバイス・アドレスは  $0x5C + 8 = 0x64$  になります。

#### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Reserved	読み出し専用、常に 0 を返す。
b[6:0]	I2c_base_address	この7ビットの値は7ビットの I <sup>2</sup> C/SMBus アドレスのベース値を決定する。「動作」のセクションの「デバイス・アドレス」を参照してください。

### MFR\_COMMAND\_PLUS

#### MFR\_DATA\_PLUS0 および MFR\_DATA\_PLUS1

#### MFR\_STATUS\_PLUS0 および MFR\_STATUS\_PLUS1

PAGE レジスタと同様に、これらのレジスタを使用して、間接的にメモリのアドレスを指定できます。これらのレジスタは、下で説明するように、メモリの読み出しや書き込みを行う高度な操作に使用できます。

コマンド・プラス操作では、一連のワード・コマンドを使用して以下をサポートします。

- 標準的な順次ワード読み出しを使用してブロック・データを読み出す代替方法。
- 最大2つの追加ホストにより、PMBus ワード・プロトコルを使用して内部レジスタを読み出すことができるピーク操作 (各ホストには固有のページあり)。
- 最大2つの追加ホストにより、PMBus ワード・プロトコルを使用して内部レジスタに書き込むことができるポーク操作 (各ホストには固有のページあり)。
- ピーク、ポーク、およびコマンド・プラスによるブロック読み出しは、通常の PMBus アクセスまたは PAGE で設定したページ値に妨害を与えることはない。これにより、最大3つのホストのマルチマスタ・サポートが可能。



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_COMMAND\_PLUSのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_command_plus_reserved	予備。常に0を返す。
b[14]	Mfr_command_plus_id	コマンド・プラスのホストID 0: Mfr_command_plus ポインタおよびページはキャッシュに格納され、全ての Mfr_data_plus0 アクセスに対して使用される。 1: Mfr_command_plus ポインタおよびページはキャッシュに格納され、全ての Mfr_data_plus1 アクセスに対して使用される。
b[13:9]	Mfr_command_plus_page	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 を介してピーク処理またはポーク処理を行うときに使用するページ。使用できる値は0~3。このページの値は、このレジスタが書き込まれるときに、Mfr_command_plus_id の値に基づいて Mfr_data_plus0 および Mfr_data_plus1 のキャッシュに別個に格納される。
b[8:0]	Mfr_command_plus_pointer	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 によってアクセスされる内部メモリの位置。Mfr_data_plus0 ポインタと Mfr_data_plus1 ポインタは別個のキャッシュに格納される。正しい値は「PMBus コマンドの概要」の表の「コマンド・コード」列に示す。その他の値は全て予備。ただし、「ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル」セクションに示す特殊なポーク・イネーブル/ディスエーブル値と、Mfr_status_plus0 および Mfr_status_plus1 について以下に示すコマンド値を除く。

### MFR\_DATA\_PLUS0 および MFR\_DATA\_PLUS1 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_data_plus0 Mfr_data_plus1	このレジスタからの読み出しでは、最後に一致する Mfr_command_plus の書き込みで参照されたデータが返される。より具体的には、host 0 update Mfr_data_plus0 による Mfr_command_plus への書き込みと、host1 update Mfr_data_plus1 による Mfr_command_plus への書き込み。pointer=Mfr_fault_Log の間の複数回の順次読み出しによってブロック読み出しバッファの全内容が返される。バッファの終わりを越えてブロック読み出しを行うと、ゼロが返される。  「Mfr_data_plus0 を使用したポーク操作」セクションに説明されているポーク操作手順に従った場合、このレジスタへの書き込みにより、最後に一致する Mfr_command_plus_pointer が参照した場所にデータが転送される。

### MFR\_STATUS\_PLUS0 および MFR\_STATUS\_PLUS1 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:2]	Reserved	
b[1]	Mfr_status_plus_poke_failed0 Mfr_status_plus_poke_failed1	ホストを照合するための最新のポークのステータス。 0: 最後のポーク操作は失敗しなかった。 1: 「ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル」セクションで説明するように、ポークがイネーブルされていなかったので最後のポーク操作は失敗した。
b[0]	Mfr_status_plus_block_peek_failed0 Mfr_status_plus_block_peek_failed1	ホストを照合するための最新のブロック・ピークのステータス。 0: 最後のブロック・ピークは中断されなかった。 1: 途中で発生した EEPROM へのフォルト・ログの書き込み、MFR_FAULT_LOG_STORE コマンド、または MFR_FAULT_LOG の標準的な PMBus ブロック読み出しが原因で、最後のブロック・ピークは中断された。中途介入操作は必ず最後まで完了する。

MFR\_STATUS\_PLUS0 はコマンド位置 0x2C にあり、MFR\_STATUS\_PLUS1 はコマンド位置 0x2D にある。これらは予備の PMBus コマンド位置に対応する。これら2つのステータス・レジスタはコマンド・プラスのピーク操作を介してのみ読み出すことができる。

## PMBus コマンドの説明

### コマンド・プラスおよび MFR\_DATA\_PLUS0 を使用したフォルト・ログの読み出し

Mfr\_command\_plus\_pointer = 0xEE を Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせて書き込みます。

Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出します。各読み出しにより、MFR\_FAULT\_LOG コマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- 最初のワード読み出しは Byte\_count[15:0]=0x00FF です。
- 次の一連のワード読み出しは、2 バイトを 1 ワードにパックしたプリアンブルです。詳細については「フォルト・ログ」のセクションを参照してください。
- 次の一連のワード読み出しは、1 ワード当たり 2 バイトの循環ループ・データです。詳細については「フォルト・ログ」のセクションを参照してください。
- 余計な読み出しを行うと、ゼロが返されます。
- PMBus のワード・コマンドとバイト・コマンドを交互に配置すると、進行中のコマンド・プラス・ブロック読み出しを妨げません。
- MFR\_FAULT\_LOG の PMBus ブロック読み出しを交互に配置すると、このコマンドは中断されます。

ステータスをチェックして、先ほど読み出したデータが全て有効であったことを確認します。

- Mfr\_command\_plus\_pointer=0x2C を Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせて書き込みます。
- Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出して、Mfr\_status\_plus\_block\_peek\_failed0 = 0 であることを確認します。

### MFR\_COMMAND\_PLUS および MFR\_DATA\_PLUS0 を使用したエネルギーの読み出し

Mfr\_command\_plus\_pointer = 0xC0 を Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせて書き込みます。

Mfr\_data\_plus\_0 からデータを読み出します。各読み出しにより、MFR\_EIN コマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- Byte\_count[15:0] = 0x000C
- Energy\_value[15:0]
- Energy\_value[31:16]
- Energy\_value[47:32]
- Energy\_time[15:0]
- Energy\_time[31:16]
- Energy\_time[47:32]

### MFR\_DATA\_PLUS0 を使用したピーク操作

内部のワードおよびバイトはコマンド・プラスを使用して読み出すことができます。

Mfr\_command\_plus\_pointer=CMD\_CODE を Mfr\_command\_plus\_page = page および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせて書き込みます。

CMD\_CODE は「PMBus コマンドの概要」の表に示します。

Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出します。データはワード読み出しを使用して常に読み出されます。上位バイトが 0 にセットされたバイト・データが返されます。

## PMBus コマンドの説明

### ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル

Mfr\_data\_plus0 に対するポーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x0BF6 を書き込むことによってイネーブルされます。

Mfr\_data\_plus0 に対するポーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x01F6 を書き込むことによってディスエーブルされます。

Mfr\_data\_plus1 に対するポーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x4BF6 を書き込むことによってイネーブルされます。

Mfr\_data\_plus1 に対するポーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x41F6 を書き込むことによってディスエーブルされます。

### Mfr\_data\_plus0 を使用したポーク操作

内部のワードおよびバイトはコマンド・プラスを使用して書き込むことができます。

Mfr\_data\_plus0 へのポーク・アクセスをイネーブルします。これを実行するのは、起動後または WDI リセット後 1 回のみにする必要があります。

Mfr\_command\_plus\_pointer=CMD\_CODE を Mfr\_command\_plus\_page = page および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせさせて書き込みます。

CMD\_CODE は「PMBus コマンドの概要」の表に示します。

新しいデータ値を MFR\_DATA\_PLUS0 に書き込みます。

必要に応じて、ステータスをチェックしてデータが希望どおりに書き込まれていることを確認します。

- Mfr\_command\_plus\_pointer=0x2C を Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 と組み合わせさせて書き込みます。
- Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出して、Mfr\_status\_plus\_poke\_failed0 = 0 であることを確認します。

### MFR\_DATA\_PLUS1 を使用したコマンド・プラス操作

Mfr\_command\_plus\_id の値を 1 に置き換えることにより、以前の操作には Mfr\_data\_plus1 を使用して全てアクセスできます。ポーク操作は Mfr\_data\_plus1 に対してイネーブルする必要があります。

## オン/オフ制御、マージニング、および設定

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、上方マージンおよび下方マージン。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">36</a>
ON_OFF_CONFIG	0x02	CONTROL ピンおよび PMBus のオン/オフ・コマンドの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x12	<a href="#">37</a>
MFR_CONFIG_LTC2972	0xD0	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	<a href="#">37</a>
MFR_CONFIG2_LTC2972	0xD9	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">40</a>
MFR_CONFIG3_LTC2972	0xDA	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">40</a>
MFR_CONFIG_ALL_LTC2972	0xD1	両方のページに共通の構成ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x007B	<a href="#">43</a>

## PMBus コマンドの説明

## OPERATION

OPERATION コマンドは、CONTROL ピン、ON\_OFF\_CONFIG と連携して、デバイスをオン/オフするのに使われます。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。デバイスをオフするために使用する全ての OPERATION コマンドと、再度オンするために使用する全ての OPERATION コマンドの間で、最小待機時間  $t_{OFF\_MIN}$  を守る必要があります。

## OPERATION 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	即座にオフ	00	XX	XX	00
	シーケンス・オン	10	00	XX	00
	下方マージン (フォルトと警告を無視)	10	01	01	00
	下方マージン	10	01	10	00
	上方マージン (フォルトと警告を無視)	10	10	01	00
	上方マージン	10	10	10	00
	マージン値から公称値へ移行する シーケンス・オフ	01	00	XX	00
	下方マージンでのシーケンス・オフ (フォルトと警告を無視)	01	01	01	00
	下方マージンでのシーケンス・オフ	01	01	10	00
	上方マージンでのシーケンス・オフ (フォルトと警告を無視)	01	10	01	00
	上方マージンでのシーケンス・オフ	01	10	10	00
予備	残り全ての組み合わせ				

OPERATION データの内容 (On\_off\_config\_use\_pmbus = 0)  
オンまたはオフ

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、または 10	00	XX	00
	下方マージン (フォルトと警告を無視)	00、01、または 10	01	01	00
	下方マージン	00、01、または 10	01	10	00
	上方マージン (フォルトと警告を無視)	00、01、または 10	10	01	00
	上方マージン	00、01、または 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

ON\_OFF\_CONFIG コマンドは、次の表に示すように、LTC2972をオン/オフする(起動時の動作も含む)のに必要なPMBus コマンドと、CONTROLピンの入力と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。出力電源シーケンシングが開始されるには、VIN\_ONのしきい値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、デバイスは通常t<sub>INIT</sub>を必要とします。電圧と電流の読み出しにはさらにt<sub>UPDATE\_ADC</sub>待つことが必要な場合があります。CONTROLピンを使用してデバイスをオフに切り替えてからオンに戻すまで、最小待機時間t<sub>OFF\_MIN</sub>を守る必要があります。

### ON\_OFF\_CONFIG のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:5]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[4]	On_off_config_controlled_on	デフォルトの自律起動動作を制御する。 0: デバイスは、CONTROLピンまたはOPERATION値に関わらず起動する。デバイスは常にシーケンス制御によって起動する。シーケンス制御なしでデバイスを起動するには、TON_DELAY = 0と設定する。 1: CONTROLピンによる命令、またはシリアル・バス上でのOPERATIONコマンドによる命令がない限り、デバイスは起動しない。On_off_config[3:2] = 00である場合、デバイスは決して起動しない。
b[3]	On_off_config_use_pmbus	シリアル・バスから受信したコマンドに対するデバイスの応答方法を制御する。 0: デバイスはOperation_control[1:0]を無視する。 1: デバイスはOperation_control[1:0]に応答する。On_off_config_use_controlによっては、デバイスの起動にはCONTROLピンがアサートされている必要があることもある。
b[2]	On_off_config_use_control	CONTROLピンに対するデバイスの応答を制御する。 0: デバイスはCONTROLピンを無視する。 1: デバイスは、デバイスを起動するためにCONTROLピンをアサートする必要がある。On_off_config_use_pmbusによっては、OPERATIONコマンドでデバイスの起動を指示することも必要な場合がある。
b[1]	Reserved	サポートされていない。常に1を返す。
b[0]	On_off_config_control_fast_off	デバイスにオフするように指示するときのCONTROLピンのターンオフ動作。 0: プログラムされたTOFF_DELAYを使用する。 1: 出力をオフし、可能な限り迅速にエネルギー伝送を停止する。デバイスは出力電圧の立ち下がり時間を短縮するため、電流を流し込まない。

### MFR\_CONFIG\_LTC2972

このコマンドは、各チャネルのさまざまなメーカー固有の動作パラメータの設定に使用されます。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_LTC2972 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_config_track_en	チャンネルがトラッキング対象電源システムのスレーブである場合に選択する。 0: チャンネルはトラッキング対象電源システムのスレーブではない。 1: チャンネルはトラッキング対象電源システムのスレーブである。このビットを設定すると、TOFF_DELAY の間の UV の検出がディスエーブルされる。
b[14]	Mfr_config_cascade_on	カスケード・シーケンス・オンのためにチャンネルの制御ピンを設定する。カスケード・シーケンス・オフは用意されていない。時間ベースのシーケンス・オフ・オプションの説明を参照。
b[13:12]	Mfr_config_controln_sel	このチャンネルのアクティブ制御入力ピン (CONTROL0、CONTROL1) を選択する。 00: CONTROL0 ピンを選択する。 01: CONTROL1 ピンを選択する。 10: 予備。 11: 予備。
b[11]	Mfr_config_fast_servo_off	出力電圧のマージニング中やトリミング中にはファースト・サーボをディスエーブルする。 0: 高速サーボがイネーブルされている。 1: 高速サーボがディスエーブルされている。
b[10]	Mfr_config_supervisor_resolution	電圧スーパーバイザの分解能を選択する。 0: 高分解能 = 4mV/LSB、 $V_{SENSEn} - V_{SENSEm}$ の範囲は 0V~3.8V。 1: 低分解能 = 8mV/LSB、 $V_{SENSEn} - V_{SENSEm}$ の範囲は 0V~6.0V。
b[9]	Reserved	常に 0 を返す。
b[8]	Mfr_config_imon_sel	電流検出チャンネルの入力範囲を選択する。 0: DCR 検出の遠隔測定モード、 $V_{SENSEn} - V_{SENSEm}$ の範囲は -170mV~+170mV 1: バッファ付きの IMON 遠隔測定モード、 $V_{SENSEn} - V_{SENSEm}$ の範囲は -0.1V~6.0V
b[7]	Mfr_config_servo_continuous	$V_{OUT}$ が新しいマージンまたは公称目標値に到達後、デバイスが継続して出力電圧のサーボ制御を行うかどうかを選択する。Mfr_config_dac_mode = 00b の場合にのみ適用する。 0: 初期目標値到達後は $V_{OUT}$ を継続的にサーボ制御しない。 1: $V_{OUT}$ を目標値まで継続的にサーボ制御する。
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 および Mfr_config_servo_continuous = 0 の場合にのみ適用する。 0: $V_{OUT}$ 警告しきい値に到達するか、超えた場合、デバイスが再度サーボ制御できないようにする。 1: 次の場合、デバイスは $V_{OUT}$ を公称の目標値にサーボ制御し直すことができる。 $V_{OUT} \geq V(V_{out\_ov\_warn\_limit})$ または $V_{OUT} \leq V(V_{out\_uv\_warn\_limit})$ 。
b[5:4]	Mfr_config_dac_mode	チャンネルがオン状態で TON_RISE の期限が切れているときに DAC をどのように使用するかを決定する。 00: (必要に応じて) ソフト接続し、目標値にサーボ制御する。 01: DAC は接続されない。 10: MFR_DAC コマンドからの値を使用して直ちに DAC が接続される。これがリセット後または RESTORE_USER_ALL 実行後の構成である場合は、DAC 出力を設定するのに MFR_DAC_STARTUP の値が使用される。 11: DAC はソフト接続される。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]	Reserved	常に 1 に設定する。
b[2]	Mfr_config_vo_en_wpd_en	$V_{OUT\_EN}$ の電流制限プルダウン回路をイネーブルする。 0: チャンネルが何らかの理由でオフの場合、高速 N チャンネル・デバイスを使用して $V_{OUT\_EN}$ ピンをプルダウンする。 1: CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドあるいはその両方によるソフトストップのためにチャンネルがオフになっている場合は、弱い電流制限プルダウン回路を使用して $V_{OUT\_EN}$ ピンを放電する。チャンネルがフォルトのためにオフになっている場合は、 $V_{OUT\_EN}$ ピンの高速プルダウン回路を使用する。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_LTC2972 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[1]	Mfr_config_dac_gain	DAC バッファの利得。 0: DAC バッファの利得として dac_gain_0 を選択する (フルスケール 1.38V)。 1: DAC バッファの利得として dac_gain_1 を選択する (フルスケール 2.65V)。
b[0]	Mfr_config_dac_pol	DAC 出力の極性。 0: DC/DC コンバータの負の (反転) 調整入力をエンコードする。 1: DC/DC コンバータの正の (非反転) 調整入力をエンコードする。

### 時間ベースのシーケンス・オフを備えたカスケード・シーケンス・オン

カスケード・シーケンス・オンを使用すると、マスタ電源は一連のスレーブ電源を順次投入することができます。このためには、各電源のパワーグッド出力 (LTC2972 の構成済み PG ピン) をチェーン内の次の電源 (LTC2972 の次のチャンネル) の制御ピンに接続します。LTC2972 の PWRGD ピンはカスケード・シーケンスには使用しないでください。パワーグッドに基づくカスケード・シーケンス・オフは、サポートされていません。即時または時間ベースのシーケンス・オフを使用してオフ・シーケンスを管理する必要があります。「トラッキングに基づくシーケンス」セクションも参照してください。

カスケード・シーケンス・オンを図 14 に示します。スレーブ・チャンネルごとに Mfr\_config\_cascade\_on が“H”にアサートされ、それに関連付けられた制御入力が前の電源のパワーグッド出力に接続されています。この構成では、各スレーブ・チャンネルの起動は、前の電源が投入されるまで遅延します。

カスケード・シーケンス・オフは、直接的にはサポートされていません。電源をオフにするときにシーケンスを反転する方法には、以下の選択肢があります。

- 適切なオフ遅延を設定して OPERATION コマンドを使用し、全てのチャンネルをオフにする。
- 適切なオフ遅延を設定して FAULT ピンを使用し、全てのチャンネルを直ちにまたは順番に停止する。

Mfr\_config\_cascade\_on は、アサートされるとスレーブ・チャンネルをイネーブルし、その制御ピンが“L”の場合でもフォルトの再試行を実行できるようにします。さらに、システムがゼロ回または有限回の再試行後にフォルトによって停止した場合、スレーブの制御ピンが“L”のときに、OPERATION コマンドを使用して全てのカスケード・チャンネルをオフにしてからオンにして、フォルトによるオフ状態をクリアすることができます。このため、制御ピンは、再定義されてシーケンス・ピンと呼ばれています。

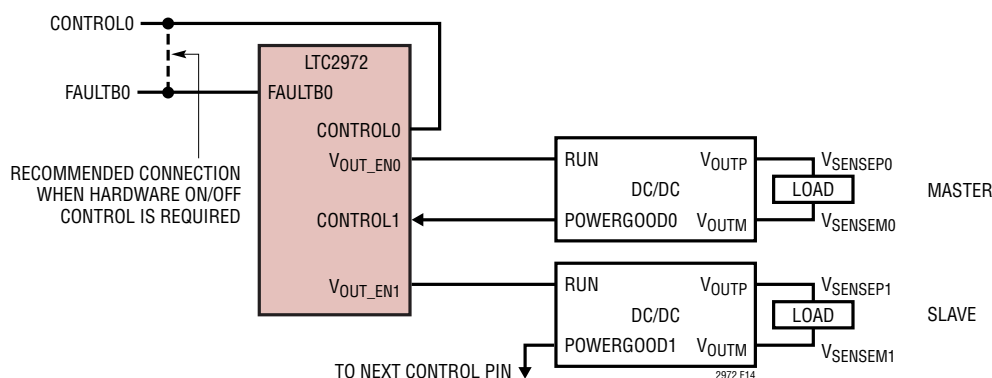


図 14. カスケード・シーケンス・オンおよび時間ベースのシーケンス・オフに構成された LTC2972

## PMBus コマンドの説明

図15の波形は、図14に示した構成を使用したカスケード・シーケンス・オンおよび時間ベースのシーケンス・オフを示しています。この例では、FAULTB0ピンをブロードキャスト・オフ信号として使用しています、FAULTB0を使用してシステムをオフにするには、Mfr\_faultb0\_response\_channを“H”にアサートして全てのスレーブ・チャンネルを構成する必要があります。システムがオフになると、LTC2972はALERTBをアサートし、全てのスレーブ・チャンネルがStatus\_mfr\_fault0\_in イベントを示します。

### MFR\_CONFIG2\_LTC2972

このコマンド・レジスタによって、特定のチャンネルでのV<sub>OUT</sub>の過電圧フォルトが原因でAUXFAULTBピンが“L”になるかどうかが決まります。

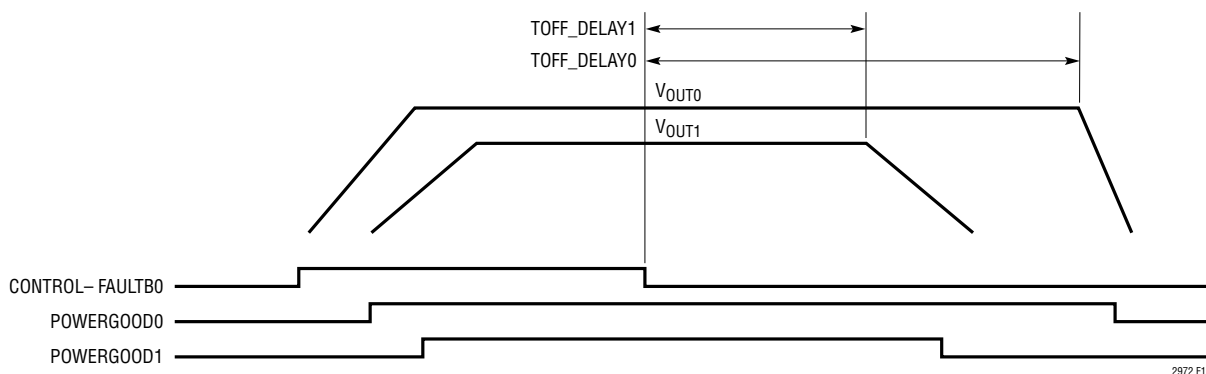


図15. カスケード・シーケンス・オンで時間ベースのシーケンスがFAULT0で停止する場合

### MFR\_CONFIG2\_LTC2972のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[1]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan1	チャンネル1のV <sub>OUT_OV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってAUXFAULTBを“L”に引き下げる。 0 = AUXFAULTBを“L”に引き下げない。
b[0]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan0	チャンネル0のV <sub>OUT_OV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってAUXFAULTBを“L”に引き下げる。 0 = AUXFAULTBを“L”に引き下げない。

### MFR\_CONFIG3\_LTC2972

このコマンド・レジスタによって、特定のチャンネルでのV<sub>OUT</sub>の低電圧フォルトが原因でAUXFAULTBピンが“L”になるかどうかが決まります。

### MFR\_CONFIG3\_LTC2972のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[1]	Mfr_auxfaultb_uv_fault_response_chan1	チャンネル1のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってAUXFAULTBを“L”に引き下げる。 0 = AUXFAULTBを“L”に引き下げない。
b[0]	Mfr_auxfaultb_uv_fault_response_chan0	チャンネル0のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってAUXFAULTBを“L”に引き下げる。 0 = AUXFAULTBを“L”に引き下げない。



## PMBus コマンドの説明

### トラッキング電源のオンとオフ

LTC2972は、トラッキング・ピンを備えてトラッキング用に設定されたトラッキング電源に対応しています。トラッキング電源では、第2の帰還端子 (TRACK) を使用して出力電圧を外部のマスタ電圧に合わせて調整できます。通常、外部電圧はシステム中で最も高い電圧の電源で発生され、これがスレーブ・トラック・ピンに供給されます (図 16 参照)。マスタ電源をトラックする電源はマスタ電源が起動する前にイネーブルされる必要があり、マスタ電源がオフになった後にディスエーブルされる必要があります。マスタがオフの場合にスレーブ電源をイネーブルにするには、スーパーバイザがスレーブをモニタして低電圧検出をディスエーブルする必要があります。トラッキングするように設定された両方のチャンネルは、いずれかのチャンネルのフォルト、または1つ以上のチャンネルを停止する可能性があるそれ以外の全ての状態に応答して、互いにトラッキングを停止する必要があります。あるスレーブ・チャンネルをそのRUNピンでディスエーブルするのが早すぎると、そのチャンネルが乱れた順序でシャットダウンする事態が発生する可能性があります (図 19 参照)。

LTC2972の重要な特長は、マスタ電源のオン/オフをトラックするように設定されたDC/DCコンバータの制御、モニタ、および監視ができることです。

LTC2972は以下のトラッキング機能に対応しています。

- スレーブ・チャンネルが稼働または停止をトラッキングしている場合、間違った低電圧イベントを発生せずにチャンネルをオンおよびオフにトラッキングさせる。
- スレーブまたはマスタからのフォルトに응答してチャンネルを停止状態にトラッキングさせる。
- VIN\_SNSがVIN\_OFFより低くなったか、共有クロックが“L”に保持されたか、またはRESTORE\_USER\_ALLが送出されたときに、チャンネルを停止状態にトラッキングさせる。
- トラッキング・グループの一部である選択されたチャンネルを再設定して、トラッキング・グループを稼働状態にトラッキングした後稼働シーケンス制御を行うか、またはトラッキング・グループを停止状態にトラッキングする前に停止シーケンス制御を行う機能。

### トラッキングの実装

LTC2972はTon\_delay、Ton\_rise、Toff\_delay、Mfr\_config\_track\_enの協調的なプログラミングにより、トラッキングをサポートします。マスタ・チャンネルは全てのスレーブ・チャンネルがオンになった後にオンになり、また全てのスレーブ・チャンネルがオフになる前にオフになるように設定する必要があります。マスタの前にイネーブルされたスレーブは、トラッキング・ピンがこれらのスレーブがオンになるのを許容するまでオフのままになります。スレーブは、そのRUNピンがまだアサートされていてもトラッキング・ピン経由でオフになります。Ton\_riseは、VOUT\_ENピンの立ち上がりではなく、TRACKピンの立ち上がりを基準にして終了するように、スレーブ側を長くする必要があります。

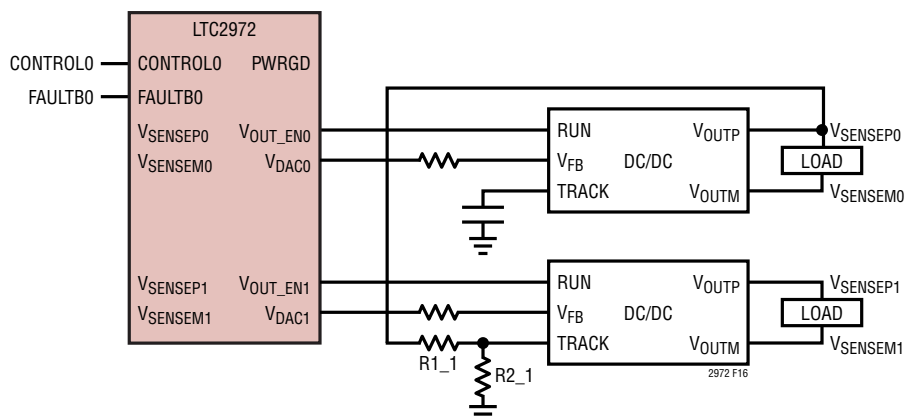


図 16. トラッキング・ピンを備えた電源を制御、監視、モニタするように設定されたLTC2972

## PMBus コマンドの説明

Mfr\_config\_track\_en をイネーブルすると、チャンネルは次のように再構成されます。

- フォルト、VIN\_OFF、SHARE\_CLK “L”、または RESTORE\_USER\_ALL により停止シーケンス制御を行う。
- TOFF\_DELAY の時間中は低電圧が無視される。TON\_RISE と TON\_MAX\_FAULT の時間中は、このビットの設定内容にかかわらず常に低電圧が無視される。

以下の例では、LTC2972 を 1 つのマスタ・チャンネルと 1 つのスレーブ・チャンネルで構成したものを示します。

マスタ・チャンネル 0

TON\_DELAY = Ton\_delay\_master

TON\_RISE = Ton\_rise\_master

TOFF\_DELAY = Toff\_delay\_master

Mfr\_config\_track\_en = 0

スレーブ・チャンネル 1

TON\_DELAY = Ton\_delay\_slave

TON\_RISE = Ton\_delay\_master + Ton\_rise\_slave

TOFF\_DELAY = Toff\_delay\_master + T\_off\_delay\_slave

Mfr\_config\_track\_en = 1

ここで、

Ton\_delay\_master – Ton\_delay\_slave > RUN から TRACK までのセットアップ時間

Toff\_delay\_slave > マスタ電源が立ち下がる時間。

制御ピンの切り替えに対するこのシステムの応答を図 17 に示します。

スレーブ・チャンネルの低電圧フォルトに対するこのシステムの応答を図 18 に示します。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2972

このコマンドは、デバイスの両方のチャンネルに共通のパラメータを設定するために使用します。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\_LTC2972 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:13]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[12]	Mfr_config_all_en_short_cycle_fault	短周期のフォルト検出をイネーブルする。詳細については、73ページのMfr_status_2_short_cycle_faultを参照。 0:直前のOFFが完了する前にONを送出してもフォルトは発生しない。 1:直前のOFFが完了する前にONを送出するとフォルトが発生する。
b[11]	Mfr_config_all_pwrzd_off_uses_uv	両チャンネルのPWRGD デアサート信号源を選択する。 0:PWRGDは、V <sub>OUT</sub> がPOWER_GOOD_OFF以下であることに基づいてデアサートされる。このオプションはADCを使用する。応答時間はおよそ100ms~200ms。 1:PWRGDは、V <sub>OUT</sub> がVOUT_UV_LIMIT以下であることに基づいてデアサートされる。このオプションは高速スーパーバイザを使用する。応答時間は約12µs
b[10]	Reserved	ドントケア。
b[9]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[8]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[7]	Mfr_config_all_fault_log_enable	フォルトにตอบสนองしてEEPROMへのフォルトの記録をイネーブルする。 0:EEPROMへのフォルトの記録をディスエーブルする。 1:EEPROMへのフォルトの記録をイネーブルする。
b[6]	Mfr_config_all_vin_on_clr_faults_en	V <sub>IN_ON</sub> の立ち上がりエッジで、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。 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。 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_all_control1_pol	CONTROL1ピンのアクティブ極性を選択する。 0:アクティブ“L”(ピンを“L”にしてデバイスを起動)。 1:アクティブ“H”(ピンを“H”にしてデバイスを起動)。
b[4]	Mfr_config_all_control0_pol	CONTROL0ピンのアクティブ極性を選択する。 0:アクティブ“L”(ピンを“L”にしてデバイスを起動)。 1:アクティブ“H”(ピンを“H”にしてデバイスを起動)。
b[3]	Mfr_config_all_vin_share_enable	V <sub>IN</sub> がVIN_ONよりも上になっていないとき、またはVIN_OFFよりも下になったときにデバイスが共有クロック・ピンを“L”に保てるようにする。これがイネーブルされた場合、このデバイスは“L”に保たれた共有クロックにตอบสนองして両方のチャンネルをオフにする。 0:共有クロック禁止がディスエーブルされる。 1:共有クロック禁止がイネーブルされる。
b[2]	Mfr_config_all_pec_en	PMBusのパケット・エラー・チェックのイネーブル。 0:PECは受け付けられるが必須ではない。 1:PECはイネーブルされる。
b[1]	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout	PMBusタイムアウト間隔を8倍にする。フォルト・ログを推奨される。 0:PMBusタイムアウト間隔を8倍にしない。 1:PMBusタイムアウト間隔を8倍にする。
b[0]	Reserved	常に1に設定する。

PMBus コマンドの説明

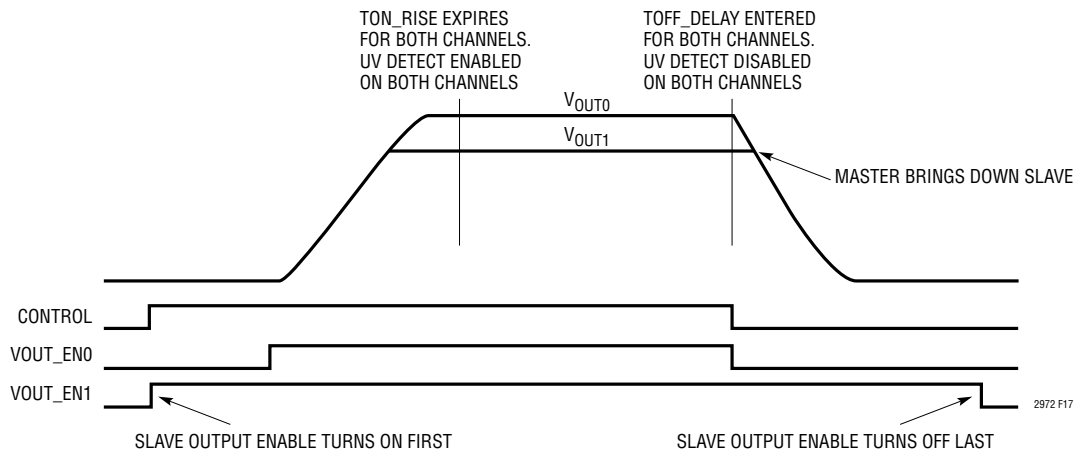


図 17. 全て電源電圧の稼働と停止をトラッキングする制御ピン

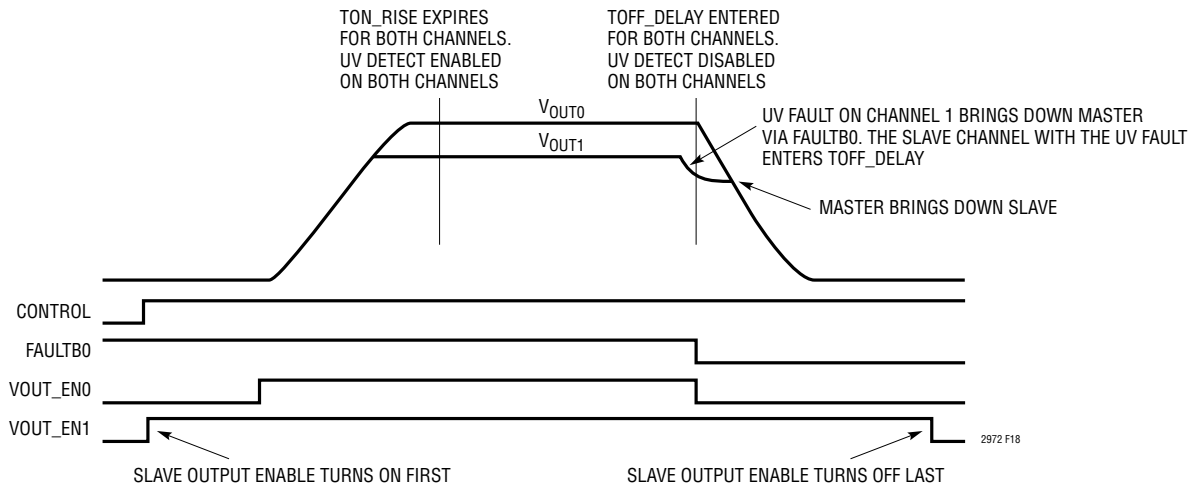


図 18. 全ての電源の停止をトラッキングするチャンネル1でのフォルト

## PMBus コマンドの説明

### ユーザーの EEPROM 領域のプログラミング

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリ全体をEEPROMに格納する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">45</a>
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体をEEPROMから復元する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">45</a>
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドと MFR_EE_DATA コマンドによるアクセスのために、ユーザーのEEPROMのロックを解除する。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのために、ユーザーのEEPROMを初期化する。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読み出しまたは書き込みによってEEPROMとの間で伝送されるデータ。一括プログラミングをサポートする。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">46</a>

### STORE\_USER\_ALL と RESTORE\_USER\_ALL

STORE\_USER\_ALL コマンド、RESTORE\_USER\_ALL コマンドは、ユーザーのEEPROM領域にアクセスします。コマンドは、ユーザーのEEPROMに格納されると、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るかリセット・ピンが切り替えら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、デバイスはビジー状態であることを示します。[47](#) ページの「デバイスがビジーな場合の応答」を参照してください。

STORE\_USER\_ALL。このコマンドを出すと、動作メモリ内の全てのコマンドは対応するEEPROMメモリの場所に格納されます。

RESTORE\_USER\_ALL。このコマンドを出すと、EEPROMメモリから全てのコマンドが復元されます。デバイスがイネーブルされている間はこのコマンドを実行しないことを推奨します。EEPROMの内容を動作メモリに転送しているときは全てのモニタが一時的に停止され、EEPROMからの中間値は最初に動作メモリに格納されていた値とは互換性がない可能性があるからです。

### ユーザーのEEPROM領域の一括プログラミング

MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATA の各コマンドは、サードパーティのEEPROMプログラミング会社やエンドユーザーに対して、PMBus コマンド間の順序依存性や遅延に関係なくLTC2972を簡単にプログラムする方法を提供します。全てのデータ伝送はEEPROMとの間で直接行われ、現在デバイスを設定している揮発性RAM領域には影響を与えません。

最初のステップはマスタとするリファレンス・デバイスを希望の設定でプログラムすることです。次にMFR\_EE\_UNLOCKとMFR\_EE\_DATAを使用して、ユーザーのEEPROM領域にある全てのデータを順次ワードとして読み出します。この情報はマスタ・プログラミングHEXファイルに格納されます。その後のデバイスは、MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATAを使用して、マスタ・デバイスと一致するようにクローンが作成され、マスタHEXファイルからデータを伝送することができます。これらのコマンドは、RAM領域に格納されたデバイスの設定には関係なく直接EEPROMに作用します。EEPROMへのアクセス中は、デバイスは後述のようにビジー状態を示します。

簡単なプログラミング器具をサポートするため、一括プログラミング機能はPMBusワード・コマンドとPMBusバイト・コマンドのみを使用します。MFR\_UNLOCKは適切なアクセス・モードを設定し、内部のアドレス・ポインタをリセットして、各操作後にアドレス・ポインタが増加させられる一連のワード・コマンドがブロック読み込みや書き込みとして動作できるようにします。PECの使用はオプションで、これはMFR\_EE\_UNLOCK操作で設定されます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_EE\_UNLOCK

MFR\_EE\_UNLOCK コマンドは、通常動作時にEEPROMに誤ってアクセスすることを防ぎ、一括初期化、順次書き込みまたは読み出しに必要なEEPROM一括プログラミング・モードを設定します。MFR\_EE\_UNLOCKは書き込み保護によって提供される保護機能を補います。必要な動作のためにデバイスをアンロックすると、内部のアドレス・ポインタがリセットされ、一連のMFR\_EE\_DATA読み出しまたは書き込みによって、ブロック読み出しやブロック書き込みと同様にデータを順次転送できるようになります。MFR\_EE\_UNLOCK コマンドは、希望のエラー保護レベルに応じてPECモードをクリアまたは設定できます。MFR\_EE\_UNLOCKシーケンスは、以下に説明するように、2つまたは3つのアンロック・コードの書き込みで構成されています。次の表に使用できるシーケンスを示します。サポートされていないシーケンスを書き込むとデバイスはロックされます。MFR\_EE\_UNLOCKを読み出すと、最後に書き込まれたバイト（デバイスがロックされている場合はゼロ）が返されます。

### MFR\_EE\_UNLOCKのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Mfr_ee_unlock[7:0]	PECが可能なMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読み出しまたは書き込み操作のためにユーザーEEPROM領域をアンロックするには:0x2Bを書き込み、次いで0xD4を書き込む。 PECを必要とするMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読み出しまたは書き込み操作のためにユーザーEEPROM領域をアンロックするには:0x2Bを書き込み、次いで0xD5を書き込む。 PECが可能なMfr_ee_dataの読み出し専用操作のためにユーザーおよびメーカーのEEPROM領域をアンロックするには:0x2Bを書き込み、次いで0x91、次いで0xE4を書き込む。 PECを必要とするMfr_ee_dataの読み出し専用操作のためにユーザーおよびメーカーのEEPROM領域をアンロックするには:0x2Bを書き込み、次いで0x91、次いで0xE5を書き込む。

### MFR\_EE\_ERASE

MFR\_EE\_ERASE コマンドはユーザーのEEPROM領域の内容を全て消去し、この領域を設定して新しいプログラム・データを受け付けられるようにします。0x2B以外の値を書き込むとデバイスはロックされます。読み出しは最後に書き込まれた値を返します。

### MFR\_EE\_ERASEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Mfr_ee_erase[7:0]	ユーザーのEEPROM領域を消去し、新しいデータを受け付けるように設定する方法: 1) 適切なMfr_ee_unlockシーケンスを使用し、PECありまたはPECなしでMfr_ee_eraseコマンド用に設定する。 2) 0x2BをMfr_ee_eraseに書き込む。 このデバイスは、以下に詳述する仕組みにより、EEPROMの消去でビジー状態であることを示す。

### MFR\_EE\_DATA

MFR\_EE\_DATA コマンドを使用すると、RAM領域に影響を与えずにEEPROMとの間でデータを直接転送できます。

ユーザーEEPROM領域を読み出すには、適切なMfr\_ee\_unlockコマンドを出し、EEPROMの内容が完全に読み出されるまでMfr\_ee\_data読み出しを行います。それ以上の読み出しを行うとデバイスがロックされ、ゼロが返されます。最初の読み出しでは、16ビットのEEPROMパッキング・リビジョンIDが返され、これはROMに格納されます。2回目の読み出しでは、利用できる16ビット・ワードの数が返されます。これは全てのメモリ位置にアクセスする読み出しまたは書き込みの数です。それ以降の読み出しでは、最下位アドレスから始まるEEPROMのデータが返されます。

ユーザーEEPROM領域に書き込むには、適切なMfr\_ee\_unlockコマンドとMfr\_ee\_eraseコマンドを出し、次いでEEPROMが満杯になるまでMfr\_ee\_dataワードを書き込み続けます。それ以上の書き込みを行うとデバイスがロックします。最初の書き込みは、最下位アドレスに対して実行されます。

## PMBus コマンドの説明

Mfr\_ee\_data 読み出しと書き込みは一緒に使用できません。

### MFR\_EE\_DATA のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_ee_data[15:0]	ユーザーの領域を読み出す方法 1) 適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用し、PEC ありまたは PEC なしで Mfr_ee_data コマンド用に設定する。 2) Mfr_ee_data[0] = PackingId (MFR に固有の ID) を読み込む。 3) Mfr_ee_data[1] = NumberOfUserWords (利用できる 16 ビットワードの総数) を読み出す。 4) Mfr_ee_data[2] から Mfr_ee_data[NumberOfWord+1] まで (ユーザー EEPROM のデータの内容) を読み出す。 ユーザーの領域に書き込む方法 1) MFR_EE_ERASE コマンドで説明した手順を使用してユーザー・メモリを初期化する。 2) 適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用し、PEC ありまたは PEC なしで Mfr_ee_data コマンド用に設定する。 3) Mfr_ee_data[0] から Mfr_ee_data[NumberOfWord-1] まで (書き込む予定のユーザー EEPROM データの内容) を書き込む。 このデバイスは、以下に詳述する仕組みにより、EEPROM の消去でビジー状態であることを示す。

### デバイスがビジーな場合の応答

このデバイスは、以下の仕組みにより、EEPROM へのアクセスでビジー状態であることを示します。

- 1) MFR\_COMMON レジスタの Mfr\_common\_busyb をクリアします。このバイトは常に読み出しが可能で、デバイスがビジー状態の場合でもバイト読み出し要求に対して NACK を返しません。
- 2) MFR\_COMMON 以外のコマンドに対して NACK を返します。

### MFR\_EE の消去および書き込みのプログラム時間

ワードあたりのプログラム時間は標準で 0.51ms なので、I<sup>2</sup>C/SMBus での書き込み間隔を 0.51ms より長くして、書き込みが完了したことを保証することが必要です。Mfr\_ee\_erase コマンドには約 400ms かかります。ハンドシェーキングに MFR\_COMMON を使用することを推奨します。

## 入力電圧コマンドとリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VIN_ON	0x35	これより高い電圧で電力変換をイネーブ爾できる入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	10.0 0xD280	<a href="#">48</a>
VIN_OFF	0x36	これより低い電圧では電力変換がディスエーブルされる入力電圧。TOFF_DELAY の経過後に、両方の V <sub>OUT_ENn</sub> ピンが直ちにオフになるか、オフになるようシーケンス制御される (Mfr_config_track_en <sub>n</sub> を参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0xD240	<a href="#">48</a>
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VIN_SNS ピンで測定した入力過電圧フォルト・リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">48</a>
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VIN_SNS ピンで測定した入力過電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	<a href="#">48</a>
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VIN_SNS ピンで測定した入力低電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">48</a>
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VIN_SNS ピンで測定した入力低電圧フォルト・リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">48</a>

## PMBus コマンドの説明

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

これらのコマンドは、入力電圧 ( $V_{IN\_SNS}$ ) のリミットを監視する電圧を提供します。

### 入力電流とエネルギー

コマンド名		説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_EIN	0xC0	入力エネルギーのデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	<a href="#">48</a>
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	エネルギーおよび入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0	<a href="#">49</a>
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xC3	IIN_CAL_GAIN に適用される温度係数。	R/W Word	N	CF	ppm	Y	0x0	<a href="#">50</a>
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">50</a>
MFR_CLEAR_ENERGY	0xCC	MFR_EIN の時間とエネルギーの値をクリアする。	Send Byte	N				NA	<a href="#">50</a>

### エネルギーの測定と通知

入力エネルギーの測定とモニタでは、以下がサポートされています。

- READ\_VIN と READ\_IIN の積を累算することから求める入力エネルギー。
- mJ 単位の 48 ビット整数での入力エネルギー値の通知。ジュール単位で値を返すため、ホストは時間を管理する必要がありません。
- ms 単位の 48 ビット整数での入力エネルギー時間の通知。入力エネルギー時間とは、エネルギーのモニタが最後にリセットされてから経過した時間のことです。
- MFR\_EIN\_CONFIG または MFR\_CLEAR\_ENERGY が書き込まれた場合の時間とエネルギーの累算器のリセット。
- 時間とエネルギーの累算器が最大値に達した場合に最低値に戻る。
- A/D コンバータの全ての測定の中で READ\_VIN と READ\_IIN の測定を A/D コンバータに強制することによって、優先的にエネルギーを測定できるようにするオプションの HD モード。
- 分かりやすいエネルギー値と時間値の通知。
- チャンネルがオフのときの修正とノイズの蓄積を防ぐために、エネルギーの値を減らす機能。エネルギーは、ゼロを下回って減らすことはできません。

### MFR\_EIN

読み出し専用。この 12 バイトのデータ・ブロックは、入力エネルギー値および時間を返します。このブロックの読み出しが開始されると、MFR\_EIN の更新は、ブロックの読み出しが完了するまで一時停止されます。ただし、ブロックの読み出しの間、エネルギーと時間の累算は内部で継続されます。



## PMBus コマンドの説明

表 2.MFR\_EIN データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Energy_value [7:0]	0	エネルギー値 (mJ 単位)。Mfr_ein_config または Mfr_clear_energy が最後に書き込まれたからの累積エネルギー。
Energy_value [15:8]	1	
Energy_value [23:16]	2	
Energy_value [31:24]	3	
Energy_value [39:32]	4	
Energy_value [47:40]	5	
Energy_time [7:0]	6	エネルギー時間 (ミリ秒 単位)。Mfr_ein_config または Mfr_clear_energy が最後に書き込まれてからの経過時間。
Energy_time [15:8]	7	
Energy_time [23:16]	8	
Energy_time [31:24]	9	
Energy_time [39:32]	10	
Energy_time [47:40]	11	

### MFR\_EIN\_CONFIG

このコマンドは、エネルギーと入力電流に関連するパラメータを設定します。

#### MFR\_EIN\_CONFIG のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:3]	Mfr_ein_config_reserved	ドントケア。常に 0 を返す。
b[2]	Mfr_ein_config_hd	入力エネルギー測定の解像度を高めるために、A/D コンバータのポーリング・シーケンスを最適化します。 0: 標準の A/D コンバータのポーリング・シーケンス 1: Read_vin と Read_iin の測定が、A/D コンバータの他の全ての測定の間に交互に配置されます。
b[1:0]	Mfr_ein_config_iin_range	入力検出アンプの範囲設定。 0: 高電圧範囲 1: 中電圧範囲 2: 低電圧範囲 3: 予備 この範囲は、フルスケール入力電圧範囲 (FS_IIN) を設定します。範囲設定を低くすると、入力換算ノイズが低くなります。詳細については「アプリケーション情報」のセクションの「入力電流の測定」を参照してください。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN

MFR\_IIN\_CAL\_GAIN コマンドは、入力電流検出ピンでの、検出電流に対する電圧の比率の設定に使用されます。固定電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、これは、検出抵抗の抵抗値(単位は mΩ)と同じ値になります。MFR\_IIN\_CAL\_GAIN の値は、内部で 0.01mΩ~1,000mΩ の範囲に制限されます。レジスタの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値を反映しません。

MFR\_IIN\_CAL\_GAIN を使用した計算は次のようになります。

$$\text{READ\_IIN} = \frac{V_{\text{IIN\_SNSPn}} - V_{\text{IIN\_SNSMn}}}{(\text{MFR\_IIN\_CAL\_GAIN}) \cdot T_{\text{CORRECTION}}}$$

ここで、

$$T_{\text{CORRECTION}} = [1 + \text{MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC} \cdot 1\text{E-6} \cdot (\text{READ\_TEMPERATURE\_2} - 25.0)]$$

注記:

$T_{\text{CORRECTION}}$  の値は、ハードウェアによって 0.25~4.0 の範囲に制限されます。

READ\_TEMPERATURE\_2 は、内部ダイ温度です。

Mfr\_ein\_config\_iin\_range[1:0] を使用して、検出抵抗値の低いシステムのノイズを最小限に抑えることができます。

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC

MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC は、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN レジスタの値の温度係数(ppm/°C)を設定します。このコマンドは、内部ダイ温度を使用します。

適切な使用方法の詳細については、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN を参照してください。

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_iin_cal_gain_tc	温度係数を表す 16 ビット、2 の補数の整数。 値 = Y。ここで、Y = b[15:0] は 2 の補数。 例: Mfr_iin_cal_gain_tc = 3900ppm b[15:0] = 0x0F3C の場合、値 = 3900

### MFR\_CLEAR\_ENERGY

このバイト送信コマンドは、MFR\_EIN での累積エネルギーと時間の値をクリアします。また、LTC2972 への書き込みがレベル 2 で保護されている場合にも書き込むことができます。LTC2972 は、進行中のエネルギー計算が損なわれないように、このコマンドの適用を最大で tUPDATE\_ADC だけ内部で遅延させることがあります。

## PMBus コマンドの説明

### 出力電圧コマンドとリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VOUT_MODE	0x20	出力電圧データ形式および仮数のべき数 ( $2^{-13}$ )。	R Byte	Y	Reg			0x13	<a href="#">51</a>
VOUT_COMMAND	0x21	サーボ・ターゲット。DC/DC コンバータ出力電圧の公称設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x2000	<a href="#">52</a>
VOUT_MAX	0x24	他のいかなるコマンドにも関係なく、デバイスが指示できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	4.0 0x8000	<a href="#">52</a>
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧の上方マージンの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x219A	<a href="#">52</a>
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧の下方マージンの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x1E66	<a href="#">52</a>
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧フォルトのリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x2333	<a href="#">52</a>
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力の過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x2266	<a href="#">52</a>
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力の低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x1D9A	<a href="#">52</a>
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルトのリミット。Ton_max_faultおよびPWRGDピンのデアサートに使用される。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x1CCD	<a href="#">52</a>
POWER_GOOD_ON	0x5E	PWRGDピンをアサートする出力電圧の下限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.96 0x1EB8	<a href="#">52</a>
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrzd_off_uses_uvがクリアされたときにPWRGDピンをデアサートする出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.94 0x1E14	<a href="#">52</a>
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT_COMMAND に掛け合わせてV <sub>OUT</sub> がしきい値電圧からどれだけ離れているかを決定する係数。	R/W Word	Y	L11		Y	2.0 0xC200	<a href="#">52</a>
MFR_DAC	0xE0	10ビットDACのコードを含むメーカーのレジスタ。	R/W Word	N	Reg			0x0000	<a href="#">52</a>
MFR_DAC_STARTUP	0xCD	起動時に使用されるDAC出力のコード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	<a href="#">53</a>

### VOUT\_MODE

このコマンドは読み込みのみで、L16データ・フォーマットで全てのコマンドのモードと指数を指定します。27 ページのデータ形式を参照。

### 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・モードをレポートする。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)に固定配線されている。

## PMBus コマンドの説明

**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、さまざまなサーボ制御、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。

### MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD

このレジスタには、対応する出力のオフしきい値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。チャネルがオンの状態に入るか、または再度入るようにコマンドされる前に出力電圧が **MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD** • **VOUT\_COMMAND** よりも下まで降下しない場合、**STATUS\_MFR\_SPECIFIC** の **Status\_mfr\_discharge** ビットがセットされ、**ALERTB** ピンは“L”にアサートされます。さらに、出力がオフしきい値電圧より下に減衰するまでチャネルはオン状態に移りません。これを1.0よりも大きな値にセットすると **DISCHARGE\_THRESHOLD** をチェックすることをディスエーブルし、チャネルはその電圧が全く降下していなくても再びオンになることができます。

特定の出力が放電できなかった場合でも、その他のチャネルは双方向の **FAULTB<sub>n</sub>** ピンを使用してオフに保っておくことができます (**MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_RESPONSE** レジスタと **MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_PROPOGATE** レジスタ参照)。

### MFR\_DAC\_STARTUP

10ビットのDACを直ちに接続するよう設定した状態でチャネルをイネーブルして、かつサーボ制御をディスエーブルしている場合 (**MFR\_CONFIG\_LTC2972** b[5:4] = 10b)、このコマンド・レジスタは、そのDACを特定のDACコードに設定します。この値は、パワーオン・リセット時または **RESTORE USER\_ALL** コマンド発行後にEEPROMから読み込まれます。読み込み後のDACの値は、全て **MFR\_DAC** レジスタに書き込むことによって設定されます。自己接続モードが有効になっている場合、このレジスタの値は無視されます。

### MFR\_DAC\_STARTUP のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:10]	Reserved	読み出し専用、常に0を返す。
b[9:0]	Mfr_dac_startup_val	DACコードの値。

### MFR\_DAC

このコマンド・レジスタを使用すると、10ビットDACを直接プログラムできます。DACに手動で書き込むには、チャネルをオン状態にして、**TON\_RISE**の経過後で、**MFR\_CONFIG\_LTC2972** b[5:4] = 10bまたは11bにする必要があります。**MFR\_CONFIG\_LTC2972** b[5:4]= 10bを書き込むと、DACに **Mfr\_dac\_direct\_val** の値にハードで接続するように命令します。b[5:4]=11bを書き込むと、DACにソフトで接続するように命令します。DACがソフトで接続されると、**Mfr\_dac\_direct\_val** は電源を乱すことなくDACを接続できるようにした値を返します。**MFR\_CONFIG\_LTC2972** b[5:4] = 00bまたは01bの場合、**MFR\_DAC**は無視されます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_DAC のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:10]	Reserved	読み出し専用、常に0を返す。
b[9:0]	Mfr_dac_direct_val	DAC コードの値。

### 出力電流コマンドとリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	Y	L11	mΩ	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">53</a>
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	電流検出測定に加えられるオフセット電流 (A)。	R/W Word	Y	L11	A	Y	0.0 0x8000	<a href="#">53</a>
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力の過電流警告リミット。	R/W Word	Y	L11	A		5.0 0xCA80	<a href="#">53</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	IOUT_CAL_GAIN に適用される温度係数。	R/W Word	Y	CF	ppm	Y	0x0	<a href="#">53</a>

### IOUT\_CAL\_GAIN および IOUT\_CAL\_OFFSET

IOUT\_CAL\_GAIN コマンドは、検出電流に対する電流検出ピンの電圧の比率の設定に使用されます。固定電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、その抵抗の抵抗値と同じ値 (単位は mΩ) になります。IOUT\_CAL\_GAIN の値は、内部で 0.01mΩ ~ 1,000mΩ の範囲に制限されます。レジスタの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値を反映しません。IOUT\_CAL\_OFFSET は、READ\_IOUT の結果を基にして電流オフセットを追加するときに使用します。

IOUT\_CAL\_GAIN と IOUT\_CAL\_OFFSET を使用した計算は次のとおりです。

$$T_{\text{CORRECTION}} = (1 + \text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC} \cdot 1\text{E-}6 \cdot (\text{READ\_TEMPERATURE\_1} + \text{MFR\_T\_SELF\_HEAT} - 25.0))$$

$$\text{READ\_IOUT} = \frac{V_{\text{IOUT\_SNSPn}} - V_{\text{IOUT\_SNSMn}}}{(\text{IOUT\_CAL\_GAIN}) \cdot T_{\text{CORRECTION}}} + \text{IOUT\_CAL\_OFFSET}$$

注記:  $T_{\text{CORRECTION}}$  の値は、ハードウェアによって 0.25 ~ 4.0 の範囲に制限されます。

対応する  $T_{\text{SENSE}}$  回路網が有効な温度を検出できなかった場合、READ\_TEMPERATURE\_2 は READ\_TEMPERATURE\_1 に置き換えられます。詳細は、READ\_TEMPERATURE\_1 を参照してください。

### IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT

IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT は、LTC2972 の ADC によって測定されます。

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

MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC は、IOUT\_CAL\_GAIN レジスタの値の温度係数 (ppm/°C) を設定するページ・コマンドです。このコマンドは、対応するページの外部の温度ダイオードで測定された温度を使用します。

適切な使用方法の詳細については、IOUT\_CAL\_GAIN を参照してください。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_tc	温度係数を表す 16 ビット、2 の補数の整数。 値 = Y。ここで、Y = b[15:0] は 2 の補数。 例： Mfr_iout_cal_gain_tc = 3900ppm b[15:0] = 0x0F3C の場合、 値 = 3900

## 外部温度コマンドとリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサの過熱フォルト・リミットの設定。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	65.0 0xEA08	<a href="#">55</a>
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサの過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	60.0 0xE3C0	<a href="#">55</a>
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサの低温警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">55</a>
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサの低温フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-5.0 0xCD80	<a href="#">55</a>
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部ダイオード温度の非理想係数の逆数。1 LSB = 2 <sup>-14</sup> 。	R/W Word	Y	CF		Y	1 0x4000	<a href="#">55</a>
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度のオフセット値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">55</a>
MFR_T_SELF_HEAT	0xB8	出力電流検出デバイスの自己発熱に起因する、外部温度センサによって測定された値からの計算された温度上昇。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">55</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	4 • tCONV_SENSE によって大きさが変更される Mfr_t_self_heat の変化の時定数の逆数。	R/W Word	Y	L11		Y	0.0 0x8000	<a href="#">55</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタ・コアから、外部温度センサによって測定される点までの熱抵抗。	R/W Word	Y	L11	°C/W	Y	0.0 0x8000	<a href="#">55</a>

## PMBus コマンドの説明

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

これらのコマンドは、外部ダイオードで測定される温度に対するリミットの監視機能を提供します。

### MFR\_TEMP\_1\_GAIN および MFR\_TEMP\_1\_OFFSET

MFR\_TEMP\_1\_GAIN コマンドは、温度センサの理想係数の逆数を指定します。MFR\_TEMP\_1\_OFFSET を使用すると、測定された温度にオフセットを適用できます。

これらのページ・コマンドを使用した計算は次のとおりです。

$$\text{READ\_TEMPERATURE\_1} = T_{\text{EXT}} \cdot \text{MFR\_TEMP\_1\_GAIN} - 273.15 + \text{MFR\_TEMP\_1\_OFFSET}$$

ここで、

$T_{\text{EXT}}$  は、測定された外部温度(ケルビン単位)です。

対応する  $T_{\text{SENSE}}$  回路網が有効な温度を検出できなかった場合、READ\_TEMPERATURE\_2 は READ\_TEMPERATURE\_1 に置き換えられます。そのような条件では、MFR\_TEMP\_1\_GAIN および MFR\_TEMP\_1\_OFFSET は無効になります。詳細は、READ\_TEMPERATURE\_1 を参照してください。

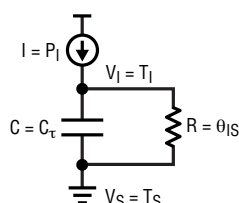
### MFR\_TEMP\_1\_GAIN のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_temp_1_gain[15:0]	温度の非理想係数の逆数を表す 16 ビット整数。値は $Y \cdot 2^{14}$ 。ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なし整数です。例： MFR_TEMP_1_GAIN = 1.0 b[15:0] = 0x4000 の場合、 値 = $16384 \cdot 2^{-14} = 1.0$

### MFR\_T\_SELF\_HEAT、MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV、および MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA

LTC2972 は革新的な(米国特許 8920026) アルゴリズムを使用して、外部温度センサからインダクタのコアまでの温度上昇を動的にモデル化します。この温度上昇は MFR\_T\_SELF\_HEAT と呼ばれ、IOUT\_CAL\_GAIN に必要とされる最終的な温度補正の計算に使われます。温度上昇は、インダクタの DCR で消費される電力、インダクタのコアからリモート温度センサへの熱抵抗、インダクタからプリント基板系への熱時定数の関数です。このアルゴリズムは外付け温度センサの配置場所に関する要件を緩和し、インダクタのコアから主インダクタ・ヒートシンクへの大きな定常的および過渡的温度誤差を補償します。

インダクタ内部の自己発熱を理解するのに最も良い方法は、図 19 で示すように電子回路に置き換えて考えてみることです。上のモデルの 1 次微分方程式は、次の差分方程式で近似することができます。



- $P_1$  = CURRENT REPRESENTING THE POWER DISSIPATED BY THE INDUCTOR ( $V_{\text{DCR}} \cdot \text{READ\_IOUT}$  WHERE  $V_{\text{DCR}} = (V_{\text{ISENSEP}} - V_{\text{ISENSM}})$ )
- $C_t$  = CAPACITANCE REPRESENTING THERMAL HEAT CAPACITY OF THE INDUCTOR (INCLUDED IN MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV)
- $T_t$  = VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE OF THE INDUCTOR
- $\theta_{\text{IS}}$  = RESISTANCE REPRESENTING THE THERMAL RESISTANCE FROM THE DCR TO THE REMOTE TEMPERATURE SENSOR (MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA)
- $T_s$  = VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE AT THE REMOTE TEMPERATURE SENSOR

2972 F19

図 19. インダクタ温度モデルの電子回路的表現

## PMBus コマンドの説明

$$P_I - T_I/\theta_{IS} = C_\tau \Delta T_I/\Delta t \text{ (式 1) } (T_S = 0 \text{ の場合})$$

これより、

$$\Delta T_I = \Delta t (P_I \theta_{IS} - T_I)/(\theta_{IS} C_\tau) \text{ (式 2) または}$$

$$\Delta T_I = (P_I \theta_{IS} - T_I) \cdot \tau_{INV} \text{ (式 3)}$$

ここで、

$$\tau_{INV} = \Delta t/(\theta_{IS} C_\tau) \text{ (式 4)}$$

$\Delta t$  は外部温度 ADC のサンプリング周期。

LTC2972 は、次の値と、式 3 および式 4 を用いて自己発熱のアルゴリズムを実装しています。

$$\Delta T_I = \Delta \text{MFR\_T\_SELF\_HEAT}$$

$$P_I = \text{READ\_IOUT} \cdot (\text{VISENSEP} - \text{VISENSEM})$$

$$T_S = \text{READ\_TEMPERATURE\_1}$$

$$T_I = \text{MFR\_T\_SELF\_HEAT} + T_S$$

$$\Delta t = 4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}} \text{ (外部温度ループが一回りする期間)}$$

$$\tau_{INV} = \text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV}$$

$$\theta_{IS} = \text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA}$$

自己発熱の初期値はゼロに設定されています。各温度測定後、自己発熱は、前回の自己発熱の値を  $\Delta \text{MFR\_T\_SELF\_HEAT}$  だけ増加または減少させた値で更新されます。

実際の  $C_\tau$  の値は不要です。重要な値は、熱時定数  $\tau_{INV} = (\theta_{IS} C_\tau)$  です。例えば、インダクタの熱時定数  $\tau_{INV} = 5$  秒の場合、次のように計算できます。

$$\text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV} = (4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}})/5 = 4 \cdot 66\text{ms}/5\text{s} = 0.0528$$

$\theta_{IS}$  と  $\tau_{INV}$  の較正の詳細についてはアプリケーションのセクションを参照してください。

対応する  $T_{\text{SENSE}}$  回路網が有効な温度を検出できなかった場合、 $\text{READ\_TEMPERATURE\_2}$  は  $\text{READ\_TEMPERATURE\_1}$  に置き換えられます。そのような条件では、内部ダイ温度を使用して、 $T_S = \text{READ\_TEMPERATURE\_2}$  および自己発熱補正が適用されます。詳細は、 $\text{READ\_TEMPERATURE\_1}$  を参照してください。

### MFR\_T\_SELF\_HEAT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_t_self_heat	値は 0°C ~ 50°C の範囲に限る。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_theta	値 ≤ 0 の場合は MFR_T_SELF_HEAT をゼロに設定する。



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INVのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_tau_inv	値 ≤ 0 の場合は MFR_T_SELF_HEAT をゼロに設定する。 値 ≥ 1 の場合は MFR_T_SELF_HEAT を $MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA \cdot READ\_IOUT \cdot (V_{ISENSEP} - V_{ISENSEM})$ に設定する。

### シーケンス・タイミングのリミットとクロックの共有

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
TON_DELAY	0x60	CONTROLピンまたはOPERATIONコマンド = ON(あるいはその両方)からV <sub>OUT_EN</sub> ピン = ONまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">57</a>
TON_RISE	0x61	V <sub>OUT_EN</sub> ピンが“H”になってから、LTC2972が必要に応じて内蔵のDACをソフト接続して出力電圧を目的の値までサーボ制御し始めるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	10.0 0xD280	<a href="#">57</a>
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	低電圧状態が許容されるV <sub>OUT_EN</sub> ピンのオン・アサートから、TON_MAX_FAULT状態が発生するまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">57</a>
TOFF_DELAY	0x64	CONTROLピンまたはOPERATIONコマンド = OFF(あるいはその両方)からV <sub>OUT_EN</sub> ピン = OFFまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">57</a>
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	CONTROLの実際のアクティブ・エッジからCONTROLの仮定のアクティブ・エッジまでの遅延	R/W Word	N	L11	ms	Y	400 0xFB20	<a href="#">58</a>

### 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、タイム・フォルトおよび警告の遅延(単位:ms)を与えます。

TON\_DELAYは、オン・シーケンス開始後、そのV<sub>OUT\_EN</sub>ピンがDC/DCコンバータをイネーブルするまでチャンネルが待機する時間(単位:ミリ秒)を設定します。この遅延はSHARE\_CLKのみを使用してカウントされます。

TON\_RISEは、Mfr\_dac\_mode = 00bのとき、電源がイネーブルされてからLTC2972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、LTC2972の制御する電源が、V<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>に達すること無く出力を出そうとすることのできる最長の時間です。出力が出ない場合は、TON\_MAX\_FAULTが宣言されます。出力がTON\_MAX\_FAULT\_LIMITに達する前にV<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>に達した場合、LTC2972はV<sub>OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT</sub>しきい値をアンマスクします。(値がゼロの場合、これは電源がその出力電圧を上げようと試みる時間に制限の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ピンおよび/またはOPERATIONコマンドがデアサートされてから、そのチャンネルがディスエーブルされる(ソフトオフ)までの経過時間です。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。

TON\_DELAYおよびTOFF\_DELAYは内部で13.1秒に制限されており、655msより短い場合は10μsごとに丸められ、655msより長い場合は200μsごとに丸められています。TON\_RISEおよびTON\_MAX\_FAULT\_LIMITは内部で655msに制限されており、10μsごとに丸められています。これらのコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドは、基本的に CONTROL ピンで開始される再起動にオフ時間を設定します。CONTROL ピンを 10 $\mu$ s 以上オフに切り替えてから、オンにすると、関係する全てのチャンネルがディスエーブルされて Mfr\_restart\_delay の時間だけオフになり、その後順番にオンに戻ります。CONTROL ピンの遷移でオフ時間が Mfr\_restart\_delay を超えるものはこのコマンドの影響を受けません。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。この遅延は SHARE\_CLK のみを使用し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、200 $\mu$ s ごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

### クロックの共有

アナログ・デバイスサイズの PMBus デバイスは、オープンドレインの SHARE\_CLK 入力/出力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で複数のデバイスの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、他の全てのデバイスを立ち下がりエッジに同期させます。

SHARE\_CLK はオン、オフの V<sub>IN</sub> への依存性を複数のデバイスにわたって同期することに使用することもできます。このためには、MFR\_CONFIG\_ALL レジスタの Mfr\_config\_all\_vin\_share\_enable ビットをセットします。このように設定された場合、入力電圧が不十分なためにデバイスがオフになっているとデバイスは SHARE\_CLK を“L”に保ち、その SHARE\_CLK が“L”になっていることを検出するとすぐに、短いデグレリッチ期間の後、デバイスは両方のチャンネルをディスエーブルします。SHARE\_CLK ピンが立ち上げられると、デバイスはそれに応答してスタート・シーケンスを開始します。この場合には最低速の VIN\_ON 検出が優先されてその他のデバイスをそのスタート・シーケンスに同期させます。

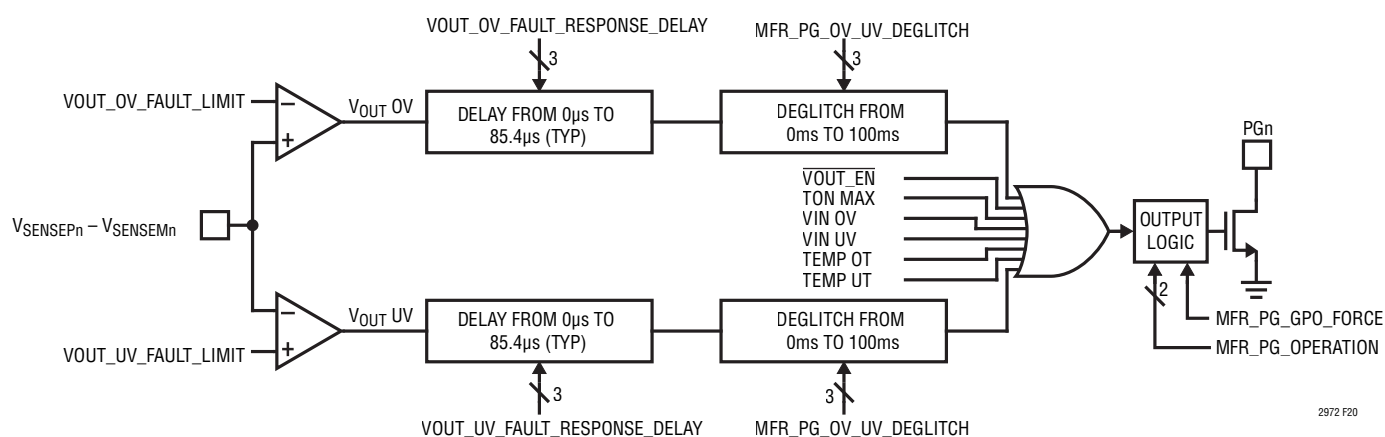
### ウォッチドッグ・タイマおよびパワーグッド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESETB の状態と個々のチャンネルのパワーグッドを PWRGD ピンにマッピングする設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">61</a>
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	パワーグッド出力のアサートの遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	100 0xEB20	<a href="#">61</a>
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	ウォッチドッグ・タイマの最初の時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">62</a>
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマの時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">62</a>
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PG ピンの構成	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	<a href="#">59</a>
MFR_PG_GPO	0xCE	PG ピンの出力データ・レジスタ	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">61</a>

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PG\_CONFIG

ページ化されたMFR\_PG\_CONFIGレジスタは、オープンドレインのPG[1:0]ピンの出力動作をチャンネルごとに定義します。PGピンに伝搬することを選択されたフォルト信号は、PGピンに対応するフォルト応答マスクングとは無関係です。V<sub>OUT</sub>の過電圧高速コンパレータ信号とV<sub>OUT</sub>の低電圧高速コンパレータ信号は、MFR\_PG\_CONFIGレジスタによって設定されたデグリッチ動作に加えて、それぞれV<sub>OUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE</sub>レジスタとV<sub>OUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE</sub>レジスタで設定された値によってデグリッチされます。PG[1:0]ピンにV<sub>OUT\_EN</sub>信号も伝搬された場合には、V<sub>OUT</sub>の過電圧信号および低電圧信号のデグリッチ動作が事前に設定されていた場合でも、この動作は実質的に無効になります。パワーオン・リセット時、WDIリセット時、またはRESTORE\_USER\_ALLの実行時に、PGピンはMFR\_PG\_CONFIGレジスタの内容に関係なく“L”になり、その状態はLTC2972が自身の初期化を完了して、全てのNVMデータが動作メモリに読み込まれるまで続きます。MFR\_PG\_CONFIGレジスタの書き込みは、レベル1とレベル2の両方のレベルで保護されます。また、PGピンは汎用出力として構成できるので、MFR\_PG\_GPOレジスタに値を書き込むことにより、PGピンの状態を直接制御できます。PGピンの入力ピンの状態は、MFR\_PADSレジスタを読み出すことによって検出できます。



\*SOME DETAILS OMITTED FOR CLARITY, ONLY ONE OF TWO CHANNELS SHOWN

図 20. PG 出力ピンの機能ブロック図

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_PG\_CONFIG のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_pg_fault_sel_vout_ov	1: 出力過電圧信号がPGピンにマップされ、Mfr_pg_ov_uv_deglitchと同等のデグリッチ動作が追加される。 Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 出力過電圧信号がPGピンにマップされない。
b[14]	Mfr_pg_fault_sel_vout_uv	1: 出力低電圧信号がPGピンにマップされ、Mfr_pg_ov_uv_deglitchと同等のデグリッチ動作が追加される。 Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 出力過電圧信号がPGピンにマップされない。
b[13]	Mfr_pg_fault_sel_iout_oc	サポートされていない
b[12]	Mfr_pg_fault_sel_iout_uc	サポートされていない
b[11]	Mfr_pg_fault_sel_temp_ot	1: 過熱信号がPGピンにマップされる。Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 過熱信号がPGピンにマップされない。
b[10]	Mfr_pg_fault_sel_temp_ut	1: 低温信号がPGピンにマップされる。Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 低温信号がPGピンにマップされない。
b[9]	Mfr_pg_fault_sel_vin_ov	1: 入力過電圧信号がPGピンにマップされる。Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 入力過電圧信号がPGピンにマップされない。
b[8]	Mfr_pg_fault_sel_vin_uv	1: 入力低電圧信号がPGピンにマップされる。Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: 入力低電圧信号がPGピンにマップされない。
b[7]	Mfr_pg_fault_sel_ton_max	1: TON_MAX_FAULTシーケンス・フォルトがPGピンにマップされる。Mfr_pg_operation=10bまたは11bの場合にのみ適用される。 0: TON_MAX_FAULTシーケンス・フォルトはPGピンにマップされない。
b[6]	Mfr_pg_fault_sel_vout_en	1: 反転出力イネーブル信号がPGピンにマップされる。 0: 反転出力イネーブル信号がPGピンにマップされない。
b[5]	Reserved	予備、常に0を返す。
b[4:2]	Mfr_pg_ov_uv_deglitch	PGに伝搬される過電圧信号と低電圧信号のアサートおよびデアサートの追加のデグリッチ値: 111b: 100ms 110b: 50ms 101b: 20ms 100b: 10ms 011b: 5ms 010b: 1ms 001b: 200µs 000b: デグリッチによる遅延がこれ以上信号に追加されることはない。
b[1:0]	Mfr_pg_operation	11b: Mfr_pg_fault_selに応じたフォルトのアクティブ“H”伝搬 10b: Mfr_pg_fault_selに応じたフォルトのアクティブ“L”伝搬 01b: 予備 00b: PGピンの値を、MFR_PG_GPOレジスタのMfr_pg_gpo_forceで設定される値に強制する。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PG\_GPO

Mfr\_pg\_operation が 2'b00 に等しい場合、ページ化された MFR\_PG\_GPO レジスタは、PG ピンの出力ロジック・ステートを定義します。このレジスタが書き込み保護されるのは、レベル 1 の保護期間だけです。

#### MFR\_PG\_GPO のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:1]	Reserved	予備、常に 0 を返す。
b[0]	Mfr_pg_gpo_force	1: PG を強制的に高インピーダンスにする 0: PG を強制的に“L”にする

### 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 PWRGD ピンへのマッピングが制御されます。

#### MFR\_PWRGD\_EN のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:9]	Reserved	読み出し専用、常に 0 を返す。
b[8]	Mfr_pwrzd_en_wdog	ウォッチドッグ。 1 = ウォッチドッグ・タイマの有効期限内ステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルの PWRGD ステータスとの論理積演算が行われ、PWRGD ピンがいつアサートされるかが決定される。 0 = ウォッチドッグ・タイマは PWRGD ピンに影響しない。
b[7:2]	Reserved	常に 000000b を返す。
b[1]	Mfr_pwrzd_en_chan1	チャンネル 1。 1 = このチャンネルの PWRGD ステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルの PWRGD ステータスとの論理積演算が行われ、PWRGD ピンがいつアサートされるかが決定される。 0 = このチャンネルの PWRGD ステータスは PWRGD ピンには影響しない。
b[0]	Mfr_pwrzd_en_chan0	チャンネル 0。 1 = このチャンネルの PWRGD ステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルの PWRGD ステータスとの論理積演算が行われ、PWRGD ピンがいつアサートされるかが決定される。 0 = このチャンネルの PWRGD ステータスは PWRGD ピンには影響しない。

### MFR\_POWERGOOD\_ASSERTION\_DELAY

このコマンド・レジスタを使用すると、内部パワーグッド信号が有効になってから PWRGD ピン出力がアサートされるまでの遅延を設定できます。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。この遅延は内部で 13.1 秒に制限されており、200 $\mu$ s ごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

PWRGD ピンのデアサート遅延としきい値の信号源は Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv で制御されます。PWRGD ピンの高速デアサートが必要なシステムでは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv=1 とセットしてください。これは VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT と高速コンパレータを使用して PWRGD ピンをデアサートします。パワーグッドに別のオフしきい値を必要とするシステムでは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv=0 とセットしてください。これはより低速の ADC ポーリング・ループと POWER\_GOOD\_OFF を使用して PWRGD ピンをデアサートします。

## PMBus コマンドの説明

### ウォッチドッグの動作

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。このタイマの期限が切れたときにALERTBがアサートされ、PWRGD出力はMFR\_PWRGD\_ASSERTION\_DELAY msの後にデアサートし、それから再度アサートすることも可能です。MFR\_WATCH\_DOG\_TまたはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0を書き込むとこのタイマはディスエーブルされます。

### MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTとMFR\_WATCHDOG\_T

MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタにより、PWRGDピン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、PWRGDピンがウォッチドッグ・タイマのステータスを反映するものと仮定します。PWRGD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。この遅延は内部で65秒に制限されており、1msごとに丸められています。

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・タイマの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。この遅延は内部で655msに制限されており、10μsごとに丸められています。

両方のタイマは、SHARE\_CLKとは独立に内部クロックで動作します。両方のコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

### フォルト応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	<a href="#">63</a>
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力の低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7F	<a href="#">63</a>
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサで過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサで低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力 of 過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x80	<a href="#">64</a>
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力 of 低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">64</a>
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	<a href="#">64</a>
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	フォルト再試行モードでの再試行間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	200 0xF320	<a href="#">65</a>
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	再試行をイネーブルする、フォルトでオフになった全ての条件の再試行数。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">51</a>

## PMBus コマンドの説明

### ラッチされたフォルトのクリア

ラッチされたフォルトをリセットするには、CONTROL ピンを切り替えるか、OPERATION コマンドを使用するか、または V<sub>IN\_SNS</sub> ピンへのバイアス電圧の印加をいったん解除してから再度印加します。フォルト状態および警告状態が生じると、ALERTB ピンは必ず“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 出力をデアサートします。CLEAR\_FAULTS は、フォルトによるオフ状態をクリアせず、チャンネルをオンに戻すこともできません。

### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE と VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE

ここで記述するフォルト応答は、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、LTC2972 には以下の応答もあります。

- STATUS\_BYTE の適切なビットをセットする。
- STATUS\_WORD の適切なビットをセットする。
- 対応する STATUS\_VOUT レジスタの該当ビットをセットする。
- ALERTB ピンを“L”にすることによりホストに通知する。

### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE と VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:6]	Vout_ov_fault_response_action, Vout_uv_fault_response_action	<p>応答動作:</p> <p>00b: デバイスは中断せずに動作を続ける。</p> <p>01b: デバイスは、<math>t_{s\_vs}</math> 単位のビット [2:0] で指定された遅延時間だけ動作を継続する。「電气的特性」の表参照。遅延時間終了後でもまだフォルトがある場合、デバイスはすぐにシャットダウンするか、または TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_track_enh 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。</p> <p>10b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_track_enh 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。</p>
b[5:3]	Vout_ov_fault_response_retry, Vout_uv_fault_response_retry	<p>応答再試行動作:</p> <p>000b: 再試行設定の値が 0 の場合、デバイスは再起動しようとしなことを意味する。フォルトがクリアされるまで出力はディセーブルされたままになる。</p> <p>001b~111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドまたはその両方で) オフになるように命令されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別のフォルト状態が原因でデバイスがシャットダウンされるまで、グローバルの Mfr_retry_count[2:0] によって指定される回数だけ再起動を試みる。この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・オン・シーケンスまで変更が適用されない場合がある。</p>
b[2:0]	Vout_ov_fault_response_delay, Vout_uv_fault_response_delay	<p>このサンプル数により、フォルトが最初に検出されてからのデバイスがフォルトを無視する時間が決まる。この遅延は高速フォルトのデグリッチに使用する。</p> <p>000b: デグリッチによる遅延がこれ以上フォルトの検出に追加されることはない。</p> <p>001b~111b: フォルトがデグリッチされるのは、<math>t_{s\_vs}</math> (標準 12.2 <math>\mu</math>s) のサンプリング周期でのサンプリング回数が b[2:0] 回のデグリッチ期間。</p>

## PMBus コマンドの説明

### 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。これらのコマンドで示される応答に加えて、LTC2972には以下の応答もあります。

- STATUS\_BYTEの適切なビットをセットする。
- STATUS\_WORDの適切なビットをセットする。
- 対応するSTATUS\_VINまたはSTATUS\_TEMPERATUREレジスタ内の該当するビットをセットする。
- ALERTBピンを“L”にすることによりホストに通知する。

### OT\_FAULT\_RESPONSE、UT\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_UV\_FAULT\_RESPONSEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:6]	Ot_fault_response_action, Ut_fault_response_action, Vin_ov_fault_response_action, Vin_uv_fault_response_action	応答動作: 00b: デバイスは中断せずに動作を続ける。 01b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAYの後でシーケンス・オフする (Mfr_config_track_enh 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。
b[5:3]	Ot_fault_response_retry, Ut_fault_response_retry, Vin_ov_fault_response_retry, Vin_uv_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b: 再試行設定の値が0の場合、デバイスは再起動しようとしなことを意味する。フォルトがクリアされるまで出力はディスエーブルされたままになる。 001b~111b: PMBus デバイスは、(CONTROLピンまたはOPERATIONコマンドまたはその両方で) オフになるように命令されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別のフォルト状態が原因でデバイスがシャットダウンされるまで、グローバルのMfr_retry_count[2:0]によって指定される回数だけ再起動を試みる。 この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・オン・シーケンスまで変更が適用されない場合がある。
b[2:0]	Ot_fault_response_delay, Ut_fault_response_delay, Vin_ov_fault_response_delay, Vin_uv_fault_response_delay	000bにハードコードされている: デグリッチによる遅延がこれ以上フォルトの検出に追加されることはない。

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

このコマンドはLTC2972の応答をTON\_MAX\_FAULTに定義します。これは、起動時の短絡に対する保護として使用できません。起動後の短絡に対する保護にはVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEを使用してください。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- STATUS\_BYTEのHIGH\_BYTEビットをセットする。
- STATUS\_WORDのVOUTビットをセットする。
- STATUS\_VOUTレジスタのTON\_MAX\_FAULTビットをセットする。
- ALERTBピンをアサートし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: 00b: デバイスは中断せずに動作を続ける。 01b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_track_enn 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。
b[5:3]	Ton_max_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b: 再試行設定の値が 0 の場合、デバイスは再起動しようとしなことを意味する。フォルトがクリアされるまで出力はディスエーブルされたままになる。 001b~111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドまたはその両方で) オフになるように命令されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別のフォルト状態が原因でデバイスがシャットダウンされるまで、グローバルの Mfr_retry_count[2:0] によって指定される回数だけ再起動を試みる。 この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・オン・シーケンスまで変更が適用されない場合がある。
b[2:0]	Ton_max_fault_response_delay	000b にハードコードされている: デグリッチによる遅延がこれ以上フォルトの検出に追加されることはない。

### MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、LTC2972 がフォルト状態に応答して再試行モードになっているときの再試行間隔を決定します。この遅延は SHARE\_CLK のみを使用してカウントされます。この遅延は内部で 13.1 秒に制限されており、200 μs ごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

### MR\_RETRY\_COUNT

MFR\_RETRY\_COUNT は、再試行数を設定するグローバル・コマンドで、フォルト応答再試行フィールドをゼロ以外の値に設定することにより、いずれかのチャンネルがフォルトでオフになったときに行う再試行数を設定します。

同じチャンネルに再試行フォルトが複数あるか、繰り返し起こる場合、再試行の総数は MFR\_RETRY\_COUNT に等しくなります。チャンネルがフォルトによってオフになることが 16 秒以上発生しなかった場合、その再試行カウンタはクリアされます。チャンネルの CONTROL ピンをオフしてからオンに切り替えるか、OPERATION のオフ・コマンドを出してからオン・コマンドを出すと、再試行カウンタは同期的にクリアされます。

### MFR\_RETRY\_COUNT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:3]	Reserved	常にゼロを返す。
b[2:0]	Mfr_retry_count [2:0]	0: 再試行なし: 1~6: 再試行の数。 7: 再試行数無制限。 この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・オン・シーケンスまで変更が適用されない場合がある。

## PMBus コマンドの説明

### 共有される外部フォルト

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	フォルトのためオフ・ステートになったチャンネルをFAULTB0ピンに伝搬するかどうかを決定する設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	フォルトのためオフ・ステートになったチャンネルをFAULTB1ピンに伝搬するかどうかを決定する設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULTB0ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULTB1ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">66</a>

### MFR\_FAULTB0\_PROPAGATEおよびMFR\_FAULTB1\_PROPAGATE

これらのメーカー固有のコマンドは、チャンネルの状態を該当するフォルト・ピンへ伝えるために、フォルトによってオフしているチャンネルをイネーブルします。MFR\_FAULTB0\_PROPAGATEを使用して、任意のチャンネルのフォルトによるオフ状態をFAULTB0ピンに伝えることができます。MFR\_FAULTB1\_PROPAGATEを使用して、任意のチャンネルのフォルトによるオフ状態をFAULTB1ピンに伝えることができます。

MFR\_FAULTBn\_RESPONSEが0にセットされているチャンネルには、フォルトのピンを“L”にプルしても何も効果はありません。チャンネルは中断せずに動作を続けます。このフォルトに対する応答は、LTpowerPlayではIgnore (0x0)と呼ばれます。

### MFR\_FAULT0\_PROPAGATEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:1]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[0]	Mfr_faultb0_propagate	フォルトの伝搬をイネーブルする。 0: フォルトでオフ・ステートになったチャンネルはFAULTB0を“L”にアサートしない。 1: フォルトでオフ・ステートになったチャンネルはFAULTB0を“L”にアサートする。

### MFR\_FAULT1\_PROPAGATEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:1]	Reserved	ドントケア。常に0を返す。
b[0]	Mfr_faultb1_propagate	フォルトの伝搬をイネーブルする。 0: フォルトでオフ・ステートになったチャンネルはFAULTB1を“L”にアサートしない。 1: フォルトでオフ・ステートになったチャンネルはFAULTB1を“L”にアサートする。

### MFR\_FAULTB0\_RESPONSEおよびMFR\_FAULTB1\_RESPONSE

これらのメーカー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。MFR\_FAULTB0\_RESPONSEは、FAULTB0ピンが“L”にアサートされたときにシャットオフされるチャンネルを決定します。MFR\_FAULTB1\_RESPONSEは、FAULTB1ピンが“L”にアサートされたときにシャットオフされるチャンネルを決定します。FAULTBnピンに応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。図での説明については、「図31. チャンネルのフォルト管理のブロック図」の左側にあるスイッチを参照してください。

フォルトは、MFR\_FAULTBn\_RESPONSEが0に設定されているチャンネルには伝搬しません。チャンネルは中断せずに動作を続けます。なお、このフォルトに対する応答は、LTpowerPlayではNo Actionと呼ばれます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULTB0\_RESPONSE と MFR\_FAULTB1\_RESPONSE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:2]	Reserved	読み出し専用、常に000000bを返す。
b[1]	Mfr_faultb0_response_chan1、 Mfr_faultb1_response_chan1	チャンネル1の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続けます。 1:対応するFAULTBピンが10 $\mu$ sたった後でもまだアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンされる。これに続いてFAULTBピンがデアサートする場合、このチャンネルはTON_DELAYとTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[0]	Mfr_faultb0_response_chan0、 Mfr_faultb1_response_chan0	チャンネル0の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続けます。 1:対応するFAULTBピンが10 $\mu$ sたった後でもまだアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンされる。これに続いてFAULTBピンがデアサートする場合、このチャンネルはTON_DELAYとTON_RISEの設定に従って再びオンになる。

### フォルトの警告および状態

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされている全フォルト・ビットをクリアする。	Send Byte	Y				NA	<a href="#">67</a>
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態の1バイトの要約。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">68</a>
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態の2バイトの要約。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">68</a>
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">69</a>
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度フォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">70</a>
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">70</a>
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトおよび状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
MFR_PADS	0xE5	選択されたデジタルI/Oパッドの現在のステート。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">71</a>
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイス・デバイスに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">72</a>
MFR_FIRST_FAULT	0xB6	最初のフォルト情報	R Word	N	Reg				<a href="#">73</a>
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">73</a>

### CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTS コマンドは、現在までにセットされているステータス・ビットをクリアするために使われます。このコマンドは、全てのページ化されていないステータス・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フォルト・ビットと警告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、フォルト状態でラッチオフしているデバイスを再スタートさせることはありません。詳細については「ラッチされたフォルトのクリア」のセクションを参照してください。

フォルトをクリアした後もフォルトが残る場合は、フォルト状態ビットが再びセットされて、ホストには通常の方法で通知されます。

注記:このコマンドはグローバル・ページ・コマンドにตอบสนองします。(PAGE=0xFF)

## PMBus コマンドの説明

### 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、同じ情報をコピーします。

#### 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	サポートされていない。常に0を返す。
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

### STATUS\_WORD

STATUS\_WORD コマンドは、デバイスのフォルト状態を要約した、2バイトの情報を返します。ホストはこれらのバイトの情報に基づいて適切で詳細なステータス・レジスタを読み出すことにより、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	出力電圧フォルトまたは警告が生じている。STATUS_VOUT 参照。
b[14]	Status_word_iout	出力電流警告が生じている。STATUS_IOUT 参照。
b[13]	Status_word_input	入力電圧フォルトまたは警告が生じている。STATUS_INPUT 参照。
b[12]	Status_word_mfr	メーカーに固有のフォルトが生じている。STATUS_MFR_SPECIFIC を参照。
b[11]	Status_word_power_not_good	PWRGD ピンがイネーブルされている場合、無効になる。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 コマンドを受信したときにデバイスがビジー状態。「動作」参照:処理コマンド。
b[6]	Status_word_off	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含めて理由の如何にかかわらず、デバイスが出力に電力を供給していないときにアサートされる。デバイスが出力に電力を供給できる場合は、オフビットはクリア。
b[5]	Status_word_vout_ov	出力過電圧フォルトが生じている。
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	V <sub>IN</sub> の低電圧フォルトが生じている。
b[2]	Status_word_temp	温度フォルトまたは警告が生じている。STATUS_TEMPERATURE 参照。
b[1]	Status_word_cml	通信、メモリ、または論理フォルトが生じている。STATUS_CML 参照。
b[0]	Status_word_high_byte	b[7:1]に記載されていないフォルト/警告が生じているか Status_word_power_not_good = 1 である。

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_VOUT

以下の表に示すように、STATUS\_VOUT コマンドは、発生した出力電圧フォ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	過電圧フォルト。
b[6]	Status_vout_ov_warn	過電圧の警告。
b[5]	Status_vout_uv_warn	低電圧の警告。
b[4]	Status_vout_uv_fault	低電圧フォルト。
b[3]	Status_vout_max_warn	VOUT_MAX の警告。VOUT_MAX コマンドで許容される値より高い値に出力電圧を設定する試みがあった。
b[2]	Status_vout_ton_max_fault	TON_MAX_FAULT シーケンス・フォルト。
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。

### STATUS\_IOUT

以下の表に示すように、STATUS\_IOUT コマンドは、発生した出力電流フォルトや警告の要約を返します。

#### STATUS\_IOUT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Status_iout_oc_fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[6]	Status_iout_oc_uv_fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[5]	Status_iout_oc_warn	過電流警告。
b[4]	Status_iout_uc_fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[3]	Status_curr_share_fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[2]	Status_pout_power_limiting	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[1]	Status_pout_overpower_fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[0]	Status_pout_overpower_warn	サポートされていない。常に 0 を返す。

### 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	$V_{IN}$ の低電圧フォルト。
b[3]	Status_input_off	デバイスは入力電圧が不十分なためにオフ。
b[2]	IIN overcurrent fault	サポートされていない。常に 0 を返す。
b[1]	IIN 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。

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_TEMPERATURE

以下の表に示すように、STATUS\_TEMPERATURE コマンドは、発生した温度フォルトや警告の要約を返します。なお、この情報はページ化され、対応する外部ダイオードの温度を参照します。

#### STATUS\_TEMPERATURE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Status_temperature_ot_fault	過熱フォルト。
b[6]	Status_temperature_ot_warn	過熱警告。
b[5]	Status_temperature_ut_warn	低温警告。
b[4]	Status_temperature_ut_fault	低温フォルト。
b[3]	Reserved	予備。常に0を返す。
b[2]	Reserved	予備。常に0を返す。
b[1]	Reserved	予備。常に0を返す。
b[0]	Reserved	予備。常に0を返す。

### STATUS\_CML

以下の表に示すように、STATUS\_CML コマンドは、通信、メモリ、およびロジックのフォ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	1 = 不正なコマンド・フォルトまたはサポートされていないコマンド・フォルトが生じた。 0 = フォルトは生じていない。
b[6]	Status_cml_data_fault	1 = 不正なデータまたはサポートされていないデータを受け取った。 0 = フォルトは生じていない。
b[5]	Status_cml_pec_fault	1 = パケット・エラー・チェック・フォルトが発生した。注記：LTC2972 では、PEC 検査は常に有効。STOP の前に受け取った余分なバイトは、余分なバイトが合致する PEC バイトでない限り Status_cml_pec_fault をセットする。 0 = フォルトは生じていない。
b[4]	Status_cml_memory_fault	1 = EEPROM でフォルトが生じた。 0 = フォルトは生じていない。
b[3]	Status_cml_processor_fault	サポートされていない、常に0を返す。
b[2]	Reserved	予備、常に0を返す。
b[1]	Status_cml_pmbus_fault	1 = この表にあげる以外の通信フォルトが生じた。これは不正に形成された I <sup>2</sup> C/SMBus コマンドをまとめて扱うカテゴリです (例：START の直後に read = 1 でアドレス・バイトを受け取った)。 0 = フォルトは生じていない。
b[0]	Status_cml_unknown_fault	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\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドはメーカー固有のステータス・フラグを返します。CHANNEL = All でマークされたビットはページングされません。STICKY = Yes でマークされたビットは、CLEAR\_FAULTS が発行されるか、チャンネルがユーザーのコマンドによってオンされるまで、セットされたまま残ります。ALERT = Yes でマークされたビットは、セットされると ALERTB を“L”に引き下げます。OFF = Yes でマークされたビットは、そのチャンネルをオフにするイベントを別の場所で設定できることを示しています。

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC のデータの内容

ビット	シンボル	動作	CHANNEL	STICKY	ALERT	OFF
b[7]	Status_mfr_discharge	1 = オン・ステートに入ろうとしていたときに V <sub>OUT</sub> 放電フォルトが生じた。 0 = V <sub>OUT</sub> 放電フォルトは発生していない。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[6]	Status_mfr_fault1_in	FAULTB1 ピンが“L”にアサートされているときにこのチャンネルがオンになろうとした、または、最後の CONTROL ピンのトグル動作、OPERATION コマンドのオン、オフ・サイクル、または CLEAR_FAULTS コマンドから FAULTB1 ピンが“L”にアサートされることに応答して少なくとも1回このチャンネルがシャットダウンされた。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[5]	Status_mfr_fault0_in	FAULTB0 ピンが“L”にアサートされているときにこのチャンネルがオンになろうとした、または、最後の CONTROL ピンのトグル動作、OPERATION コマンドのオン、オフ・サイクル、または CLEAR_FAULTS コマンドから FAULTB0 ピンが“L”にアサートされることに応答して少なくとも1回このチャンネルがシャットダウンされた。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[4]	Status_mfr_servo_target_reached	サーボの目標値に達した。	Current Page	No	No	No
b[3]	Status_mfr_dac_connected	DAC が接続され、V <sub>DAC</sub> ピンをドライブしている。	Current Page	No	No	No
b[2]	Status_mfr_dac_saturated	DAC の値が最大または最小のとき前のサーボ動作が終了した。	Current Page	Yes	No	No
b[1]	Status_mfr_auxfaultb_faulted_off	V <sub>OUT</sub> または I <sub>OUT</sub> のフォルトにより、AUXFAULTB がデアサートされた。	All	No	No	No
b[0]	Status_mfr_watchdog_fault	1 = ウォッチドッグ・フォルトが生じた。 0 = ウォッチドッグ・フォルトは生じていない。	All	Yes	Yes	No

### MFR\_PADS

MFR\_PADS コマンドは、デジタル・パッド (ピン) への読み出し専用のアクセスを行います。入力値はデグリッチ論理の前の値です。

### MFR\_PADS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_pads_pwrgrd_drive	0 = このデバイスが PWRGD パッドを“L”に駆動している。 1 = このデバイスが PWRGD パッドを“L”に駆動していない。
b[14]	Mfr_pads_alertb_drive	0 = このデバイスが ALERTB パッドを“L”に駆動している。 1 = このデバイスが ALERTB パッドを“L”に駆動していない。
b[13:12]	Mfr_pads_faultb_drive[1:0]	次に従って、bit[1] は FAULTB0 パッドに使用され、bit[0] は FAULTB1 パッドに使用される。 0 = このデバイスが FAULTB パッドを“L”に駆動している。 1 = このデバイスが FAULTB パッドを“L”に駆動していない。
b[11:10]	Mfr_pads_pg_drive[1:0]	次に従って、bit[1] は PG1 パッドに使用され、bit[0] は PG0 パッドに使用される。 0 = PGn パッドはこのデバイスによって“L”に駆動される。 1 = PGn パッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない。
b[9:8]	Mfr_pads_asel1[1:0]	11: ASEL1 入力パッドで論理レベル“H”が検出された。 10: ASEL1 入力パッドはフロートしている。 01: 予備。 00: ASEL1 入力パッドで論理レベル“L”が検出された。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_PADSのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:6]	Mfr_pads_asel0[1:0]	11:ASELO入力パッドで論理レベル“H”が検出された。 10:ASELO入力パッドはフロートしている。 01:予備。 00:ASELO入力パッドで論理レベル“L”が検出された。
b[5]	Mfr_pads_control1	1:CONTROL1パッドで論理レベル“H”が検出された。 0:CONTROL1パッドで論理レベル“L”が検出された。
b[4]	Mfr_pads_control0	1:CONTROL0パッドで論理レベル“H”が検出された。 0:CONTROL0パッドで論理レベル“L”が検出された。
b[3:2]	Mfr_pads_faultb[1:0]	次に従って、bit[1]はFAULTB0パッドに使用され、bit[0]はFAULTB1パッドに使用される。 1:FAULTBパッドで論理レベル“H”が検出された。 0:FAULTBパッドで論理レベル“L”が検出された。
b[1]	Mfr_pads_pg1	1:PG1パッドで論理レベル“H”が検出された。 0:PG1パッドで論理レベル“L”が検出された。
b[0]	Mfr_pads_pg0	1:PG0パッドで論理レベル“H”が検出された。 0:PG0パッドで論理レベル“L”が検出された。

## MFR\_COMMON

このコマンドは、アラート、デバイス・ビジー、共有クロック・ピン (SHARE\_CLK)、および書き込み保護ピン (WP) のステータス情報を返します。

これは、LTC2972がEEPROMや他のコマンドの処理でビジー状態である場合でも読み出すことができる唯一のコマンドです。このコマンドをホストによってポーリングすることで、LTC2972がいつPMBusコマンドを処理できるかを調べることができます。ビジー状態のデバイスは、そのアドレスに対して常にアクノリッジを返しますが、直ちには処理できないコマンドを受け取ったときはコマンド・バイトに対してNACKを返し、Status\_byte\_busyとStatus\_word\_busyをセットします。

## MFR\_COMMONのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Mfr_common_alertb	アラート・ステータスを返す。 1:ALERTBは“H”にデアサートされる。 0:ALERTBは“L”にアサートされる。
b[6]	Mfr_common_busyb	デバイスがビジー・ステータスを返す。 1:デバイスはPMBusコマンドを処理できる状態にある。 0:デバイスはビジー状態なので、PMBusコマンドに対してNACKを返す。
b[5:2]	Reserved	読み出し専用、常に1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。 1:共有クロック・ピンは“L”に保たれている。 0:共有クロック・ピンはアクティブ。
b[0]	Mfr_common_write_protect	書き込み保護ピンのステータスを返す。 1:書き込み保護ピンは“H”。 0:書き込み保護ピンは“L”。



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_STATUS\_2

このコマンドは、メーカー固有のフォルトおよび状態に関する追加情報を返します。Sticky = Yesが明示されたビットは、該当するイベントによってセットされ、ユーザーがCLEAR\_FAULTS コマンドを出すかチャンネルをオンに戻すまでクリアされません。ALERT=Yesが明示されたビットは、セットされるとALERTBピンを“L”にアサートします。Channel = Allが明示されたビットはページ化されません。

### MFR\_STATUS\_2のデータの内容

ビット	シンボル	動作	STICKY	ALERT	CHANNEL
b[15:3]	Mfr_status_2_reserved	読み出し専用、常に0を返す。			
b[2]	Mfr_status_2_shortcycle_fault	1:このチャンネルは、シーケンス・オフを終了する前にユーザーによってオンを指示されていた。 0:このチャンネルには短い周期のフォルトは発生していない。	Yes	Yes	Current Page
b[1]	Mfr_status_2_vinen_drive	1:AUXFAULTBパッドはこのデバイスによって“L”に駆動される。 0:AUXFAULTBパッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない。	No	No	All
b[0]	Mfr_status_2_vin_caused_off	1:VIN_SNSがVIN_OFFしきい値より低くなったのでこのチャンネルはオフした。 0:VIN_SNSによってこのチャンネルがオフになることはない。	Yes	No	Current Page

### MFR\_FIRST\_FAULT

MFR\_FIRST\_FAULTレジスタに収容されている値は、あるチャンネルをオフにする原因となり、LTC2972によって観測された最初のフォルトを示す値です。この値はフォルト・ログに格納され、CLEAR\_FAULTS コマンドを送信するか、チャンネルをオフにしてからオンにするとクリアされて0x0000になります。このレジスタには、フォルトの記録がイネーブルされているかどうかに関係なく、最初に観測されたフォルトが取り込まれます。LTC2972はFirstFaultTimeという追加バイトをフォルト・ログに格納します。これは、最初のフォルトが検出された時点での共有タイム値の下位8ビットのスナップショット・コピーです。FirstFaultTimeの値を使用することで、SHARE\_CLKピンで接続されている全てのLTC2972デバイスを対象に、200μs以内に発生した最初のフォルトを正確に示すことができます。FirstFaultTimeの値は、MFR\_FIRST\_FAULTがクリアされると必ずリセットされます。

### MFR\_FIRST\_FAULTのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:12]	Mfr_first_fault_page	最初に観測されたフォルトのページ(以下参照) 0xF:グローバル 0x1:チャンネル1 0x0:チャンネル0 その他の値は全て予備
b[11:8]	Mfr_first_fault_bit_num	Mfr_first_fault_cmdによって示される、最初に観測されたフォルト状態が収容されているステータス・レジスタのビット数
b[7:0]	Mfr_first_fault_cmd	最初に観測されたフォルト状態が収容されているステータス・レジスタのPMBusコマンド(以下参照) 0x80:STATUS_MFR_SPECIFIC 0x7D:STATUS_TEMPERATURE 0x7C:STATUS_INPUT 0x7A:STATUS_VOUT 0x00:なし その他の値は全て予備

## PMBus コマンドの説明

## 遠隔測定値

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">74</a>
READ_IIN	0x89	DC/DCコンバータの入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">74</a>
READ_PIN	0x97	DC/DCコンバータの入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">74</a>
READ_VOUT	0x8B	DC/DCコンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">74</a>
READ_IOUT	0x8C	DC/DCコンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外付けダイオードのジャンクション温度。IOUT_CAL_GAINをはじめとする、全ての温度関連処理に使用される値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">75</a>
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	<a href="#">75</a>
READ_POUT	0x96	DC/DCコンバータ出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">76</a>
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUTの代替データ形式。1 LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	<a href="#">76</a>
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IINの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IINの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">75</a>
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PINの最大測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">75</a>
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PINの最小測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">75</a>
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	VISENSEP – VISENSEMの絶対値。1 LSB = 3.05 μV または 91.5 μV。	R Word	Y	CF	μV		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUTの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">77</a>
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VINの最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUTの最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUTの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>

**READ\_VIN**

このコマンドは、VIN\_SNS ピンの入力電圧の ADC による最新の測定値を返します。

**READ\_IIN**

このコマンドは、IIN\_SNSP ピンおよび IIN\_SNSM ピン間の電圧差から求められた入力電流の、ADC による最新の測定値を返します。通知される READ\_IIN の値は、Mfr\_ein\_config\_iin\_range[1:0] によって選択された範囲を考慮して、自動的に補正されます。

**READ\_PIN**

このコマンドは、入力電力の ADC による最新の測定値 (ワット単位) を返します。この測定値は、READ\_IIN と READ\_VIN の積になります。

**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。

## PMBus コマンドの説明

### READ\_IOUT

このコマンドは、チャンネルの出力電流の ADC による最新の測定値を返します。

### MFR\_IIN\_PEAK

このコマンドは、入力電流の ADC による最大の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_IIN\_MIN

このコマンドは、入力電流の ADC による最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_PIN\_PEAK

このコマンドは、入力電力の ADC による最大の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_PIN\_MIN

このコマンドは、入力電力の ADC による最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### READ\_TEMPERATURE\_1

このコマンドは、外部ダイオード温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) の最新の測定値を返します。この値は、温度に関連する全ての演算および計算に使用されます。このコマンドは、ページ化されます。対応する  $T_{\text{SENSE}}$  回路網が有効な温度を検出できなかった場合、READ\_TEMPERATURE\_2 は READ\_TEMPERATURE\_1 に置き換えられます。

$T_{\text{SENSE}}$  回路網は、以下の条件では有効な温度を検出できません。

- $T_{\text{SENSE}}$  ピンが定電圧に短絡した。

- 検出ダイオードが、最大値  $N_{\text{TS}}$  よりも高い理想係数を持っている。

$T_{\text{SENSE}}$  ピンをフロート状態にすることは推奨されず、予測できない温度値が返される可能性があります。

### READ\_TEMPERATURE\_2

このコマンドは、LTC2972 の内部温度センサによって測定されるジャンクション温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) の ADC による最新の測定値を返します。このレジスタは、情報を目的としており、READ\_TEMPERATURE\_1 として使用されない限り、どのフォルト、警告も生成せず、他のどのレジスタや内部の計算にも影響を与えません。このコマンドは、ページ化されません。

チャンネルの  $T_{\text{SENSE}}$  回路網が有効な温度を検出できなかった場合、READ\_TEMPERATURE\_2 は READ\_TEMPERATURE\_1 に置き換えられます。

## PMBus コマンドの説明

### READ\_POUT

このコマンドは、チャンネルの出力電力(ワット単位)の ADC による最新の測定値を返します。

### MFR\_READ\_IOUT

このコマンドは、カスタム形式を使用して、チャンネルの出力電流の ADC による最新の測定値を返します。このカスタム形式は、2A～82A の絶対値を持つ電流について、READ\_IOUT コマンドよりも粒度の細かい数値表現を提供します。

### MFR\_READ\_IOUT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_read_iout[15:0]	高電流での分解能を改善するためにカスタム形式で表されたチャンネルの出力電流。 値 = $Y \cdot 2.5$ 。ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号付き2の補数。 例： MFR_READ_IOUT = 5mA b[15:0] = 0x0002 の場合、 値 = $2 \cdot 2.5 = 5\text{mA}$

返される値の粒度は常に 2.5mA であり、返される値は  $\pm 81.92\text{A}$  の範囲内に制限されます。READ\_IOUT コマンドは、2A 未満の電流では最高の分解能を実現します。また、82A より大きな電流では使用することが必須です。返される値の精度は、「電気的特性」セクションに示された ADC の特性によって常に制限されます。

表 3. 数値形式による粒度の比較

電流範囲	READ_IOUT の粒度	MFR_READ_IOUT の粒度
$31.25\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 62.5\text{mA}$	61 $\mu\text{A}$	2.5mA
$62.5\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 125\text{mA}$	122 $\mu\text{A}$	2.5mA
$125\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 250\text{mA}$	244 $\mu\text{A}$	2.5mA
$250\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 500\text{mA}$	488 $\mu\text{A}$	2.5mA
$0.5\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 1\text{A}$	977 $\mu\text{A}$	2.5mA
$1\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 2\text{A}$	1.95mA	2.5mA
$2\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 4\text{A}$	3.9mA	2.5mA
$4\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 8\text{A}$	7.8mA	2.5mA
$8\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 16\text{A}$	15.6mA	2.5mA
$16\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 32\text{A}$	31.3mA	2.5mA
$32\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 64\text{A}$	62.5mA	2.5mA
$64\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 82\text{A}$	125mA	2.5mA
$82\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 128\text{A}$	125mA	Saturated
$128\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 256\text{A}$	250mA	Saturated

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IOUT\_SENSE\_VOLTAGE

このコマンドは、温度補正されない最後の READ\_IOUT の ADC 変換時に  $I_{SENSEp_n}$  と  $I_{SENSEm_n}$  の間で測定された電圧の絶対値を返します。

#### MFR\_IOUT\_SENSE\_VOLTAGE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_iout_sense_voltage	$I_{SENSEp_n}$ と $I_{SENSEm_n}$ の間で測定された補正されない電圧変換の絶対値。 値 = $Y \cdot X \cdot 2^{-13}$ 。ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なしの整数、 $X = 0.025$ または $0.75$ (それぞれ <code>mfr_config_imon_sel = 0</code> または <code>1</code> の場合) であり、LSB は $3.05 \mu\text{V}$ または $91.5 \mu\text{V}$ になる。 例: <code>mfr_config_imon_sel = 0</code> <code>MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE = 1.544mV</code> <code>b[15:0] = 0x1FA = 506</code> の場合、 値 = $506 \cdot 0.025 \cdot 2^{-13} = 1.544\text{mV}$

### 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。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0x7C00` ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### 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。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0xF800` ( $0.0$ ) にリセットされます。

### MFR\_IOUT\_PEAK

このコマンドは、チャンネルの出力電流の ADC による最大の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0x7C00` ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAK

このコマンドは、外部ダイオード温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) の最大測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0x7C00` ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### 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。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを任意のページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0x7BFF` (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### 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。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、`0xFFFF` ( $7.9999$ ) にリセットされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IOUT\_MIN

このコマンドは、チャンネルの出力電流の ADC による最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_TEMPERATURE\_1\_MIN

このコマンドは、外部ダイオード温度 (°C) の最小測定値を返します。このレジスタは、LTC2972 がパワーオン・リセットから復帰した場合、CLEAR\_FAULTS コマンドを該当ページに対して実行した場合、またはチャンネルがいったんオフになった後オンに切り替わった場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

## フォルト・ログ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM へのフォルト・ログの伝送を命令する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前 EEPROM に格納されていたフォルト・ログを RAM に戻すよう命令する。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログのために確保された EEPROM のブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアする。	Send Byte	N				NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	フォルト・ログの状態。	R Byte	N	Reg		Y	NA	<a href="#">79</a>
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全なフォルト・ログをアセンブルする。	R Block	N	Reg		Y	NA	<a href="#">79</a>

## フォルト・ログの動作

フォルト・ログの概念図を図 21 に示します。フォルト・ログは LTC2972 にブラックボックス機能を与えます。通常の動作中、ステータス・レジスタの内容、出力電圧、出力電流、出力温度、入力電圧の測定値、およびこれらの値のピーク値と最小値は、継続的に更新される RAM のバッファに格納されます。この動作はチャート式記録計と類似していると言えます。フォルトが発生すると、その内容は EEPROM の不揮発性メモリに書き込まれます。このとき EEPROM のフォルト・ログはロックされます。デバイスの電源を切ってもこのフォルト・ログはまた後で読み出すことができます。

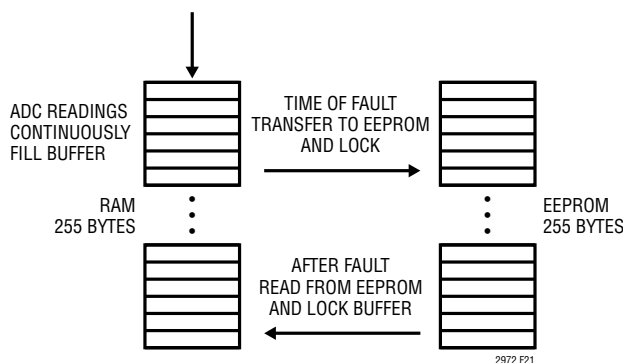


図 21. フォルト・ログ

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

このコマンドではRAMバッファからEEPROMへとデータを転送できます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE

このコマンドを使用すると、EEPROMからRAMバッファへフォルト・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

このコマンドを使用すると、フォルト・ログの予備として確保された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ルト・ログもこの動作によって消去され、EEPROMへのフォルト・ログRAMのロギングがイネーブルされます。MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドを発行する前に、Mfr\_fault\_log\_status\_ram = 0を確認してください。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS

このレジスタはフォルト・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ルトオフしたイベントがRAMからEEPROMへのフォルト・ログの転送をトリガすると、Mfr\_fault\_log\_status\_eepromビットがセットされます。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、正常に実行されたMFR\_FAULT\_LOGコマンドによって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[7:2]	Reserved	読み出し専用、常に0を返す。
b[1]	Mfr_fault_log_status_ram	フォルト・ログRAMのステータス: 0: フォルト・ログRAMは更新可能。 1: フォルト・ログRAMは、次回のMfr_fault_log読み込みまでロックされる。
b[0]	Mfr_fault_log_status_eeprom	フォルト・ログEEPROMのステータス: 0: フォルト・ログRAMからEEPROMへの転送はイネーブルされている。 1: フォルト・ログRAMからEEPROMへの転送は禁止されている。

### MFR\_FAULT\_LOG

読み出し専用。この2040ビット(255バイト)のデータ・ブロックには、RAMバッファのフォルト・ログのコピーが入っています。RAMバッファはMfr\_fault\_log\_status\_eeprom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\_enable = 1およびMfr\_fault\_log\_status\_eeprom = 0の場合は、LTC2972のフォ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バッファのデータは必ずEEPROMに転送されます。この転送は、Mfr\_config\_all\_fast\_fault\_logがクリアされると、ADCが両方のチャンネルのREAD値を更新するまで遅延されます。それ以外の場合は24ms以内に転送されます。このオプションの遅延を使用することにより、高速のスーパーバイザが検出したフォルトがEEPROMへの転送を開始した場合に、ADCがモニタする、更新の遅い値が全て確実に更新されるようにすることができます。

RAMバッファのデータがEEPROMに転送されると、Mfr\_fault\_log\_status\_eepromは“H”にセットされ、LTC2972がリセットされるかLTC2972の電源を切断しても、Mfr\_fault\_log\_clearを受け取るまではクリアされません。Status\_mfr\_dischargeのイベントの結果としてフォルト・ログEEPROMの転送が開始されることはありません。

## PMBus コマンドの説明

Mfr\_fault\_log の読み出し時に、表4で定義されたデータが一度に1バイトずつ返されます。フォルト・ログのデータは2つのセクションに分かれています。最初のセクションはプリアンブルと呼ばれ、Position\_last ポインタ、時間情報、ピークと最小値を含みます。2つめのセクションは遠隔測定値の時系列的記録があり、適切な解釈のためにはPosition\_lastを要します。フォルト・ログには約300msに相当する遠隔測定データが格納されています。ブロック読み出し中にタイムアウトが発生しないように、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeoutは1にセットすることを推奨します。

表4. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Position_last[7:0]	0	フォルトが発生したときのフォルト・ログ・ポインタの位置。
Reserved	1	常に0x00を返す。
SharedTime[7:0]	2	フォルト発生時の41ビット共有クロック・カウンタの値。カウンタのLSBは200μs刻み。このカウンタは、起動時またはLTC2972のリセット後にクリアされる。
SharedTime[15:8]	3	
SharedTime[23:16]	4	
SharedTime[31:24]	5	
SharedTime[39:32]	6	
SharedTime[40]	7	
Mfr_first_fault[7:0]	8	
Mfr_first_fault[15:8]	9	
FirstFaultTime	10	
Mfr_vout_peak0[7:0]	11	
Mfr_vout_peak0[15:8]	12	
Mfr_vout_min0[7:0]	13	
Mfr_vout_min0[15:8]	14	
Mfr_temperature_peak0[7:0]	15	
Mfr_temperature_peak0[15:8]	16	
Mfr_temperature_min0[7:0]	17	
Mfr_temperature_min0[15:8]	18	
Mfr_iout_peak0[7:0]	19	
Mfr_iout_peak0[15:8]	20	
Mfr_iout_min0[7:0]	21	
Mfr_iout_min0[15:8]	22	
Mfr_vin_peak[7:0]	23	
Mfr_vin_peak[15:8]	24	
Mfr_vin_min[7:0]	25	
Mfr_vin_min[15:8]	26	

表4. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Mfr_iin_peak[7:0]	27	
Mfr_iin_peak[15:8]	28	
Mfr_iin_min[7:0]	29	
Mfr_iin_min[15:8]	30	
Mfr_pin_peak[7:0]	31	
Mfr_pin_peak[15:8]	32	
Mfr_pin_min[7:0]	33	
Mfr_pin_min[15:8]	34	
Mfr_vout_peak1[7:0]	35	
Mfr_vout_peak1[15:8]	36	
Mfr_vout_min1[7:0]	37	
Mfr_vout_min1[15:8]	38	
Mfr_temperature_peak1[7:0]	39	
Mfr_temperature_peak1[15:8]	40	
Mfr_temperature_min1[7:0]	41	
Mfr_temperature_min1[15:8]	42	
Mfr_iout_peak1[7:0]	43	
Mfr_iout_peak1[15:8]	44	
Mfr_iout_min1[7:0]	45	
Mfr_iout_min1[15:8]	46	
Status_vout0[7:0]	47	
Status_iout0[7:0]	48	
Status_mfr_specific0[7:0]	49	
Mfr_status_2_0[7:0]	50	保管されない予備ビット [15:8]
Status_vout1[7:0]	51	
Status_iout1[7:0]	52	
Status_mfr_specific1[7:0]	53	
Mfr_status_2_1[7:0]	54	
		55バイトはプリアンブル用
Fault_log [Position_last]	55	
Fault_log [Position_last-1]	56	
...		
Fault_log [Position_last-170]	237	
Reserved	238-254	
		ループの数: (238 - 55)/36 = 5.08

\* PMBus データバイトの数は、0ではなく1で始まる。Position\_last は、BYTE COUNT = 0xFF の後に返される最初のバイト。ブロック読み出しプロトコルを参照。



## PMBus コマンドの説明

前の表のバイト 55～237 に返されたデータは、Position\_last と次の表を用いて解釈されます。バイト 55 にあるデータを識別するためのキーは、次の表で POSITION = Position\_last に対応する DATA を見つけることです。それに続くバイトは、POSITION の値を減らして識別できます。例：Position\_last = 9 の場合、ブロック読み出しのバイト位置 55 で返される最初のデータはページ 0 の Status\_temperature であり、その後ページ 0 の Read\_temperature\_1[15:8] とページ 0 の Read\_temperature\_1[7:0] が続きます。表 5 を参照してください。

表 5. 循環的ループ・データの解釈

位置	データ
0	Read_temperature_2[7:0]
1	Read_temperature_2[15:8]
2	Read_vout0[7:0]
3	Read_vout0[15:8]
4	Status_vout0[7:0]
5	Status_mfr_specific0[7:0]
6	Mfr_status_2_0[7:0]
7	Read_temperature_1_0[7:0]
8	Read_temperature_1_0[15:8]
9	Status_temperature0[7:0]
10	Status_iout0[7:0]
11	Read_iout0[7:0]
12	Read_iout0[15:8]
13	Read_pout0[7:0]
14	Read_pout0[15:8]

表 5. 循環的ループ・データの解釈

位置	データ
15	Read_vin[7:0]
16	Read_vin[15:8]
17	Status_input[7:0]
18	0x0
19	Read_iin[7:0]
20	Read_iin[15:8]
21	Read_pin[7:0]
22	Read_pin[15:8]
23	Read_vout1[7:0]
24	Read_vout1[15:8]
25	Status_vout1[7:0]
26	Status_mfr_specific1[7:0]
27	Mfr_status_2_1[7:0]
28	Read_temperature_1_1[7:0]
29	Read_temperature_1_1[15:8]
30	Status_temperature1[7:0]
31	Status_iout1[7:0]
32	Read_iout1[7:0]
33	Read_iout1[15:8]
34	Read_pout1[7:0]
35	Read_pout1[15:8]
	Total Bytes = 36

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG 読み出しの例

この動作の循環的な性質を理解するために、次の表は Position\_last = 4 でのフォルト・ログの読み出しを完全にデコードした例を示します。

### データ・ブロックの内容

#### プリアンブル情報

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	データ	説明
0	00	Position_last[7:0] = 4	フォルトが発生したときのフォルト・ログ・ポインタの位置。
1	01	Reserved	常に 0x00 を返す。
2	02	SharedTime[7:0]	フォルト発生時の41ビット共有クロック・カウンタの値。カウンタのLSBは200µs刻み。
3	03	SharedTime[15:8]	
4	04	SharedTime[23:16]	
5	05	SharedTime[31:24]	
6	06	SharedTime[39:32]	
7	07	SharedTime[40]	
8	08	Mfr_first_fault[7:0]	
9	09	Mfr_first_fault[15:8]	
10	0A	FirstFaultTime	
11	0B	Mfr_vout_peak0[7:0]	
12	0C	Mfr_vout_peak0[15:8]	
13	0D	Mfr_vout_min0[7:0]	
14	0E	Mfr_vout_min0[15:8]	
15	0F	Mfr_temperature_peak0[7:0]	
16	10	Mfr_temperature_peak0[15:8]	
17	11	Mfr_temperature_min0[7:0]	
18	12	Mfr_temperature_min0[15:8]	
19	13	Mfr_iout_peak0[7:0]	
20	14	Mfr_iout_peak0[15:8]	
21	15	Mfr_iout_min0[7:0]	
22	16	Mfr_iout_min0[15:8]	
23	17	Mfr_vin_peak_[7:0]	
24	18	Mfr_vin_peak_[15:8]	
25	19	Mfr_vin_min_[7:0]	
26	1A	Mfr_vin_min_[15:8]	

#### プリアンブル情報

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	データ	説明
27	1B	Mfr_iin_peak[7:0]	
28	1C	Mfr_iin_peak[15:8]	
29	1D	Mfr_iin_min[7:0]	
30	1E	Mfr_iin_min[15:8]	
31	1F	Mfr_pin_peak[7:0]	
32	20	Mfr_pin_peak[15:8]	
33	21	Mfr_pin_min[7:0]	
34	22	Mfr_pin_min[15:8]	
35	23	Mfr_vout_peak1[7:0]	
36	24	Mfr_vout_peak1[15:8]	
37	25	Mfr_vout_min1[7:0]	
38	26	Mfr_vout_min1[15:8]	
39	27	Mfr_temperature_peak1[7:0]	
40	28	Mfr_temperature_peak1[15:8]	
41	29	Mfr_temperature_min1[7:0]	
42	2A	Mfr_temperature_min1[15:8]	
43	2B	Mfr_iout_peak1[7:0]	
44	2C	Mfr_iout_peak1[15:8]	
45	2D	Mfr_iout_min1[7:0]	
46	2E	Mfr_iout_min1[15:8]	
47	2F	Status_vout0[7:0]	
48	30	Status_iout0[7:0]	
49	31	Status_mfr_specific0[7:0]	
50	32	Mfr_status_2_0[7:0]	
51	33	Status_vout1[7:0]	
52	34	Status_iout1[7:0]	
53	35	Status_mfr_specific1[7:0]	
54	36	Mfr_status_2_1[7:0]	プリアンブル終わり

## PMBus コマンドの説明

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ0	ループあたり 36バイト
55	37	4	Status_vout0[7:0]	Position_last
56	38	3	Read_vout0[15:8]	
57	39	2	Read_vout0[7:0]	
58	40	1	Read_temperature_2[15:8]	
59	41	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ1	ループあたり 36バイト
60	3C	35	Read_pout1[15:8]	
61	3D	34	Read_pout1[7:0]	
62	3E	33	Read_iout1[15:8]	
63	3F	32	Read_iout1[7:0]	
64	40	31	Status_iout1[7:0]	
65	41	30	Status_temperature2[7:0]	
66	42	29	Read_temperature_1_1[15:8]	
67	43	28	Read_temperature_1_1[7:0]	
68	44	27	Mfr_status_2_1[7:0]	
69	45	26	Status_mfr_specific1[7:0]	
70	46	25	Status_vout1[7:0]	
71	47	24	Read_vout1[15:8]	
72	48	23	Read_vout1[7:0]	
73	49	22	Read_pin[15:8]	
74	4A	21	Read_pin[7:0]	
75	4B	20	Read_in[15:8]	
76	4C	19	Read_in[7:0]	
77	4D	18	0x0	
78	4E	17	Status_input[7:0]	
79	4F	16	Read_vin[15:8]	
80	50	15	Read_vin[7:0]	
81	51	14	Read_pout0[15:8]	
82	52	13	Read_pout0[7:0]	
83	53	12	Read_iout0[15:8]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ1	ループあたり 36バイト
84	54	11	Read_iout0[7:0]	
85	55	10	Status_iout0[7:0]	
86	56	9	Status_temperature0[7:0]	
87	57	8	Read_temperature_1_0[15:8]	
88	58	7	Read_temperature_1_0[7:0]	
89	59	6	Mfr_status_2_0[7:0]	
90	5A	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
91	5B	4	Status_vout0[7:0]	
92	5C	3	Read_vout0[15:8]	
93	5D	2	Read_vout0[7:0]	
94	5E	1	Read_temperature_2[15:8]	
95	5F	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ2	ループあたり 36バイト
96	60	35	Read_pout1[15:8]	
97	61	34	Read_pout1[7:0]	
98	62	33	Read_iout1[15:8]	
99	63	32	Read_iout1[7:0]	
100	64	31	Status_iout1[7:0]	
101	65	30	Status_temperature2[7:0]	
102	66	29	Read_temperature_1_1[15:8]	
103	67	28	Read_temperature_1_1[7:0]	
104	68	27	Mfr_status_2_1[7:0]	
105	69	26	Status_mfr_specific1[7:0]	
106	6A	25	Status_vout1[7:0]	
107	6B	24	Read_vout1[15:8]	
108	6C	23	Read_vout1[7:0]	
109	6D	22	Read_pin[15:8]	

## PMBus コマンドの説明

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ2	ループあたり 36バイト
110	6E	21	Read_pin[7:0]	
111	6F	20	Read_in[15:8]	
112	70	19	Read_in[7:0]	
113	71	18	0x0	
114	72	17	Status_input[7:0]	
115	73	16	Read_vin[15:8]	
116	74	15	Read_vin[7:0]	
117	75	14	Read_pout0[15:8]	
118	76	13	Read_pout0[7:0]	
119	77	12	Read_iout0[15:8]	
120	78	11	Read_iout0[7:0]	
121	79	10	Status_iout0[7:0]	
122	7A	9	Status_temperature0[7:0]	
123	7B	8	Read_temperature_1_0[15:8]	
124	7C	7	Read_temperature_1_0[7:0]	
125	7D	6	Mfr_status_2_0[7:0]	
126	7E	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
127	7F	4	Status_vout0[7:0]	
128	80	3	Read_vout0[15:8]	
129	81	2	Read_vout0[7:0]	
130	82	1	Read_temperature_2[15:8]	
131	83	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ3	ループあたり 36バイト
133	85	35	Read_pout1[15:8]	
134	86	34	Read_pout1[7:0]	
135	87	33	Read_iout1[15:8]	
136	88	32	Read_iout1[7:0]	
137	89	31	Status_iout1[7:0]	
138	8A	30	Status_temperature2[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ3	ループあたり 36バイト
139	8B	29	Read_temperature_1_1[15:8]	
140	8C	28	Read_temperature_1_1[7:0]	
141	8D	27	Mfr_status_2_1[7:0]	
142	8E	26	Status_mfr_specific1[7:0]	
143	8F	25	Status_vout1[7:0]	
144	90	24	Read_vout1[15:8]	
145	91	23	Read_vout1[7:0]	
146	92	22	Read_pin[15:8]	
147	93	21	Read_pin[7:0]	
148	94	20	Read_in[15:8]	
149	95	19	Read_in[7:0]	
150	96	18	0x0	
151	97	17	Status_input[7:0]	
152	98	16	Read_vin[15:8]	
153	99	15	Read_vin[7:0]	
154	9A	14	Read_pout0[15:8]	
155	9B	13	Read_pout0[7:0]	
156	9C	12	Read_iout0[15:8]	
157	9D	11	Read_iout0[7:0]	
158	9E	10	Status_iout0[7:0]	
159	9F	9	Status_temperature0[7:0]	
160	A0	8	Read_temperature_1_0[15:8]	
161	A1	7	Read_temperature_1_0[7:0]	
162	A2	6	Mfr_status_2_0[7:0]	
163	A3	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
164	A4	4	Status_vout0[7:0]	
165	A5	3	Read_vout0[15:8]	
166	A6	2	Read_vout0[7:0]	
167	A7	1	Read_temperature_2[15:8]	
168	A8	0	Read_temperature_2[7:0]	

## PMBus コマンドの説明

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ 4	ループあたり 36バイト
169	A9	35	Read_pout1[15:8]	
170	AA	34	Read_pout1[7:0]	
171	AB	33	Read_iout1[15:8]	
172	AC	32	Read_iout1[7:0]	
173	AD	31	Status_iout1[7:0]	
174	AE	30	Status_temperature2[7:0]	
175	AF	29	Read_temperature_1_1[15:8]	
176	B0	28	Read_temperature_1_1[7:0]	
177	B1	27	Mfr_status_2_1[7:0]	
178	B2	26	Status_mfr_specific1[7:0]	
179	B3	25	Status_vout1[7:0]	
180	B4	24	Read_vout1[15:8]	
181	B5	23	Read_vout1[7:0]	
182	B6	22	Read_pin[15:8]	
183	B7	21	Read_pin[7:0]	
184	B8	20	Read_in[15:8]	
185	B9	19	Read_in[7:0]	
186	BA	18	0x0	
187	BB	17	Status_input[7:0]	
188	BC	16	Read_vin[15:8]	
189	BD	15	Read_vin[7:0]	
190	BE	14	Read_pout0[15:8]	
191	BF	13	Read_pout0[7:0]	
192	C0	12	Read_iout0[15:8]	
193	C1	11	Read_iout0[7:0]	
194	C2	10	Status_iout0[7:0]	
195	C3	9	Status_temperature0[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ 4	ループあたり 36バイト
196	C4	8	Read_temperature_1_0[15:8]	
197	C5	7	Read_temperature_1_0[7:0]	
198	C6	6	Mfr_status_2_0[7:0]	
199	C7	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
200	C8	4	Status_vout0[7:0]	
201	C9	3	Read_vout0[15:8]	
202	CA	2	Read_vout0[7:0]	
203	CB	1	Read_temperature_2[15:8]	
204	CC	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ 5	ループあたり 36バイト
205	CD	35	Read_pout1[15:8]	
206	CE	34	Read_pout1[7:0]	
207	CF	33	Read_iout1[15:8]	
208	D0	32	Read_iout1[7:0]	
209	D1	31	Status_iout1[7:0]	
210	D2	30	Status_temperature2[7:0]	
211	D3	29	Read_temperature_1_1[15:8]	
212	D4	28	Read_temperature_1_1[7:0]	
213	D5	27	Mfr_status_2_1[7:0]	
214	D6	26	Status_mfr_specific1[7:0]	
215	D7	25	Status_vout1[7:0]	
216	D8	24	Read_vout1[15:8]	
217	D9	23	Read_vout1[7:0]	
218	DA	22	Read_pin[15:8]	
219	DB	21	Read_pin[7:0]	
220	DC	20	Read_in[15:8]	
221	DD	19	Read_in[7:0]	

## PMBus コマンドの説明

## 循環的 MUX のループ・データ

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	ループの バイト数 (10進数)	データ・ループ 5	ループあたり 36バイト
222	DE	18	0x0	
223	DF	17	Status_input[7:0]	
224	E0	16	Read_vin[15:8]	
225	E1	15	Read_vin[7:0]	
226	E2	14	Read_pout0[15:8]	
227	E3	13	Read_pout0[7:0]	
228	E4	12	Read_iout0[15:8]	
229	E5	11	Read_iout0[7:0]	
230	E6	10	Status_iout0[7:0]	
231	E7	9	Status_temperature0[7:0]	
232	E8	8	Read_temperature_1_0[15:8]	
233	E9	7	Read_temperature_1_0[7:0]	
234	EA	6	Mfr_status_2_0[7:0]	
235	EB	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
236	EC	4	Status_vout0[7:0]	
237	ED	3	Read_vout0[15:8]	最終の有効 フォルト・ロ グ・バイト

## 予備バイト

238	EE	0x00	バイト EE~FE は 0x00 を返すが、読み出す必要あり
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	
			0x00 から 0xFE まで合計 255 バイトを読み出すには、1ブ ロック読み出しコマンドを 使用する

## PMBus コマンドの説明

### 識別/情報

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
CAPABILITY	0x19	デバイスがサポートするPMBusオプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	<a href="#">87</a>
PMBUS_REVISION	0x98	デバイスがサポートするPMBusのレビジョン。現在のレビジョンは1.1。	R Byte	N	Reg			0x11	<a href="#">87</a>
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC2972を識別するメーカーのコード。	R Word	N	Reg		Y	784 0x0310	<a href="#">87</a>
MFR_SPECIAL_LOT	0xE8	製造時にプログラムされ、EEPROMに格納されたユーザー設定を識別するお客様によって異なるコード。デフォルト値は弊社にお問い合わせください。	R Byte	Y	Reg		Y		<a href="#">87</a>
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">88</a>

### CAPABILITY

CAPABILITY コマンドは、ホスト・システムがLTC2972のいくつかの主要機能を判別する手段を提供します。

#### 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(PEC)がサポートされていることを示す。Mfr_config_all_pec_en ビットを読み込むと、PECが現在必要かどうか分かる。
b[6:5]	Capability_scl_max	01bにハードコードされており、サポートされている最大のバス速度は400kHzであることが示される。
b[4]	Capability_smb_alert	1にハードコードされており、このデバイスにはALERTBピンがあることとSMBusアラート応答プロトコルをサポートしていることが示される。
b[3:0]	Reserved	常に0を返す。

### PMBUS\_REVISION

#### PMBUS\_REVISIONのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	PMBus_rev	PMBus標準版への準拠性を報告する。1.1版では0x11に固定。

### MFR\_SPECIAL\_ID

このレジスタにはLTC2972のメーカーIDが格納されています。常に0x0310を返します。

### MFR\_SPECIAL\_LOT

これらのページ化レジスタには、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格納されています。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。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_INFO

MFR\_INFOレジスタにはメーカー固有の情報が格納されており、パワーオン・リセット後、RESTORE\_USER\_ALLコマンドの実行後、またはEEPROM一括読み出し動作後に更新されます。

### MFR\_INFOのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:6]	Reserved	予備
b[5]	Mfr_info_ecc_user	EEPROMのECCステータス。 0:EEPROMのユーザー領域で訂正が行われる 1:EEPROMのユーザー領域で訂正が行われない
b[4:0]	Reserved	予備

### ユーザーのスクラッチパッド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
USER_DATA_00	0xB0	メーカーがLTpowerPlay用に確保。	R/W Word	N	Reg		Y	N/A	<a href="#">88</a>
USER_DATA_01	0xB1	メーカーがLTpowerPlay用に確保。	R/W Word	Y	Reg		Y	N/A	<a href="#">88</a>
USER_DATA_02	0xB2	OEMが確保。	R/W Word	N	Reg		Y	N/A	<a href="#">88</a>
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	<a href="#">88</a>
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">88</a>
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーが確保。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">88</a>

### USER\_DATA\_00、USER\_DATA\_01、USER\_DATA\_02、USER\_DATA\_03、USER\_DATA\_04、およびMFR\_LTC\_RESERVED\_2

これらのレジスタはユーザーのスクラッチパッドと、その他のメーカーのために取っておかれる場所として提供されている。

USER\_DATA\_03およびUSER\_DATA\_04は、ユーザーのスクラッチパッド用として使用できます。これらの10バイト(1つの非ページ化ワードと2つのページ化ワード)は、シリアル番号、基板モデル番号、組み立て場所、組み立て日などのトレーサビリティ情報またはリビジョン情報用として使用できます。



## アプリケーション情報

### 概要

LTC2972は、シーケンス制御、マージニング、調整、出力電圧の過電圧/低電圧状態の監視、フォルト管理、DC/DCコンバータの2つのチャンネルの電圧/電流/温度の読み出し、高電位側の入力電流、入力電圧、入力電力、入力エネルギー、およびジャンクション温度の読み出しを行うことができる2チャンネル・パワーシステム・マネージメント・デバイスです。アナログ・デバイセズの複数のパワーシステム・マネージャは、SHARE\_CLK、FAULTB、およびCONTROLピンを使用して動作を連携できます。LTC2972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。

### LTC2972への電力供給

LTC2972には、2つの方法で電力を供給できます。第1の方法では、4.5V~15Vの電圧をV<sub>PWR</sub>ピンに印加する必要があります。図22を参照してください。内部のリニア・レギュレータがV<sub>PWR</sub>を3.3Vに降圧変換し、これでLTC2972の全ての内部回路を駆動します。

もう1つの方法として、3.13V~3.47Vの電圧を使用し、外部の3.3V電源をV<sub>DD33</sub>ピン(ピン11とピン12)に直接印加することができます。図23を参照してください。V<sub>PWR</sub>はV<sub>DD33</sub>

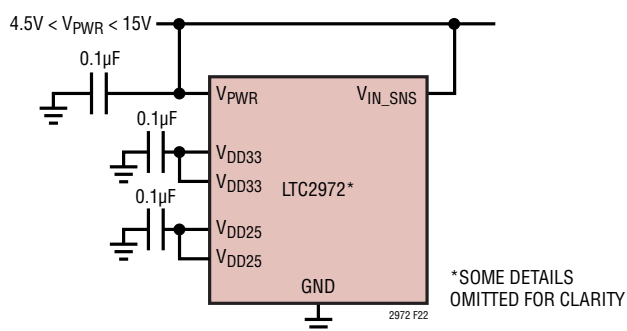


図22. 中間バスからLTC2972への直接の電力供給

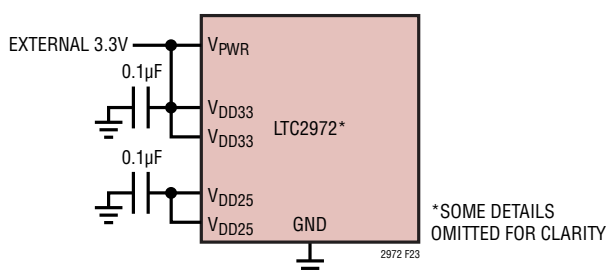


図23. 外部3.3V電源からLTC2972への電力供給

ピンに接続します。この第2の方法でも全ての機能が使用できます。V<sub>OUT\_EN</sub>ピンとV<sub>SENSE</sub>ピンのバイアスにはより高い電圧が必要ですが、これはV<sub>DD33</sub>からチャージ・ポンプで生成されます。

### コマンド・レジスタの値の設定

ここで説明するコマンド・レジスタの設定値は参考用であり、ソフトウェア開発環境でのレジスタを理解することが目的です。実際には、DC1613 USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラと直感的なメニュー形式オブジェクトを使用したソフトウェアGUIにより、LTC2972を単独動作に完全に設定することができます。

### 入力電流の測定

LTC2972は、入力電源の電流の測定を行うことができます。このデバイスは、入力電源電圧を測定して入力電力を計算することもできます。LTC2972は、正確な内部タイム・ベースを備えており、入力エネルギーを計算することができます。これは、エネルギーが電力と時間の積から得られるためです。測定される各パラメータの単位は、アンペア、ボルト、ワット、およびミリジュールです。

入力電流は、図24に示すように、検出抵抗(R<sub>SENSE</sub>)を目的の電流負荷経路と直列に接続することによって測定されます。R<sub>SENSE</sub>が低い熱ドリフト特性を備えている場合は、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TCレジスタの値をゼロに設定できます。そうでない場合は、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TCの値をppm/°C単位で設定し、R<sub>SENSE</sub>の熱ドリフトを補正します。

最適な結果を得るために、R<sub>SENSE</sub>をLTC2972に近づけて配置し、LTC2972と等温にすることを推奨します。

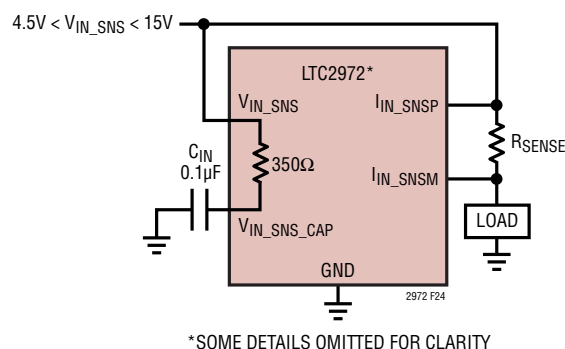


図24. 入力電流の測定

## アプリケーション情報

入力電流検出経路には、62.5kHzでの除去比が32dB (標準)の内部アンチエイリアシング・ローパス・フィルタが含まれています。高周波電流検出の同相信号除去比を改善するには、0.01μFのコンデンサ(C<sub>IN</sub>)をV<sub>IN\_SNS\_CAP</sub>ピンに追加します。

Mfr\_ein\_config\_iin\_rangeビットは、入力電流検出アンプの3つの範囲(高電圧、中電圧、低電圧)のうちの1つを選択します。R<sub>SENSE</sub>の値は、入力範囲に合わせて選択する必要があります。許容される最大入力範囲は、高電圧範囲の場合は±100mV、中電圧範囲の場合は±50mV、低電圧範囲の場合は±20mVです。最高の精度を得るには、最大入力信号を包含する最も低い範囲設定を使用します。

アプリケーションのR<sub>SENSE</sub>の値とMfr\_ein\_config\_iin\_rangeの設定の選択に役立てるために、TUE\_IINに関する電気的特性表、および図25と26を使用してください。図25と26は推定する際の指針になり、電気的特性表は試験済みのTUE\_IINの条件を示しています。R<sub>SENSE</sub>の選択後に、その値をmΩ単位でMFR\_IIN\_CAL\_GAINレジスタに書き込むと、READ\_IINが検出電流をアンペア単位で返します。図25と26は、高電圧範囲設定、低電圧範囲設定、および低電圧範囲設定について、予想されるREAD\_IINの全未調整誤差(TUE\_IIN)の予想ワーストケースの絶対値をV<sub>IIN\_SNS</sub>(V<sub>IIN\_SNSP</sub> - V<sub>IIN\_SNSM</sub>)の関数として、μV単位、および電流検出入力電圧の測定値(V<sub>IIN\_SNS</sub>)に対する相対的な%単位で示しています。

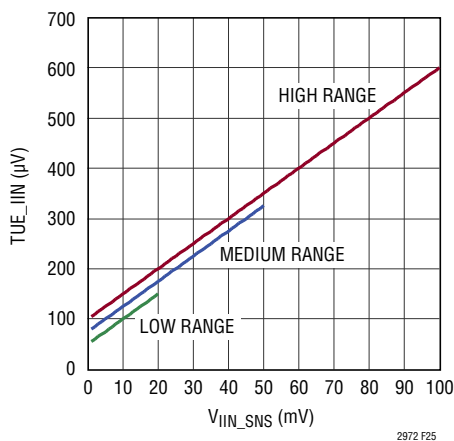


図 25. TUE\_IIN(μV)とREAD\_IIN入力電圧

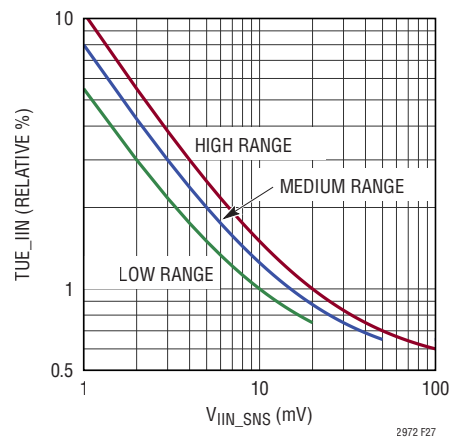


図 26. TUE\_IIN(%)とREAD\_IIN入力電圧

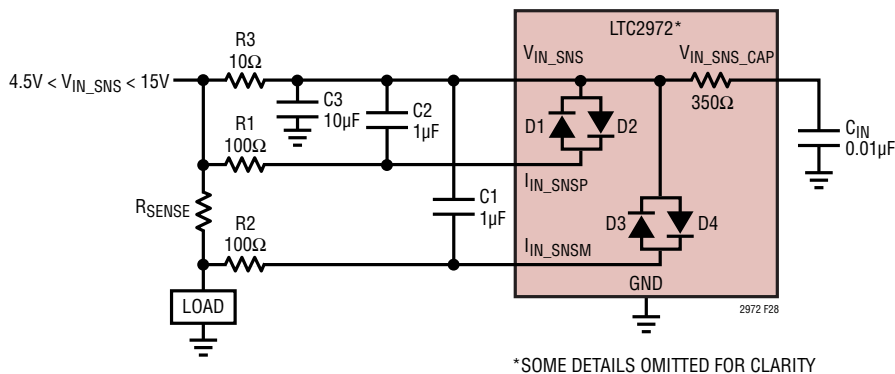


図 27. オプションのV<sub>IN\_SNS</sub>のフィルタリング

## アプリケーション情報

### 入力電圧の測定

READ\_VINは、VIN\_SNSピンの入力電圧を返します。TUE\_VINは、READ\_VINの測定誤差を示しています。VIN\_SNSピンでの大きなリップルは、READ\_VIN、READ\_PIN、およびMFR\_EINの精度に影響を与えます。リップルによって生じる測定誤差を減らすために、図27に示すオプションのアンチエイリアシング・フィルタ部品を追加することを検討してください。R3とC3は、62.5kHzでの30dBの減衰により、VIN\_SNSをフィルタリングします。R1、R2、C1、C2は、IIN\_SNS入力にフィルタを追加して、内部ダイオード(D1～D4)がオンになるのを防ぎます。

### 入力電力の測定

READ\_PINは、最新のVIN\_SNSとIIN\_SNSの測定値の積から計算された入力電力をワット単位で返します。電気的特性表は、標準的条件でのREAD\_PINの全未調整誤差(TUE\_PIN)のみを規定していますが、実際は、TUE\_PINはTUE\_IINとTUE\_VINの合計によって制限されます。

$$TUE\_PIN \leq TUE\_IIN + TUE\_VIN$$

例えば、電流検出アンプを中電圧範囲に設定し、15mV < |VIIN\_SNS| < 50mVの場合、TUE\_IINは1%以下、TUE\_PINは1% (TUE\_IIN) + 0.5% (TUE\_VIN) = 1.5%未満になります。

電流検出範囲には正入力と負入力が含まれているため、READ\_PINは、電力転送の大きさと方向を示す符号付きの値を返します。

### 入力エネルギーの測定

12バイトのデータ・ブロックMFR\_EINには、48ビットの累積エネルギー測定値Energy\_value[47:0] (mJ単位)、およびエネルギーの累積が開始されてからの48ビットの経過時間Energy\_time[47:0] (ミリ秒単位)が格納されます。累積エネルギー・データおよび経過時間データへのアクセス方法については、「入力電流とエネルギー」セクションおよびPMBusコマンドの説明の「MFR\_COMMAND\_PLUS」セクションを参照してください。Energy\_valueは、最大で(2<sup>48</sup>-1) mJまでのエネルギーを累積することができ、これを超えると最低値に戻ります。エネルギーは、(2<sup>48</sup>-1) ms (約8925年)の間、累積することができ、これを超えるとEnergy\_timeはゼロに戻ります。負の電力測定値の累積によってEnergy\_valueが減少し、エネルギー・メーターは、0ミリジュールに達すると変化しなくなります。

エネルギー・メーターのタイム・ベースの誤差(TUE\_ETB)は、内部エネルギーのタイム・ベースの精度を規定します。Energy\_timeの精度は、TUE\_ETBの最大誤差によって決まります。累積エネルギーには、電流検出測定値、電圧検出測定値、および内部タイム・ベースの誤差が含まれています。Energy\_valueの誤差(TUE\_EIN)は、TUE\_IIN、TUE\_VIN、およびTUE\_ETBの合計によって、次のように制限されます。

$$TUE\_EIN \leq TUE\_IIN + TUE\_VIN + TUE\_ETB$$

例えば、電流検出アンプを高電圧範囲に設定し、VIIN\_SNSが20mVの場合、TUE\_IINの誤差は1%未満になり、TUE\_VINの誤差は0.5%未満になり、TUE\_ETBの誤差は1%未満になります。したがって、エネルギー測定誤差(TUE\_EIN)は、2.5%未満になります。

## シーケンス、サーボ、マージン、再起動動作

### コマンドによるデバイスのオンまたはオフ

特定のチャンネルのオン、オフは次の3つの制御パラメータで決定されます。CONTROLピン、OPERATIONコマンド、およびVIN\_SNSピンで測定された入力電圧(VIN)の値です。どのような場合でも、デバイスがCONTROLピンまたはOPERATIONコマンドに応答できるようにするには、VINがVIN\_ONを上回る必要があります。VINがVIN\_OFFより低くなると、両方のチャンネルがTOFF\_DELAY経過後直ちにオフになるか、シーケンス・オフとなります(Mfr\_config\_track\_enhを参照)。ON\_OFF\_CONFIGコマンドについての詳細な説明はデータシートの「動作」のセクション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、VINがVIN\_ONを超えたときに常にオンになるように設定可能です。
2. DC/DCコンバータは、OPERATIONコマンドを受け取ったときのみオンするように設定できます。
3. DC/DCコンバータは、CONTROLピンを介してのみオンするように設定できます。
4. DC/DCコンバータは、OPERATIONコマンドを受け取り、かつCONTROLピンがアサートされたときのみオンするように設定できます。

## アプリケーション情報

## オン・シーケンス

TON\_DELAY コマンドは、オン・シーケンス開始後、その V<sub>OUT\_EN</sub> ピンが DC/DC コンバータをイネーブルするまでチャンネルが待機する時間を設定します。DC/DC コンバータがイネーブルされると、TON\_RISE の値は、デバイスが DAC をソフト接続して DC/DC コンバータ出力を V<sub>OUT\_COMMAND</sub> の値にサーボ制御する時間を決定します。TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT の値は、デバイスが低電圧状態の有無を確認する時間を決定します。TON\_MAX\_FAULT が発生した場合は、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他のチャンネルに伝えるように該当チャンネルを設定できます。CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンスを図 28 に示します。過電圧フォルトは、デバイスがパワーアップされている間常に V<sub>OUT\_OV\_FAULT\_LIMIT</sub> 値に対してチェックされ、リセット状態中や過電圧を無視したマーゼニング時にはチェックされません。

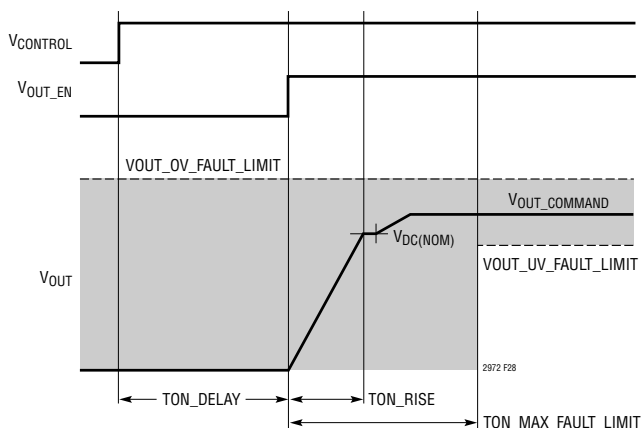


図 28. CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンス

## 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。また、チャンネルが DC/DC コンバータの出力を V<sub>OUT\_COMMAND</sub> 電圧に連続的に調整するように設定するか、またはチャンネルの V<sub>DACn</sub> 出力を高インピーダンスにして、DC/DC コンバータの出力電圧がその公称電圧 (V<sub>DCn(NOM)</sub>) に達するようにすることもできます。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\_LTC2972 コマンドを参照してください。

## サーボ・モード

デジタル・サーボ・ループは ADC、DAC、内部のプロセッサで構成されており、これはいくつかの有用なモードで動作するように設定できます。サーボのターゲットは希望の出力電圧です。

連続/非連続調整モード: MFR\_CONFIG\_LTC2972 b[7]。連続調整モードでは、サーボは V<sub>OUT</sub> の測定値を取得するたびに DAC を閉ループ方式で更新します。更新レートは、サーボ制御信号が ADC のマルチプレクサをたどる所要時間で決まりますが、これが t<sub>UPDATE\_ADC</sub> より長いことはありません。「電気的特性」の表の Note 6 を参照してください。非連続調整モードでは、サーボは ADC が目的の出力電圧を測定するまで DAC を駆動し、その時点で DAC の更新を停止します。

連続/非連続調整モードの一部として、高速サーボ・モードを使用して、マージン・コマンドやオン・イベントなどの大規模な出力遷移を高速化することができます。これを使用するには、Mfr\_config\_fast\_servo\_off=0 に設定します。高速サーボ・モードをイネーブルすると、目標電圧の変更や新規のソフト接続によって高速サーボが起動します。DAC は新しい目標電圧に近づくまで、t<sub>s\_VDAC</sub> の周期ごとに 1LSB 増加します。目標電圧に達すると、低速サーボ・モードに入ってオーバーシュートが発生しないようにします。

警告モードでの非連続サーボ: MFR\_CONFIG\_LTC2972 b[7]=0, b[6]=1。非連続モードでは、出力がドリフトして過電圧または低電圧の警告リミットを超える場合、LTC2972 は出力を再調整(再サーボ制御)します。

## DAC モード

V<sub>DACn</sub> ピンを駆動する DAC はいくつかの有用なモードで動作します。MFR\_CONFIG\_LTC2972 を参照してください。

- ソフト接続。アナログ・デバイセズが特許を取得しているソフト接続機能を採用することにより、DAC 出力は接続前に DC/DC コンバータの帰還ノードの電圧の 1LSB 以内まで駆動され、出力にトランジェントが発生するのを防ぎます。このモードは出力電圧をサーボ制御するときに使用されます。起動時に、LTC2972 は TON\_RISE が期限切れになるまで待機してから DAC に接続します。これが最も標準的な動作モードです。
- 切断。DAC 出力は高インピーダンスになります。

## アプリケーション情報

- DACは手動でソフト接続。非サーボ・モード。DACは帰還ノードにソフト接続します。ソフト接続はDACコードを、帰還ノードでの電圧に合致するように駆動します。接続後、DACはDACコードをMFR\_DACに書き込むことによって起動します。
- DACは手動でハード接続。非サーボ・モード。DACはMFR\_DACの現在の値を使用して帰還ノードにハード接続します。接続後、DACはDACコードをMFR\_DACに書き込むことによって起動します。

### マージニング

LTC2972は、DAC出力と帰還ノードまたはトリム・ピンの間に接続された外付け抵抗に強制的に電圧を加えることにより、DC/DCコンバータ出力のマージニングおよびトリミングを行います。マージニングのプリセット・リミットはVOUT\_MARGIN\_HIGH/LOWレジスタに格納されています。マージニングは、適切なビットをOPERATIONレジスタに書き込むことで作動します。

マージニングにはDACが接続されていることが必要です。DACが接続されていないときのマージニングの要求は無視されます。

### 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します。TOFF\_DELAYの値は、オフ・シーケンスの最初から、各チャンネルのVOUT\_ENピンが“L”になり、その結果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を決定します。

### V<sub>OUT</sub> オフしきい値電圧

MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDコマンド・レジスタを使用すると、出力電圧のオフしきい値を指定することができます。出力電圧がこのしきい値より低い電圧にならないと、チャンネルはオン状態へ移行または再移行できません。オフしきい値電圧は、MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDとVOUT\_COMMANDを掛けることで指定します。出力電圧がそのオフしきい値より低くならないうちにオン状態に移行しようとする、チャンネルはオフのままになり、該当ビットがSTATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタにセットされ、ALERTBピンが“L”にアサートされます。出力電圧がそのオフしきい値より低い電圧になると、チャンネルはオン状態に移行できます。

### MFR\_RESTART\_DELAYコマンドとCONTROLピンを介した自動再起動

自動再起動は、CONTROLピンを10μsより長くオフステートに駆動した後これを解除することで開始できます。自動再起動では、MFR\_RESTART\_DELAYの期間、特定のCONTROLピンにマップされている両方のVOUT\_ENピンをディスエーブルし、その後全てのDC/DCコンバータをそれぞれのTON\_DELAYに従って起動します。(図29を参照)。VOUT\_ENピンはMFR\_CONFIG\_LTC2972コマンドでCONTROLピンのいずれかにマップされています。この機能により、リセットしようとしているホストは、回復後、よく制御された方法で電源を再起動できます。

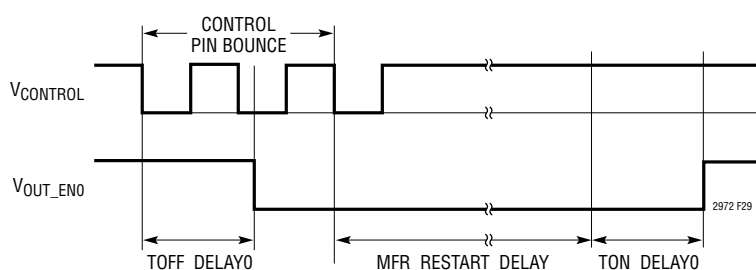


図29. 自動再起動機能を備えたオフ・シーケンス

## アプリケーション情報

### フォルト管理

#### 出力電圧の過電圧フォルトおよび低電圧フォルト

高速電圧スーパーバイザのOVフォルトしきい値およびUVフォルトしきい値は、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フォルトに対する応答が決定されます。フォルトの応答では、DC/DCコンバータを直ちにディスエーブルする、待機し一定期間フォルト状態が持続しているか確認してからDC/DCコンバータをディスエーブルする、またはフォルトが発生しても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、LTC2972は再試行1~6回、制限回数なしで継続的に再試行、またはラッチオフを設定できます。再試行間隔はMFR\_RETRY\_DELAYコマンドを使用して指定します。ラッチされたフォルトをリセットするには、CONTROLピンを切り替えるか、OPERATIONコマンドを使用するか、またはVIN\_SNSピンへのバイアス電圧の印加をいったん解除してから再度印加します。フォルト状態および警告状態が生じると、ALERTBピンは必ず“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出力をデアサートします。

#### 出力の過電圧警告、低電圧警告、および過電流警告

OV、UV、およびOCの警告しきい値は、LTC2972のADCによって処理されます。これらのしきい値はそれぞれVOUT\_OV\_WARN\_LIMITコマンド、VOUT\_UV\_WARN\_LIMITコマンド、およびIOUT\_OC\_WARN\_LIMITコマンドによって設定されます。IOUTのUC警告しきい値は存在しないことに注意してください。警告が発生すると、ステータス・レジスタの対応するビットがセットされ、ALERTB出力は“L”にアサートされます。警告が原因でVOUT\_EN出力ピンによるDC/DCコンバータのディスエーブルが行われることはありません。

#### AUXFAULTB出力の設定

AUXFAULTB出力を使用して、出力のOVフォルトまたはUVフォルトを示すことができます。MFR\_CONFIG2\_LTC2972レジスタとMFR\_CONFIG3\_LTC2972レジスタを使用して、

VOUT\_OVフォルトの状態またはVOUT\_UVフォルトの状態に応じてAUXFAULTBピンを“L”にアサートするように設定します。LTC2972が、フォルトによるオフ状態の後でオン状態に再移行するように指示されると、AUXFAULTB出力は“L”への引き下げを停止します。

DC/DCコンバータの負荷を上側ゲート回路の不動作などの致命的なフォルトから保護するために、AUXFAULTB出力を使用して中間バスのSCRクロバを起動するアプリケーション回路を図30に示します。不動作状態の上側ゲートは過電圧フォルトを引き起こすので、その結果としてLTC2972のAUXFAULTBが“L”になり、このためLTC4210ホットスワップ・コントローラのON入力にデアサートされて、DC/DCコンバータ入力に電力を供給するスイッチQ1が開放状態になります。更に、AUXFAULTBが“L”になると、2N2907(PNPトランジスタ)を介してS4010DS3(SCRデバイス)が強制的にオン状態になるので、DC/DCコンバータのVIN入力の電圧は急激に低下します。これにより、このコンバータによって電力を供給される部品が、不動作状態の上側ゲートによって損傷することが防止されます。LTC2972のVPWR入力はスイッチQ1を迂回しているため、前述した一連の動作を通じてLTC2972には電力が十分に供給されます。

#### マルチチャネルのフォルト管理

マルチチャネルのフォルト管理は、2方向性のFAULTBピンを使用して処理します。図31はチャネルとFAULTBピンの間の接続を示します。

- MFR\_FAULTBn\_PROPAGATEコマンドは、特定のチャネル(PAGE)からのフォルト・オフ状態が、いずれかのFAULTB出力に伝搬できるようにするプログラム可能なスイッチのように動作します。MFR\_FAULTBn\_RESPONSEコマンドは、FAULTBピンのどのような組み合わせにも応答してどのチャネルでもシャットダウンさせるような各チャネルの入力での同様のスイッチを制御します。FAULTBピンが“L”にプルされることに応答するチャネルは、そのFAULTBピンがフォルトの起きたチャネルから解放されると新たな起動シーケンスを試みます。
- FAULTBピンはまた、10 $\mu$ sのグリッチ遅延の後すぐにオフシーケンスを開始するために外部のドライバで“L”にアサートすることもできます。

アプリケーション情報

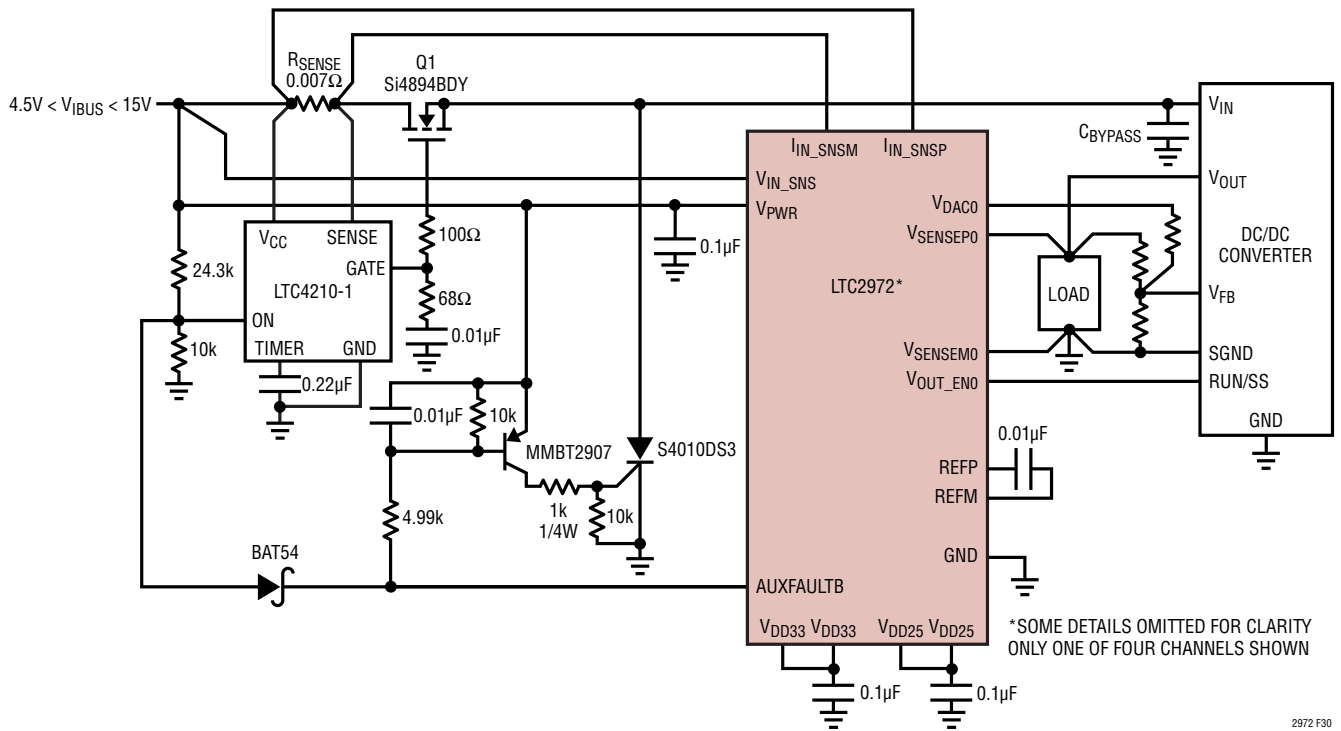


図30. 中間バス上でのクローバ保護機能を備えたアプリケーション回路

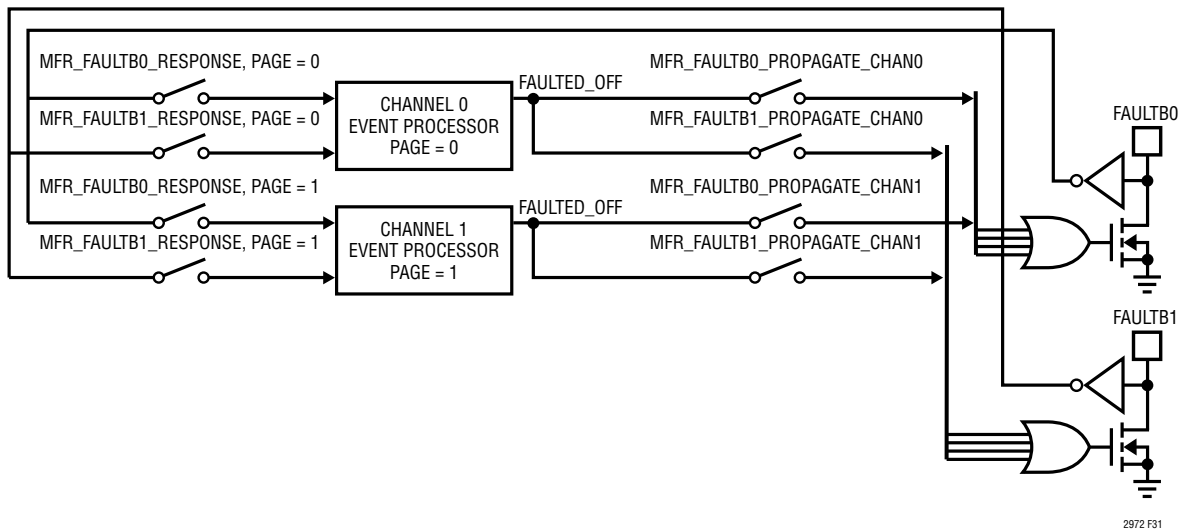


図31. チャネルのフォルト管理のブロック図

## アプリケーション情報

### アナログ・デバイセズの複数のパワーマネージャ間の相互接続

複数のLTC2972のピンを標準的な配列で相互接続する方法を図32に示します。

- $V_{IN\_SNS}$  への全ての配線は、 $V_{IN}$ を検出する箇所に星形結線してください。こうしておくと、LTC2972を $V_{IN}$ に基づいて起動し、CONTROLラインとOPERATIONコマンドを無視するようにON\_OFF\_CONFIGが設定されている場合のタイミング誤差が最小になります。タイミングの違いに敏感な複数デバイスのアプリケーションでは、VIN\_ONしきい値およびVIN\_OFFしきい値に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\_LTC2972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。
- AUXFAULTB への配線をまとめておくと、アレー内のどのようなDC/DCコンバータの出力で選択されたフォルトでも共通の入力スイッチをシャットオフできるようになります。

- ALERTBは通常PMBusコンバータのアレー内の1つの配線です。LTC2972は、フォ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、LTC2972をパワーオン・リセット状態にすることができます。この状態に移行するには、少なくとも $t_{RESETB}$ の間WDI/RESETBを“L”にしてください。
- FAULTBの配線はまとめて結線してフォルトへの依存性を作り出すことができます。図32に、いずれかのFAULTBにフォルトがあった場合にその他全てを“L”にする構成を示します。このようにすると、いずれかのチャンネルで電圧が発生できなかった場合に起動シーケンスを中断することが望ましいようなアレーを形成するときに役に立ちます(図33参照)。
- PWRGDはMFR\_PWRGD\_ENコマンドでマッピングされた出力のステータスを反映します。図32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。

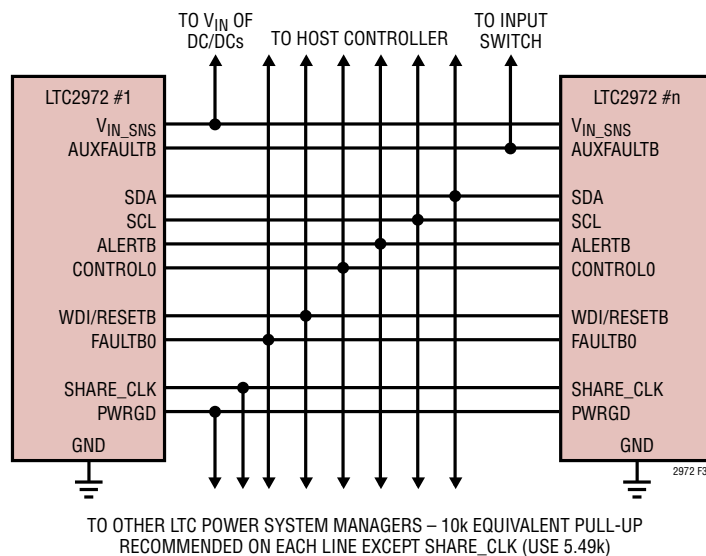


図32. アナログ・デバイセズの複数のパワーシステム・マネージャ間の標準的な接続



## 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とマージニング

外付けの帰還回路網を使用して電源のトリミング/マージニングを行う標準的なアプリケーション回路を図34に示します。V<sub>SENSE0</sub>およびV<sub>SENSEM0</sub>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V<sub>DAC0</sub>ピンに補正電圧が生成されます。V<sub>DAC0</sub>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。この構成ではMfr\_config\_dac\_polを0にセットしてください。

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

図34に示すアプリケーション回路での抵抗値の計算では、次の4ステップの手順に従ってください。

1. 帰還抵抗R20の値とDC/DCコンバータの公称出力電圧V<sub>DC(NOM)</sub>を仮定し、R10について解きます。

LTC2972のV<sub>DAC0</sub>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>、ループがレギュレーション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>)の関数です。

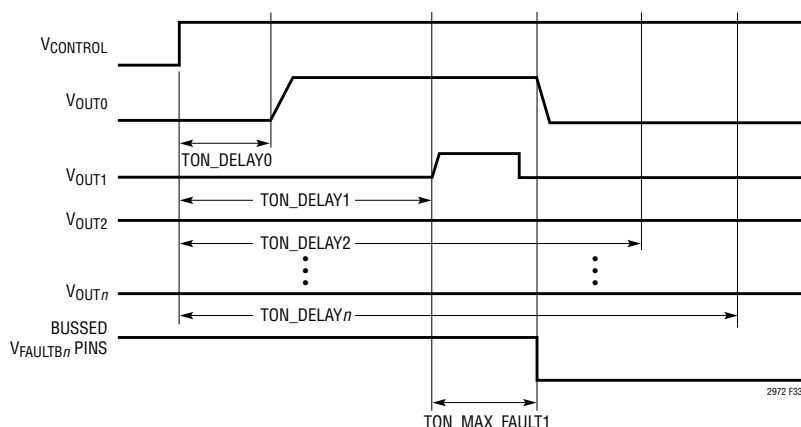


図33. チャンネル1短絡のために中断されたオン・シーケンス

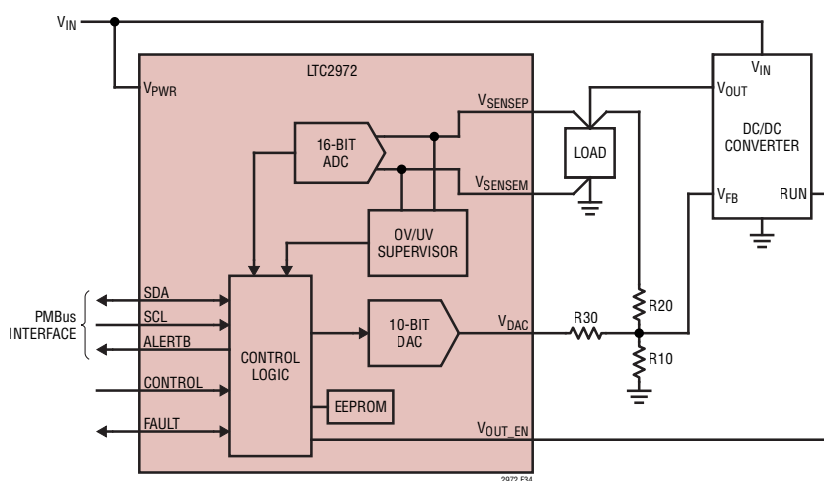


図34. 外付け帰還抵抗を使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

## アプリケーション情報

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

2. 必要とする最大のDC/DCコンバータ出力電圧 $V_{DC(MAX)}$ を与える $R30$ の値について解きます。

$V_{DAC0}$ 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. 必要とする最小のDC/DCコンバータ出力電圧 $V_{DC(MIN)}$ を与えるのに必要な $V_{DAC0}$ の最小値について解きます。

DACには、1.38Vおよび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、 $V_{FS\_VDAC}$ に必要な最小出力電圧を次のように計算します。

$$V_{FS\_VDAC} > (V_{DC(NOM)} - V_{DC(MIN)}) \cdot \frac{R30}{R20} + V_{FB} \quad (3)$$

4. DC/DCコンバータ出力電圧の最小値、公称値、最大値と、その結果得られるマーージング分解能を再度計算します。

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

$$V_{DC(MIN)} = V_{DC(NOM)} - \frac{R20}{R30} \cdot (V_{FS\_VDAC} - V_{FB}) \quad (5)$$

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

$$V_{RES} = \frac{\frac{R20}{R30} \cdot V_{FS\_VDAC}}{1023} \text{ V/DAC LSB} \quad (7)$$

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

TRIMピンを使用してDC/DCコンバータの出力電圧のトリミング/マーージングを行う標準的な応用回路を図35に示します。LTC2972の $V_{DAC0}$ ピンは、抵抗 $R30$ を介してTRIMピンに接続します。この構成では、MFR\_CONFIG\_LTC2972のDAC極性ビットMfr\_config\_dac\_polを1にセットしてください。

TRIMピンを備えたDC/DCコンバータでは、通常、TRIMピンと $V_{SENSEP}$ ピンまたは $V_{SENSEM}$ 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 $\Delta\%$ 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、 $R_{TRIM}$ はTRIMピン内部を見た場合の抵抗値、 $V_{REF}$ はTRIMピンの開放出力電圧、 $V_{DC}$ はDC/DCコンバータの公称出力電圧です。 $\Delta_{UP}\%$ と $\Delta_{DOWN}\%$ はそれぞれ上方マーージング、下方マーージングをした場合のコンバータ出力電圧の変化率をパーセンテージで表したものです。

### TRIMピンを使用したDC/DCコンバータの2ステップでの抵抗値とDACフルスケール電圧の選択手順

次の2ステップの手順に従って、 $R30$ の抵抗値と、必要なフルスケールのDAC電圧を計算します(図35参照)。

1.  $R30$ を求めます。

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

2.  $V_{DAC0}$ に必要な最大出力電圧を計算します。

$$V_{DAC0} \geq \left( 1 + \frac{\Delta_{UP}\%}{\Delta_{DOWN}\%} \right) \cdot V_{REF} \quad (11)$$

注記：全てのDC/DCのコンバータがこれらの調整式に従うわけではありません。特に、新しいコンバータほど従わない可能性が高くなります。アナログ・デバイセズのフィールド・アプリケーション・エンジニアにお問い合わせください。

## アプリケーション情報

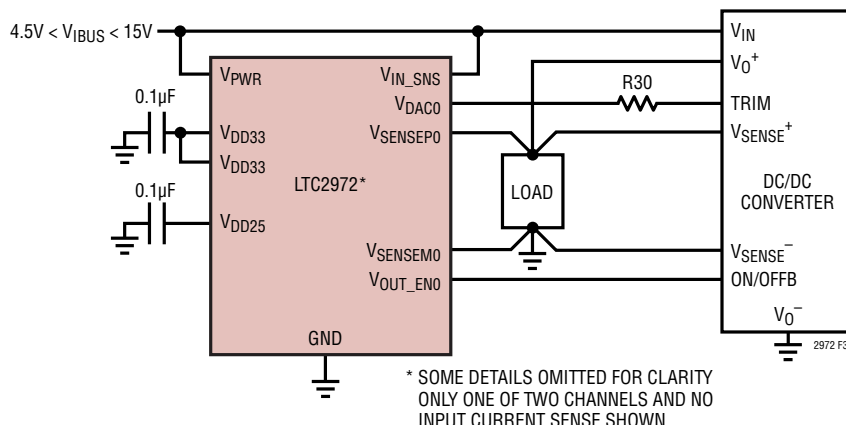


図35. TRIMピンを備えたDC/DCコンバータのアプリケーション回路

## 検出抵抗を使用した出力の測定

検出抵抗を使用した電流測定回路を図36に示します。平衡フィルタにより、DC/DCコンバータの出力から同相ノイズと差動ノイズの両方が除去されます。このフィルタは、DC/DCコンバータのインダクタと直列にして、検出抵抗の両端に直接取り付けます。電流検出入力は、グラウンドを基準にして6V未満に制限する必要があります。R<sub>CM1</sub>とC<sub>CM1</sub>は、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10分の1未満になるように選択してください。こうすれば、電圧リップルとフィルタによる遅延との間でうまく折り合いをつけた電流検出波形が得られます。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、R<sub>CM</sub>の値として1kΩを推奨します。

## インダクタのDCRを使用した出力の測定

DCRによる電流検出を必要とするアプリケーションの回路を図37に示します。これらのアプリケーションで電流検出入力でのリップル電圧を抑えるには2次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には、R<sub>CM1</sub>とR<sub>CM2</sub>には1kΩを推奨します。C<sub>CM1</sub>はDCRとインダクタンスによって形成されるゼロを相殺するために、 $C_{CM1} = L / (DCR \cdot R_{CM1})$ が成り立つように選択する必要があります。C<sub>CM2</sub>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未満になるように選択してください。また、フィルタの第1段での負荷が大きくなるように、C<sub>CM2</sub>の値はC<sub>CM1</sub>の値よりはるかに小さくする必要があります。

## 単相の設計例

DCRでの電流検出アプリケーションの設計例として、L = 2.2µH、DCR = 10mΩ、F<sub>SW</sub> = 500kHzを仮定します。

R<sub>CM1</sub> = 1kΩとしてC<sub>CM1</sub>の値を求めると、次のようになります。

$$C_{CM1} \geq \frac{2.2\mu\text{H}}{10\text{m}\Omega \cdot 1\text{k}\Omega} = 220\text{nF}$$

R<sub>CM2</sub> = 1kΩとします。F<sub>SW</sub>/10 = 50kHzで第2のポールを得るには、次のようになります。

$$C_{CM2} \cong \frac{1}{2\pi \cdot 50\text{kHz} \cdot 1\text{k}\Omega} = 3.18\text{nF}$$

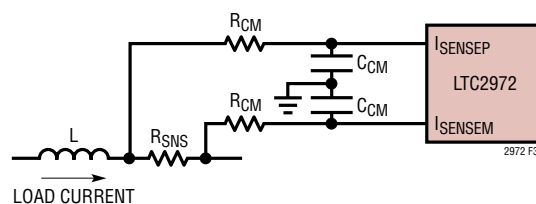


図36. 検出抵抗の電流検出回路

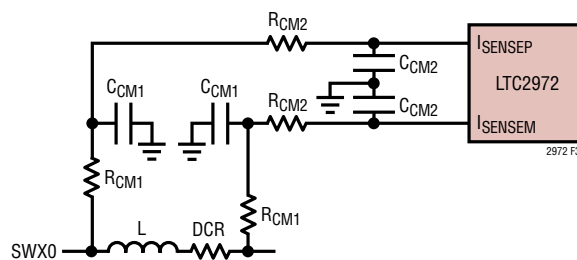


図37. DCRによる電流検出回路

## アプリケーション情報

$C_{CM2} = 3.3nF$ とします。 $C_{CM2}$ は $C_{CM1}$ よりもはるかに小さいので、第2段フィルタの負荷が、整合した第1段に及ぼす影響は大きくはありません。この結果、電流検出波形のフィルタを介した遅延時定数は約 $3\mu s$ になります。

### マルチフェーズ電流の測定

複数の位相を持つ電流検出アプリケーションでは、RC平均化の手法を使用できます。DCRによる電流検出を使用した3相システムに対するこの手法の例を図38に示します。電流検出波形は、 $R_{CM2}$ と $C_{CM2}$ からなるフィルタの第2段に入力される前に合成されて平均化されます。3つの位相に対応する3つの $R_{CM1}$ 抵抗は並列に接続されているので、 $R_{CM1}$ の値は位相の数と掛け合わせる必要があります。また、DCRは実質的には並列なので、 $I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ の値はインダクタのDCRを位相の数で割った値に等しくなることにも注意してください。最も正確な結果を得るため、マルチフェーズ・インダクタのレイアウトに注意して、各インダクタのDC側から加算ノードまでのPCBトレース抵抗のバランスを維持することが必要です。

### バッファ付きIMON遠隔測定モードでの出力電流の測定

LTC2972は、 $Mfr\_config\_imon = 1$ を設定することにより、内部で測定した出力電流に比例した信号を出力する電源とインタフェースをとることができます。このモードでは、 $I_{SENSE}$ の入力電圧範囲が $\pm 170mV$ から $-0.1V \sim 6V$ に広がります。平均負荷電流に比例する電流をIMONピンから出力するレギュレータは、この電流を電圧に変換するための抵抗が必要になります。電圧変換後にLTC2972のADCによってデジタル化するためです。LTC2972の $I_{SENSE}$ 入力の入力インピーダンスには限りがあるので、負荷電流測定の絶対精度に影響する場合があります。LT<sup>®</sup>3086(LDOレギュレータ)のIMONピンに接続しているLTC2972を図39に示します。

### LT3086のIMONの設計例

LT3086は、 $I_{IMON} = I_{OUT}/1000$ に等しい電流を出力します。 $I_{OUT}$ の全出力電流が $2.0A$ のときに目的の $V_{IMON}$ が $1.0V$ である場合は、 $R_{IMON} = V_{IMON}/I_{IMON} = 500\Omega$ となり、 $I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ を $500m\Omega$ に設定します。

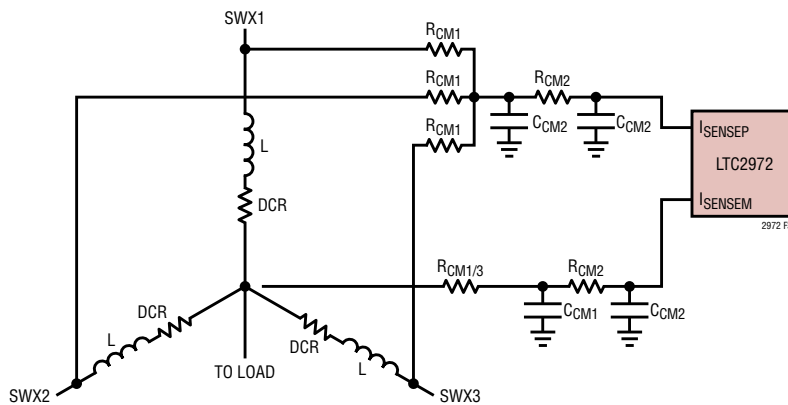


図38. マルチフェーズDCRによる電流検出回路

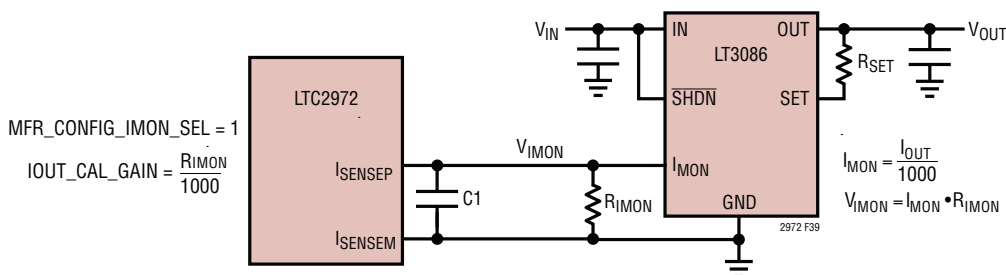


図39. IMONによる電流検出

## アプリケーション情報

### マルチフェーズの設計例

インダクタンスとDCRの値を前の設計例と同じにして、 $C_{CM1}$ を220nFのままにする場合、3相DC/DCコンバータの $R_{CM1}$ の値は3k $\Omega$ となります。同様に、 $I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ の値は $DCR/3 = 3.33m\Omega$ となります。

### アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項

ノイズの多い環境では、LTC2972のADCの入力にアンチエイリアシング・フィルタが必要です。ほとんどの場合は、図40に示すRC回路が適しています。R40 = R50  $\leq$  200 $\Omega$ に保ってADC利得誤差を抑え、コンデンサC10、C20の値はOV/UVスーパーバイザにあまり応答時間を与えないように選択します。例えば、 $\tau = 10\mu s$  (R = 100 $\Omega$ , C = 0.10 $\mu F$ )。

### 負電圧の検出

LTC2972が負電源( $V_{EE}$ )を検出する回路を図41に示します。R1/R2の抵抗分割器は負の電源をLTC2972の $V_{SENSE1}$ 入力に変換し、 $V_{SENSE1}$ 入力は通常1.23Vの出力電圧のREFPピンに接続されています。負の電源がそのPOWER\_GOOD\_ONしきい値に達したときに電圧検出ピンに約0.5Vが現れるように分圧器を構成し、 $V_{SENSE1}$ ピンから流れ出る電流が約1 $\mu A$ に最小化されるようにします。POWER\_GOOD\_ONの抵抗値と、それに対応する負の電源値の関係は次式で与えられます。

$$V_{EE} = V_{REFP} - (READ\_VOUT) \cdot \left( \frac{R2}{R1} + 1 \right) - 1\mu A \cdot R2$$

ここで、READ\_VOUTは $V_{SENSEP} - V_{SENSEM}$ を返します。

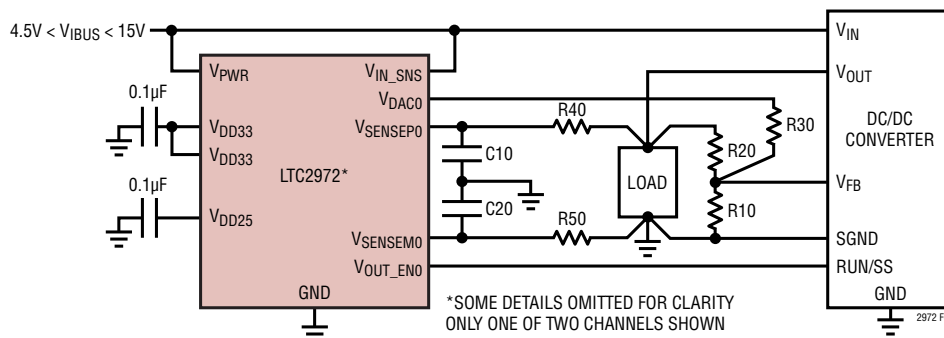


図40.  $V_{SENSE}$ ラインのアンチエイリアシング・フィルタ

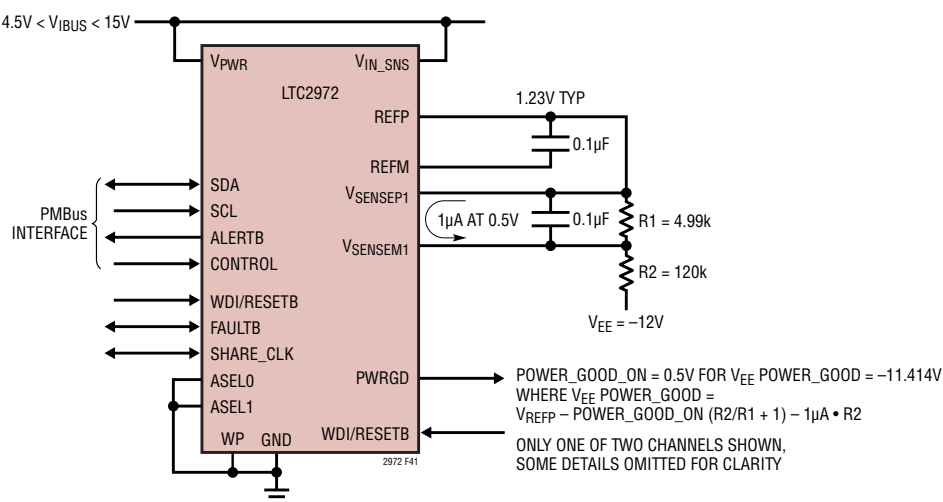


図41. 負電圧の検出

## アプリケーション情報

### USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 からシステム内の LTC2972 への接続

USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 は、ユーザーの基板上的 LTC2972 とインタフェースをとって、プログラミング、遠隔測定、およびシステム・デバッグを行うことができます。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、電源システム全体の強力なデバッグ手段を提供します。遠隔測定、フォルト状態レジスタ、およびフォルト・ログを使用して、短時間で故障を診断することができます。最終設定を短時間で生成し、LTC2972 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、アナログ・デバイス製の I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラを介して、1 つ以上の LTC2972 に対する電力供給、プログラミング、および通信を行うアプリケーション回路図を図 42 と図 43 に示します。

図 42 は、LTC2972 がシステムの中間バスから V<sub>PWR</sub> ピンを介して電力を供給されているときに使用する推奨回路図を示します。

図 43 は、LTC2972 がシステムの 3.3V 電源からその V<sub>DD33</sub> ピンと V<sub>PWR</sub> ピンを介して電力を供給されているときに使用する推奨回路図を示します。LTC4412 理想 OR 接続回路を使用すると、コントローラとシステムのいずれか一方が LTC2972 に電力を供給できます。

コントローラの電流供給能力は制限されているので、OR 接続された 3.3V 電源からの電力供給先は、LTC2972、LTC2972 に付随するプルアップ抵抗、I<sup>2</sup>C/SMBus のプルアップ抵抗に限定してください。更に、I<sup>2</sup>C/SMBus バス接続を LTC2972 と共有するデバイスでは、SDA/SCL ピンとその V<sub>DD</sub> ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないようにしてください。ボディ・ダイオードは、システム電源が存在しないときにバス通信に干渉するからです。

アナログ・デバイス製コントローラの 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 LTC2972 の V<sub>DD33</sub> ピンは並列にすることができます。これは、これらの電圧を発生するアナログ・デバイス製の LDO を逆駆動して、流れる電流を 10μA 未満にすることができるからです。コントローラの 3.3V の電流制限は 100mA です。

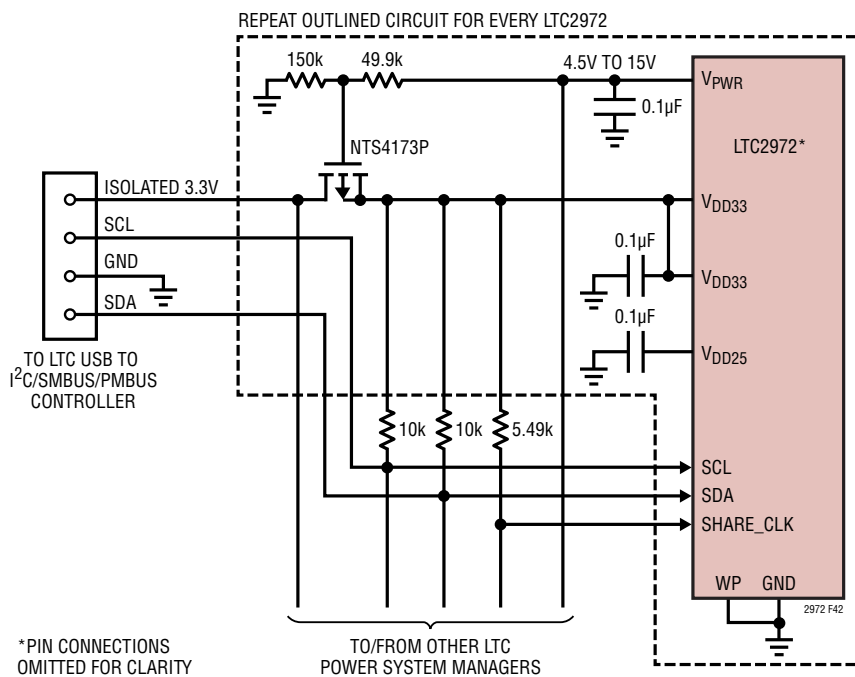


図 42. V<sub>PWR</sub> を使用する場合のアナログ・デバイス製コントローラの接続

## アプリケーション情報

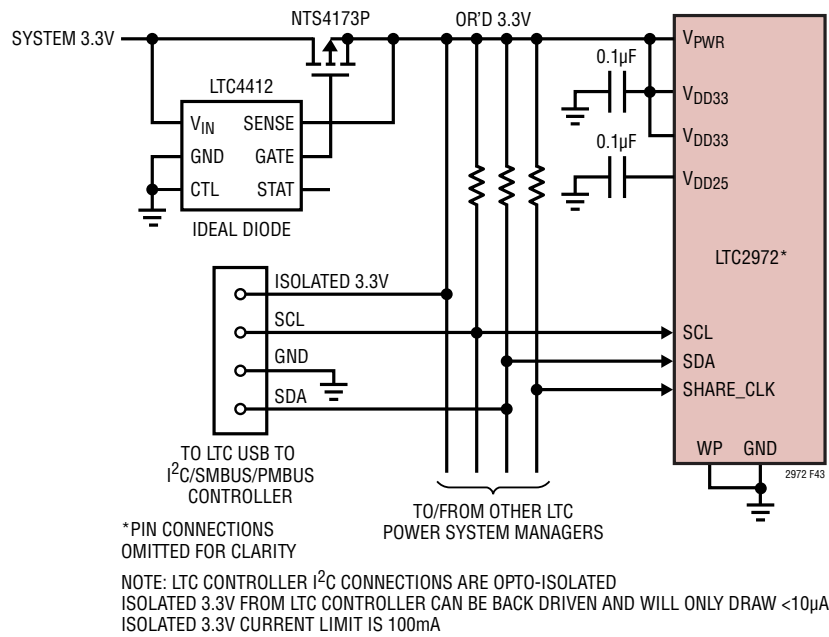


図 43. LTC2972 が直接 3.3V から電力を供給されている場合のアナログ・デバイセス製コントローラの接続

## アプリケーション情報

## 高精度のDCR 温度補償

インダクタの直流抵抗を電流シャント素子として使用すると、電力損失が増えないこと、回路を簡素化し低コスト化を図れるといった利点があります。しかし、インダクタの抵抗には強い温度依存性があり、インダクタのコア温度を正確に測定するのは困難であることから、電流測定に誤差を生じます。銅の場合、わずか1°Cのインダクタ温度の変化は、約0.39%の電流利得の変化に対応します。図44に、集積化されたDC/DCコンバータLTC3601を使用したレイアウト例(右)と、その熱画像(左)を示します。このコンバータは、1.8V、1.5Aを出力負荷に供給します。

高負荷条件におけるインダクタの発熱は、インダクタと温度センサの間に過渡的および定常的な熱勾配を生み出し、検出した温度はインダクタのコア温度を正確には表しません。この温度勾配は図44の熱画像で明らかに見ることができます。さらに、負荷電流の変化の方がインダクタの熱伝達時定数よりも速い場合は、過渡誤差を低減するために過渡的な加熱、冷却効果を考慮する必要があります。これら2つの課題には、2つのパラメータすなわち、インダクタのコアから基板上的温度センサへの熱抵抗 $\theta_{IS}$ と、インダクタの熱時定数 $\tau$ を追加することで対処できます。熱抵抗 $\theta_{IS}$  [°C/W]は、インダクタの特定の電力損失 $P_I$ に対して、検出された $T_S$ とインダクタ内部温度 $T_I$ の定常状態における差を計算するために使用します。

$$T_I - T_S = \theta_{IS} P_I = \theta_{IS} V_{DCR} I_{OUT} \quad (1.1)$$

インダクタのDC抵抗 $R_I$ をより正確に推定するために、追加温度上昇を次式のように使用します。

$$R_I = R_0 (1 + \alpha [T_S - T_{REF} + \theta_{IS} V_{DCR} I_{OUT}]) \quad (1.2)$$

これらの式において、 $V_{DCR}$ はインダクタのDC電圧降下、 $I_{OUT}$ は出力電流のRMS値、 $R_0$ は基準温度 $T_{REF}$ でのインダクタのDC抵抗、 $\alpha$ は抵抗値の温度係数です。ほとんどのインダクタは銅でできているので、温度係数 $\alpha_{CU} = 3900 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ に近いと予測できます。ある $\alpha$ に対して、他のパラメータ $\theta_{IS}$ と $R_0$ は2つの負荷電流だけを用いて1つの温度で校正できます。

$$R_0 = \frac{(R_2 - R_1)(P_2 + P_1) - (R_2 + R_1)(P_2 - P_1)}{\alpha(T_2 - T_1)(P_2 + P_1) - (P_2 - P_1)(2 + \alpha[T_1 + T_2 - 2T_{REF}])} \quad (1.3)$$

$$\theta_{IS} = \frac{1}{\alpha R_0} \frac{\alpha(R_1 + R_2)(T_2 - T_1) - (R_2 - R_1)(2 + \alpha[T_1 + T_2 - 2T_{REF}])}{\alpha(T_2 - T_1)(P_2 + P_1) - (P_2 - P_1)(2 + \alpha[T_1 + T_2 - 2T_{REF}])} \quad (1.4)$$

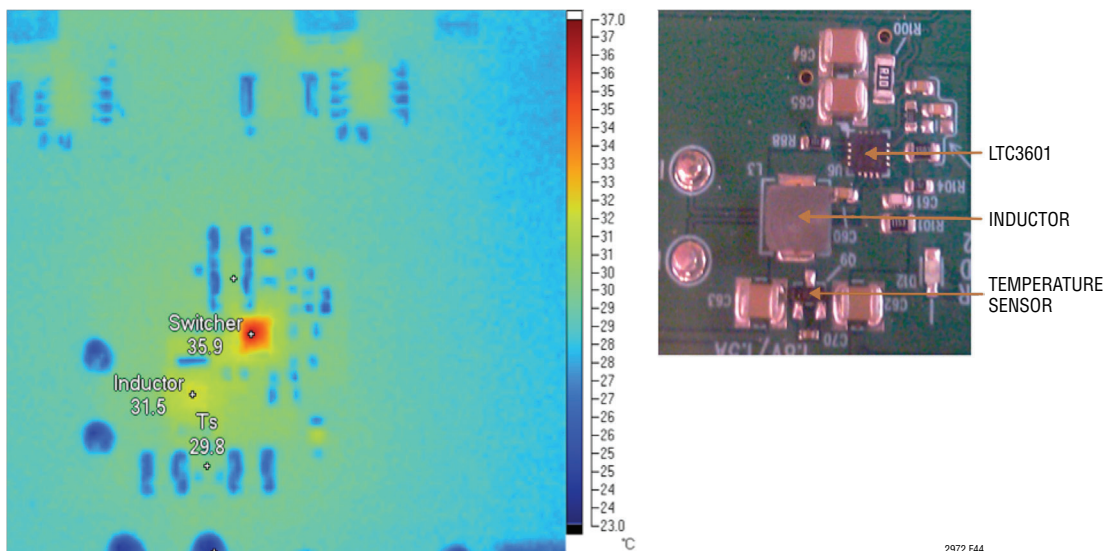


図44. 実際のインダクタ温度と温度検出点の間の違いを示すDC/DCコンバータの熱画像

2972 F44



## アプリケーション情報

インダクタの抵抗  $R_K = V_{DCR(K)}/I_{OUT(K)}$ 、電力損失  $P_K = V_{DCR(K)} \cdot I_{OUT(K)}$ 、検出した温度  $T_K$  ( $K = 1, 2$ ) は各負荷電流について記録されます。 $\theta_{IS}$  の計算精度を上げるには、2つの負荷電流をシステムの電流範囲の  $I_1 = 10\%$ 、 $I_2 = 90\%$  程度になるように選択してください。

インダクタの熱時定数  $\tau$  はインダクタの1次熱応答をモデル化し、負荷トランジェントの間のDCRを正確に補償できるようにします。低負荷電流から高負荷電流への移行時には、インダクタの抵抗は自己発熱のために上昇します。低電流  $I_1$  から高電流  $I_2$  へと1段階の負荷ステップを適用すると、インダクタの両端の電圧は、即座に  $I_1R_1$  から  $I_2R_1$  へと変化し、その後ゆっくりと  $I_2R_2$  に近づきます。ここで、 $R_1$  は特定の温度と負荷電流  $I_1$  における定常状態抵抗値、 $R_2$  は負荷電流  $I_2$  によるインダクタの自己発熱のためにわずかに増加した直流抵抗値です。電気的時定数  $\tau_{EL} = L/R$  は熱時定数よりも数桁短く、「即座に」とは熱時定数に比べての表現であることに注意してください。この2つの落ち着いた領域から2組のデータ ( $I_1, T_1, R_1, P_1$ ) と ( $I_2, T_2, R_2, P_2$ ) が得られ、2点較正の方法 (1.3~1.4) を適用して定常状態でのパラメータ  $\theta_{IS}$  と  $R_0$  を (これまで評価した平均  $\alpha$  を前提に) 求めます。定常状態の式 (1.2) を用いて計算した相対的電流誤差は負荷ステップの直後にピークを迎え、その後インダクタの熱時定数  $\tau$  でゼロまで減衰します。

$$\frac{\Delta I}{I}(t) = \alpha \theta_{IS} (V_2 \cdot I_2 - V_1 \cdot I_1) e^{-t/\tau} \quad (1.5)$$

時定数  $\tau$  は、最適近似直線  $y = \ln(\Delta I/I) = a_1 + a_2 t$  の傾きから次のように求めます。

$$\tau = -\frac{1}{a_2} \quad (1.6)$$

以上をまとめると、DCR電流測定を較正するには、負荷電流を1回ステップさせるだけで良いということです。応答の安定した部分から、熱抵抗  $\theta_{IS}$  と公称DC抵抗  $R_0$  が得られ、セトリング特性を使用してインダクタの熱時定数  $\tau$  を測定します。

最良の動作を得るには、温度センサはインダクタにできるだけ近く、その他の大きな熱源からできるだけ離して配置してください。例えば、図44では検出用のバイポーラ・トランジスタをインダクタの近くに配置し、スイッチング・レギュレータからは離しています。PNPトランジスタのコレクタをローカルな電源グランド・プレーンに接続するとインダクタへの良い熱接続が得られます。一方ベースとエミッタはLTC2972に別個に配線して、ベースはLTC2972に近い信号グランドに接続してください。

## LTpowerPlay: パワーマネージャ向けのインタラクティブ GUI

LTpowerPlay は Windows ベースの強力な開発環境で、LTC2972 を含む、アナログ・デバイス製のEEPROM内蔵パワー・マネージャICに対応しています。このソフトウェアは、さまざまな作業を幅広く支援します。デモ基板システムに接続することにより、LTpowerPlay を使用してアナログ・デバイス製のICを評価できます。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。過去に例のない高度な診断とデバッグ機能も装備されました。このソフトウェアは、システムのパワー・マネジメント方式を設定して基板を開発する際に役立つ診断ツールになります。LTpowerPlay はアナログ・デバイス製のUSB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラDC1613を利用して、デモ基板セットDC2022、ソケット付きプログラミング基板DC1508、お客様のターゲット・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。このソフトウェアは自動更新機能も備えており、最新のデバイス・ドライバやドキュメンテーションに対応したソフトウェアに維持されます。LTpowerPlay では、豊富なコンテキスト・ヘルプといくつかのチュートリアル・デモを利用することができます。詳細情報は次のサイトで提供されています。

[www.linear-tech.co.jp/ltpowerplay](http://www.linear-tech.co.jp/ltpowerplay)

## アプリケーション情報

The screenshot displays the LTpowerPlay v1.2.70.0 software interface. The main window is divided into several panes:

- System Tree:** Shows the device hierarchy with 'U0:0' selected.
- Configuration Registers:** A list of registers for 'U0:0' including:
  - General Configuration Registers: MFR\_COMMAND\_PLUS\_LTC2... (0x0000), MFR\_DATA\_PLUS0\_LTC2975 (0x0000), MFR\_DATA\_PLUS1\_LTC2975 (0x0000), MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2972 (0x084B) pwrsg\_off\_uses\_uv, vi...
  - Addressing and Write Protect: WRITE\_PROTECT (0x00) Enable All Writes, (0x40) Disable All Writes Exce..., (0x80) Disable All Writes Exce...
  - Input Voltage: VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT (15,0000 V), VIN\_OV\_WARN\_LIMIT (15,0000 V), VIN\_UV\_WARN\_LIMIT (3,0000 V), VIN\_UV\_FAULT\_LIMIT (3,0000 V), VIN\_ON (6,0000 V), VIN\_OFF (5,0000 V)
  - Fault Responses - Input Voltage: VIN\_UV\_FAULT\_RESPONS... (0x00) Ignore, VIN\_OV\_FAULT\_RESPONS... (0x00) Ignore
  - Input Energy: MFR\_EIN\_CONFIG (0x00) Mode: SD, Gain: Gain1x
  - Input Current Calibration: MFR\_IIN\_CAL\_GAIN (10,000 mOhms), MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC (0 ppm/°C)
  - Fault Responses - All StatusFaults: MFR\_RETRY\_COUNT\_LTC (0x00) No Retry, (0x1) Retry 1 Time, (0x2) Retry 2 Times, (0x3) Retry 3 Times, (0x4) Retry 4 Times, (0x5) Retry 5 Times
- Telemetry:** A table of real-time measurements for 'U0:0':
 

Telemetry: U0:0	
No Custom Scaling is Enabled. Telemetry values shown are as reported by the device.	
<a href="#">Click Here to View Custom Scaling Parameters...</a>	
<b>Telemetry - Input Voltage</b>	
MFR_VIN_PEAK_LTC	11,9688 V
READ_VIN	11,9688 V
MFR_VIN_MIN_LTC	11,9688 V
<b>Telemetry - Output Voltage (V)</b>	
MFR_VOUT_PEAK_LTC	1,0505 V
READ_VOUT	1,0002 V
MFR_VOUT_MIN_LTC	0,9493 V
<b>Telemetry - Output Voltage (%)</b>	
MFR_VOUT_PEAK_LTC_PERCENT	+5,05 % above/below VOUT
READ_VOUT_PERCENT	+0,02 % above/below VOUT
MFR_VOUT_MIN_LTC_PERCENT	-5,07 % above/below VOUT
<b>Telemetry - DAC</b>	
MFR_DAC_LIVE_LTC	0x0242
MFR_DAC_LIVE_PERCENTFS_LTC	12,891 %
<b>Telemetry - Input Power</b>	
MFR_PIN_PEAK	0,698 W
READ_PIN	0,630 W
MFR_PIN_MIN	0,566 W
<b>Telemetry - Input Energy</b>	
MFR_EIN	260,802 J
MFR_EIN_TIME	0 days, 00h : 07m : 11,928s
MFR_EIN_WATTS	0,623W
<b>Telemetry - Input Current</b>	
MFR_IIN_PEAK	0,0584 A
READ_IIN	0,0526 A
MFR_IIN_MIN	0,0473 A
<b>Telemetry - Output Current</b>	
- Dashboard:** Shows a schematic diagram of the device and a table for 'READ\_VOUT (All Pages in System)':
 

READ_VOUT (All Pages in System)	
U0:0 - LTC2972	1,0002 V
U0:1	1,5006 V
- Telemetry Plot:** A graph showing 'Idealized On/Off Waveforms' for 'U0:0' and 'U0:1'.
- Waveforms:** A plot titled 'READ\_VOUT' showing the output voltage over time (130-140s) for U0:0 and U0:1.

図46. LTpowerPlayのスナップショット

## アプリケーション情報

### PCBの組み立て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

LTC2972では、 $V_{DD33}$ ピンとGNDの間、 $V_{DD25}$ ピンとGNDの間、およびREFPピンとREFMピンの間に $0.1\mu\text{F}$ のバイパス・コンデンサが必要であり、 $V_{IN\_SNS\_CAP}$ ピンとGNDの間に $10\text{nF}$ のコンデンサが必要です。デバイスが $V_{PWR}$ 入力から電力を供給されている場合は、このピンも $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサでGNDにバイパスしてください。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、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

LTC2972のパッケージは熱的にも電氣的にも高効率です。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46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。IPC7525Aを参照してください。

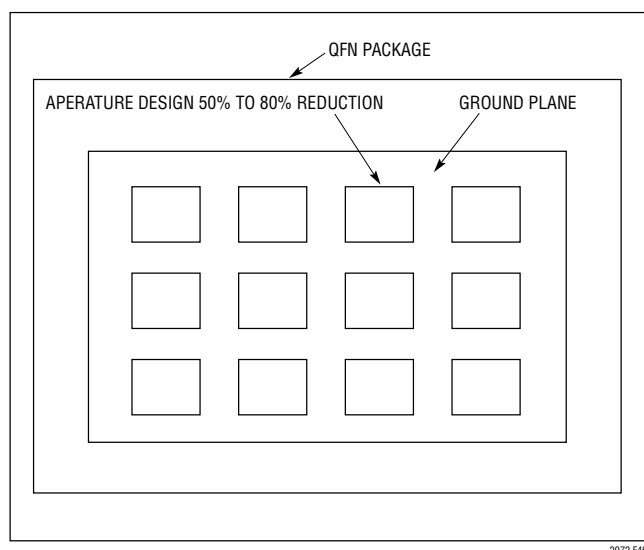


図46. ダイアタッチ・パッドの推奨スクリーン・パターン

#### プリント回路基板のレイアウト

プリント回路基板のに対する機械的応力や半田付けに起因する応力により、LTC2972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基板の短辺付近または隅に配置することです。基板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。

LTC2972のREAD\_IIN入力電流検出アンプは、きわめて低いオフセットを備えており、高精度の電流、電力、およびエネルギーの測定を可能にします。温度勾配の存在下で、差動配線経路が異種金属の境界と交差する場合、電流検出入力へのPCB配線によって熱電圧オフセットが生じる場合があります。熱電圧を最小限に抑えるには、差動電流検出入力を互いにできるだけ近づけて配線し、ビアの数を最小にします。ビアが必要な場合は、正電流検出経路と負電流検出経路の両方のビアを互いに近づけて、温度差を最小限に抑えます。

#### 不使用のADC検出入力

使用しないADC検出入力( $V_{SENSEPN}$ または $V_{SENSEMn}$ )は全て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。図47に示すように、 $100\text{k}$ の抵抗はフィルタ部品の前段に配置して、フィルタが負荷にならないようにしてください。

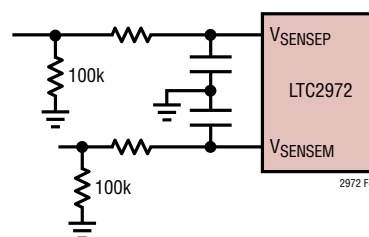


図47. 使用しない入力のGNDへの接続

## アプリケーション情報

### 設計のチェックリスト

#### I<sup>2</sup>C

LTC2972は一意のアドレスになるように構成する必要があります。

アドレス選択ピン(ASEL<sub>n</sub>)は3レベルのピンです。表1を確認してください。

アドレスを調べて、バス上の他のデバイスおよびグローバル・アドレスと衝突しないかどうか確認してください。

#### 出力イネーブル

両方のV<sub>OUT\_ENn</sub>ピンに適切なプルアップ抵抗を使用してください。

V<sub>OUT\_ENn</sub>ピンの絶対最大定格を超えていないことを確認してください。

#### V<sub>IN</sub>の検出

V<sub>IN</sub>を検出するのに抵抗分割器を外付けする必要はありません。V<sub>IN\_SNS</sub>には較正済みの抵抗分割器が既に内蔵されています。

#### 入力電流検出

I<sub>IN\_SNSP</sub>ピンとI<sub>IN\_SNSM</sub>ピンが絶対最大定格を超えていないことを確認してください。

V<sub>IN\_SNS\_CAP</sub>に10nFのコンデンサを追加してください。

#### 外部温度検出

検出用PNPトランジスタがインダクタの近くにあり、他の大きな熱源から離れていることを確認してください。

検出用PNPトランジスタのコレクタがPNPの近くでグランド・プレーンに接続され、エミッタがLTC2972に配線され、ベースがLTC2972の近くで信号グランドに接続されていることを確認してください。

#### ロジック信号

デジタル・ピン(SCL、SDA、ALERTB、FAULTB<sub>n</sub>、CONTROL<sub>n</sub>、SHARE\_CLK、WDI、ASEL<sub>n</sub>、PWRGD)の絶対最大定格を超えていないことを確認してください。

システム内の全てのSHARE\_CLKピンを互いに接続し、5.49kの抵抗でV<sub>DD33</sub>にプルアップしてください。

CONTROL<sub>n</sub>ピンはフロート状態のままにしないでください。10kの抵抗を使用してV<sub>DDIO</sub>にプルアップしてください。

10kの抵抗を使用して、WDI/RESETBをV<sub>DD33</sub>に接続してください。WDI/RESETBピンにはコンデンサを接続しないでください。

WPをV<sub>DDIO</sub>またはGNDのいずれかに接続します。このピンはフロート状態のままにしないでください。

FAULTB<sub>n</sub>ピンはフロート状態のままにしないでください。10kの抵抗を使用してV<sub>DDIO</sub>にプルアップしてください。

#### 不使用の入力

使用しないV<sub>SENSEp<sub>n</sub></sub>ピン、V<sub>SENSEM<sub>n</sub></sub>ピン、I<sub>SENSEp<sub>n</sub></sub>ピン、I<sub>SENSEM<sub>n</sub></sub>ピン、T<sub>SENSE<sub>n</sub></sub>ピンは全てGNDに接続してください。不使用のピンをフロート状態にしないでください。「アプリケーション情報」セクションの「不使用のADC検出入力」を参照してください。

使用しない場合、I<sub>IN\_SNSP</sub>ピンとI<sub>IN\_SNSM</sub>ピンをV<sub>IN\_SNS</sub>ピンに接続してください。

#### DACの出力

適切な抵抗を選択して、必要なマージン範囲を確保します。LTpowerPlayの抵抗選択ツールが役立ちます。

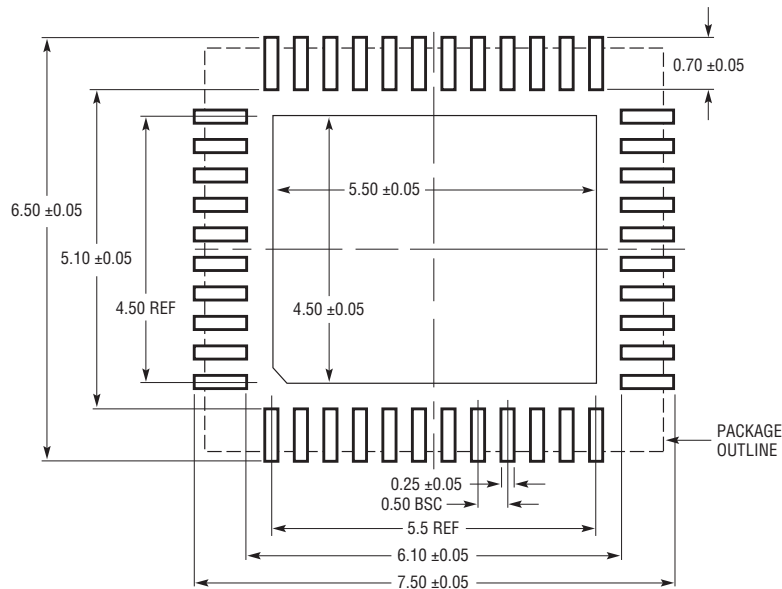
より詳細な設計上の検討事項と回路図のチェックリストについては、LTC2972製品ページの「設計のチェックリスト」を参照してください。

[www.linear-tech.co.jp/LTC2972](http://www.linear-tech.co.jp/LTC2972)

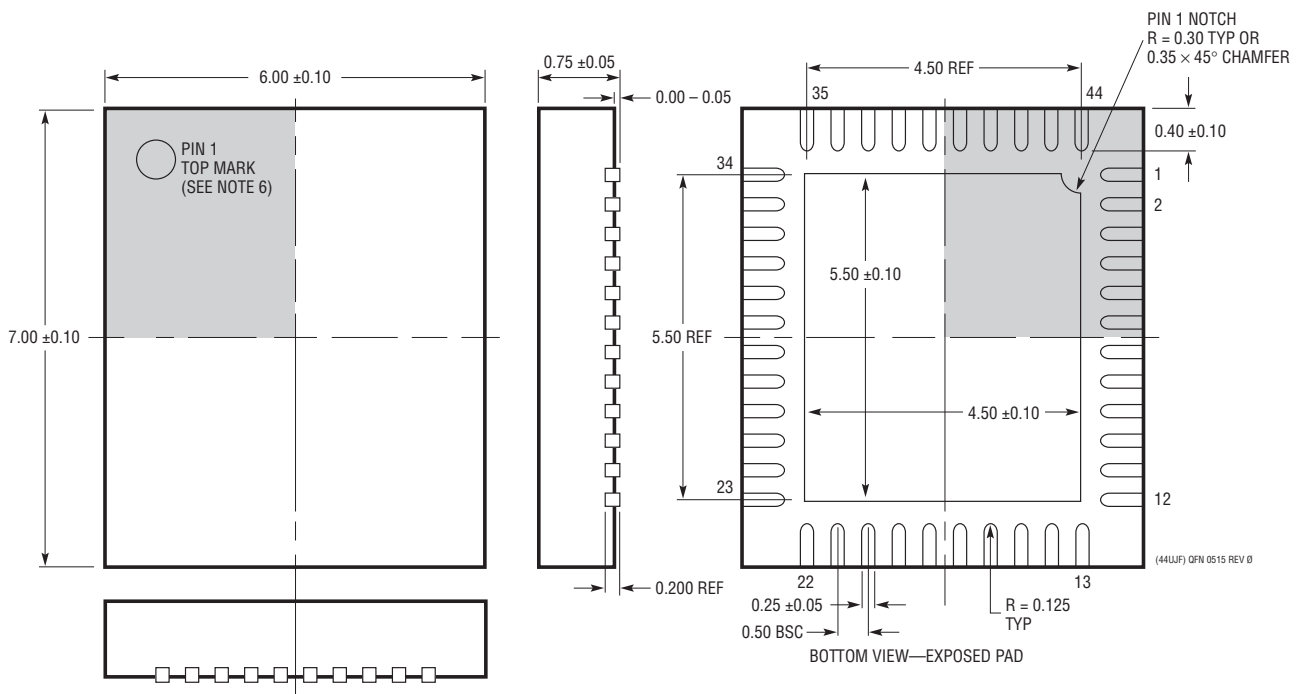
## パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2972#packaging> を参照してください。

**UJF Package**  
**44-Lead Plastic QFN (6mm × 7mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1501 Rev 0)



RECOMMENDED SOLDER PAD LAYOUT  
 APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED



## 注記:

1. 図面は JEDEC のパッケージ外形 M0-220 に適合
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. 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
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 灰色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

## 標準的応用例

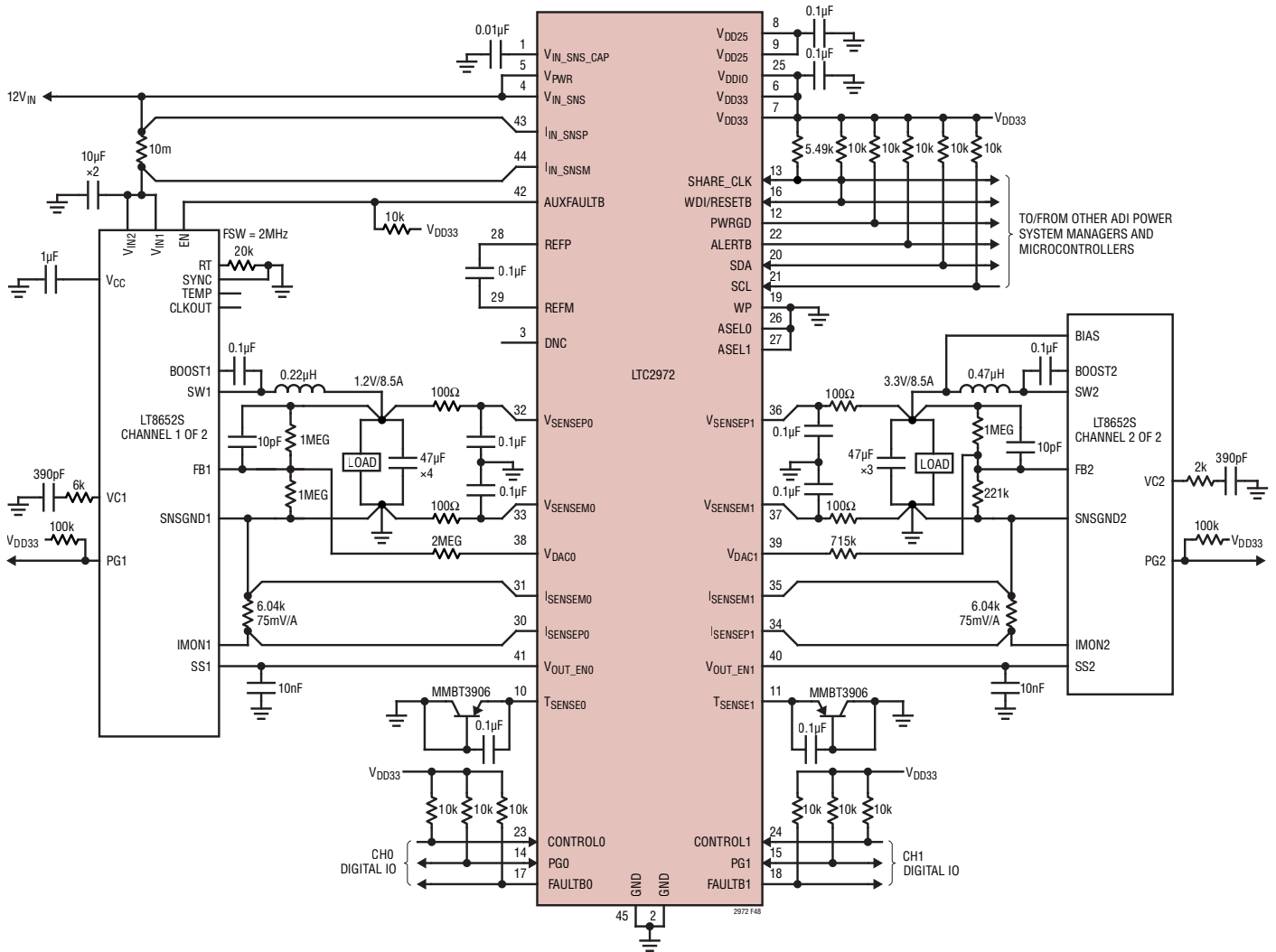


図 48. LTC2972 のアプリケーション回路

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2975	入力電流とエネルギーの正確な測定を特長とする 4 チャンネルパワーシステム・マネージャ	全未調整誤差が0.25%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視、入力電流のモニタ(1%)とエネルギーの累積
LTC2970	デュアル <sup>2</sup> C電源モニタおよびマーキング・コントローラ	5V~15V、0.5% TUE 14ビットADC、8ビットDAC、温度センサ
LTC2974	4チャンネルのパワーシステム・マネージャ	全未調整誤差が0.25%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTC2977	8チャンネルのパワーシステム・マネージャ	全未調整誤差が0.25%の16ビットADC、電圧/温度モニタおよび監視
LTC2980	16チャンネルのPMBusパワーシステム・マネージャ	デュアルのLTC2977相当品
LTM <sup>®</sup> 2987	16チャンネルのµModule <sup>®</sup> PMBusパワーシステム・マネージャ	受動部品を内蔵したデュアルのLTC2977相当品
LTC3887	デュアル出力PolyPhase <sup>®</sup> 降圧DC/DCコントローラ	全未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTC3883	シングル出力PolyPhase降圧DC/DCコントローラ	全未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTM4677	デジタル・パワーシステム・マネジメント機能を備えたデュアル18Aまたはシングル36A µModuleレギュレータ	全未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視