

この製品の英文データシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2020 年 9 月 23 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2020 年 9 月 23 日

製品名：LTC2971

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：

P.25

「図 2」の「ワード書込みプロトコル バイト書込みプロトコル」は、「バイト書込みプロトコル」の間違いです。

「図 3」の「バイト書込みプロトコル」は、「ワード書込みプロトコル」の間違いです。

## 2チャンネル±60V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、トリミング、マージニング、監視、障害の管理とログ、および遠隔測定の実モニタ
- 入力電圧が0V~60Vの範囲内であることのモニタ、入力電流が誤差1%以内であることのモニタ、および電力量の積算
- 出力が-60V~60Vの範囲内に収まるよう管理して、許容範囲が0.25%以内になるようにマージニングまたはトリミング
- 1.8V~3.3VのPMBus/SMBus/I<sup>2</sup>C準拠のシリアル・インターフェース
- LTpowerPlay® GUIでサポート
- アナログ・デバイセズの複数のPSMデバイス間でのシーケンス制御および障害管理の連携
- ソフトウェア追加不要の自律動作
- レギュレータのIMONピンに直接接続
- 3.3Vまたは4.5V~60Vの電源で動作可能
- 49ピン7mm×7mm BGAパッケージで供給

### アプリケーション

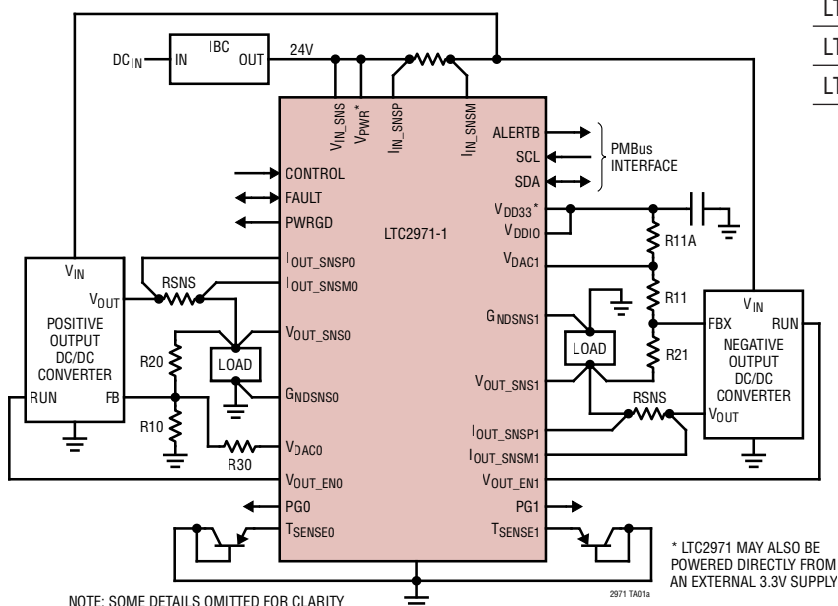
- コンピュータおよびネットワーク・サーバー
- 産業用テスト装置および測定装置
- 高信頼性システム
- ビデオ機器および医療用画像処理装置

### 概要

LTC®2971、LTC2971-1、LTC2971-2、およびLTC2971-3は、2チャンネルの高電圧パワー・システム・マネージャで、シーケンス制御、トリミング(サーボ制御)、マージニング、監視、障害管理、遠隔測定、および障害のログを行う目的で使用されます。DAC(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。監視機能には、2つの電源出力チャンネルと1つの入力チャンネルの過電圧、低電圧、および温度の閾値制限が含まれます。プログラマブルな障害応答により電源をディスエーブルし、再試行を設定して、障害ステータスおよび関連の遠隔測定結果のブラック・ボックスEEPROMへの格納をトリガすることができます。内蔵の16ビットADC(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、電力量、および出力電力も計算されます。プログラマブルなウォッチドッグ・タイマーは、マイクロプロセッサの動作をモニタし、必要に応じてリセットします。1線式バスは、アナログ・デバイセズの複数のパワー・システム・マネージメント(PSM)デバイス間で電源を同期させます。ECC機能を備えた設定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。

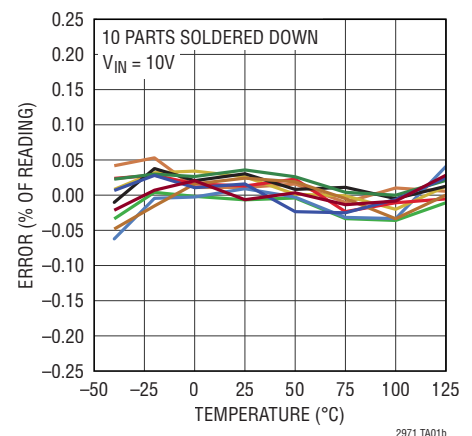
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7382303、7420359、8648623、8920026を含む米国特許によって保護されています。

### 標準的応用例



OPTION	CHANNEL 0	CHANNEL 1
LTC2971	0V to 60V	0V to 60V
LTC2971-1	0V to 60V	-60V to 0V
LTC2971-2	-60V to 0V	-60V to 0V
LTC2971-3	0V to 60V	0V to 1.8V

クローズドループのサーボ制御誤差と温度



## 目次

特長 .....	1	VIN_ON、VIN_OFF、VIN_OV_FAULT_LIMIT、VIN_OV_WARN_LIMIT、 VIN_UV_WARN_LIMIT、およびVIN_UV_FAULT_LIMIT .....	50
アプリケーション .....	1	入力電圧コマンドとリミット .....	50
標準的応用例 .....	1	入力電流と電力量 .....	51
概要 .....	1	電力量の測定と通知 .....	51
絶対最大定格 .....	4	MFR_EIN .....	51
ピン配置 .....	4	MFR_EIN_CONFIG .....	52
発注情報 .....	5	MFR_IIN_CAL_GAIN .....	53
電気的特性 .....	5	MFR_IIN_CAL_GAIN_TC .....	53
PMBusのタイミング図 .....	13	MFR_CLEAR_ENERGY .....	53
代表的な性能特性 .....	14	出力電圧コマンドとリミット .....	54
ピン機能 .....	18	VOUT_MODE .....	55
ブロック図 .....	20	VOUT_COMMAND、VOUT_MAX、VOUT_MARGIN_HIGH、VOUT_MARGIN_	
動作 .....	21	LOW、VOUT_OV_FAULT_LIMIT、VOUT_OV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_WARN_	
LTC2971の動作の概要 .....	21	LIMIT、VOUT_UV_FAULT_LIMIT、POWER_GOOD_ON およびPOWER_GOOD_	
EEPROM .....	22	OFF .....	55
AUXFAULTB .....	22	MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD .....	55
RESETB .....	22	MFR_DAC_STARTUP .....	55
VDDIO .....	23	MFR_DAC .....	56
PMBusシリアル・デジタル・インターフェース .....	23	出力電流コマンドとリミット .....	56
PMBus .....	23	IOUT_CAL_GAINおよびIOUT_CAL_OFFSET .....	56
デバイス・アドレス .....	23	IOUT_OC_WARN_LIMIT .....	57
処理コマンド .....	24	MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC .....	57
アドレス指定と書き込み保護 .....	33	外部温度コマンドとリミット .....	57
PAGE .....	33	OT_FAULT_LIMIT、OT_WARN_LIMIT、UT_WARN_LIMIT、	
WRITE_PROTECT .....	34	UT_FAULT_LIMIT .....	58
書き込み保護(WP)ピン .....	34	MFR_TEMP_1_GAINおよびMFR_TEMP_1_OFFSET .....	58
MFR_PAGE_FF_MASK .....	35	MFR_T_SELF_HEAT、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV、および	
MFR_I2C_BASE_ADDRESS .....	35	MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA .....	58
MFR_COMMAND_PLUS .....	35	シーケンス・タイミングのリミットとクロックの共有 .....	60
MFR_DATA_PLUS0およびMFR_DATA_PLUS1 .....	35	TON_DELAY、TON_RISE、TON_MAX_FAULT_LIMIT、および	
MFR_STATUS_PLUS0、およびMFR_STATUS_PLUS1 .....	35	TOFF_DELAY .....	60
Command PlusおよびMFR_DATA_PLUS0を使用した障害ログの		MFR_RESTART_DELAY .....	61
読出し .....	36	クロックの共有 .....	61
MFR_COMMAND_PLUSおよびMFR_DATA_PLUS0を使用した		ウォッチドッグ・タイマーおよびパワーグッド .....	61
電力量の読出し .....	37	MFR_PG_CONFIG .....	62
MFR_DATA_PLUS0を使用したピーク操作 .....	37	MFR_PG_GPO .....	64
ポーク操作の有効化および無効化 .....	37	MFR_PWRGD_EN .....	64
Mfr_data_plus0を使用したポーク操作 .....	38	MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY .....	64
MFR_DATA_PLUS1を使用したCommand Plus操作 .....	38	ウォッチドッグの動作 .....	65
オン/オフ制御、マーゼニング、および設定 .....	38	MFR_WATCHDOG_T_FIRSTとMFR_WATCHDOG_T .....	65
OPERATION .....	39	障害応答 .....	65
ON_OFF_CONFIG .....	40	ラッチされた障害のクリア .....	66
MFR_CONFIG_LTC2971 .....	40	VOUT_OV_FAULT_RESPONSEとVOUT_UV_FAULT_RESPONSE .....	66
カスケード・シーケンスをオンにして時間ベースのシーケンスを		OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_	
オフにした場合 .....	42	RESPONSE、およびVIN_UV_FAULT_RESPONSE .....	67
MFR_CONFIG2_LTC2971 .....	43	TON_MAX_FAULT_RESPONSE .....	67
MFR_CONFIG3_LTC2971 .....	43	MFR_RETRY_DELAY .....	68
トラッキング電源のオンとオフ .....	44	MR_RETRY_COUNT .....	68
トラッキングの実装 .....	44	共有される外部障害 .....	69
MFR_CONFIG_ALL_LTC2971 .....	46	MFR_FAULTB0_PROPAGATEおよびMFR_FAULTB1_PROPAGATE .....	69
ユーザのEEPROM領域のプログラミング .....	48	MFR_FAULTB0_RESPONSEおよびMFR_FAULTB1_RESPONSE .....	69
STORE_USER_ALLとRESTORE_USER_ALL .....	48	障害および警告のステータス .....	70
MFR_EE_UNLOCK .....	49		
MFR_EE_ERASE .....	49		
MFR_EE_DATA .....	49		
デバイスがビジーな場合の応答 .....	50		
MFR_EEの消去および書き込みのプログラミング時間 .....	50		

## 目次

CLEAR_FAULTS.....	70	DAC モード.....	94
STATUS_BYTE.....	71	マーージニング.....	95
STATUS_WORD.....	71	オフ・シーケンス.....	95
STATUS_VOUT.....	72	V <sub>OUT</sub> のオフ閾値電圧.....	95
STATUS_IOUT.....	72	MFR_RESTART_DELAY コマンドと CONTROL ピンを介した 自動再起動.....	95
STATUS_INPUT.....	72	障害管理.....	96
STATUS_TEMPERATURE.....	73	出力過電圧障害および低電圧障害.....	96
STATUS_CML.....	73	出力の過電圧警告、低電圧警告、および過電流警告.....	96
STATUS_MFR_SPECIFIC.....	74	AUXFAULTB 出力の設定.....	96
MFR_PADS.....	74	マルチチャンネルの障害管理.....	97
MFR_COMMON.....	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.....	98
MFR_STATUS_2.....	76	アプリケーション回路.....	99
MFR_FIRST_FAULT.....	76	外付け帰還抵抗と正の V <sub>FB</sub> を使用した DC/DC コンバータの トリミングとマーージニング.....	99
遠隔測定.....	77	外付け帰還抵抗と正の V <sub>FB</sub> 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.....	99
READ_VIN.....	77	トリム・ピンを使用した DC/DC コンバータのトリミングと マーージニング.....	100
READ_IIN.....	77	外付け帰還抵抗と負の V <sub>FB</sub> を使用した DC/DC コンバータの トリミングとマーージニング.....	100
READ_PIN.....	77	外付け帰還抵抗と負の V <sub>FB</sub> を使用した DC/DC コンバータでの 5 ステップの抵抗選択手順.....	100
READ_VOUT.....	77	外付け帰還抵抗と電流 FBX を使用した 反転型 DC/DC コンバータのトリミングとマーージニング.....	102
READ_IOUT.....	78	外付け帰還抵抗と電流 FBX を使用した 反転型 DC/DC コンバータでの 4 ステップの抵抗選択手順.....	102
MFR_IIN_PEAK.....	78	検出抵抗を使用した出力の測定.....	104
MFR_IIN_MIN.....	78	インダクタの DCR を使用した出力の測定.....	104
MFR_PIN_PEAK.....	78	単相の設計例.....	104
MFR_PIN_MIN.....	78	マルチフェーズ電流の測定.....	104
READ_TEMPERATURE_1.....	78	マルチフェーズの設計例.....	105
READ_TEMPERATURE_2.....	78	バッファ付き IMON 遠隔測定モードでの出力電流の測定.....	105
READ_POUT.....	79	LT3086 の IMON の設計例.....	105
MFR_READ_IOUT.....	79	アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項.....	105
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE.....	80	USB - I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 から システム内の LTC2971 への接続.....	106
MFR_VIN_PEAK.....	80	高精度の DCR 温度補償.....	107
MFR_VOUT_PEAK.....	80	LTpowerPlay: パワー・マネージャ向けのインタラクティブ GUI.....	109
MFR_IOUT_PEAK.....	80	PCB のアセンブリとレイアウトに関する推奨事項.....	109
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK.....	80	バイパス・コンデンサの配置.....	109
MFR_VIN_MIN.....	80	プリント回路基板のレイアウト.....	109
MFR_VOUT_MIN.....	80	不使用の ADC 検出入力.....	111
MFR_IOUT_MIN.....	81	設計のチェックリスト.....	111
MFR_TEMPERATURE_1_MIN.....	81	絶対最大定格.....	111
障害ログ.....	81	I <sup>2</sup> C.....	111
障害ログの動作.....	81	出力イネーブル.....	111
MFR_FAULT_LOG_STORE.....	82	外部温度の検出.....	111
MFR_FAULT_LOG_RESTORE.....	82	ロジック信号.....	111
MFR_FAULT_LOG_CLEAR.....	82	不使用の入力.....	111
MFR_FAULT_LOG_STATUS.....	82	DAC 出力.....	111
MFR_FAULT_LOG.....	82	標準的応用例.....	112
MFR_FAULT_LOG 読出しの例.....	85	パッケージ.....	113
識別／情報.....	90	標準的応用例.....	114
CAPABILITY.....	90	関連製品.....	114
PMBUS_REVISION.....	90		
MFR_SPECIAL_ID.....	90		
MFR_SPECIAL_LOT.....	91		
MFR_INFO.....	91		
ユーザのスクラッチパッド.....	91		
USER_DATA_00、USER_DATA_01、USER_DATA_02、USER_DATA_03、 USER_DATA_04、および MFR_LTC_RESERVED_2.....	91		
アプリケーション情報.....	92		
概要.....	92		
LTC2971 への電力供給.....	92		
コマンド・レジスタの値の設定.....	92		
入力電流の測定.....	92		
入力電圧の測定.....	93		
入力電力の測定.....	93		
入力電力量の測定.....	93		
シーケンス、サーボ、マージン、再起動動作.....	93		
コマンドによるデバイスのオンまたはオフ.....	93		
オン・シーケンス.....	94		
オン状態の動作.....	94		
サーボ・モード.....	94		



## 絶対最大定格

(Note 1、2)

電源電圧:

V <sub>PWR</sub> .....	−0.3V~63V
V <sub>PWR</sub> の電流.....	−20mA
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、CONTROL0、CONTROL1、PG[1:0]、 V <sub>DDIO</sub> .....	−0.3V~3.6V
PWRGD、SHARE_CLK、WDI/RESETB、WP、FAULTB0、 FAULTB1.....	−0.3V~3.6V
ASEL0、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> 、I <sub>IN_SNSP</sub> 、I <sub>IN_SNSM</sub> .....	−0.3V~63V
I <sub>IN_SNSP</sub> と I <sub>IN_SNSM</sub> の間.....	−0.3V~0.3V
V <sub>OUT_SNS0</sub> 、I <sub>OUT_SNSP0</sub> 、I <sub>OUT_SNSM0</sub> LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-3.....	−0.3V~63V
LTC2971-2 .....	−63V~0.3V
V <sub>OUT_SNS1</sub> 、I <sub>OUT_SNSP1</sub> 、I <sub>OUT_SNSM1</sub> LTC2971.....	−0.3V~63V
LTC2971-1、LTC2971-2 .....	−63V~0.3V
LTC2971-3 .....	−0.3V~3V
I <sub>OUT_SNSP0</sub> と I <sub>OUT_SNSM0</sub> の間 LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-3.....	−0.3V~3V
LTC2971-2 .....	−0.3V~0.3V
I <sub>OUT_SNSP1</sub> と I <sub>OUT_SNSM1</sub> の間 LTC2971、LTC2971-3.....	−0.3V~3V
LTC2971-1、LTC2971-2 .....	−0.3V~0.3V
GND <sub>SNS[1:0]</sub> .....	−0.3V~0.3V
V <sub>OUT_EN[1:0]</sub> 、AUXFAULTB.....	−0.3V~63V
V <sub>DAC[1:0]</sub> .....	−0.3V~5.5V
T <sub>SENSE[1:0]</sub> .....	−0.3V~3.6V

動作ジャンクション温度範囲:

LTC2971C、LTC2971C-1、LTC2971C-2、 LTC2971C-3.....	0°C~70°C
LTC2971I、LTC2971I-1、LTC2971I-2、 LTC2971I-3 .....	−40°C~105°C
LTC2971H、LTC2971H-1、LTC2971H-2、 LTC2971H-3.....	−40°C~125°C

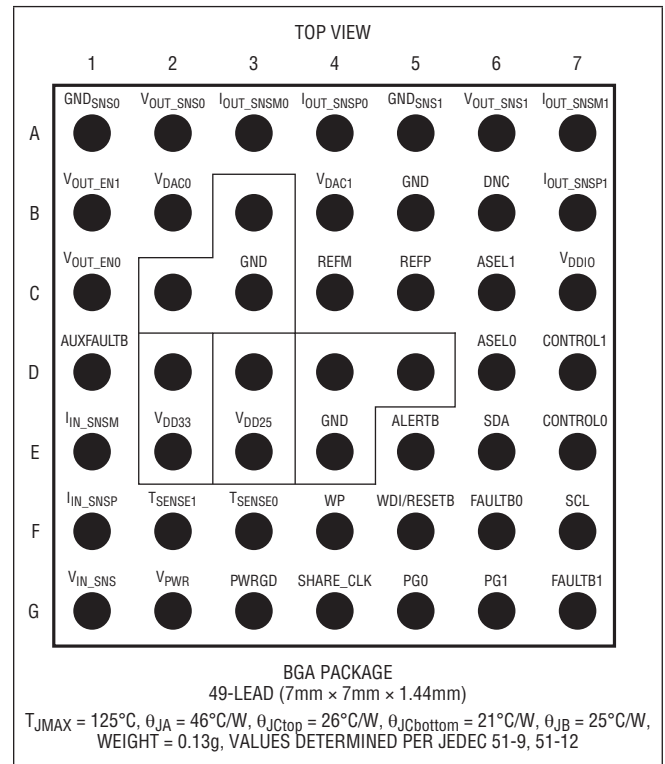
保存温度範囲..... −65°C~150°C\*

最大ジャンクション温度 ..... 125°C\*

パッケージ本体のハンダ・リフロー・ピーク温度..... 260°C

\* 125°Cを超えるジャンクション温度でのEEPROMのディレーティングに関する  
詳細については、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

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ・タイプ	MSL 定格	動作ジャンクション温度範囲
		デバイス	仕上げコード			
LTC2971CY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC2971Y	e1	BGA	3	0°C to 70°C
LTC2971IY#PBF						–40°C to 105°C
LTC2971HY#PBF						–40°C to 125°C
LTC2971CY-1#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC2971Y-1	e1	BGA	3	0°C to 70°C
LTC2971IY-1#PBF						–40°C to 105°C
LTC2971HY-1#PBF						–40°C to 125°C
LTC2971CY-2#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC2971Y-2	e1	BGA	3	0°C to 70°C
LTC2971IY-2#PBF						–40°C to 105°C
LTC2971HY-2#PBF						–40°C to 125°C
LTC2971CY-3#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC2971Y-3	e1	BGA	3	0°C to 70°C
LTC2971IY-3#PBF						–40°C to 105°C
LTC2971HY-3#PBF						–40°C to 125°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。\*パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609に準拠しています。

- [推奨されるLGA/BGAのPCBアセンブリおよび製造方法](#)
- [LGA/BGAパッケージおよびトレイの図面](#)

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{VDDIO} = V_{VDD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、およびREFMピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
電源特性							
$V_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Input Operating Range	$V_{DD33}$ Floating (Note 2)	●	4.5		60	V
$I_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Current	$4.5\text{V} \leq V_{VPWR} \leq 60\text{V}$ , $V_{DD33}$ Floating (Note 2)	●		6	8.5	mA
$I_{VDD33}$	$V_{DD33}$ Supply Current	$3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{VPWR} = V_{VDD33}$	●		6	8.5	mA
$V_{UVLO\_VDD33}$	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout	$V_{DD33}$ Ramping Up, $V_{VPWR} = V_{VDD33}$	●	2.25	2.55	2.8	V
	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout Hysteresis				120		mV
$V_{DD33}$	Supply Input Operating Range	$V_{VPWR} = V_{VDD33}$	●	3.13		3.47	V
	Regulator Output Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{VPWR} \leq 60\text{V}$	●	3.13	3.26	3.47	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{VPWR} = 4.5\text{V}$ , $V_{VDD33} = 0\text{V}$ Includes Internal Current	●	20	30	40	mA
$V_{DD25}$	Regulator Output Voltage	$3.13\text{V} \leq V_{VDD33} \leq 3.47\text{V}$	●	2.35	2.5	2.6	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{VPWR} = V_{VDD33} = 3.47\text{V}$ , $V_{VDD25} = 0\text{V}$	●	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	$0 \leq V_{VDDIO} \leq 3.6\text{V}$	●	53	68.8	86	k $\Omega$

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{DDIO} = V_{DD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS		
電圧リファレンス特性									
V <sub>REF</sub>	Output Voltage (Note 3)	V <sub>REF</sub> = V <sub>REFP</sub> – V <sub>REFM</sub> , 0 < I <sub>REFP</sub> < 100μA		●	1.215	1.230	1.245	V	
	Temperature Coefficient				3			ppm/°C	
	Hysteresis	(Note 4)			100			ppm	
ADCの特性									
V <sub>IN_ADC</sub>	Voltage Sense Input Range (Note 5)	Differential Voltage	LTC2971 V <sub>VOUT_SNS0</sub> – V <sub>GNDSNS0</sub> V <sub>VOUT_SNS1</sub> – V <sub>GNDSNS1</sub>	●	0 0	60 60		V V	
			LTC2971-1 V <sub>VOUT_SNS0</sub> – V <sub>GNDSNS0</sub> V <sub>VOUT_SNS1</sub> – V <sub>GNDSNS1</sub>	●	0 – 60	60 0		V V	
			LTC2971-2 V <sub>VOUT_SNS0</sub> – V <sub>GNDSNS0</sub> V <sub>VOUT_SNS1</sub> – V <sub>GNDSNS1</sub>	●	– 60 – 60	0 0		V V	
			LTC2971-3 V <sub>VOUT_SNS0</sub> – V <sub>GNDSNS0</sub> V <sub>VOUT_SNS1</sub> – V <sub>GNDSNS1</sub>	●	0 0	60 1.8		V V	
			Single-Ended Voltage: V <sub>GNDSNSn</sub>			– 0.1	0.1		V
		Single-Ended Voltage: V <sub>GNDSNSn</sub>			– 0.1	0.1		V	
	Current Sense Input Range Mfr_config_imon_sel = 0	Single-Ended Voltage	LTC2971 V <sub>IOUT_SNSP/M0</sub> V <sub>IOUT_SNSP/M1</sub>	● ●	3 3	60 60		V V	
			LTC2971-1 V <sub>IOUT_SNSP/M0</sub> V <sub>IOUT_SNSP/M1</sub>	● ●	3 – 60	60 – 0.5		V V	
			LTC2971-2 V <sub>IOUT_SNSP/M0</sub> V <sub>IOUT_SNSP/M1</sub>	● ●	– 60 – 60	– 0.5 – 0.5		V V	
			LTC2971-3 V <sub>IOUT_SNSP/M0</sub> V <sub>IOUT_SNSP/M1</sub>	● ●	3 0	60 1.65		V V	
			Differential Current Sense Voltage: V <sub>IOUT_SNSPn</sub> – V <sub>IOUT_SNSMn</sub>		●	– 80	80		mV
		Differential Current Sense Voltage: V <sub>IOUT_SNSPn</sub> – V <sub>IOUT_SNSMn</sub>		●	– 80	80		mV	
		Differential Current Sense Voltage: V <sub>IOUT_SNSPn</sub> – V <sub>IOUT_SNSMn</sub>		●	– 80	80		mV	
		Single-Ended Voltage: V <sub>IOUT_SNSMn</sub>		●	– 0.1	0.1		V	
		Current Sense Input Range Mfr_config_imon_sel = 1 (Note 6)	Differential Current Sense Voltage	LTC2971, V <sub>IOUT_SNSPn</sub> – V <sub>IOUT_SNSMn</sub>	●	– 0.1	1.8		V
				LTC2971-1, V <sub>IOUT_SNSP0</sub> – V <sub>IOUT_SNSM0</sub>	●	– 0.1	1.8		V
LTC2971-3, V <sub>IOUT_SNSPn</sub> – V <sub>IOUT_SNSMn</sub>	●			– 0.1	1.8		V		
Single-Ended Voltage: V <sub>IOUT_SNSMn</sub>				●	– 0.1	0.1		V	
Single-Ended Voltage: V <sub>IOUT_SNSMn</sub>			●	– 0.1	0.1		V		
N <sub>ADC</sub>	Voltage Sense Resolution	0V ≤  V <sub>IN_ADC</sub>   ≤ 60V, READ_VOUT			4.5			mV/LSB	
		LTC2971-3, 0V ≤ V <sub>VOUT_SNS1</sub> – V <sub>GNDSNS1</sub> ≤ 1.8V, READ_VOUT			122			μV/LSB	
	Current Sense Resolution with IOUT_CAL_GAIN = 1Ω	Mfr_config_imon_sel = 0 0mV ≤  V <sub>IN_ADC</sub>   ≤ 16mV (Note 7) 16mV ≤  V <sub>IN_ADC</sub>   ≤ 32mV 32mV ≤  V <sub>IN_ADC</sub>   ≤ 63.9mV 63.9mV ≤  V <sub>IN_ADC</sub>   ≤ 80mV			15.625 31.25 62.5 125			μA/LSB μA/LSB μA/LSB μA/LSB	
		Mfr_config_imon_sel = 1			62.5			μA/LSB	
		Temperature Sense Resolution			0.0476			°C/LSB	

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{DDIO} = V_{DD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TUE_ADC_VOUT	Total Unadjusted Error Voltage Sense Inputs (Note 3)	$10\text{V} \leq  V_{IN\_ADC}  \leq 60\text{V}$	●		$\pm 0.25$	% of Reading
		$0\text{V} \leq  V_{IN\_ADC}  \leq 10\text{V}$	●		$\pm 25$	mV
		LTC2971-3, $1\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GND\_SNS1} \leq 1.8\text{V}$	●		$\pm 0.25$	% of Reading
		LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GND\_SNS1} \leq 1\text{V}$			$\pm 2.5$	mV
TUE_ADC_IOUT	Total Unadjusted Error Current Sense Inputs (Note 3)	Mfr_config_imon_sel = 0 $20\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  \leq 80\text{mV}$	●		$\pm 0.6$	% of Reading
		Mfr_config_imon_sel = 0 $ V_{IN\_ADC}  \leq 20\text{mV}$	●		$\pm 120$	$\mu\text{V}$
		Mfr_config_imon_sel = 1 $V_{IN\_ADC} \geq 1\text{V}$	●		$\pm 0.25$	% of Reading
		Mfr_config_imon_sel = 1 $0 \leq V_{IN\_ADC} \leq 1\text{V}$	●		$\pm 2.5$	mV
VOS_ADC	Offset Error	$V_{IOUT\_SNSPn} = V_{IOUT\_SNSMn}$ , $V_{OS} \cdot I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ , $I_{OUT\_CAL\_GAIN} = 1000\text{m}\Omega$ Mfr_config_imon_sel = 0	●		$\pm 70$	$\mu\text{V}$
CMRR_IOUT	DC CMRR	$ V_{IOUT\_SNSPn} - V_{IOUT\_SNSMn}  = 80\text{mV}$ , over Single-Ended Voltage Range		135		dB
		LTC2971-3, $ V_{IOUT\_SNSP1} - V_{IOUT\_SNSM1}  = 80\text{mV}$ , over Single-Ended Voltage Range		100		dB
	AC CMRR	$ V_{IOUT\_SNSPn} - V_{IOUT\_SNSMn}  = 80\text{mV}$ , $ V_{IOUT\_SNSPn}  = 12\text{V} \pm 80\text{mV}$ , $f = 62.5\text{kHz}$		92		dB
tCONV_ADC	Conversion Time (Note 8)	$V_{OUT\_SNSn}$ , $GND_{SNSn}$ , $V_{IN\_SNS}$ Inputs		6.15		ms
		$I_{OUT\_SNSPn}$ , $I_{OUT\_SNSMn}$ , $I_{IN\_SNSPn}$ , $I_{IN\_SNSMn}$ , Inputs Mfr_config_imon_sel = 0		24.6		ms
		$I_{OUT\_SNSPn}$ , $I_{OUT\_SNSMn}$ Inputs Mfr_config_imon_sel = 1		6.15		ms
		Internal Temperature (READ_TEMPERATURE_2)		24.6		ms
tUPDATE_ADC	Update Time (Note 8)	Mfr_ein_config_hd = 0		135		ms
		Mfr_ein_config_hd = 1		305		ms
fIN_ADC	Input Sampling Frequency			62.5		kHz

## 検出入力の特性 (Note 9)

RIN_VSENSE	Input Resistance	$V_{OUT\_SNSn}$ and $GND_{SNSn}$ Inputs	●	400	500	625	k $\Omega$
		LTC2971-3 $V_{OUT\_SNS1}$ and $GND_{SNS1}$ Inputs	●	500			k $\Omega$
IIN_IOUT_SNS	Input Current	$I_{OUT\_SNSPn}$ and $I_{OUT\_SNSMn}$ Inputs Mfr_config_imon_sel = 0	●		$\pm 10$		$\mu\text{A}$
		$I_{OUT\_SNSPn}$ and $I_{OUT\_SNSMn}$ Inputs Mfr_config_imon_sel = 1	●		$\pm 1$		$\mu\text{A}$
	Differential Input Current	$I_{OUT\_SNSPn}$ and $I_{OUT\_SNSMn}$ Inputs, $ V_{IN\_DIFF}  = 80\text{mV}$ , Mfr_config_imon_sel = 0	●	$\pm 0.1$			$\mu\text{A}$
		$I_{OUT\_SNSPn}$ and $I_{OUT\_SNSMn}$ Inputs, $ V_{IN\_DIFF}  = 80\text{mV}$ , Mfr_config_imon_sel = 1	●		$\pm 1$		$\mu\text{A}$

## DACの出力特性

N_VDAC	Resolution			10		Bits
--------	------------	--	--	----	--	------

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{VDDIO} = V_{VDD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{FS\_VDAC}$	Full-Scale Output Voltage (Programmable)	DAC Code=0x3FF	● 1.3	1.38	1.44	V
		DAC Polarity=1	● 2.5	2.65	2.77	V
$INL\_VDAC$	Integral Nonlinearity	(Note 10)	●		±2	LSB
$DNL\_VDAC$	Differential Nonlinearity	(Note 10)	●		±2.4	LSB
$V_{OS\_VDAC}$	Offset Voltage	(Note 10)	●		±12	mV
$V_{DAC}$	Load Regulation	$V_{DACn}$ programmed to 2.65V, $I_{VDACn} = 2\text{mA}$		0.5		Ω
		$V_{DACn}$ programmed to 0.1V, $I_{VDACn} = -2\text{mA}$		0.5		Ω
	PSRR	DC: $3.13\text{V} \leq V_{VDD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{VPWR} = V_{VDD33}$		60		dB
	Leakage Current	$V_{DACn}$ Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{VDACn} \leq 5\text{V}$	●		±100	nA
	Short-Circuit Current Low	$V_{DACn}$ Shorted to GND	● -12		-2.5	mA
	Short-Circuit Current High	$V_{DACn}$ Shorted to $V_{DD33}$	● 2.5		12	mA
$C_{OUT}$	Output Capacitance	$V_{DACn}$ Hi-Z		10		pF
$t_{S\_VDAC}$	DAC Output Update Rate	Fast Servo Mode		250		μs

## 電圧スーパーバイザの特性

$V_{IN\_VS}$	Input Voltage Range (Programmable) (Note 5)	Differential Voltage, Low Resolution Mode	LTC2971 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	60	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● 0	60	V
			LTC2971-1 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	60	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● -60	0	V
			LTC2971-2 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● -60	0	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● -60	0	V
			LTC2971-3 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	60	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● 0	1.8	V
		Differential Voltage, High Resolution Mode	LTC2971 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	34	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● 0	34	V
			LTC2971-1 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	34	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● -34	0	V
			LTC2971-2 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● -34	0	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● -34	0	V
			LTC2971-3 $V_{VOUT\_SNS0} - V_{GNDSENS0}$	● 0	34	V
			$V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1}$	● 0	1.5	V
		Single-Ended Voltage: $V_{GNDSENSn}$		● -0.1	0.1	V
$N\_VS$	Voltage Sensing Resolution	Low Resolution Mode	$0\text{V} \leq I_{VIN\_VS} \leq 60\text{V}$		70.4	mV/LSB
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1} \leq 1.8\text{V}$		3.2	mV/LSB
		High Resolution Mode	$0\text{V} \leq I_{VIN\_VS} \leq 34\text{V}$		35.2	mV/LSB
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSENS1} \leq 1.5\text{V}$		1.6	mV/LSB

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{DDIO} = V_{DD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
TUE_VS_VOUT	Total Unadjusted Error	Low Resolution Mode	$9\text{V} \leq  V_{IN\_VS}  \leq 60\text{V}$	●			$\pm 1.5$	% of Reading
			$0\text{V} \leq  V_{IN\_VS}  \leq 9\text{V}$	●			$\pm 135$	mV
			LTC2971-3, $0.5\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSNS1} \leq 1.8\text{V}$	●			$\pm 1.25$	% of Reading
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSNS1} \leq 0.5\text{V}$	●			$\pm 6$	mV
		High Resolution Mode	$4.5\text{V} \leq  V_{IN\_VS}  \leq 34\text{V}$	●			$\pm 1.25$	% of Reading
			$0\text{V} \leq  V_{IN\_VS}  \leq 4.5\text{V}$	●			$\pm 56$	mV
			LTC2971-3, $0.5\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSNS1} \leq 1.5\text{V}$	●			$\pm 1.25$	% of Reading
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{VOUT\_SNS1} - V_{GNDSNS1} \leq 0.5\text{V}$	●			$\pm 6$	mV
tS_VS	Update Rate					12.21		$\mu\text{s}$

## VIN\_SNSの入力特性

VIN_SNS	VIN_SNS Input Voltage Range	(Note 11)	●	0		60	V
RVIN_SNS	VIN_SNS Input Resistance		●	400	500	625	k $\Omega$
TUE_VS_VIN	VIN_ON, VIN_OFF Threshold Total Unadjusted Error	Low Resolution Mode	$9\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 60\text{V}$	●		$\pm 1.5$	% of Reading
			$0\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 9\text{V}$	●		$\pm 135$	mV
		High Resolution Mode	$4.5\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 34\text{V}$	●		$\pm 1.25$	% of Reading
			$0\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 4.5\text{V}$	●		$\pm 56$	mV
TUE_ADC_VIN	READ_VIN Total Unadjusted Error	$10\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 60\text{V}$		●		$\pm 0.5$	% of Reading
		$0\text{V} \leq V_{IN\_SNS} \leq 10\text{V}$ (Note 11)		●		$\pm 50$	mV

## DACソフト接続コンパレータの特性

VOS_CMP	Offset Voltage	$V_{DACn}$ programmed to 0.2V	●		$\pm 1$	$\pm 18$	mV
		$V_{DACn}$ programmed to 1.38V	●		$\pm 2$	$\pm 26$	mV
		$V_{DACn}$ programmed to 2.65V	●		$\pm 3$	$\pm 52$	mV

## 入力電流検出特性

VIN	Input Range	Single-Ended Voltage: $V_{IIN\_SNSP}$ , $V_{IIN\_SNSM}$ (Note 11)	●	3		60	V
		Differential Current Sense Voltage: $V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}$	●	-80		80	mV
IIN	Input Current	$I_{IN\_SNSP}$ and $I_{IN\_SNSM}$ Inputs				$\pm 10$	$\mu\text{A}$
	Differential Input Current	$I_{IN\_SNSPn}$ and $I_{IN\_SNSMn}$ Inputs, $ V_{IN\_DIFF}  = 80\text{mV}$			$\pm 0.1$		$\mu\text{A}$
TUE_ADC_IIN	Total Unadjusted Error	$20\text{mV} \leq  V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  \leq 80\text{mV}$	●			$\pm 0.6$	% of Reading
		$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  \leq 20\text{mV}$	●			$\pm 120$	$\mu\text{V}$
VOS_IIN	Offset Error	$V_{IIN\_SNSP} = V_{IIN\_SNSM}$	●			$\pm 70$	$\mu\text{V}$



## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{VDDIO} = V_{VDD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMRR_IIN	DC CMRR	$3\text{V} \leq V_{IIN\_SNSP} \leq 60\text{V}$ $ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 80\text{mV}$	●		±4	μV/V
	AC CMRR	$ V_{IIN\_SNSP} - V_{IIN\_SNSM}  = 80\text{mV}$ , $V_{IIN\_SNSP} = 12\text{V} \pm 80\text{mV}$ , $f = 62.5\text{kHz}$		±25		μV/V
tCONV_IIN	Conversion Time			25		ms
tUPDATE	Update Rate			5.4		Hz

## 外部温度センサーの特性 (READ\_TEMPERATURE\_1)

tCONV_TSENSE	Conversion Time	For One Channel, (Total Latency For All Channels Is 2 • 66ms)		66			ms
ITSENSE_HI	TSENSE High Level Current		●	−90	−64	−40	μA
ITSENSE_LOW	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			

## 内部温度センサーの特性 (READ\_TEMPERATURE\_2)

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

## VOUT イネーブル出力 (VOUT\_EN [1:0]) の特性

I_VOUT_ENn	Output Sinking Current	Mfr_config_vo_en_wpd_en = 0 V_VOUT_ENn = 0.4V	●	3	5	8	mA
		Mfr_config_vo_en_wpd_en = 1 V_VOUT_ENn = 0.4V	●	70	100	130	μA
	Output Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{VOUT\_ENn} \leq 60\text{V}$	●			±1	μA
VOUT_VALID	Minimum VDD33 when VOUT_ENn Valid	$V_{VOUT\_ENn} \leq 0.4\text{V}$	●			1.2	V

## 汎用出力 (AUXFAULTB) の特性

I_AUXFAULTB	Output Sinking Current	$V_{AUXFAULTB} = 0.4\text{V}$	●	3	5	8	mA
	Output Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{AUXFAULTB} \leq 60\text{V}$	●			±1	μA

## 電力量計の特性

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

## EEPROM の特性

Endurance	(Notes 12, 13)	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●	10,000			Cycles
Retention	(Notes 12, 13)	$T_J \leq 125^\circ\text{C}$	●	10			Years
tMASS_WRITE	Mass Write Operation Time (Note 14)	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	$1.62\text{V} \leq V_{VDDIO} \leq 3.6\text{V}$	●	0.7 • $V_{VDDIO}$			V
V <sub>IL</sub>	Input Low Threshold Voltage	$1.62\text{V} \leq V_{VDDIO} \leq 3.6\text{V}$	●		0.3 • $V_{VDDIO}$		V
V <sub>HYST</sub>	Input Hysteresis	FAULTBn, CONTROLn, PGn, WDI/RESETB, WP			20		mV
		SDA, SCL			80		mV

## 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  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{DDIO} = V_{DD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、REFP、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{REF} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{LEAK}$	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$	●			$\pm 2$	$\mu\text{A}$
$t_{SP}$	Pulse Width of Spike Suppressed	FAULTBn, CONTROLn			10		$\mu\text{s}$
		SDA, SCL			98		ns
$t_{FAULT\_MIN}$	Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults			180			ms
$t_{RESETB}$	Pulse Width to Assert Reset	$V_{WDI}/RESETB \leq 1.5\text{V}$	●	300			$\mu\text{s}$
$t_{WDI}$	Pulse Width to Reset Watchdog Timer	$V_{WDI}/RESETB \leq 1.5\text{V}$	●	0.3		200	$\mu\text{s}$
$f_{WDI}$	Watchdog Timer Interrupt Input Frequency		●			1	MHz
$C_{IN}$	Input Capacitance				10		pF

## デジタル入力 SHARE\_CLK

$V_{IH}$	High Level Input Voltage		●	1.6			V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage		●			0.8	V
$f_{SHARE\_CLK\_IN}$	Input Frequency Operating Range		●	90		110	kHz
$t_{LOW}$	Assertion Low Time	$V_{SHARE\_CLK} < 0.8\text{V}$	●	0.825		1.11	$\mu\text{s}$
$t_{RISE}$	Rise Time	$V_{SHARE\_CLK} < 0.8\text{V}$ to $V_{SHARE\_CLK} > 1.6\text{V}$	●			450	ns
$I_{LEAK}$	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{SHARE\_CLK} \leq V_{DD33} + 0.3\text{V}$	●			$\pm 1$	$\mu\text{A}$
$C_{IN}$	Input Capacitance				10		pF

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

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

## デジタル入力 ASEL0、ASEL1

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

## シリアル・バスのタイミング特性

$f_{SCL}$	Serial Clock Frequency (Note 15)		●	10		400	kHz
$t_{LOW}$	Serial Clock Low Period (Note 15)		●	1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HIGH}$	Serial Clock High Period (Note 15)		●	0.6			$\mu\text{s}$
$t_{BUF}$	Bus Free Time Between Stop and Start (Note 15)		●	1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HD,STA}$	Start Condition Hold Time (Note 15)		●	600			ns
$t_{SU,STA}$	Stop Condition Setup Time (Note 15)		●	600			ns
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Setup Time (Note 15)		●	600			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  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$  での規格値。他に指示がない限り、 $V_{VPWR} = 12\text{V}$ 、 $V_{VDDIO} = V_{VDD33}$ 、 $V_{DD33}$ 、 $V_{DD25}$ 、 $\text{REFP}$ 、および  $\text{REFM}$  ピンはフロート状態。 $C_{VDD33} = 100\text{nF}$ 、 $C_{VDD25} = 100\text{nF}$ 、および  $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{\text{HD,DAT}}$	Data Hold Time (LTC2971 Receiving Data) (Note 15)		●	0		ns
	Data Hold Time (LTC2971 Transmitting Data) (Note 15)		●	300	900	ns
$t_{\text{SU,DA}}$	Data Setup Time (Note 15)		●	100		ns
$t_{\text{SP}}$	Pulse Width of Spike Suppressed (Note 15)			98		ns
$t_{\text{TIMEOUT\_BUS}}$	Time Allowed to Complete any PMBus Command After Which Time SDA Will Be Released and Command Terminated	$\text{Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout} = 0$	●	25	35	ms
		$\text{Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout} = 1$	●	200	280	ms

その他のデジタル・タイミング特性

$t_{\text{OFF\_MIN}}$	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。 $V_{\text{DD33}}$  ピンのみから電力供給される場合は、 $V_{\text{PWR}}$  と  $V_{\text{DD33}}$  ピンを互いに接続する。

**Note 3:** ADCの総合未調整誤差には、全ての誤差発生源が含まれる。まず、2点間のアナログ・トリミングを実行して、全温度範囲にわたって平坦なリファレンス電圧 ( $V_{\text{REF}}$ ) を得る。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、ドリフトもノイズも発生しないデジタル・トリミングをADCの出力で行い、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  $125^{\circ}\text{C}$  または  $-40^{\circ}\text{C}$  の温度環境に置かれる。ヒステリシスは温度変化の2乗にほぼ比例する。

**Note 5:** 内部回路は  $V_{\text{OUT\_SNS}} - \text{GND}_{\text{SNS}}$  の絶対値を処理する。したがって、すべてのデジタル電圧の読み出し値とプログラム値は正である。

**Note 6:** 負の範囲があるチャンネルには、 $\text{IMON}$  機能はない。これらのチャンネルでは、 $\text{Mfr\_config\_imon\_sel}$  を1に設定してもデバイスに支障はないが、誤った結果が返される。

**Note 7:** 電流検出の分解能は、 $\text{L11}$  フォーマット、 $\text{IOUT\_CAL\_GAIN}$  の値、および測定する電流の大きさによって決まる。詳細については、表3を参照。

**Note 8:** ADC連続変換間の公称の時間(ADCの遅延)は、いずれのチャンネルでも  $\text{UPDATE\_ADC}$  である。

**Note 9:**  $V_{\text{OUT\_SNS}}$ 、 $\text{GND}_{\text{SNS}}$ 、および  $\text{IOUT\_SNS}$  の入力電流の特性は、入力電流と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 (非反転) のデバイス・ピンに流れ込む電流、 $I^-$  は負 (反転) のデバイス・ピンに流れ込む電流。

**Note 10:** 非直線性は、先頭コード (オフセットの仕様最大値以上) からフルスケール・コード (1023) までの範囲で定義される。

**Note 11:**  $\text{READ\_VIN}$  の動作範囲が  $0\text{V} \leq V_{\text{VIN\_SNS}} \leq 60\text{V}$  のとき、 $\text{READ\_IIN}$ 、 $\text{READ\_PIN}$ 、および  $\text{MFR\_EIN}$  の有効な動作範囲は  $3\text{V} \leq V_{\text{IIN\_SNSP/M}} \leq 60\text{V}$  である。

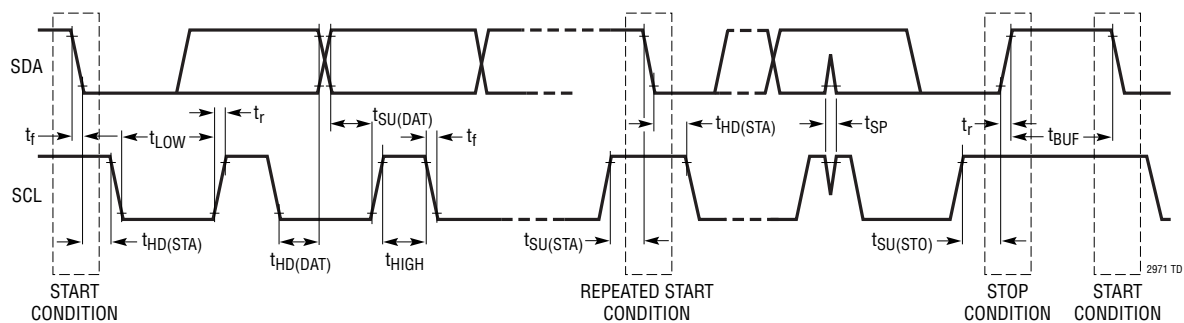
**Note 12:** EEPROM の書換え回数とデータ保持期間は、 $T_J > 125^{\circ}\text{C}$  のとき減少する。

**Note 13:** EEPROM の書換え回数とデータ保持期間は、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によって確認されている。データ保持期間の最小仕様は、内蔵のEEPROMの書換え回数がその最小仕様より少ないデバイスに適用される。

**Note 14:** LTC2971は、 $\text{STORE\_USER\_ALL}$  コマンドが実行されている場合、どのPMBusコマンドに対してもアクノレッジを返さない (ただし、 $\text{MFR\_COMMON}$  を除く)。動作のセクションも参照。

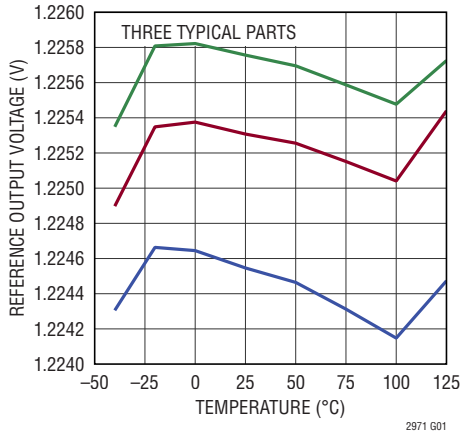
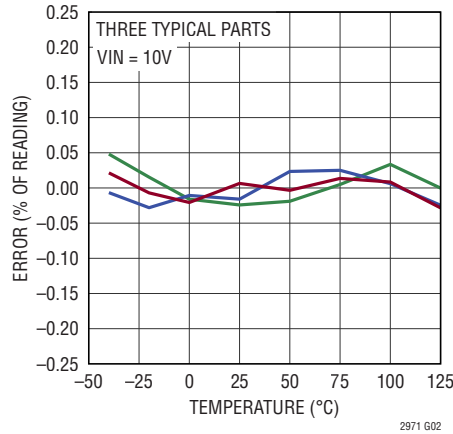
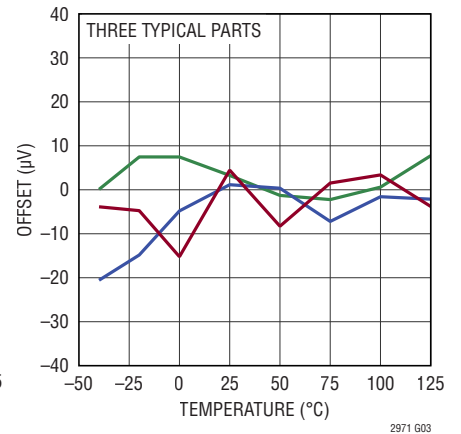
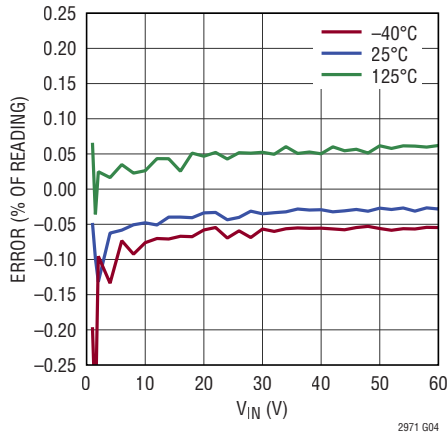
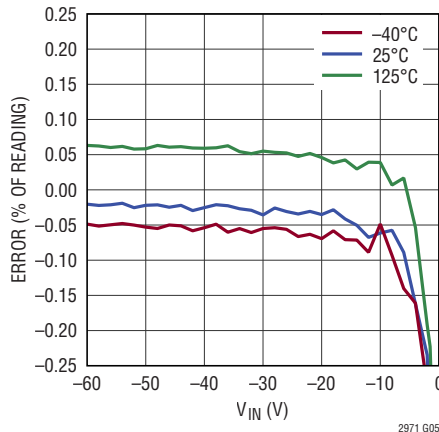
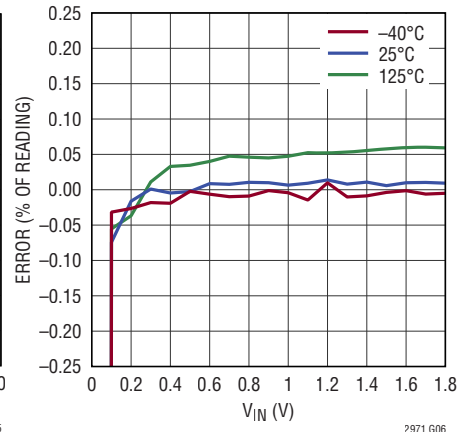
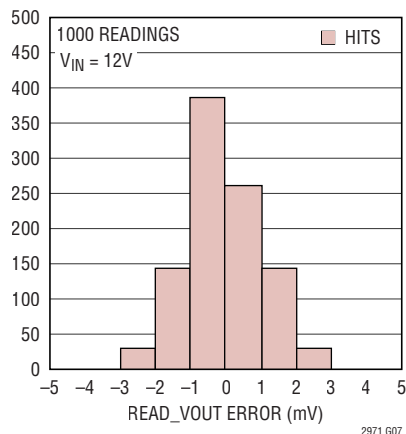
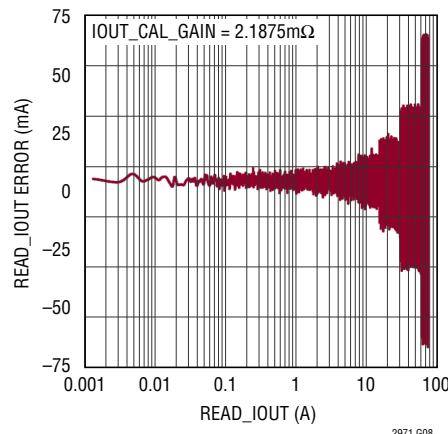
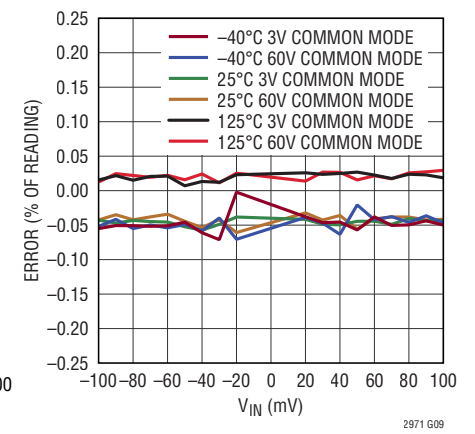
**Note 15:** SCLとSDAの最大容量性負荷  $C_B$  は  $400\text{pF}$ 。データとクロックの立上がり時間 ( $t_r$ ) と立下がり時間 ( $t_f$ ) は、それぞれ  $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_r < 300\text{ns}$  および  $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_f < 300\text{ns}$ 。  $C_B$  は1本のバス・ラインの容量 (pF)。SCLとSDAの外部プルアップ電圧  $V_{I0}$  の範囲は、 $3.13\text{V} < V_{I0} < 3.6\text{V}$ 。

## PMBusのタイミング図

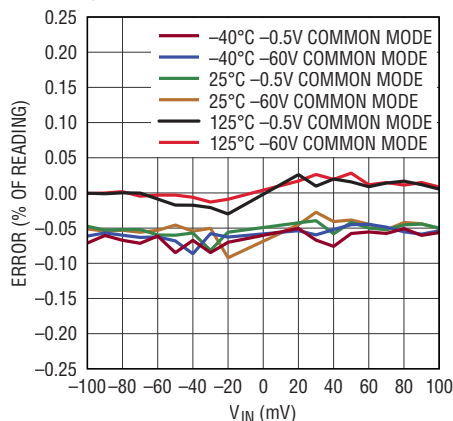
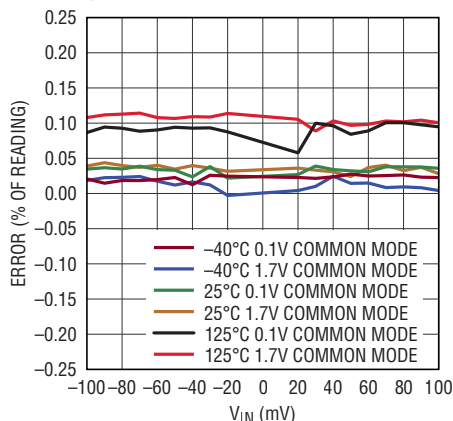
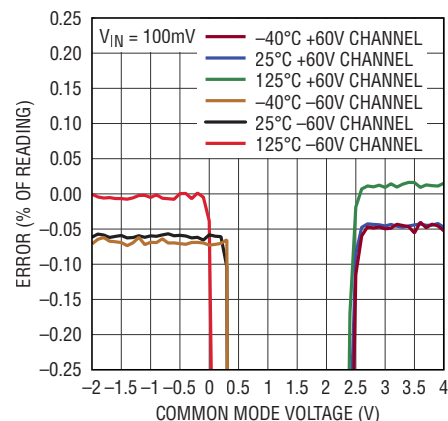
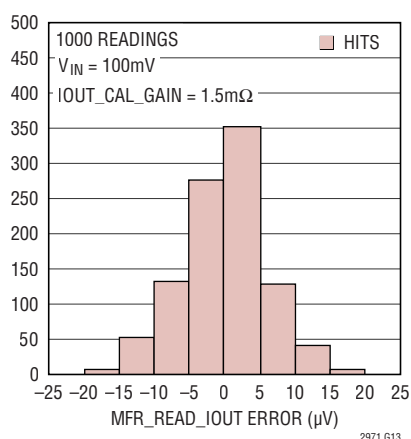


## 代表的な性能特性

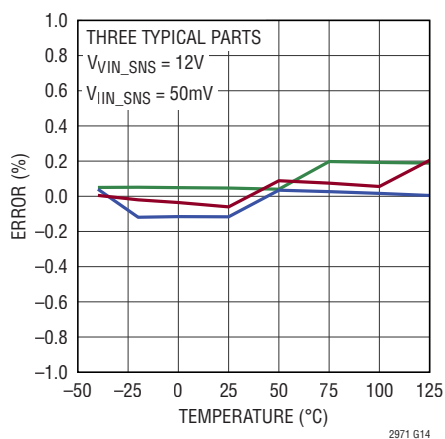
リファレンス電圧と温度

ADCのREAD\_VOUTの  
ADC総合未調整誤差と温度ADCのREAD\_IOUTの  
入力換算オフセット電圧と温度+60VチャンネルのREAD\_VOUTの  
総合未調整誤差と入力電圧-60VチャンネルのREAD\_VOUTの  
総合未調整誤差と入力電圧+1.8VチャンネルのREAD\_VOUTの  
総合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+60VチャンネルのMFR\_READ\_IOUT  
の総合未調整誤差と入力電圧

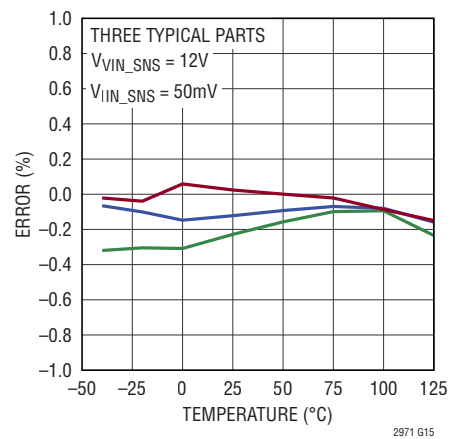
## 代表的な性能特性

-60VチャンネルのMFR\_READ\_IOUTの  
総合未調整誤差と入力電圧+1.8VチャンネルのMFR\_READ\_IOUTの  
総合未調整誤差と入力電圧MFR\_READ\_IOUTの総合未調整  
誤差と低コモンモード電圧ADCのMFR\_READ\_IOUTの  
ノイズ・ヒストグラム

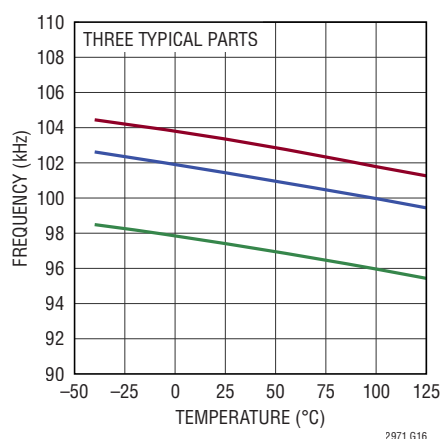
電力の測定誤差



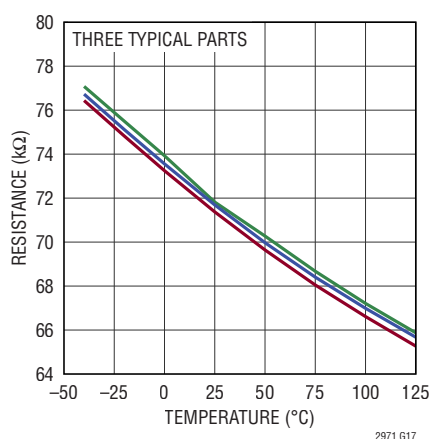
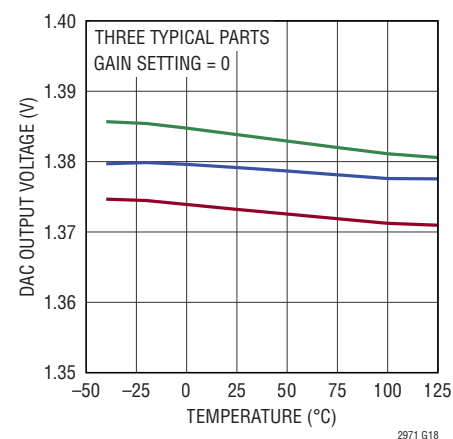
電力量の測定誤差



SHARE\_CLKの出力周波数と温度



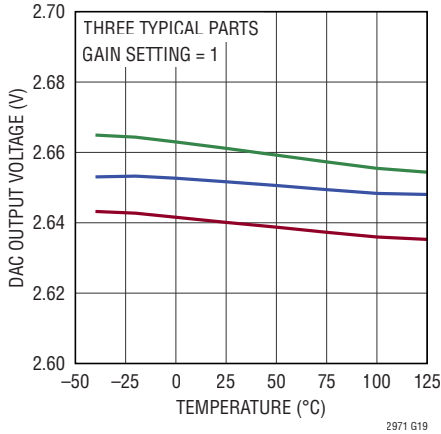
VDDIOの入力抵抗と温度

DACのフルスケール電圧と温度、  
利得設定値=0

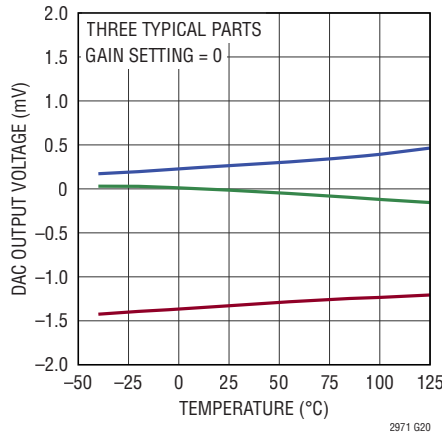


## 代表的な性能特性

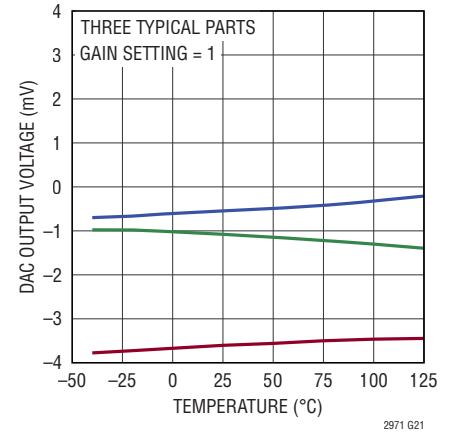
DACのフルスケール電圧と温度、  
利得設定値=1



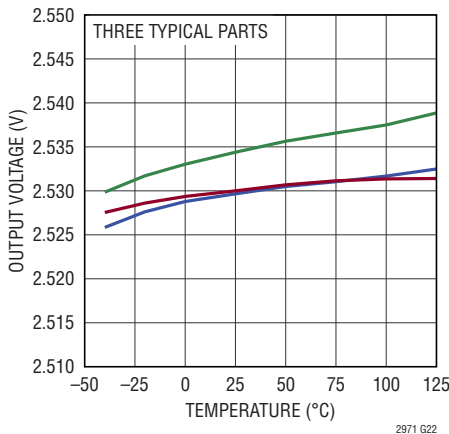
DACのオフセット電圧と温度、  
利得設定値=0



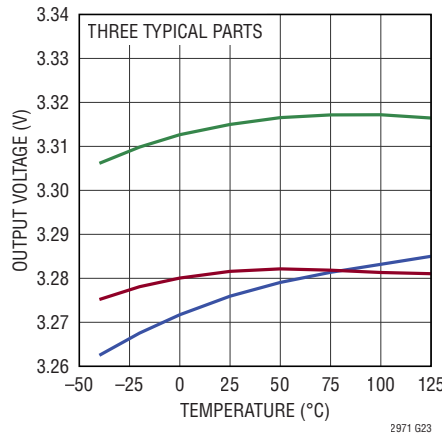
DACのオフセット電圧と温度、  
利得設定値=1



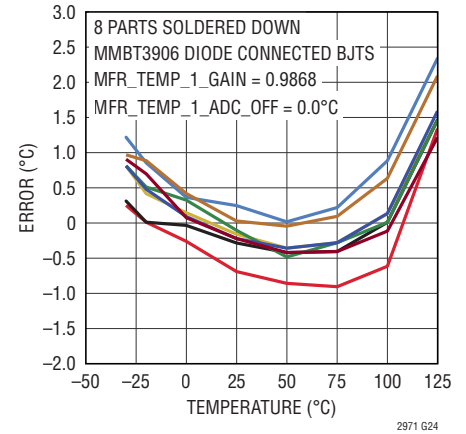
VDD25 レギュレータの出力電圧と  
温度



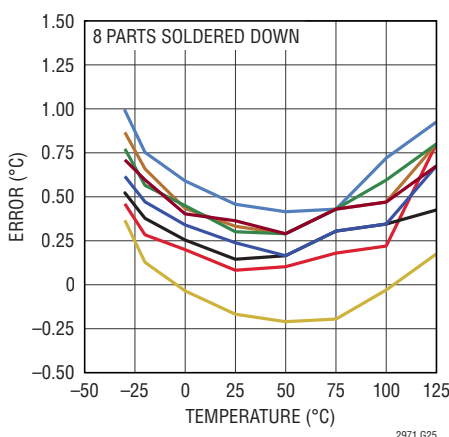
VDD33 レギュレータの出力電圧と  
温度



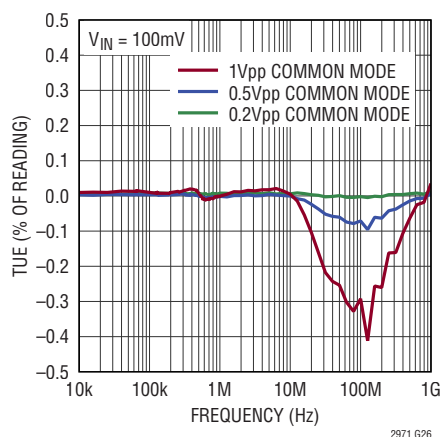
外部温度 READ\_TEMPERATURE\_1 の  
誤差と温度



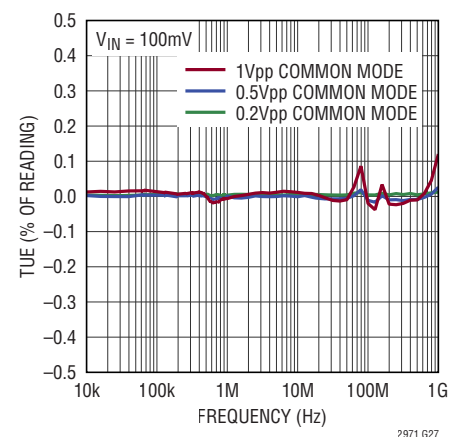
READ\_TEMPERATURE\_2 の誤差と温度



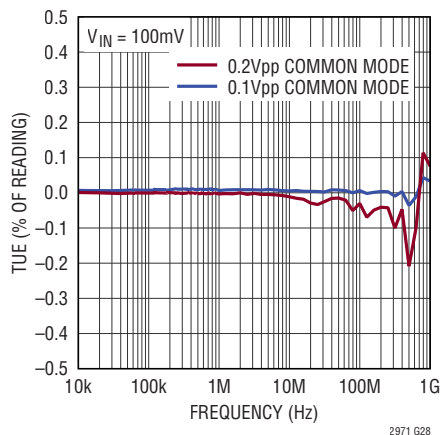
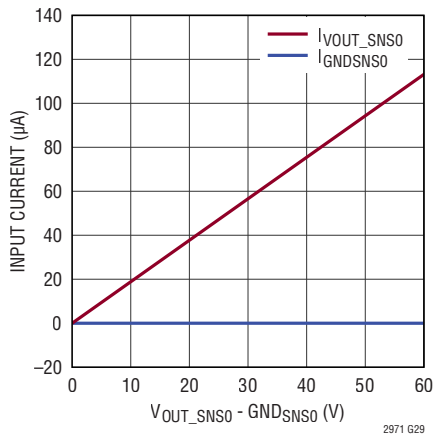
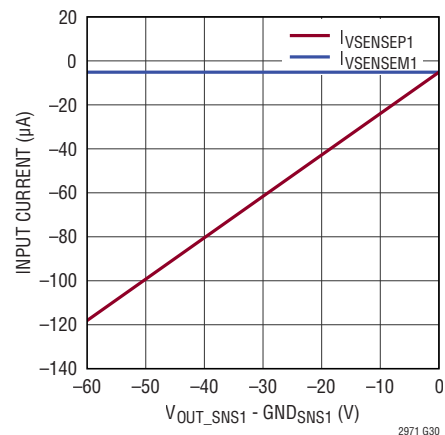
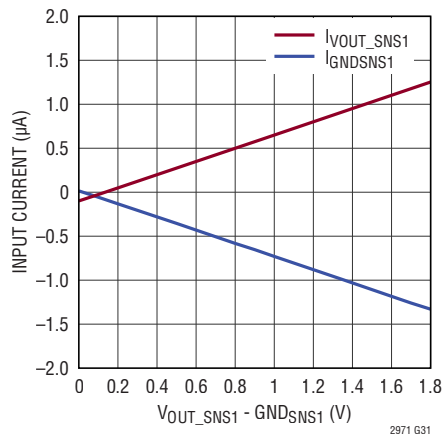
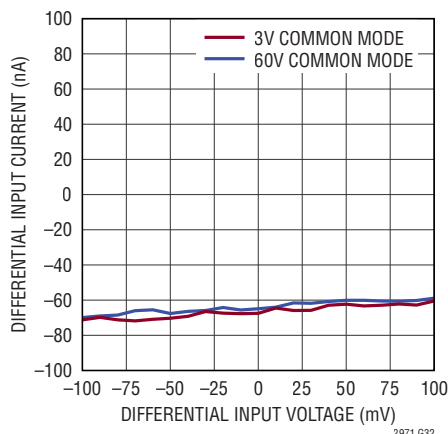
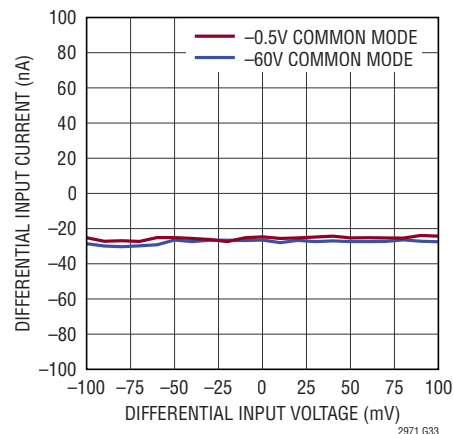
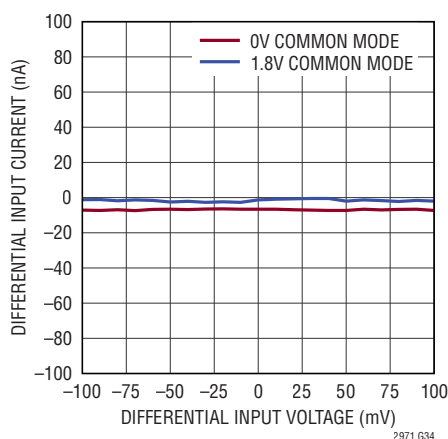
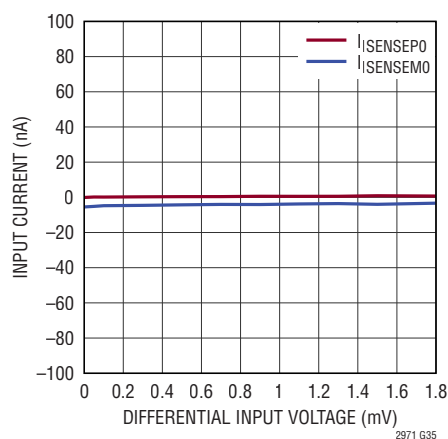
+60VチャンネルのMFR\_READ\_IOUTの  
総合未調整誤差とACコモンモード



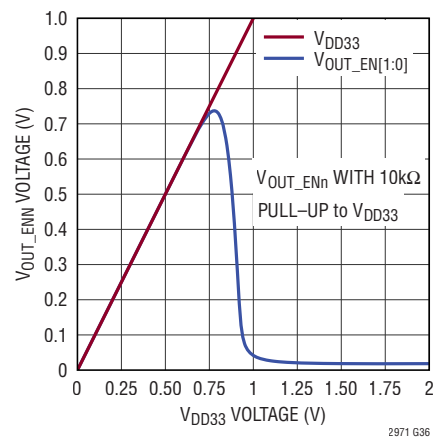
-60VチャンネルのMFR\_READ\_IOUTの  
総合未調整誤差とACコモンモード



## 代表的な性能特性

+1.8VチャンネルのMFR\_READ\_IOUTの  
総合未調整誤差とACコモンモード+60Vチャンネルの電圧検出  
入力電流と差動入力電圧-60Vチャンネルの電圧検出  
入力電流と差動入力電圧+1.8Vチャンネルの電圧検出  
入力電流と差動入力電圧+60Vチャンネルの電流検出差動  
入力電流と差動入力電圧-60Vチャンネルの電流検出差動  
入力電流と差動入力電圧+1.8Vチャンネルの電流検出差動  
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

VOUT\_EN[1:0]の出力電圧とVDD33



## ピン機能

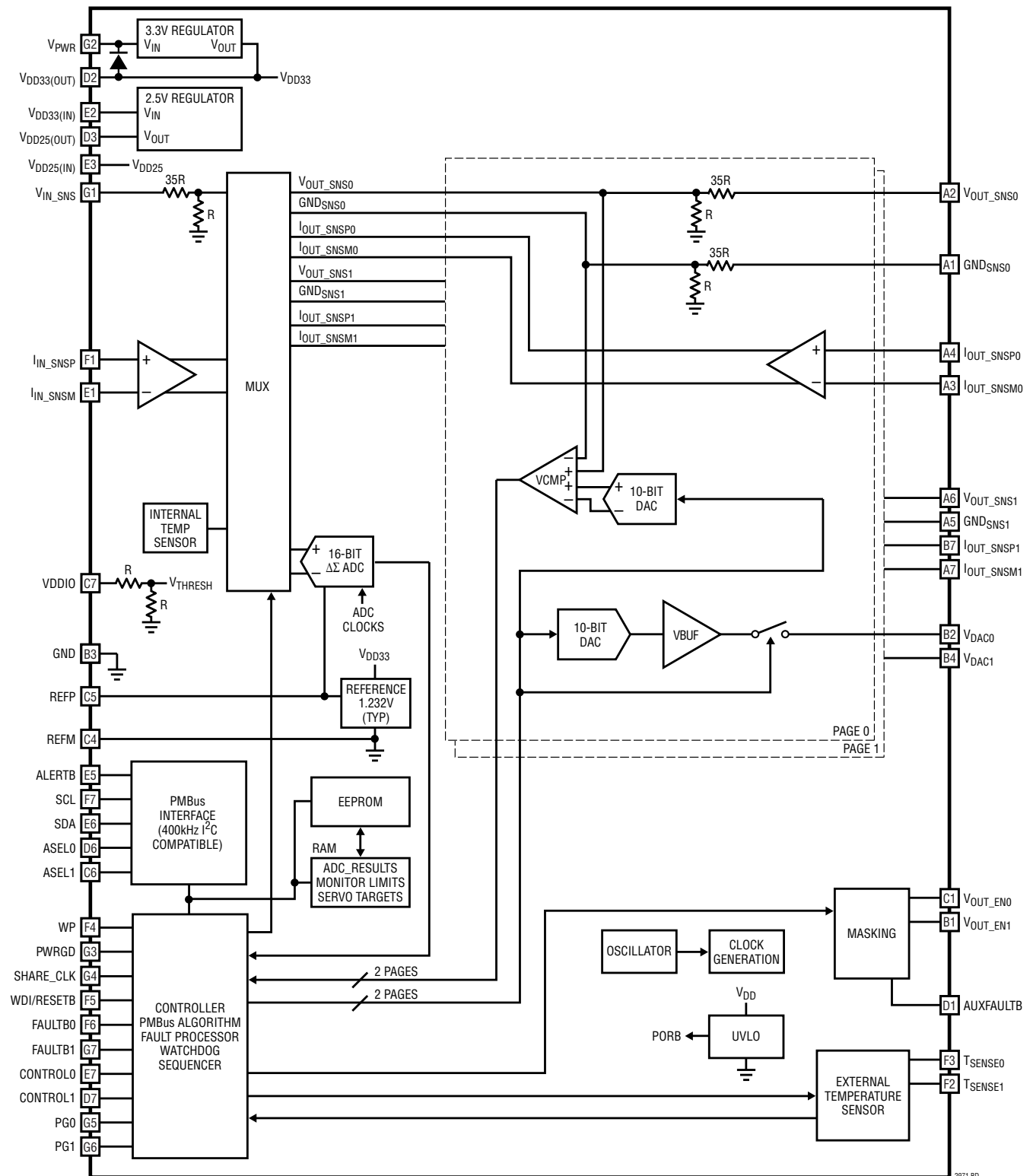
ピン名称	ピン番号	ピンのタイプ	説明
V <sub>OUT_SNS0</sub>	A2	入力	DC/DC コンバータの差動出力電圧 0 の検出ピン
GND <sub>SNS0</sub>	A1	入力	DC/DC コンバータの差動出力電圧 0 のグラウンド検出ピン
V <sub>OUT_EN0</sub>	C1	出力	DC/DC コンバータのイネーブル 0 ピン
V <sub>OUT_EN1</sub>	B1	出力	DC/DC コンバータのイネーブル 1 ピン
AUXFAULTB	D1	出力	補助障害出力ピン。0V/UV の検出時にローになるよう設定できます。
DNC	B6	接続しない	接続しないでください。このピンはフロート状態のままにしておきます。
V <sub>IN_SNS</sub>	G1	入力	V <sub>IN</sub> の検出入力。この電圧は、下流の DC/DC コンバータをイネーブルするタイミングおよびディスエーブルするタイミングを決めるため、それぞれ V <sub>IN</sub> のオンとオフの電圧閾値と比較されます。
V <sub>PWR</sub>	G2	入力	V <sub>PWR</sub> は、チップへの非安定化電源入力として機能します。4.5V~60V の電源電圧を供給できない場合は、V <sub>PWR</sub> を V <sub>DD33</sub> に短絡して、3.3V 電源からチップに直接電力を供給します。0.1μF のコンデンサで GND にバイパスします。
V <sub>DD33</sub>	D2	入力/出力	V <sub>PWR</sub> に短絡すると、3.13~3.47V の電源入力ピンとして機能します。短絡しない場合は、3.3V の内部安定化電圧出力になります。内部レギュレータを使用して V <sub>DD33</sub> を供給する場合は、他のどのデバイスの V <sub>DD33</sub> ピンにも接続しないでください。0.1μF のコンデンサで GND にバイパスします。
V <sub>DD33</sub>	E2	入力	内部 2.5V サプレギュレータの入力。このピンは D2 と短絡します。内部レギュレータを使用して V <sub>DD33</sub> を供給する場合は、他のどのデバイスの V <sub>DD33</sub> ピンにも接続しないでください。
V <sub>DD25</sub>	D3	入力/出力	2.5V の内部安定化電圧出力。0.1μF のコンデンサで GND にバイパスします。他のどのデバイスの V <sub>DD25</sub> ピンにも接続しないでください。
V <sub>DD25</sub>	E3	入力	2.5V 電源電圧入力。このピンは D3 と短絡します。他のどのデバイスの V <sub>DD25</sub> ピンにも接続しないでください。
T <sub>SENSE0</sub>	F3	入力/出力	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 です。
T <sub>SENSE1</sub>	F2	入力/出力	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 です。
PWRGD	G3	出力	パワーグッドのオープンドレイン出力。選択されている出力の電力が十分であることを示します。システムのパワーオン・リセットとして使用できます。
SHARE_CLK	G4	入力/出力	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> に接続します。システム内にある他の全ての SHARE_CLK ピンに接続します。
PG0	G5	入力/出力	チャンネル 0 の設定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> に接続します。
PG1	G6	入力/出力	チャンネル 1 の設定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> に接続します。
WDI/RESETB	F5	入力	ウォッチドッグ・タイマーの割込み入力およびチップ・リセット入力。10kΩ のプルアップ抵抗を V <sub>DD33</sub> に接続します。立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ます。このピンをローに保持する時間が t <sub>RESETB</sub> より長くなると、チップはリセットされます。
FAULTB0	F6	入力/出力	オープンドレイン出力およびデジタル入力。アクティブ・ローの双方向障害インジケータ 0。10kΩ のプルアップ抵抗を V <sub>DDIO</sub> に接続します。
FAULTB1	G7	入力/出力	オープンドレイン出力およびデジタル入力。アクティブ・ローの双方向障害インジケータ 1。10kΩ のプルアップ抵抗を V <sub>DDIO</sub> に接続します。
WP	F4	入力	デジタル入力。アクティブ・ハイの書込み保護入力ピン。
SDA	E6	入力/出力	PMBus 双方向シリアル・データ・ピン
SCL	F7	入力	PMBus シリアル・クロック入力ピン (最大 400kHz)
ALERTB	E5	出力	オープンドレイン出力。障害/警告の状況で割込み要求を生成します。
CONTROL0	E7	入力	制御ピン 0 の入力
CONTROL1	D7	入力	制御ピン 1 の入力
V <sub>DDIO</sub>	C7	入力	SHARE_CLK、ASEL[1:0]、V <sub>OUT_EN</sub> [1:0]、および AUXFAULTB 以外の全てのデジタル入力の入力閾値を V <sub>DDIO</sub> の約 45% に設定します。1.62V~3.6V の電源電圧を接続します。LTC2971 の全てのピン (ただし、WDI/RESETB、SHARE_CLK、および V <sub>OUT_EN</sub> [1:0] を除く) のプルアップ抵抗をこのピンに接続します。これらのピンのプルアップ抵抗は V <sub>DD33</sub> に接続します。

## ピン機能

ピン名称	ピン番号	ピンのタイプ	説明
ASEL0	D6	入力	3 値のアドレス選択ピン 0 の入力。V <sub>DD33</sub> または GND に接続するか、フロート状態にして、3 つのロジック状態のうちの 1 つにエンコードします。
ASEL1	C6	入力	3 値のアドレス選択ピン 1 の入力。V <sub>DD33</sub> または GND に接続するか、フロート状態にして、3 つのロジック状態のうちの 1 つにエンコードします。
REFP	C5	出力	リファレンス電圧出力。0.1μF のデカップリング・コンデンサを REFM に接続する必要があります。
REFM	C4	出力	リファレンスの帰還ピン。0.1μF のデカップリング・コンデンサを REFP に接続する必要があります。
I <sub>OUT_SNSP0</sub>	A4	入力	DC/DC コンバータの差動 (+) 出力電流 0 の検出ピン
I <sub>OUT_SNSM0</sub>	A3	入力	DC/DC コンバータの差動 (-) 出力電流 0 の検出ピン
I <sub>OUT_SNSP1</sub>	B7	入力	DC/DC コンバータの差動 (+) 出力電流 1 の検出ピン
I <sub>OUT_SNSM1</sub>	A7	入力	DC/DC コンバータの差動 (-) 出力電流 1 の検出ピン
GND	B3, B5, C2, C3, D4, D5, E4	グラウンド	
V <sub>DAC0</sub>	B2	出力	DAC0 の出力
V <sub>DAC1</sub>	B4	出力	DAC1 の出力
I <sub>IN_SNSP</sub>	F1	入力	DC/DC コンバータの差動 (+) 入力電流検出ピン
I <sub>IN_SNSM</sub>	E1	入力	DC/DC コンバータの差動 (-) 入力電流検出ピン
V <sub>OUT_SNS1</sub>	A6	入力	DC/DC コンバータの差動出力電圧 1 の検出ピン
GND <sub>SNS1</sub>	A5	入力	DC/DC コンバータの差動出力電圧 1 のグラウンド検出ピン

\* 使用しない V<sub>OUT\_SNS<sub>n</sub></sub>/GND<sub>SNS<sub>n</sub></sub>、I<sub>OUT\_SNSP<sub>n</sub></sub>、I<sub>OUT\_SNSM<sub>n</sub></sub>、または T<sub>SENSE<sub>n</sub></sub> ピンは GND に接続してください。アプリケーション情報のセクションの不使用の ADC 検入出力を参照してください。

## ブロック図



標準的応用例と簡略ブロック図の組み合わせについては、図 30 を参照

## 動作

### LTC2971 の動作の概要

LTC2971 は、PMBus でプログラマブルな電源コントローラ、モニタ、シーケンサ、および電圧スーパーバイザで、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・コマンドを受け付けます。
- 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 LTC2971 の内部温度の読出しを PMBus インターフェースを介して実行します。
- DC/DC コンバータの IMON ピンまたは DCR 検出ネットワークに直接接続して、出力電流の遠隔測定値を読み出します。
- トリム・ピンで出力電圧を設定する DC/DC コンバータ、または外付け抵抗の帰還ネットワークを使用して出力電圧を設定する DC/DC コンバータの出力を制御します。
- 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します。LTC2971 は、時間ベースのシーケンス制御とトラッキング・シーケンス制御をサポートします。また、カスケード・シーケンスをオンにして時間ベースのシーケンスをオフにする方式もサポートされています。
- クローズドループのサーボ動作モード、自律式、PMBus でのプログラミングのいずれかの方法により、DC/DC コンバータの出力電圧を(代表値では 0.02% 刻みで)トリミングします。
- DC/DC コンバータの出力電圧を、PMBus でプログラムしたりリミットまでマーギニングします。
- マーギン 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ギニングします。
- 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 でプログラムした制限値に対して過大または過小な状態かどうか監視して、該当する障害情報や警告を生成します。
- 独自のアルゴリズムを使用してインダクタの自己発熱の過渡状態を的確に処理します。この自己発熱の影響と外部温度センサーの読出し値を組み合わせ、ADC の電流測定精度を向上します。
- 動作を無期限に継続、プログラマブルなデグリッチ期間後にラッチオフ、直ちにラッチオフ、TOFF\_DELAY 経過後にシーケンス制御をオフのいずれかを行うことにより、障害状態に応答します。再試行モードを使用することで、ラッチオフ状態から自動的に回復します。再試行を有効にした場合は、MFR\_RETRY\_COUNT によって再試行回数(0~6 または無制限)が両方のページにプログラムされます。
- DC/DC コンバータの出力電圧が初期マーギンまたは公称目標値に達したら、出力電圧のトリミングをオプションで停止します。目標値が  $V_{OUT}$  の警告リミットから外れた場合は、必要に応じてトリミングを再開できます。
- PMBus のプログラミングにより、コマンド・レジスタの内容を EEPROM に格納して、CRC と ECC を実行します。
- PMBus のプログラミングによって EEPROM の内容を再生するか、電源投入時に  $V_{DD33}$  を印加して EEPROM の内容を再生します。
- サポートされている PMBus 障害および警告に応じて ALERTB ピンをアサートすることにより、割込み要求を生成します。
- LTC2971 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って障害応答を調整します。
- POWER GOOD ステータスを PG0 ピンおよび PG1 ピンを介してチャンネルごとに伝搬するか、これらのピンを汎用入出力として設定します。
- SHARE\_CLK ピンを使用して、複数のデバイスのシーケンス制御遅延やシャットダウンを同期させます。
- コマンド・レジスタに対するソフトウェアおよびハードウェアによる書込みを保護します。
- 監視対象の DC/DC コンバータを、出力過電圧障害および低電圧障害に応じてディスエーブルします。
- 遠隔測定とステータスのデータを、障害によるオフ状態に応じて EEPROM に記録します。
- プログラマブルなウォッチドッグ・タイマーを使用して外部マイクロコントローラの動作が停止条件に該当するか監視し、必要に応じてリセットします。



## 動作

- 電源の再投入後、プログラマブルな時間間隔(MFR\_RESTART\_DELAY)が経過して、DC/DCコンバータの出力電圧がプログラマブルな閾値電圧(MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD)より低くなるまで、DC/DCコンバータがオン状態に再移行しないようにします。
- ハイサイドの入力電流、入力電圧、入力電力、および積算入力電力量を読み出します。
- 入力電圧、入力電流、入力電力、出力電圧、出力電流、および出力温度の最小値と最大値を記録します。
- RAM領域(Mfr\_ee\_unlock、Mfr\_ee\_erase、Mfr\_ee\_data)を変更せずに、ユーザのEEPROMデータに直接アクセスします。社内での一括プログラミングが容易になります。
- Command Plusを使用して複数のホストに対応します。

### EEPROM

LTC2971は誤り訂正符号(ECC)機能を備えたEEPROM(不揮発性メモリ)を内蔵しており、構成設定と障害ログ情報を格納します。EEPROMの書き換え回数、データ保持期間、および一括書き込み動作時間は、動作温度範囲全体にわたって仕様規定されています。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。

読出し動作を-40°C~125°Cの範囲内で行えば、EEPROMは劣化しません。85°Cを超える温度での書き込み動作は可能ですが、データ保持特性は劣化します。85°Cより高い温度では、EEPROMに書き込まないことを推奨します。障害ログ機能は、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、書き込み先は障害ログのEEPROM領域に限定されます。これらのレジスタへの不定期の書き込みが85°Cより高い温度で行われた場合、障害ログのデータ保持特性はわずかに劣化しますが、それによってこの機能の有用性がなくなることはありません。

125°Cを超える温度でのEEPROMのデータ保持特性の劣化は、次式を使用して無次元の加速係数を計算することによって概算できます。

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

ここで、

AF = 加速係数

Ea = 活性化エネルギー = 1.4eV

k = 8.617 • 10<sup>-5</sup> eV/°K

T<sub>USE</sub> = 125°Cの規定ジャンクション温度

T<sub>STRESS</sub> = 実際のジャンクション温度(°C)

例: 130°Cのジャンクション温度で10時間動作させた場合のデータ保持期間への影響を計算します。

T<sub>STRESS</sub> = 130°C

T<sub>USE</sub> = 125°C

AF = 1.66

125°Cでの等価動作時間 = 16.6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130°Cで10時間動作させると、結果として更に6.6時間短くなります。ただし、EEPROMの全データ保持期間定格はジャンクション温度が125°Cのとき87,600時間であり、この値と比較すると、オーバーストレスの影響は無視できます。

### AUXFAULTB

MFR\_CONFIG2\_LTC2971コマンドとMFR\_CONFIG3\_LTC2971コマンドをチャンネルごとに使用して、AUXFAULTBピンがローになる障害条件を選択できます(条件が存在する場合)。AUXFAULTBピンに伝搬できる障害の種類は、過電圧/低電圧障害に限られます。

### RESETB

WDI/RESETBピンをローに保持する時間をt<sub>RESETB</sub>より長くすると、LTC2971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<sup>2</sup>Cバス上では通信しません。LTC2971は、WDI/RESETBピンでの次の立上がりエッジの後、EEPROMに格納されているユーザ設定に従って電源投入シーケンスを実行します。10kの抵抗を使用して、WDI/RESETBをV<sub>DD33</sub>に接続します。WDI/RESETBピンには256μs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。

## 動作

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

V<sub>DDIO</sub> ピンでは、SDA、SCL、ALERTB、PWRGD、FAULTB [1:0]、CONTROL[1:0]、PG[1:0]、WDI/RESETB、およびWP ピンの入力閾値を規定することにより、低電圧のデジタル・コミュニケーションが可能になります。V<sub>DDIO</sub> ピンの内部抵抗分圧器により、内部の閾値電圧はV<sub>DDIO</sub> ピンの電圧の約45%に設定されます。VOUT\_EN[1:0]、AUXFAULTB、およびSHARE\_CLK ピンは、V<sub>DDIO</sub> ピンの電圧には影響されません。また、必ずV<sub>DD33</sub> にプルアップしてください。

### PMBus シリアル・デジタル・インターフェース

LTC2971は、標準のPMBusシリアル・バス・インターフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス上の信号のタイミング関係をPMBusのタイミング図に示します。バスを使用しない場合は、2本のバスライン(SDAとSCL)をハイにする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC2971はスレーブ・デバイスです。マスタは以下のフォーマットでLTC2971と通信できます。

- マスタ・トランスマッタ、スレーブ・レシーバー
- マスタ・レシーバー、スレーブ・トランスマッタ

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
- バイト読出し、ワード読出し、ブロック読出し
- 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。ブロック読出しは、255バイトの戻りデータに対応しています。したがって、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。業界標準のSMBusシリアル・インターフェースとPMBusコマンド言語で構成されています。

PMBus 2線インターフェースは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、バスのハングアップを防ぐタイムアウトと、データの完全性を確保するオプションのパケット・エラー・チェック(PEC)機能を備えているため、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Section 5: Transportを参照してください。参照先は次のとおりです。

[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Appendix B – Differences Between SMBus and I<sup>2</sup>Cを参照してください。参照先は次のとおりです。

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

I<sup>2</sup>Cコントローラを使用してPMBus部と通信する場合は、コントローラが停止信号を生成せずに、1バイトのデータを書き込むことができることが重要です。この書き込みができると、コントローラは、開始コマンドのバイト書き込みとI<sup>2</sup>Cによる読出しを連結することにより、PMBus読出しコマンドの反復開始を適切に設定できます。

### デバイス・アドレス

LTC2971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を設定するには、ASEL0ピンとASEL1ピンをV<sub>DD33</sub>、GND、またはフロートに設定します。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LTC2971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ます。ベース・アドレスには任意の値を書き込むことができますが、目的の範囲のアドレスが既存のアドレスと重複しない限り、通常は変更しないようにします。アドレスの範囲が他のI<sup>2</sup>C/SMBusデバイス・アドレスまたはグローバル・アドレス(I<sup>2</sup>C/SMBusのマルチプレクサやバス・バッファを含む)と重複していないことを確認してください。こうしておけば十分な安心感が得られます。

LTC2971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。

動作

処理コマンド

LTC2971は、全てのコマンドに対して迅速に応答するために、専用の処理ブロックを使用します。数少ない例外として、デバイスが直前のコマンドを引き続き処理しているために、その後のコマンドに対してNACKを返すことはありません。

す。これらについては、以下の表にまとめてあります。MFR\_COMMONは、デバイスがビジーでも必ず読み出すことができる特殊なコマンドです。この方法により、ホストはLTC2971が処理中かどうかを判定できます。

EEPROM 関連のコマンド

コマンド	遅延の代表値*	注釈
STORE_USER_ALL	t <sub>MASS_WRITE</sub>	電気的特性の表を参照してください。LTC2971は、レジスタの内容をEEPROMに転送しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
RESTORE_USER_ALL	30ms	LTC2971は、EEPROMのデータをコマンド・レジスタに転送しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	175ms	LTC2971は、障害ログのEEPROM領域を初期化しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_STORE	20ms	LTC2971は、障害ログのRAMバッファをEEPROM領域に転送しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
内部障害ログ	20ms	内部障害ログ・イベントは、障害に応じて障害ログの内容をEEPROMにアップロードする1回限りのイベントです。内部障害ログはディスエーブルしてかまいません。このEEPROMへの書き込み中に受け取ったコマンドに対してはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	2ms	LTC2971は、EEPROMのデータを障害ログのRAMバッファに転送しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。

\*遅延の代表値は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの時間が測定されます。

その他のコマンド

コマンド	遅延の代表値*	注釈
MFR_CONFIG	<50μs	LTC2971は、このコマンドを実行しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
IOUT_CAL_GAINおよび IOUT_CAL_OFFSET	<500μs	LTC2971は、このコマンドを実行しているときは、どのコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返されます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。

\*遅延は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの時間が測定されます。

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	LTC2971は、このコマンドを実行しているときはコマンドを受け付けますが、対象となるステータス・フラグは最大500μsにわたってクリアされません。

## 動作

表 1. MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSを7ビットの0x5Cに設定したLTC2971のアドレス・ルックアップ・テーブル

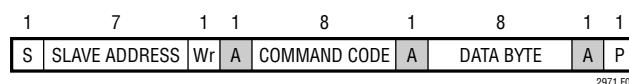
アドレス・ピン		説明	16進数のデバイス・アドレス		2進数のデバイス・アドレス							
ASEL1	ASEL0		7-Bit	8-Bit	6	5	4	3	2	1	0	R/W
X	X	アラート応答	0C	19	0	0	0	1	1	0	0	1
X	X	グローバル	5B	B6	1	0	1	1	0	1	1	0
L	L	N = 0	5C*	B8	1	0	1	1	1	0	0	0
L	NC	N = 1	5D	BA	1	0	1	1	1	0	1	0
L	H	N = 2	5E	BC	1	0	1	1	1	1	0	0
NC	L	N = 3	5F	BE	1	0	1	1	1	1	1	0
NC	NC	N = 4	60	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 = オープンまたはフロート、L = GND に接続、X = ドント・ケア  
 \*MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS = 7ビットの0x5C(工場出荷時のデフォルト値)

- 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

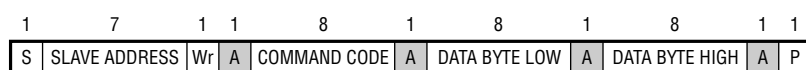
2971 F01

図 1. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



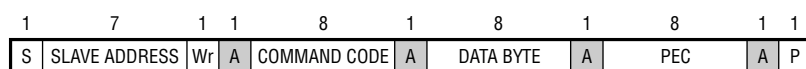
2971 F02

図 2. ワード書き込みプロトコル バイト書き込みプロトコル



2971 F03

図 3. バイト書き込みプロトコル



2971 F04

図 4. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

## 動作

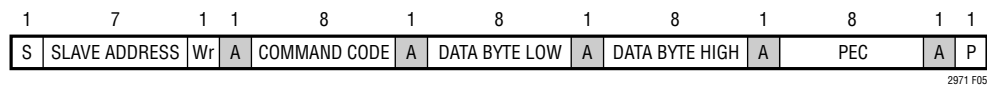


図5. PEC 付きワード書込みプロトコル

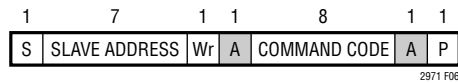


図6. バイト送信プロトコル

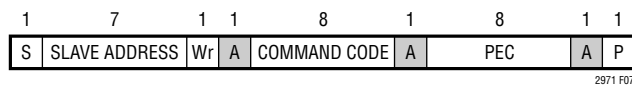


図7. PEC 付きバイト送信プロトコル

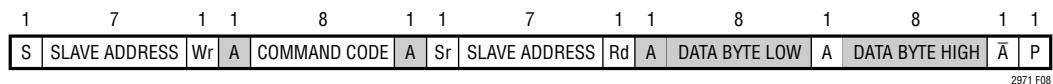


図8. ワード読出しプロトコル

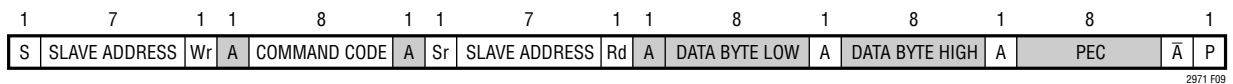


図9. PEC 付きワード読出しプロトコル

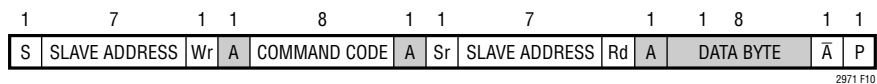


図10. バイト読出しプロトコル

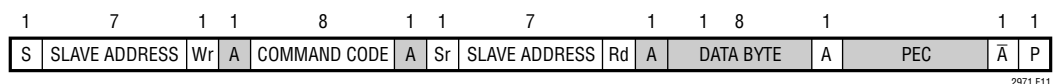


図11. PEC 付きバイト読出しプロトコル

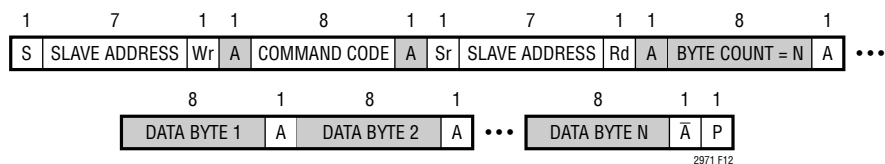


図12. ブロック読出し

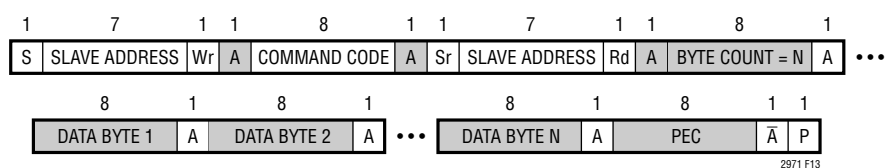


図13. PEC 付きブロック読出し

## PMBus コマンドの概要

## まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	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="#">33</a>
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージニング・ハイおよびマージニング・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">39</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="#">40</a>
CLEAR_FAULTS	0x03	設定されている全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	Y				NA	<a href="#">70</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="#">34</a>
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリ全体を EEPROM に格納します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">48</a>
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体を EEPROM から再生します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">48</a>
CAPABILITY	0x19	このデバイスによってサポートされている PMBus オプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	<a href="#">90</a>
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のデータ・フォーマット (仮数部と指数部)。	R Byte	Y	Reg			$2^{-10}$ 0x16 $2^{-13}$ 0x13	<a href="#">55</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	12.0 0x3000 1.0 0x2000	<a href="#">55</a>
VOUT_MAX	0x24	他のコマンドに関係なくデバイスが指定できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	15.0 0x3C00 4.0 0x8000	<a href="#">55</a>
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧のマージニング・ハイの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	12.6 0x3266 1.05 0x219A	<a href="#">55</a>
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧のマージニング・ローの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.4 0x2D9A 0.95 0x1E66	<a href="#">55</a>
VIN_ON	0x35	この値より高い電圧で電力変換を有効化できる入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	10.0 0x0280	<a href="#">51</a>
VIN_OFF	0x36	この値より低い電圧では電力変換が無効化される入力電圧。VOUT_EN ピンは両方とも直ちにオフになるか、TOFF_DELAY の経過後にオフになるようシーケンス制御されます (Mfr_config_track_en を参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0x0240	<a href="#">51</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="#">56</a>
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	電流検出測定時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="#">56</a>
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	13.2 0x34CD 1.1 0x2333	<a href="#">55</a>
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害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="#">66</a>
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	12.9 0x339A 1.075 0x2266	<a href="#">51</a>
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.1 0x2C66 0.925 0x1D9A	<a href="#">51</a>



## PMBus コマンドの概要

## まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	参照 ページ
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害のリミット。Ton_max_fault および PWRGD ピンのデアサートに使用されます。	R/W Word	Y	L16	V	Y	10.8 0x2B33 0.9 0x1CCD	<a href="#">55</a>
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害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="#">66</a>
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	A		5.0 0xCA80	<a href="#">57</a>
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサーの過熱障害リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	65.0 0xEA08	<a href="#">58</a>
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサーで過熱障害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="#">67</a>
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサーの過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	60.0 0xE3C0	<a href="#">58</a>
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサーの低温警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">58</a>
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサーの低温障害リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-5.0 0xCD80	<a href="#">58</a>
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサーで低温障害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="#">67</a>
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VIN_SNS ピンで測定された入力過電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">51</a>
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧障害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="#">67</a>
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VIN_SNS ピンで測定された入力過電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	<a href="#">51</a>
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VIN_SNS ピンで測定された入力低電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">51</a>
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VIN_SNS ピンで測定された入力低電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">51</a>
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力低電圧障害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="#">67</a>
POWER_GOOD_ON	0x5E	PWRGD ピンがアサートされる出力電圧の下限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.52 0x2E14 0.96 0x1EB8	<a href="#">55</a>
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrsgd_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	11.28 0x2D1F 0.94 0x1E14	<a href="#">55</a>
TON_DELAY	0x60	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド (あるいはその両方) を ON にしてから VOUT_ENn ピンがオンするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">60</a>
TON_RISE	0x61	VOUT_ENn ピンがハイになってから、LTC2971 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="#">60</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="#">60</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	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="#">67</a>
TOFF_DELAY	0x64	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド (あるいはその両方) を OFF にしてから VOUT_EN <sub>1</sub> ピンがオフするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">60</a>
STATUS_BYTE	0x78	デバイスの障害条件の 1 バイトの要約。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
STATUS_WORD	0x79	デバイスの障害条件の 2 バイトの要約。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1 の外部温度障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">73</a>
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリの障害および警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">73</a>
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">74</a>
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">77</a>
READ_IIN	0x89	DC/DC コンバータの入力電流。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">77</a>
READ_VOUT	0x8B	DC/DC コンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
READ_IOUT	0x8C	DC/DC コンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外付けダイオードのジャンクション温度。これは、IOUT_CAL_GAIN を含む全ての温度関連処理に使用される値です。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>
READ_POUT	0x96	DC/DC コンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">79</a>
READ_PIN	0x97	DC/DC コンバータの入力電力。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">77</a>
PMBUS_REVISION	0x98	この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 です。	R Byte	N	Reg			0x11	<a href="#">90</a>
USER_DATA_00	0xB0	メーカーによる LTpowerPlay 用の予備。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">91</a>
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによる LTpowerPlay 用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	<a href="#">91</a>
USER_DATA_02	0xB2	OEM の予備。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">91</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="#">91</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="#">91</a>
MFR_FIRST_FAULT	0xB5	最初の障害情報。	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">76</a>
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">91</a>
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">76</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温度上昇の計算値で、外部温度センサーによって測定された値より高い値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">58</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	$4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}}$ の倍率で変化する 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="#">58</a>

## PMBus コマンドの概要

まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	参照 ページ
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタ・コアから、外部温度センサー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="#">58</a>
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUT の代替データ・フォーマット。1 LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	<a href="#">79</a>
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーの予備。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">91</a>
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドおよび MFR_EE_DATA コマンドでアクセスするため、ユーザの EEPROM のロックを解除します。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのため、ユーザの EEPROM を初期化します。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読出しまたは書込みを使用して EEPROM との間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>
MFR_EIN	0xC0	入力電力量のデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	<a href="#">51</a>
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	電力量および入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">52</a>
MFR_SPECIAL_LOT	0xC2	工場出荷時にプログラムされ、EEPROM に格納されたユーザ設定を識別する顧客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="#">91</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="#">53</a>
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IIN の最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IIN の最小測定値。	R Word	N	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PIN の最大測定値。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">78</a>
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PIN の最小測定値。	R Word	N	L11	W		NA	<a href="#">78</a>
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読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="#">35</a>
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読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="#">35</a>
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読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="#">35</a>
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PG ピンの設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	<a href="#">62</a>
MFR_CLEAR_ENERGY	0xCC	MFR_EIN の時間と電力量の値をクリアします。	Send Byte	N				NA	<a href="#">53</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="#">55</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="#">64</a>
MFR_CONFIG_LTC2971	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	<a href="#">40</a>
MFR_CONFIG_ALL_LTC2971	0xD1	両方のページに共通の設定ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x007B	<a href="#">46</a>
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	チャンネルの障害に起因するオフ状態を 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="#">69</a>
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	チャンネルの障害に起因するオフ状態を 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="#">69</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	参照ページ
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESETB のステータス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="#">64</a>
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULTB0 ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">69</a>
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULTB1 ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">69</a>
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUT の最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">80</a>
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUT の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">81</a>
MFR_CONFIG2_LTC2971	0xD9	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">43</a>
MFR_CONFIG3_LTC2971	0xDA	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">43</a>
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT 再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	200 0xF320	<a href="#">68</a>
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	CONTROL の実際のアクティブ・エッジから CONTROL の仮想アクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	400 0xFB20	<a href="#">61</a>
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1 の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">80</a>
MFR_DAC	0xE0	10 ビット DAC のコード。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">56</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="#">64</a>
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	ウォッチドッグ・タイマーの最初の時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">65</a>
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマーの時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">65</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="#">35</a>
MFR_PADS	0xE5	選択されたデジタル I/O パッドの現在の状態。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">74</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="#">35</a>
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC2971 を識別するメーカーのコード。	R Word	N	Reg		Y	LTC2971 0x032X LTC2971-1 0x033X LTC2971-2 0x034X LTC2971-3 0x035X	<a href="#">90</a>
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力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="#">53</a>
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT_COMMAND に掛け合わせて VOUT が閾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="#">55</a>
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM への障害ログの転送を命令します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前 EEPROM に格納されていた障害ログを RAM に戻すよう命令します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>

## PMBus コマンドの概要

## まとめ表

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・フォーマット (Note 1)	単位	EEPROM	デフォルト値: 浮動小数点 16進数 (Note 2)	参照ページ
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログのために確保された EEPROM のブロックを初期化し、以前の障害ログのロックをクリアします。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	障害ログのステータス。	R Byte	N	Reg		Y	NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全な障害ログをアセンブルします。	R Block	N	Reg		Y	NA	<a href="#">82</a>
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">75</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="#">57</a>
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	再試行をイネーブルする、障害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="#">68</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="#">58</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="#">58</a>
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	IOUT_SNSPn と IOUT_SNSMn の間の電圧の絶対値。1 LSB = 3.05 $\mu$ V または 91.5 $\mu$ V。	R Word	Y	CF	3.05 $\mu$ V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">81</a>

## Note 1: データ・フォーマット

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 の補数形式の整数、Y = b[10:0] は 11 ビットの 2 の補数形式の整数。 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 の補数形式の指数で、10 進数の -10 に固定配線されています。LTC2971-3 のチャンネル 1 では、10 進数の -13。 例: VOUT_COMMAND = 4.75V b[15:0] = 0x1300 = 0001_0011_0000_0000b では、 値 = $4864 \cdot 2^{-10} = 4.75$ 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ます。
CF	カスタム・フォーマット	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ます。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 の補数形式の整数です。

Note 2: 2 つのデフォルト値が表示されている場合、最初のデフォルト値は LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-2、および LTC2971-3 のチャンネル 0 に適用されます。2 番目のデフォルト値は LTC2971-3 のチャンネル 1 に適用されます。

## PMBus コマンドの説明

### アドレス指定と書き込み保護

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	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="#">33</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="#">34</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="#">35</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="#">35</a>
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読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="#">35</a>
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読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="#">35</a>
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読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="#">35</a>

### PAGE

LTC2971には2つのページがあり、これらは、管理できるDC/DCコンバータの2つのチャンネルに対応します。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 障害が発生します。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 障害が発生します。

### PAGE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	PAGE	<p>ページ動作。</p> <p>0x00: 全ての PMBus コマンドがチャンネル／ページ0をアドレス指定します。</p> <p>0x01: 全ての PMBus コマンドがチャンネル／ページ1をアドレス指定します。</p> <p>0xFF: 仕様規定されていない全ての値は予備。</p> <p>0xFF: このモードをサポートするコマンドへの1回の PMBus 書き込み／送信により、MFR_PAGE_FF_MASK を有効にして、全てのチャンネル／ページに同時にアドレス指定します。</p>



PMBus コマンドの説明

WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTC2971 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。サポートされてい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出し、またEEPROM の内容もWRITE\_PROTECT の設定にかかわらず読み出すことができます。

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出すことができます。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、障害と電力量のクリア、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出すことができます。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無効化されます。 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無効化されます。 0000_0000b: 全てのコマンドへの書き込みを有効にします。 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、LTC2971 の設定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・ハイであり、アサートされるとレベル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無効になります。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	書き込み保護なし
	0x40	レベル2
	0x80	レベル1
High	0x00	レベル2
	0x40	レベル2
	0x80	レベル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 を返します
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 の工場出荷時のデフォルト値が 0x5C、ASEL1 と ASEL0 の両方がハイ (オフセット N=8) の場合、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	読出し専用、常に 0 を返します。
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します。動作のセクションのデバイス・アドレスを参照。

### 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、以下に説明するように、メモリの読出しや書込みを行う高度な操作に役立ちます。

Command Plus の操作では、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 Command Plus によるブロック読出しは、通常の PMBus アクセスまたは PAGE で設定したページ値に影響を与えることはありません。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を返します。
b[14]	Mfr_command_plus_id	Command Plus 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ます。 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ます。
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ます。
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ます。正しい値は PMBus コマンドの概要の表の コマンド・コード列に示します。その他の値は全て予備です。ただし、ポーク操作の有効化および無効化のセクションに示す特殊なポーク有効化/無効化値と、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きます。

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ます。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、host 1 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出しによってブロック読出しバッファの全内容が返されます。バッファの終わりを越えてブロック読出しを行うと、ゼロが返されます。  Mfr_data_plus0 を使用したポーク操作のセクションで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ます。

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成功しました。 1: ポーク操作の有効化および無効化のセクションで説明するように、ポークが有効化されていなかったで最後のポーク操作は失敗しました。
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・ピークはアボートされていません。 1: 中途介入障害ログの EEPROM への書き込み、MFR_FAULT_LOG_STORE コマンド、または MFR_FAULT_LOG の標準的な PMBus ブロック読出しが原因で、最後のブロック・ピークはアボートされました。中途介入操作は必ず最後まで完了します。

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 にあります。これらは予備の PMBus コマンド位置に対応します。これら 2 つのステータス・レジスタは Command Plus のピーク操作を介してのみ読み出すことができます。

Command Plus および MFR\_DATA\_PLUS0 を使用した障害ログの読出し

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。

- 最初のワード読出しは Byte\_count[15:0]=0x00FF です。

## PMBus コマンドの説明

- 次の一連のワード読出しは、2 バイトを 1 ワードにパックしたプリアンブルです。詳細については障害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。詳細については障害ログのセクションを参照してください。
- 余計な読出しを行うと、ゼロが返されます。
- インターリーブ方式の PMBus ワード・コマンドとバイト・コマンドは、進行中の Command Plus ブロック読出しを妨げません。
- インターリーブ方式の MFR\_FAULT\_LOG の PMBus ブロック読出しは、このコマンドに割り込みます。

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 を使用した電力量の読出し

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\_plus0 からデータを読み出します。各読出しにより、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 Command Plus 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。データは常にワード読出しを使用して読み出します。上位バイトが 0 に設定されたバイト・データが返されます。

### ピーク操作の有効化および無効化

Mfr\_data\_plus0 に対するピーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x0BF6 を書き込むことによって有効化されます。

Mfr\_data\_plus0 に対するピーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x01F6 を書き込むことによって無効化されます。

Mfr\_data\_plus1 に対するピーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x4BF6 を書き込むことによって有効化されます。

Mfr\_data\_plus1 に対するピーク操作は、Mfr\_command\_plus = 0x41F6 を書き込むことによって無効化されます。

## PMBus コマンドの説明

### 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 Command Plus を使用して書き込むことができます。

Mfr\_data\_plus0 へのポーク・アクセスを有効化します。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 Command Plus 操作

Mfr\_command\_plus\_id の値を 1 に置き換えることにより、以前の全ての操作に Mfr\_data\_plus1 を介してアクセスできます。Mfr\_data\_plus1 に対してポーク操作を有効に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	フォーマット	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、マージニング・ハイおよびマージニング・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	<a href="#">39</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="#">40</a>
MFR_CONFIG_LTC2971	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	<a href="#">40</a>
MFR_CONFIG2_LTC2971	0xD9	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">43</a>
MFR_CONFIG3_LTC2971	0xDA	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">43</a>
MFR_CONFIG_ALL_LTC2971	0xD1	両方のページに共通の設定ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x007B	<a href="#">46</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／オフするのに使用されます。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
	マーギニング・ロー(障害と警告を無視)	10	01	01	00
	マーギニング・ロー	10	01	10	00
	マーギニング・ハイ(障害と警告を無視)	10	10	01	00
	マーギニング・ハイ	10	10	10	00
	マーギンを公称値にしてシーケンス・オフ	01	00	XX	00
	マーギニングをローにしてシーケンス・オフ(障害と警告を無視)	01	01	01	00
	マーギニングをローにしてシーケンス・オフ	01	01	10	00
	マーギニングをハイにしてシーケンス・オフ(障害と警告を無視)	01	10	01	00
	マーギニングをハイにしてシーケンス・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
	マーギニング・ロー(障害と警告を無視)	00、01、または 10	01	01	00
	マーギニング・ロー	00、01、または 10	01	10	00
	マーギニング・ハイ(障害と警告を無視)	00、01、または 10	10	01	00
	マーギニング・ハイ	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、LTC2971 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。出力電源のシーケンス制御を開始するには、VIN\_ON の閾値を超える必要があります。V<sub>IN</sub> を最初に印加後、デバイスが TON\_DELAY タイマーを初期化して始動するのに必要な時間は、通常 t<sub>INIT</sub> です。電圧と電流の読出しには、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を返します。
b[4]	On_off_config_controlled_on	デフォルトの自律起動動作を制御します。 0: デバイスは、CONTROL ピンまたは OPERATION 値に関わらず起動します。デバイスは常にシーケンス制御によって起動します。シーケンス制御なしでデバイスを起動するには、TON_DELAY = 0 と設定します。 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、デバイスは起動しません。On_off_config[3:2] = 00 である場合、デバイスは決して起動しません。
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します。 0: デバイスは Operation_control[1:0] を無視します。 1: デバイスは Operation_control[1:0] に応答します。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ことが必要な場合もあります。
b[2]	On_off_config_use_control	CONTROL ピンに対するデバイスの応答を制御します。 0: デバイスは CONTROL ピンを無視します。 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ります。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が必要な場合もあります。
b[1]	Reserved	サポートされていません。常に1を返します。
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 を使用します。 1: 出力をオフし、可能な限り迅速に電力量伝送を停止します。出力電圧の立下がり時間を短縮するため、デバイスは電流を吸い込みません。

### MFR\_CONFIG LTC2971

このコマンドは、各チャンネルの様々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。

### MFR\_CONFIG LTC2971 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かどうかを選択します。 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ありません。 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す。このビットを設定すると、TOFF_DELAY の間の UV の検出が無効になります。
b[14]	Mfr_config_cascade_on	チャンネルの制御ピンを設定して、カスケード・シーケンスをオンにします。カスケード・シーケンスのオフには対応していません。時間ベースのシーケンス・オフ・オプションの説明を参照。



## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_LTC2971 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
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) を選択します。 00: CONTROL0 ピンを選択します。 01: CONTROL1 ピンを選択します。 10: 予備。 11: 予備。
b[11]	Mfr_config_fast_servo_off	出力電圧のマージニング時やトリミング時には高速サーボ制御を無効にします。 0: 高速サーボを有効化。 1: 高速サーボを無効化。
b[10]	Mfr_config_supervisor_resolution	電圧スーパーバイザの分解能を選択します。 0: 高分解能 = 35.2mV/LSB、 $V_{OUT\_SNSn} - GND_{SNSn}$ の範囲は 0V~34V。LTC2971-3 では、1.6mV/LSB、 $V_{OUT\_SNS1} - GND_{SNS1}$ の範囲は 0V~1.5V 1: 低分解能 = 70.4mV/LSB、 $V_{OUT\_SNSn} - GND_{SNSn}$ の範囲は 0V~60V。LTC2971-3 では、3.2mV/LSB、 $V_{OUT\_SNS1} - GND_{SNS1}$ の範囲は 0V~1.8V
b[9]	Reserved	常に 0 を返します。
b[8]	Mfr_config_imon_sel	電流検出チャンネルの入力範囲を選択します。 0: DCR 検出の遠隔測定モード、 $V_{IOUT\_SNSPn} - V_{IOUT\_SNSMn}$ の範囲は -80mV~+80mV 1: バッファ付きの IMON 遠隔測定モード、 $V_{IOUT\_SNSPn} - V_{IOUT\_SNSMn}$ の範囲は -0.1V~+1.8V
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します。Mfr_config_dac_mode = 00b の場合にのみ適用します。 0: 初期目標値到達後は $V_{OUT}$ を継続的にサーボ制御しません。 1: $V_{OUT}$ を目標値まで継続的にサーボ制御します。
b[6]	Mfr_config_servo_on_warn	警告機能に基づいて再度サーボ制御します。Mfr_config_dac_mode = 00b および Mfr_config_servo_continuous = 0 の場合にのみ適用します。 0: $V_{OUT}$ 警告閾値に到達するか、超えた場合、デバイスが再度サーボ制御できないようにします。 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ます。 $V_{OUT} \geq V(V_{out\_ov\_warn\_limit})$ 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します。 00: (必要に応じて) ソフト接続し、目標値にサーボ制御します。 01: DAC は接続されません。 10: MFR_DAC コマンドからの値を使用して直ちに DAC が接続されます。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 の値が使用されます。 11: DAC はソフト接続されます。ソフト接続が完了すると、MFR_DAC を書き込むことができます。
b[3]	Reserved	常に 1 に設定します。
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します。 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 $V_{OUT\_EN}$ ピンをプルダウンします。 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 $V_{OUT\_EN}$ ピンを放電します。 チャンネルが障害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します。



## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_LTC2971 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) トリミング入力をエンコードします。 1: DC/DC コンバータの正の (非反転) トリミング入力をエンコードします。

## カスケード・シーケンスをオンにして時間ベースのシーケンスをオフにした場合

カスケード・シーケンスをオンにすると、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 (LTC2971 の設定済み PG ピン) をチェーン内の次の電源 (LTC2971 の次のチャンネル) の制御ピンに接続します。LTC2971 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・ベースのカスケード・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。トラッキング電源のオンとオフの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 がハイにアサートされ、関連の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。

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

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、その制御ピンがローの場合でも障害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障害によって停止した場合、スレーブの制御ピンがローのときに、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、障害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。

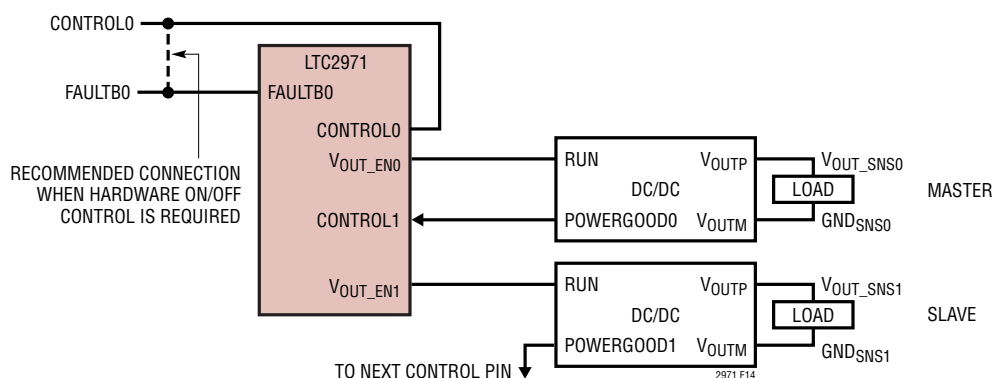


図 14. カスケード・シーケンスをオンに設定して時間ベースのシーケンスをオフに設定した LTC2971

## 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するカスケード・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\_chanをハイにアサートして、全てのスレーブ・チャンネルを設定する必要があります。システムがオフになると、LTC2971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\_LTC2971

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>の過電圧障害が原因でAUXFAULTB ピンがローになるかどうかが決まります。

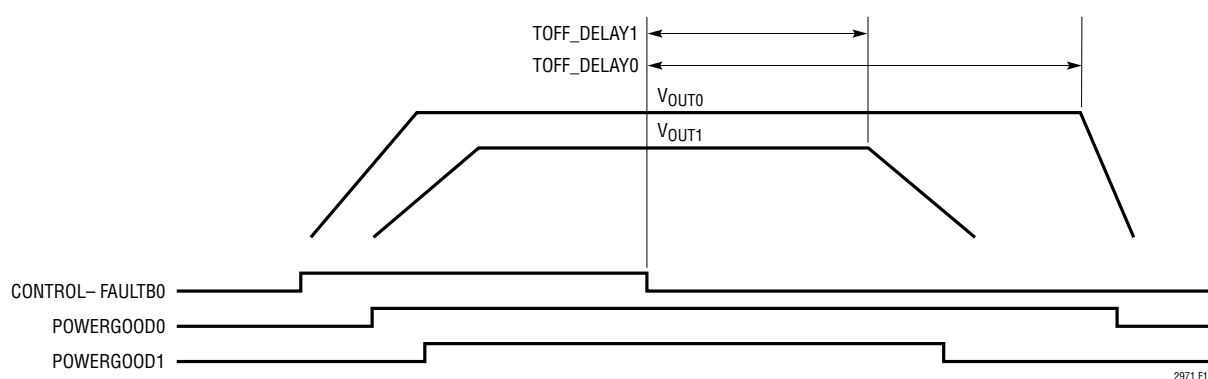


図 15. カスケード・シーケンスをオンにして時間ベースのシーケンスをFAULT0で停止にする場合

### MFR\_CONFIG2\_LTC2971 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をローに引き下げます。 0 = AUXFAULTBをローに引き下げません。
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をローに引き下げます。 0 = AUXFAULTBをローに引き下げません。

### MFR\_CONFIG3\_LTC2971

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>の低電圧障害が原因でAUXFAULTB ピンがローになるかどうかが決まります。

### MFR\_CONFIG3\_LTC2971 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をローに引き下げます。 0 = AUXFAULTBをローに引き下げません。
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をローに引き下げます。 0 = AUXFAULTBをローに引き下げません。

## PMBus コマンドの説明

### トラッキング電源のオンとオフ

LTC2971は、トラッキング・ピンを備え、トラッキング向けに構成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によって生成され、これがスレーブのトラック・ピンに供給されます(図16参照)。マスタ電源を追跡する電源はマスタ電源が起動する前にイネーブルしておく必要があります、かつマスタ電源がオフになった後にデイスエーブルする必要があります。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無効に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障害に応じて、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じて、互いにトラッキングを停止する必要があります。スレーブ・チャンネルをRUNピンでデイスエーブルするタイミングが早すぎると、そのチャンネルがシャットダウンする順序が乱れることがあります(図19参照)。

LTC2971の重要な機能は、マスタ電源のオン／オフを追跡するように設定されたDC/DCコンバータの制御、モニタ、および監視です。

LTC2971は以下のトラッキング機能に対応しています。

- スレーブ・チャンネルが追従して稼働または停止する場合、間違った低電圧イベントを発生させずにチャンネルをオンおよびオフに追従させます。
- スレーブまたはマスタからの障害に応じてチャンネルを停止状態に追従させます。
- VIN\_SNSの電圧がVIN\_OFFの電圧より低くなったとき、共有クロックがローに保持されたとき、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追従させます。
- トラッキング・グループの一部である選択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追従させた後に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追従させ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

LTC2971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るように、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をオンすることができるまで、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る場合でもトラッキング・ピンによってオフになります。Ton\_riseは、VOUT\_ENピンの立上がりではなく、TRACKピンの立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。

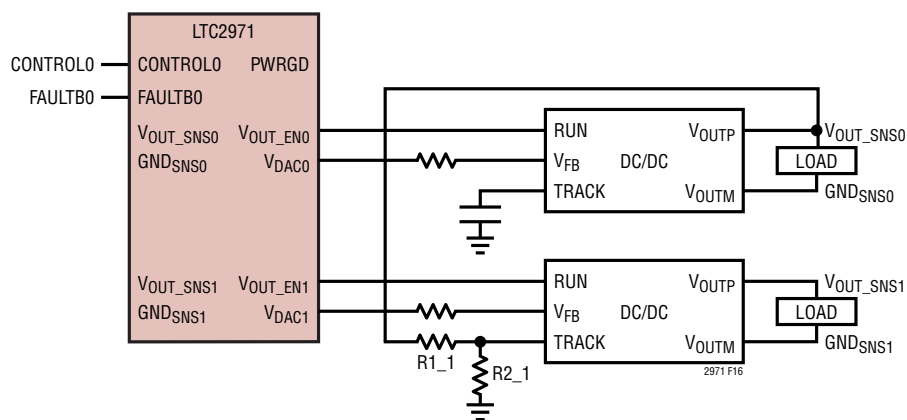


図16. トラッキング・ピンを備えた電源を制御、監視、モニタするように設定されたLTC2971

## 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設定されます。

- 障害、VIN\_OFF、SHARE\_CLK ロー、または RESTORE\_USER\_ALL により停止シーケンス制御を行います。
- TOFF\_DELAY の時間中は低電圧が無視されます。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ます。

以下の例では、LTC2971 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、

$\text{Ton\_delay\_master} - \text{Ton\_delay\_slave} > \text{RUN}$  から  $\text{TRACK}$  までのセットアップ時間

$\text{Toff\_delay\_slave} > \text{マスタ電源が立ち下がる時間}$ 。

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障害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\_LTC2971

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\_LTC2971 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を返します。
b[12]	Mfr_config_all_en_short_cycle_fault	短周期の障害検出を有効にします。詳細については、 <a href="#">76</a> 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 を送出しても障害は発生しません。 1: 直前の OFF が完了する前に ON を送出すると障害が発生します。
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します。 0: PWRGD は、 $V_{OUT}$ が POWER_GOOD_OFF 以下であることに基づいてデアサートされます。 このオプションは ADC を使用します。応答時間はおよそ 100ms~200ms。 1: PWRGD は、 $V_{OUT}$ が VOUT_UV_LIMIT 以下であることに基づいてデアサートされます。 このオプションは高速スーパーバイザを使用します。応答時間は約 12 $\mu$ s。
b[10]	Reserved	ドント・ケア。
b[9]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[8]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[7]	Mfr_config_all_fault_log_enable	障害に応じて EEPROM への障害の記録を有効にします。 0: EEPROM への障害の記録を無効にします。 1: EEPROM への障害の記録を有効にします。
b[6]	Mfr_config_all_vin_on_clr_faults_en	VIN_ON の立上がりエッジで、ラッチされた全ての障害をクリアできるようにします。 0: VIN_ON での障害クリア機能を無効にします。 1: VIN_ON での障害クリア機能を有効にします。
b[5]	Mfr_config_all_control1_pol	CONTROL1 ピンのアクティブ極性を選択します。 0: アクティブ・ロー (ピンをローにしてデバイスを起動)。 1: アクティブ・ハイ (ピンをハイ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します。 0: アクティブ・ロー (ピンをローにしてデバイスを起動)。 1: アクティブ・ハイ (ピンをハイにしてデバイスを起動)。
b[3]	Mfr_config_all_vin_share_enable	$V_{IN}$ が VIN_ON より電圧が高くないとき、または VIN_OFF より電圧が低いときに、このデバイスは共有クロック・ピンをローに保持できます。有効にすると、このデバイスはローに保持された共有クロックに応じて両方のチャンネルをオフにします。 0: 共有クロック禁止が無効になります。 1: 共有クロック禁止が有効になります。
b[2]	Mfr_config_all_pec_en	PMBus のパケット・エラー・チェックの有効化。 0: PEC は受け付けられるが必須ではありません。 1: PEC は有効化されます。
b[1]	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout	PMBus タイムアウト間隔を 8 倍にします。障害ログの場合に推奨。 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 倍にします。
b[0]	Reserved	常に1に設定します。

## PMBus コマンドの説明

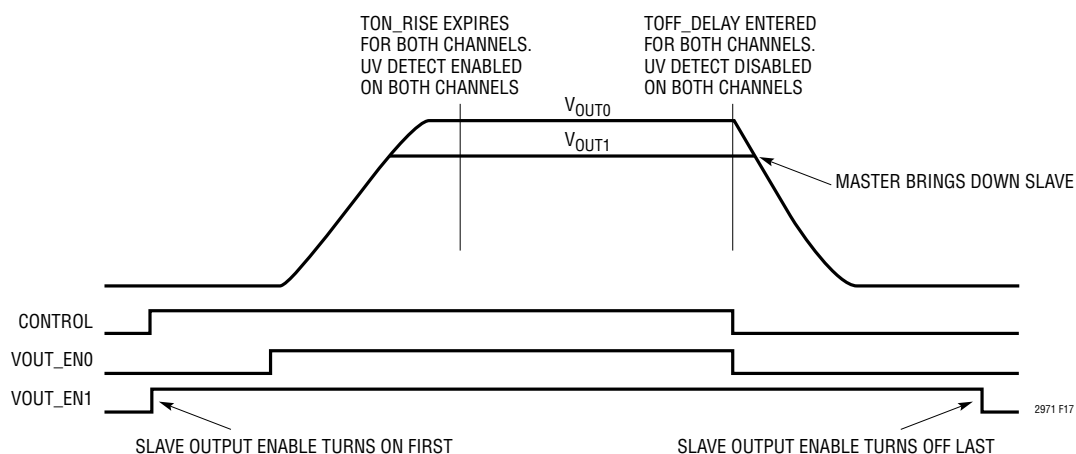


図 17. 制御ピンによる全ての電源の稼働と停止のトラッキング

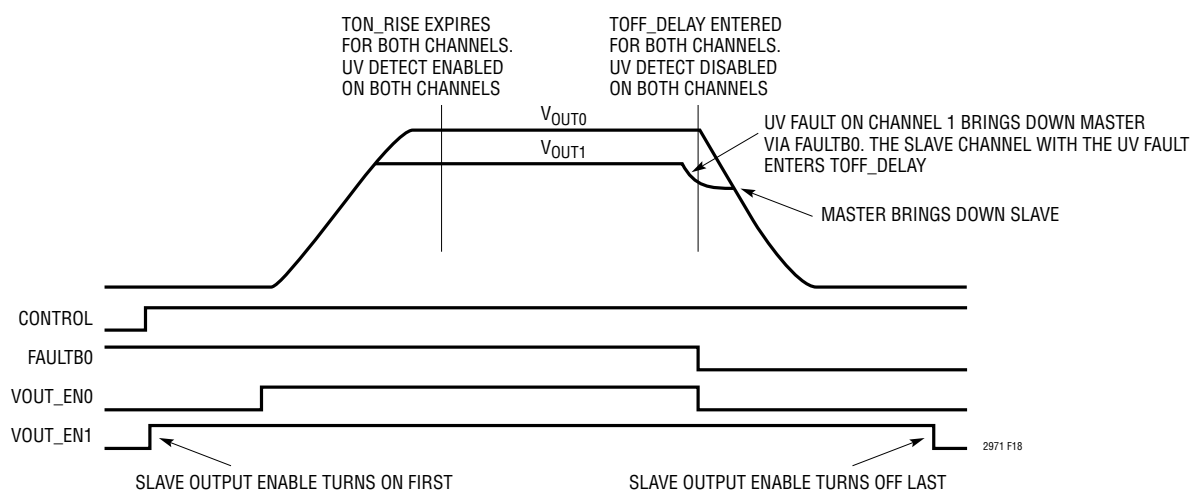


図 18. チャンネル1での障害による全ての電源の停止のトラッキング



## PMBus コマンドの説明

### ユーザの 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	フォーマット	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に格納します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">48</a>
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体をEEPROMから再生します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">48</a>
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドおよび MFR_EE_DATA コマンドでアクセスするため、ユーザのEEPROMのロックを解除します。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATAによる一括プログラミングのため、ユーザのEEPROMを初期化します。	R/W Byte	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読出しまたは書込みを使用してEEPROMとの間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">49</a>

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

STORE\_USER\_ALL コマンド、RESTORE\_USER\_ALL コマンドは、ユーザの EEPROM 領域にアクセスします。コマンドは、いったん EEPROM に格納されると、明示的な再生コマンドによって再生されます。再生のタイミングは、電源が投入された後またはリセット・ピンが切り替えられた後に、デバイスがパワーオン・リセットから復帰したときです。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。[50](#) 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再生されます。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に対して、PMBus コマンド間の順序依存性や遅延に関係なくLTC2971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、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転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・ポインタがインクリメントする一連のワード・コマンドがブロック読出しやブロック書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、順次書込みまたは読出しに必要な 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 読出しまたは書込みによって、ブロック読出しやブロック書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]	<p>PEC が可能な Mfr_ee_erase および Mfr_ee_data の読出しまたは書込み操作のために EEPROM 領域をアンロックするには、0x2B を書き込み、次いで 0xD4 を書き込みます。</p> <p>PEC を必要とする Mfr_ee_erase および Mfr_ee_data の読出しまたは書込み操作のために EEPROM 領域をアンロックするには、0x2B を書き込み、次いで 0xD5 を書き込みます。</p> <p>PEC が可能な Mfr_ee_data の読出し専用操作のためにユーザおよびメーカーの 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 を書き込みます。</p> <p>PEC を必要とする Mfr_ee_data の読出し専用操作のためにユーザおよびメーカーの 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 を書き込みます。</p>

### MFR\_EE\_ERASE

MFR\_EE\_ERASE コマンドは、ユーザの 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・データを受け付けるために使用します。0x2B 以外の値を書き込むとデバイスはロックされます。読み出すと、最後に書き込まれた値が返されます。

#### 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]	<p>ユーザの EEPROM 領域を消去して、新しいデータを受け付けるように設定する方法は次のとおりです。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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 コマンド用に設定します。</li> <li>0x2B を Mfr_ee_erase に書き込みます。</li> </ol> <p>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します。</p>

### 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。

ユーザの 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 読出しを行います。それ以上の読出しを行うとデバイスがロックされ、ゼロが返されます。最初の読出しでは、ROM に格納されている 16 ビットの EEPROM パッキング・リビジョン ID が返されます。2 回目の読出しでは、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出しまたは書込みの数です。それ以降の読出しでは、最下位アドレスから始まる EEPROM のデータが返されます。

ユーザの 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。それ以上書き込むと、デバイスがロックされます。最初の書込み先は最下位アドレスです。

PMBus コマンドの説明

Mfr\_ee\_data 読出しと書込みは併用できません。

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 コマンド用に設定します。 2) Mfr_ee_data[0] = PackingId (MFR に固有の ID) を読み込みます。 3) Mfr_ee_data[1] = NumberOfUserWords (利用できる 16 ビットワードの総数) を読み出します。 4) Mfr_ee_data[2] から Mfr_ee_data[NumberOfWord+1] まで (ユーザ EEPROM のデータの内容) を読み出します。 ユーザ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・メモリを初期化します。 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 コマンド用に設定します。 3) Mfr_ee_data[0] から Mfr_ee_data[NumberOfWord-1] まで (書き込む予定のユーザ EEPROM データの内容) を書き込みます。 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します。

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 の消去および書込みのプログラミング時間

ワードあたりのプログラム時間は代表値で 0.51ms なので、I<sup>2</sup>C/SMBus での書込み間隔を 0.51ms より長くして、書込みが完了したことを担保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。

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

これらのコマンドを実行すると、入力電圧 (V<sub>IN\_SNS</sub>) のリミットを監視する電圧が得られます。

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	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VIN_ON	0x35	この値より高い電圧で電力変換を有効化できる入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	10.0 0xD280	<a href="#">51</a>
VIN_OFF	0x36	この値より低い電圧では電力変換が無効化される入力電圧。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ます (Mfr_config_track_en <sub>n</sub> を参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0xD240	<a href="#">51</a>
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VIN_SNS ピンで測定された入力過電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	<a href="#">51</a>
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VIN_SNS ピンで測定された入力過電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	<a href="#">51</a>
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VIN_SNS ピンで測定された入力低電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">51</a>
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VIN_SNS ピンで測定された入力低電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	<a href="#">51</a>

## PMBus コマンドの説明

### 入力電流と電力量

コマンド名		説明	タイプ	ページ 指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト 値	参照 ページ
MFR_EIN	0xC0	入力電力量のデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	<a href="#">51</a>
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	電力量および入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0	<a href="#">52</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="#">53</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="#">53</a>
MFR_CLEAR_ENERGY	0xCC	MFR_EIN の時間と電力量の値をクリアします。	Send Byte	N				NA	<a href="#">53</a>

### 電力量の測定と通知

入力電力量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によって得られる入力電力量。
- 入力電力量の値を 48 ビットの整数として通知 (単位:mJ)。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。
- 入力電力量時間を 48 ビットの整数として通知 (単位:ms)。入力電力量時間とは、電力量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 が書き込まれるときに必ず行われる時間と電力量のアクムレータのリセット。
- 時間と電力量のアクムレータが最大値に達した場合に最低値に戻ります。
- ADC の測定 2 回のうち 1 回は READ\_VIN と READ\_IIN の測定を強制的に行うことによって電力量の測定を優先できるようにするオプションの HD モード。
- 電力量と時間の値の整合のとれた通知。
- チャンネルがオフのときの整流とノイズの蓄積を防ぐために、電力量の値をデクリメントする機能。電力量をゼロより低い値までデクリメントすることはできません。

### MFR\_EIN

読出し専用です。この 12 バイトのデータ・ブロックは、入力電力量の値と時間を返します。ブロックの読出しがいったん始まると、MFR\_EIN の更新は一時停止し、ブロックの読出しが完了するまで停止し続けます。ただし、ブロックの読出しの間、電力量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	電力量の値 (mJ)。Mfr_ein_config または Mfr_clear_energy が最後に書き込まれてからの累積電力量。
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	電力量時間 (ms)。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、電力量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 を返します。
b[2]	Mfr_ein_config_hd	入力電力量測定の解像度を高めるために、ADC のポーリング・シーケンスを最適化します。 0: 標準的な ADC のポーリング・シーケンス 1: Read_vin と Read_iin の測定と ADC の他の測定が交互に行われます。
b[1:0]	Mfr_ein_config_reserved	ドント・ケア。常に 0 を返します。

## 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  $m\Omega$ )と同じ値になります。MFR\_IIN\_CAL\_GAIN の値は、内部で  $0.01m\Omega \sim 1,000m\Omega$  の範囲に制限されます。レジスタの読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。

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

ここで、

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

注記:

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

READ\_TEMPERATURE\_2 は、内部ダイ温度です。

### MFR\_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 での累積電力量と時間の値をクリアします。また、LTC2971 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。LTC2971 は、進行中の電力量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できます。

## 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	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値 (Note 2)	参照 ページ
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のデータ・フォーマット (仮数部と指数部)。	R Byte	Y	Reg			$2^{-10}$ 0x16 $2^{-13}$ 0x13	<a href="#">55</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	12.0 0x3000 1.0 0x2000	<a href="#">55</a>
VOUT_MAX	0x24	他のコマンドに関係なくデバイスが 指定できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	15.0 0x3C00 4.0 0x8000	<a href="#">55</a>
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧の マーージニング・ハイの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	12.6 0x3266 1.05 0x219A	<a href="#">55</a>
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧の マーージニング・ローの設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.4 0x2D9A 0.95 0x1E66	<a href="#">55</a>
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	13.2 0x34CD 1.1 0x2333	<a href="#">55</a>
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	12.9 0x339A 1.075 0x2266	<a href="#">55</a>
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.1 0x2C66 0.925 0x1D9A	<a href="#">55</a>
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害のリミット。 Ton_max_fault および PWRGD ピンの デアサートに使用されます。	R/W Word	Y	L16	V	Y	10.8 0x2B33 0.9 0x1CCD	<a href="#">55</a>
POWER_GOOD_ON	0x5E	PWRGD ピンがアサートされる 出力電圧の下限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	11.52 0x2E14 0.96 0x1EB8	<a href="#">55</a>
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrgd_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	11.28 0x2D1F 0.94 0x1E14	<a href="#">55</a>
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT_COMMAND に掛け合わせて VOUT が 閾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="#">55</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="#">56</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="#">56</a>

**Note 2:** 2つのデフォルト値が表示されている場合、最初のデフォルト値は LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-2、および LTC2971-3 のチャンネル 0 に適用されます。  
2 番目のデフォルト値は LTC2971-3 のチャンネル 1 に適用されます。



## PMBus コマンドの説明

### VOUT\_MODE

このコマンドは読出し専用であり、全てのコマンドのモードと指数をL16データ・フォーマットで指定します。27ページのデータ・フォーマットを参照してください。

#### VOUT\_MODEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:5]	Vout_mode_type	リニア・モードをレポートします。000bに固定されています。
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。0x16(10進数の-10)に固定配線されています(LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-2、LTC2971-3の0ページ)。0x13(10進数の-13)に固定配線されています(LTC2971-3の1ページ)。

### 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

これらのコマンドにより、様々なサーボ制御、マーギニング、およびチャンネルの出力電圧のリミットの監視を実行できます。

### MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD

このレジスタには、対応する出力のオフ閾値電圧を決定するためにVOUT\_COMMANDに掛ける係数が格納されています。チャンネルがオン状態に移行または再移行するよう命令されるまでに出力電圧がMFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD・VOUT\_COMMANDより低くならなかった場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICのStatus\_mfr\_dischargeビットがセットされ、ALERTBピンはローにアサートされます。更に、出力がオフ閾値電圧より低くなるまでチャンネルはオン状態に移行しません。これを1.0よりも大きな値に設定すると、DISCHARGE\_THRESHOLDのチェックは実質的に無効になり、電圧が全く低下していない場合でもチャンネルをオンに戻すことができます。

特定の出力を放電できなかった場合でも、その他のチャンネルは双方向のFAULTB<sub>n</sub>ピンを使用してオフのままにしておくことができます(MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_RESPONSEレジスタおよびMFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_PROPAGATE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ンネルをイネーブルして、サーボ制御を無効にしている場合(MFR\_CONFIG\_LTC2971 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	読出し専用、常に0を返します。
b[9:0]	Mfr_dac_startup_val	DACコードの値。



PMBus コマンドの説明

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、チャンネルをオン状態にして、TON\_RISEの経過後にMFR\_CONFIG\_LTC2971 b[5:4] = 10bまたは11bを書き込む必要があります。MFR\_CONFIG\_LTC2971 b[5:4] = 10bを書き込むと、Mfr\_dac\_direct\_valの値を設定してハード接続するようにDACに命令します。b[5:4] = 11bを書き込むと、DACにソフト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\_LTC2971 b[5:4] = 00bまたは01bの場合、MFR\_DACは無視されます。

MFR\_DACのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:10]	Reserved	読出し専用、常に0を返します。
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	フォーマット	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="#">56</a>
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	電流検出測定時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="#">56</a>
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	A		5.0 0xCA80	<a href="#">57</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="#">57</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<sub>CORRECTION</sub>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<sub>SENSE</sub>ネットワーク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。詳細については、READ\_TEMPERATURE\_1を参照してください。

## PMBus コマンドの説明

### IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT

IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT は、LTC2971 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。

### 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	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサーの過熱障害リミットの設定。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	65.0 0xEA08	<a href="#">58</a>
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサーの過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	60.0 0xE3C0	<a href="#">58</a>
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサーの低温警告リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	<a href="#">58</a>
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサーの低温障害リミット。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-5.0 0xCD80	<a href="#">58</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="#">58</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="#">58</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温度上昇の計算値で、外部温度センサーによって測定された値より高い値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">58</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	$4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}}$ の倍率で変化する 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="#">58</a>
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタ・コアから、外部温度センサー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="#">58</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監視リミットを設定します。

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

MFR\_TEMP\_1\_GAIN コマンドは、温度センサー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 (単位: ケルビン) です。

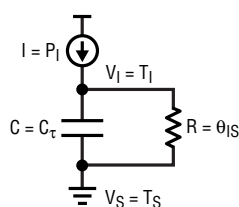
対応する  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワークが有効な温度を検出できなかった場合、READ\_TEMPERATURE\_2 は READ\_TEMPERATURE\_1 に置き換えられます。そのような条件では、MFR\_TEMP\_1\_GAIN および MFR\_TEMP\_1\_OFFSET は無効になります。詳細については、READ\_TEMPERATURE\_1 を参照してください。

### 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 ビットの整数。値は $Y \cdot 2^{14}$ 。ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なし整数です。 例: $\text{MFR\_TEMP\_1\_GAIN} = 1.0$ $b[15:0] = 0x4000$ 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

LTC2971 は革新的な (米国特許 8920026) アルゴリズムを使用して、外部温度センサー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ーまでの熱抵抗、およびインダクタから基板システムまでの熱時定数の関数です。このアルゴリズムにより、外付け温度センサーの配置条件が緩和され、インダクタのコアからインダクタの主要ヒートシンクまでの定常状態および過渡状態での大きな温度誤差が補償されます。



- $P_I$  = CURRENT REPRESENTING THE POWER DISSIPATED BY THE INDUCTOR ( $V_{\text{DCR}} \cdot \text{READ\_IOUT}$  WHERE  $V_{\text{DCR}} = (V_{\text{IOUT\_SNSP}} - V_{\text{IOUT\_SNSM}})$ )
- $C_\tau$  = CAPACITANCE REPRESENTING THERMAL HEAT CAPACITY OF THE INDUCTOR (INCLUDED IN MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV)
- $T_I$  = 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

2971 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

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](#)に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。

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

これより、

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

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

ここで、

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

$\Delta t$  は外部温度 ADC のサンプリング周期。

LTC2971 は、次の値と、式 3 および式 4 を使用して自己発熱のアルゴリズムを実装しています。

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

$$P_I = \text{READ\_IOUT} \cdot (V_{\text{IOUT\_SNSP}} - V_{\text{IOUT\_SNSM}})$$

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

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

$$\Delta t = 4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}} \text{ (外部温度ループの1回の周期)}$$

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

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

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  $C_T$  の値は不要です。重要な値は、熱時定数  $\tau_{INV} = (\theta_{IS} C_T)$  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  $\tau_{INV}$  のキャリブレーションの詳細についてはアプリケーション情報のセクションを参照してください。

対応する  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワーク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。詳細については、 $\text{READ\_TEMPERATURE\_1}$  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 の範囲に制限されます。

### 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 をゼロに設定します。

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 をゼロに設定します。 値 ≥ 1 の場合は MFR_T_SELF_HEAT を $MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA \cdot READ\_IOUT \cdot (V_{IOUT\_SNSP} - V_{IOUT\_SNSM})$ に設定します。

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	フォーマット	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 (あるいはその両方) を ON にしてから VOUT_ENn ピンがオンするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">60</a>
TON_RISE	0x61	VOUT_ENn ピンがハイになってから、LTC2971 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="#">60</a>
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	低電圧状態が許容される VOUT_ENn 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="#">60</a>
TOFF_DELAY	0x64	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド (あるいはその両方) を OFF にしてから VOUT_ENn ピンがオフするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	<a href="#">60</a>
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	CONTROL の実際のアクティブ・エッジから CONTROL の仮想アクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	400 0xFB20	<a href="#">61</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ており、シーケンス制御障害、タイマー障害、および警告の遅延(単位:ms)を設定します。

TON\_DELAY では、オン・シーケンス開始後、その VOUT\_EN 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 では、Mfr\_dac\_mode = 00b のとき、電源がイネーブルされてから LTC2971 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(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\_MAX\_FAULT\_LIMIT は、LTC2971 によって制御される電源が、VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT に達すること無く出力を起動しようとするのできる最長の時間です。出力が起動しない場合は、TON\_MAX\_FAULT が宣言されます。出力が TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT に達する前に VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT に達した場合、LTC2971 は VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT 閾値のマスクを解除します(値がゼロの場合、これは電源がその出力電圧の起動を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 ピンまたは OPERATION コマンド(あるいはその両方)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。値を全てゼロにすれば、この機能は無効になります。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・デバイス製の PMBus デバイスは、オープンドレインの SHARE\_CLK 入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は立下がりエッジで同期します。

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 をローに保ち、その SHARE\_CLK がローに保持されていることを検出するとすぐに、短いデグリッチ期間の経過後、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・タイマーおよびパワーグッド

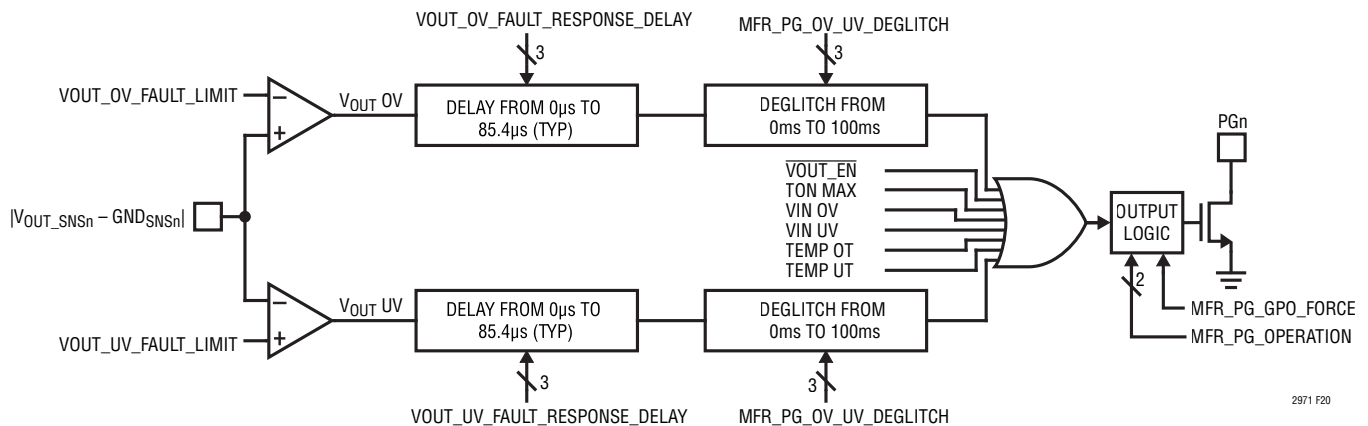
コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESETB のステータスと個々のチャンネルのパワーグッドを PWRGD ピンにマッピングする設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">64</a>
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	パワーグッド出力のアサートの遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	100 0xEB20	<a href="#">64</a>
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	ウォッチドッグ・タイマーの最初の時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">65</a>
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマーの時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	<a href="#">65</a>
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PG ピンの設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	<a href="#">62</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="#">64</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 ピンに伝搬するよう選択された障害信号は、PG ピンに関連した障害応答マスキ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 VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE レジスタと VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE 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 VOUT\_EN 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ローになり、その状態は LTC2971 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設定できるので、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ます。 Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 出力過電圧信号がPGピンにマップされません。
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ます。 Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 出力過電圧信号がPGピンにマップされません。
b[13]	Mfr_pg_fault_sel_iout_oc	サポートされていません。
b[12]	Mfr_pg_fault_sel_iout_uc	サポートされていません。
b[11]	Mfr_pg_fault_sel_temp_ot	1: 過熱信号がPGピンにマップされます。Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 過熱信号がPGピンにマップされません。
b[10]	Mfr_pg_fault_sel_temp_ut	1: 低温信号がPGピンにマップされます。Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 低温信号がPGピンにマップされません。
b[9]	Mfr_pg_fault_sel_vin_ov	1: 入力過電圧信号がPGピンにマップされます。Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 入力過電圧信号がPGピンにマップされません。
b[8]	Mfr_pg_fault_sel_vin_uv	1: 入力低電圧信号がPGピンにマップされます。Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: 入力低電圧信号がPGピンにマップされません。
b[7]	Mfr_pg_fault_sel_ton_max	1: TON_MAX_FAULT シーケンス制御障害がPGピンにマップされます。Mfr_pg_operation=10b または 11b の場合にのみ適用されます。 0: TON_MAX_FAULT シーケンス制御障害がPGピンにマップされません。
b[6]	Mfr_pg_fault_sel_vout_en	1: 反転出力イネーブル信号がPGピンにマップされます。 0: 反転出力イネーブル信号がPGピンにマップされません。
b[5]	Reserved	予備、常に 0 を返します。
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ありません。
b[1:0]	Mfr_pg_operation	11b: Mfr_pg_fault_sel に応じた障害のアクティブ・ハイ・インピーダンス伝搬 10b: Mfr_pg_fault_sel に応じた障害のアクティブ・ロー伝搬 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します。

## 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状態を定義します。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 を返します。
b[0]	Mfr_pg_gpo_force	1: PG を強制的に高インピーダンスにします。 0: PG を強制的にローにします。

### 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	読出し専用、常に 0 を返します。
b[8]	Mfr_pwrzd_en_wdog	ウォッチドッグ。 1 = ウォッチドッグ・タイマー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ます。 0 = ウォッチドッグ・タイマーは PWRGD ピンに影響しません。
b[7:2]	Reserved	常に 000000b を返します。
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ます。 0 = このチャンネルの PWRGD ステータスは PWRGD ピンには影響しません。
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ます。 0 = このチャンネルの PWRGD ステータスは PWRGD ピンには影響しません。

### 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、200μs ごとに丸められています。このコマンドからの読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閾値の信号源は 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 と設定してください。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閾値を必要とするシステムでは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv=0 と設定してください。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・タイマーはリセットされます。また、WDI/RESETBピンがローからハイへ遷移した場合もウォッチドッグ・タイマーはリセットされます。タイマーの期限が切れると、ALERTBがアサートされます。また、オプションでPWRGD出力をMFR\_PWRGD\_ASSERTION\_DELAY ms後にデアサートし、その後再度アサートすることもできます。MFR\_WATCH\_DOG\_TレジスタまたはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0を書き込むと、タイマーは無効になります。

### 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いてウォッチドッグ・タイマーの最初の時間間隔をプログラムすることができます。その際、PWRGDピンがウォッチドッグ・タイマーのステータスを反映することが前提です。ウォッチドッグ・タイマーのステータスがPWRGDのアサートの条件にならない場合、MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTはタイマー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・タイマーは無効になります。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・タイマー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・タイマーは無効になります。この遅延は内部で655msに制限されており、10 $\mu$ sごとに丸められています。

両方のタイマーは、SHARE\_CLKとは無関係に内部クロックを基準にして動作します。両方のコマンドからの読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。

### 障害応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害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="#">66</a>
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害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="#">66</a>
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサーで過熱障害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="#">67</a>
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサーで低温障害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="#">67</a>
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧障害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="#">67</a>
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力低電圧障害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="#">67</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="#">67</a>
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	200 0xF320	<a href="#">68</a>
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	再試行をイネーブルする、障害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="#">55</a>

## PMBus コマンドの説明

### ラッチされた障害のクリア

ラッチされた障害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。障害条件および警告条件が生じると、ALERTBピンは必ずローにアサートされ、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、障害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

ここで記述する障害応答は、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、LTC2971は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTEの適切なビットをセットします。
- STATUS\_WORDの適切なビットをセットします。
- 対応するSTATUS\_VOUTレジスタの該当ビットをセットします。
- ALERTBピンをローにすることによりホストに通知します。

### 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ます。</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します。<a href="#">電気的特性</a>の表を参照。遅延時間終了後でもまだ障害がある場合、デバイスはすぐにシャットダウンするか、またはTOFF_DELAYの後でシーケンス制御をオフします(Mfr_config_track_en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します。</p> <p>10b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAYの後でシーケンス制御をオフします(Mfr_config_track_en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します。</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ないことを意味します。障害ビッ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ります。</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、または別の障害条件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ます。この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・シーケンス後のオン・シーケンスまで変更が適用されない場合があります。</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、障害が最初に検出されてからのデバイスが障害を無視する時間が決まります。この遅延は高速障害のデグリッチに使用します。</p> <p>000b: デグリッチによる遅延がこれ以上障害の検出に追加されることはありません。</p> <p>001b~111b: 障害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

ここで記述する障害応答は、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、LTC2971は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の適切なビットをセットします。
- STATUS\_WORD の適切なビットをセットします。
- 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します。
- ALERTB ピンをローにすることによりホストに通知します。

### 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	<p>応答動作:</p> <p>00b: デバイスは中断せずに動作を続けます。</p> <p>01b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス制御をオフします (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します。</p>
b[5:3]	Ot_fault_response_retry, Ut_fault_response_retry, Vin_ov_fault_response_retry, Vin_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ません。</p> <p>障害ビッ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ります。</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、または別の障害条件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ます。</p> <p>この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・シーケンス後のオン・シーケンスまで変更が適用されない場合があります。</p>
b[2:0]	Ot_fault_response_delay, Ut_fault_response_delay, Vin_ov_fault_response_delay, Vin_uv_fault_response_delay	<p>000b にハードコードされています。デグリッチによる遅延がこれ以上障害の検出に追加されることはありません。</p>

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

このコマンドは LTC2971 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す。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。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS\_BYTE の HIGH\_BYTE ビットをセットします。
- STATUS\_WORD の VOUT ビットをセットします。
- STATUS\_VOUT レジスタの TON\_MAX\_FAULT ビットをセットします。
- ALERTB ピンをアサートしてホストに通知します。



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ます。 01b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス制御をオフします (Mfr_config_track_en 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します。
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ないことを意味します。障害ビッ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ります。 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、または別の障害条件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ます。この値を変更しても、そのチャンネルの次のオフ・シーケンス後のオン・シーケンスまで変更が適用されない場合があります。
b[2:0]	Ton_max_fault_response_delay	000b にハードコードされています。デグリッチによる遅延がこれ以上障害の検出に追加されることはありません。

MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、LTC2971 が障害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、200μs ごとに丸められています。このコマンドからの読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、障害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障害によってオフになったときに行う再試行数を設定します。

同じチャンネルで再試行障害が複数回起こるか、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。チャンネルが障害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	常にゼロを返します。
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・シーケンス後のオン・シーケンスまで変更が適用されない場合があります。

## PMBus コマンドの説明

### 共有される外部障害

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	チャンネルの障害に起因するオフ状態を 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="#">69</a>
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	チャンネルの障害に起因するオフ状態を 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="#">69</a>
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULTB0 ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">69</a>
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULTB1 ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	<a href="#">69</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のピンに伝搬するために、障害によってオフした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障害によるオフ状態を FAULTB0 ピンに伝搬することができます。MFR\_FAULTB1\_PROPAGATE を使用して、任意のチャンネルの障害によるオフ状態を FAULTB1 ピンに伝搬することができます。

MFR\_FAULTBn\_RESPONSE が 0 に設定されているチャンネルでは、FAULT ピンをローに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。この障害に対する応答は、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 を返します。
b[0]	Mfr_faultb0_propagate	障害の伝搬を有効にします。 0: 障害でオフ状態になったチャンネルが FAULTB0 をローにアサートしません。 1: 障害でオフ状態になったチャンネルが FAULTB0 をローにアサートします。

### 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 を返します。
b[0]	Mfr_faultb1_propagate	障害の伝搬を有効にします。 0: 障害でオフ状態になったチャンネルが FAULTB1 をローにアサートしません。 1: 障害でオフ状態になったチャンネルが FAULTB1 をローにアサートします。

### 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 ピンがローにアサートされたときにどのチャンネルがシャットオフするかを決定します。MFR\_FAULTB1\_RESPONSE は、FAULTB1 ピンがローにアサートされたときにどのチャンネルがシャットオフするかを決定します。チャンネルが FAULTBn ピンに応じてシャットオフすると、ALERTB ピンはローにアサートされ、STATUS\_MFR\_SPECIFIC レジスタに該当のビットがセットされます。図での説明については、[図 27](#): チャンネルの障害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。

障害は、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、この障害に対する応答は、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を返します。
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経過後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します。FAULTBピンが引き続き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ります。
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経過後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します。FAULTBピンが引き続き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ります。

## 障害および警告のステータス

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
CLEAR_FAULTS	0x03	設定されている全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	Y				NA	<a href="#">70</a>
STATUS_BYTE	0x78	デバイスの障害条件の1バイトの要約。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
STATUS_WORD	0x79	デバイスの障害条件の2バイトの要約。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">71</a>
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">72</a>
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">73</a>
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリの障害および警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">73</a>
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	<a href="#">74</a>
MFR_PADS	0xE5	選択されたデジタルI/Oパッドの現在の状態。	R/W Word	N	Reg			NA	<a href="#">74</a>
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	<a href="#">75</a>
MFR_FIRST_FAULT	0xB6	最初の障害情報。	R Word	N	Reg				<a href="#">76</a>
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス。	R Word	Y	Reg			NA	<a href="#">75</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、全ての非ページ化ステータス・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ステータス・レジスタ内の全ての障害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への寄与を無効化(クリア、解放)します。

CLEAR\_FAULTS コマンドは、障害条件でラッチオフしたデバイスを再起動することはありません。詳細については、ラッチされた障害のクリアのセクションを参照してください。

障害をクリアした後も障害が残る場合は、障害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・コマンドに応答します。(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障害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 と同じです。
b[6]	Status_byte_off	Status_word_off と同じです。
b[5]	Status_byte_vout_ov	Status_word_vout_ov と同じです。
b[4]	Status_byte_iout_oc	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[3]	Status_byte_vin_uv	Status_word_vin_uv と同じです。
b[2]	Status_byte_temp	Status_word_temp と同じです。
b[1]	Status_byte_cml	Status_word_cml と同じです。
b[0]	Status_byte_high_byte	Status_word_high_byte と同じです。

### STATUS\_WORD

STATUS\_WORD コマンドは、ユニットの障害条件の概要を 2 バイトの情報で返します。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	出力電圧障害または警告が発生しました。STATUS_VOUT 参照。
b[14]	Status_word_iout	出力電流警告が発生しました。STATUS_IOUT 参照。
b[13]	Status_word_input	入力電圧障害または警告が発生しました。STATUS_INPUT 参照。
b[12]	Status_word_mfr	メーカーに固有の障害が発生しました。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、無効になります。電力の状態が良好ではありません。
b[10]	Status_word_fans	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[9]	Status_word_other	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[8]	Status_word_unknown	サポートされていません。常に 0 を返します。
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。動作のセクションの処理コマンドを参照。
b[6]	Status_word_off	このビットは、単に有効化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ます。デバイスが出力に電力を供給できる場合、オフビットはクリアされます。
b[5]	Status_word_vout_ov	出力過電圧障害が発生しました。
b[4]	Status_word_iout_oc	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[3]	Status_word_vin_uv	V <sub>IN</sub> の低電圧障害が発生しました。
b[2]	Status_word_temp	温度障害または警告が発生しました。STATUS_TEMPERATURE 参照。
b[1]	Status_word_cml	通信、メモリ、またはロジック障害が発生しました。STATUS_CML 参照。
b[0]	Status_word_high_byte	b[7:1] に記載されていない障害／警告が発生したか Status_word_power_not_good = 1。

## 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、発生した出力電圧障害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	過電圧障害。
b[6]	Status_vout_ov_warn	過電圧警告。
b[5]	Status_vout_uv_warn	低電圧警告。
b[4]	Status_vout_uv_fault	低電圧障害。
b[3]	Status_vout_max_warn	VOUT_MAX 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りました。
b[2]	Status_vout_ton_max_fault	TON_MAX_FAULT シーケンス制御障害。
b[1]	Status_vout_toff_max_warn	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[0]	Status_vout_tracking_error	サポートされていません。常に 0 を返します。

### STATUS\_IOUT

以下の表に示すように、STATUS\_IOUT コマンドは、発生した出力電流障害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	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[6]	Status_iout_oc_uv_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[5]	Status_iout_oc_warn	過電流警告。
b[4]	Status_iout_uc_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[3]	Status_curr_share_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[2]	Status_pout_power_limiting	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[1]	Status_pout_overpower_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[0]	Status_pout_overpower_warn	サポートされていません。常に 0 を返します。

### STATUS\_INPUT

以下の表に示すように、STATUS\_INPUT コマンドは、発生した  $V_{IN}$  障害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	$V_{IN}$ の過電圧障害。
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	$V_{IN}$ の低電圧障害。
b[3]	Status_input_off	デバイスは入力電圧が不十分なためにオフになります。
b[2]	IIN overcurrent fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[1]	IIN overcurrent warn	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[0]	PIN overpower warn	サポートされていません。常に 0 を返します。

## 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、発生した温度障害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	過熱障害。
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	低温障害。
b[3]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[2]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[1]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[0]	Reserved	予備。常に0を返します。

### STATUS\_CML

以下の表に示すように、STATUS\_CML コマンドは、通信、メモリ、およびロジックの障害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 = 不正なコマンド障害またはサポートされていないコマンド障害が発生しました。 0 = 障害は発生していません。
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りました。 0 = 障害は発生していません。
b[5]	Status_cml_pec_fault	1 = パケット・エラー・チェック障害が発生しました。注記:LTC2971 では、PEC 検査は常に有効です。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をセットします。 0 = 障害は発生していません。
b[4]	Status_cml_memory_fault	1 = EEPROMで障害が発生しました。 0 = 障害は発生していません。
b[3]	Status_cml_processor_fault	サポートされておらず、常に0を返します。
b[2]	Reserved	予備であり、常に0を返します。
b[1]	Status_cml_pmbus_fault	1 = この表に記載した障害以外の通信障害が発生しました。これは誤って作成された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 = 障害は発生していません。
b[0]	Status_cml_unknown_fault	サポートされておらず、常に0を返します。



## 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 とマークされたビットはページ化されません。STICKY = Yes とマークされたビットは、CLEAR\_FAULTS が発行されるか、チャンネルが指示されたコマンドによってオンになるまで、セットされたままになります。ALERT = Yes とマークされたビットは、セットされると ALERTB をローに引き下げます。OFF = Yes と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	チャンネル	STICKY	ALERT	OFF
b[7]	Status_mfr_discharge	1 = オン状態に移行しようとしていたときに $V_{OUT}$ の放電障害が発生しました。 0 = $V_{OUT}$ の放電障害は発生していません。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[6]	Status_mfr_fault1_in	FAULTB1 ピンがローにアサートされていたときにこのチャンネルがオンになろうとしたか、または CONTROL ピンの最後のトグル動作、OPERATION コマンドの最後のオン/オフ・サイクル、または最後の CLEAR_FAULTS コマンド以降、FAULTB1 ピンのローへのアサートに応じて、このチャンネルが1回以上シャットダウンしました。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[5]	Status_mfr_fault0_in	FAULTB0 ピンがローにアサートされていたときにこのチャンネルがオンになろうとしたか、または CONTROL ピンの最後のトグル動作、OPERATION コマンドの最後のオン/オフ・サイクル、または最後の CLEAR_FAULTS コマンド以降、FAULTB0 ピンのローへのアサートに応じて、このチャンネルが1回以上シャットダウンしました。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[4]	Status_mfr_servo_target_reached	サーボの目標値に達しました。	Current Page	No	No	No
b[3]	Status_mfr_dac_connected	DAC が接続され、 $V_{DAC}$ ピンをドライブしています。	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ました。	Current Page	Yes	No	No
b[1]	Status_mfr_auxfaultb_faulted_off	$V_{OUT}$ または $I_{OUT}$ の障害により、AUXFAULTB がデアサートされました。	All	No	No	No
b[0]	Status_mfr_watchdog_fault	1 = ウォッチドッグ障害が発生しました。 0 = ウォッチドッグ障害は発生していません。	All	Yes	Yes	No

### MFR\_PADS

MFR\_PADS コマンドを使用すると、デジタル・パッド (ピン) の読出し専用アクセスができます。入力値はデグリッチ・ロジックの前の値です。

### MFR\_PADS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_pads_pwrpd_drive	0 = このデバイスは PWRGD パッドをローに駆動しています。 1 = このデバイスは PWRGD パッドをローに駆動していません。
b[14]	Mfr_pads_alertb_drive	0 = このデバイスは ALERTB パッドをローに駆動しています。 1 = このデバイスは ALERTB パッドをローに駆動していません。
b[13:12]	Mfr_pads_faultb_drive[1:0]	次に示すように、bit[1] は FAULTB0 パッドに使用され、bit[0] は FAULTB1 パッドに使用されます。 0 = このデバイスは FAULTB パッドをローに駆動しています。 1 = このデバイスは FAULTB パッドをローに駆動していません。
b[11:10]	Mfr_pads_pg_drive[1:0]	次に示すように、bit[1] は PG1 パッドに使用され、bit[0] は PG0 パッドに使用されます。 0 = このデバイスは PGn パッドをローに駆動しています。 1 = このデバイスは PGn パッドをローに駆動していません。
b[9:8]	Mfr_pads_asel1[1:0]	11: ロジック・ハイが ASEL1 入力パッドで検出されました。 10: ASEL1 入力パッドはフロートしています。 01: 予備。 00: ロジック・ローが ASEL1 入力パッドで検出されました。

## 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_ase0[1:0]	11: ロジック・ハイが ASE0 入力パッドで検出されました。 10: ASE0 入力パッドはフロートしています。 01: 予備。 00: ロジック・ローが ASE0 入力パッドで検出されました。
b[5]	Mfr_pads_control1	1: ロジック・ハイが CONTROL1 パッドで検出されました。 0: ロジック・ローが CONTROL1 パッドで検出されました。
b[4]	Mfr_pads_control0	1: ロジック・ハイが CONTROL0 パッドで検出されました。 0: ロジック・ローが CONTROL0 パッドで検出されました。
b[3:2]	Mfr_pads_faultb[1:0]	次に示すように、bit[1] は FAULTB0 パッドに使用され、bit[0] は FAULTB1 パッドに使用されます。 1: ロジック・ハイが FAULTB パッドで検出されました。 0: ロジック・ローが FAULTB パッドで検出されました。
b[1]	Mfr_pads_pg1	1: ロジック・ハイが PG1 パッドで検出されました。 0: ロジック・ローが PG1 パッドで検出されました。
b[0]	Mfr_pads_pg0	1: ロジック・ハイが PG0 パッドで検出されました。 0: ロジック・ローが PG0 パッドで検出されました。

### 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)、および書込み保護ピン (WP) のステータス情報を返します。

これは、LTC2971 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、LTC2971 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 ACKNOWLEDGE 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・ステータスを返します。 1: ALERTB はハイにデアサートされます。 0: ALERTB はローにアサートされます。
b[6]	Mfr_common_busyb	デバイスのビジー・ステータスを返します。 1: デバイスは PMBus コマンドを処理できる状態にあります。 0: デバイスはビジー状態なので、PMBus コマンドに対して NACK を返します。
b[5:2]	Reserved	読出し専用、常に 1s を返します。
b[1]	Mfr_common_share_clk	共有クロック・ピンのステータスを返します。 1: 共有クロック・ピンはローに保たれています。 0: 共有クロック・ピンはアクティブです。
b[0]	Mfr_common_write_protect	書込み保護ピンのステータスを返します。 1: 書込み保護ピンはハイです。 0: 書込み保護ピンはローです。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_STATUS\_2

このコマンドは、メーカー固有の障害および状態に関する追加情報を返します。Sticky = Yes とマークされたビットは、該当するイベントによってセットされ、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 とマークされたビットは、セットされると ALERTB ピンをローにアサートします。Channel = All とマーク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	読出し専用、常に0を返します。			
b[2]	Mfr_status_2_shortcycle_fault	1: このチャンネルは、シーケンス制御オフを終了する前にオンを指示されていました。 0: このチャンネルには短周期の障害は発生していません。	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ローに駆動されています。 0: AUXFAULTB パッドはこのデバイスによってローに駆動されていません。	No	No	All
b[0]	Mfr_status_2_vin_caused_off	1: VIN_SNS が VIN_OFF 閾値より低くなったのでこのチャンネルはオフにしました。 0: VIN_SNS によってこのチャンネルがオフになることはありません。	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、LTC2971 によって観測された最初の障害を示す値です。この値は障害ログに格納され、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、障害ログが有効化されているかどうかに関係なく、最初に観測された障害が取り込まれます。LTC2971 は FirstFaultTime という追加バイトを障害ログに格納します。これは、最初の障害が検出された時点での共有タイマー値の下位 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 LTC2971 デバイスを対象に、200μs 以内に発生した最初の障害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	最初に観測された障害のページ(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、最初に観測された障害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	最初に観測された障害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

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	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="#">77</a>
READ_IIN	0x89	DC/DC コンバータの入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">77</a>
READ_PIN	0x97	DC/DC コンバータの入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">77</a>
READ_VOUT	0x8B	DC/DC コンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">77</a>
READ_IOUT	0x8C	DC/DC コンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外付けダイオードのジャンクション温度。これは、IOUT_CAL_GAINを含む全ての温度関連処理に使用される値です。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	<a href="#">78</a>
READ_POUT	0x96	DC/DC コンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">79</a>
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUT の代替データ・フォーマット。1 LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	<a href="#">79</a>
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IIN の最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IIN の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">78</a>
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PIN の最大測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">78</a>
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PIN の最小測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	<a href="#">78</a>
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	$V_{IOUT\_SNSP} - V_{IOUT\_SNSM}$ の絶対値。1 LSB = 3.05 $\mu$ V または 91.5 $\mu$ V。	R Word	Y	CF	$\mu$ V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUT の最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">80</a>
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1 の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	<a href="#">80</a>
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUT の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">81</a>
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	<a href="#">81</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 ピンと IIN\_SNSM ピンの間の電圧差から得られた入力電流の、ADC による最新の測定値を返します。

### READ\_PIN

このコマンドは、入力電力の ADC による最新の測定値 (単位: ワット) 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、LTC2971 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、LTC2971 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、LTC2971 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、LTC2971 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 (°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  $T_{SENSE}$  ネットワーク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。

$T_{SENSE}$  ネットワークは、以下の条件では有効な温度を検出できません。

- $T_{SENSE}$  ピンが定電圧に短絡している場合。

- 検出ダイオードの理想係数が最大値  $N_{TS}$  よりも高い場合。

$T_{SENSE}$  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、LTC2971 の内部温度センサーによって測定されるジャンクション温度 (°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提供が目的であり、READ\_TEMPERATURE\_1 として使用されない限り、障害や警告は生成せず、他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  $T_{SENSE}$  ネットワーク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(単位:ワット)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・フォーマットを使用して、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・フォーマットでは、絶対値が 2A～82A の電流について、READ\_IOUT コマンドよりも粒度の細かい数値で表現します。

#### 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]	大電流での分解能を向上するためにカスタム・フォーマットで表現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 = $2 \cdot 2.5 = 5\text{mA}$

戻り値の粒度は常に 2.5mA であり、戻り値は  $\pm 81.92\text{A}$  の範囲内に制限されます。READ\_IOUT コマンドは、2A 未満の電流に対して最高の分解能を示します。また、82A より大きな電流ではこのコマンドを使用することが必須です。戻り値の精度は、[電流的特性](#)のセクションに示した 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

CURRENT RANGE	READ_IOUT GRANULARITY	MFR_READ_IOUT GRANULARITY
$31.25\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 62.5\text{mA}$	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、最後のREAD\_IOUTのADC変換時にIOUT\_SNSP<sub>n</sub>とIOUT\_SNSM<sub>n</sub>の間で測定された電圧の絶対値を温度補正なしで返します。

#### 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	<p>IOUT_SNSP<sub>n</sub>とIOUT_SNSM<sub>n</sub>の間で測定された未補正の電圧変換の絶対値。</p> <p>値 = <math>Y \cdot X \cdot 2^{-13}</math>。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mfr_config_imon_sel = 0または1の場合）であり、LSBは3.05 μVまたは91.5 μVになる。</p> <p>例：  mfr_config_imon_sel = 0  MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE = 1.544mV  b[15:0] = 0x1FA = 506の場合、  値 = <math>506 \cdot 0.025 \cdot 2^{-13} = 1.544\text{mV}</math></p>

### 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、LTC2971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<sup>25</sup>)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、LTC2971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、LTC2971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<sup>25</sup>)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(°C)の最大測定値を返します。このレジスタは、LTC2971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<sup>25</sup>)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、LTC2971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<sup>25</sup>)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、LTC2971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、LTC2971 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、LTC2971 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。

## 障害ログ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAMからEEPROMへの障害ログの転送を命令します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前 EEPROM に格納されていた障害ログを RAM に戻すよう命令します。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログのために確保されたEEPROMのブロックを初期化し、以前の障害ログのロックをクリアします。	Send Byte	N				NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	障害ログのステータス。	R Byte	N	Reg		Y	NA	<a href="#">82</a>
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。 この順次取得データを使用して完全な障害ログをアSEMBルします。	R Block	N	Reg		Y	NA	<a href="#">82</a>

### 障害ログの動作

障害ログの概念図を図 21 に示します。障害ログにより、LTC2971 にブラック・ボックス (記録) 機能が与えられます。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。帯形記録計に似た動作を想像してみてください。障害が発生すると、その内容は、不揮発性の記憶内容として EEPROM に書き込まれます。EEPROM の障害ログは、その後ロックされます。デバイスの電源を遮断しても、障害ログは後で読み出すことができます。

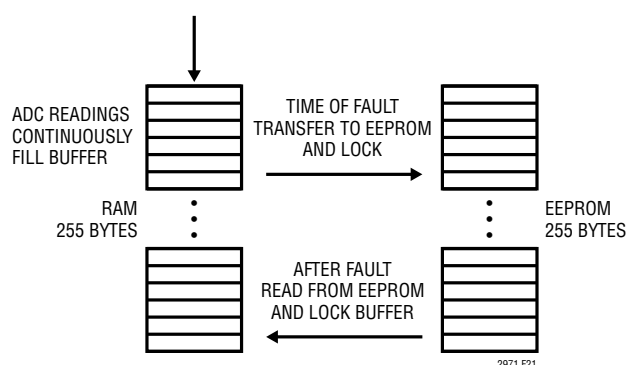


図 21. 障害ログ

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

このコマンドを使用すると、RAM バッファから EEPROM へ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 バッファへ障害ログ・データのコピーを転送できます。再生後、Mfr\_fault\_log の読出しが正常に終了するまで 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、障害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 に格納されている以前の障害ログはこの動作によって消去され、障害ログの RAM から EEPROM へのログ記録が有効になります。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

このレジスタは障害ログ・イベントの管理に使用されます。MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドまたは障害によってオフしたイベントが RAM から EEPROM への障害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 の実行後は Mfr\_fault\_log\_status\_ram がセットされ、RAM のデータが EEPROM から再生されていることと、MFR\_FAULT\_LOG コマンドを使用した読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	読出し専用、常に 0 を返します。
b[1]	Mfr_fault_log_status_ram	障害ログ RAM のステータス: 0: 障害ログ RAM は更新可能。 1: 障害ログ RAM は、次の Mfr_fault_log 読出しまでロックされます。
b[0]	Mfr_fault_log_status_eeprom	障害ログ EEPROM のステータス: 0: 障害ログ RAM から EEPROM への転送は有効になっています。 1: 障害ログ RAM から EEPROM への転送は禁止されています。

### MFR\_FAULT\_LOG

読出し専用です。この 2040 ビット (255 バイト) のデータ・ブロックには、RAM バッファの障害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、LTC2971 の障害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します。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、障害を検出した高速スーパーバイザが EEPROM への転送を開始した場合、低速 ADC がモニタした全ての値を確実に更新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 はハイにセットされ、LTC2971 がリセットされるか電源が遮断された場合でも、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、障害ログ 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。障害ログのデータは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番目のセクションには遠隔測定値の時系列的記録があり、適切に解釈するにはPosition\_lastが必要です。障害ログには約300msに相当する遠隔測定データが格納されています。ブロック読出し中にタイムアウトが発生しないようにするには、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeoutを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	障害が発生したときの障害ログ・ポインタの位置。
Reserved	1	常に0x00を返します。
SharedTime[7:0]	2	障害発生時の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LTC2971のリセット後にクリアされます。
SharedTime[15:8]	3	
SharedTime[23:16]	4	
SharedTime[31:24]	5	
SharedTime[39:32]	6	
SharedTime[40]	7	最初の障害が検出された時点で取り込まれた共有クロック・カウンタの下位8ビット。
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	

表4. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Mfr_vin_min[15:8]	26	
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で始まります。Position\_lastは、BYTE COUNT = 0xFFの後に返される最初のバイト。ブロック読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鍵は、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、その後にページ 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. 循環ループ・データの解釈

POSITION	DATA
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]

表 5. 循環ループ・データの解釈

POSITION	DATA
13	Read_pout0[7:0]
14	Read_pout0[15:8]
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 読出しの例

次の表では、Position\_last = 4 での障害ログ読出し例を完全にデコードして、この動作の循環的な性質を明らかにしています。

### 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	障害が発生したときの障害ログ・ポインタの位置。
1	01	Reserved	常に0x00を返します。
2	02	SharedTime[7:0]	障害発生時の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]	最後の有効な 障害ログ・ バイト

予備バイト

238	EE		0x00	バイト EE~FE は 0x00 を返します が、読み出す 必要があります。
239	EF		0x00	
240	F0		0x00	
241	F1		0x00	
242	F2		0x00	
243	F3		0x00	
244	F4		0x00	
245	F5		0x00	
246	F6		0x00	
247	F7		0x00	
248	F8		0x00	
249	F9		0x00	
250	FA		0x00	
251	FB		0x00	
252	FC		0x00	
253	FD		0x00	
254	FE		0x00	
				0x00 から 0xFE まで 合計 255 バイトを 読み出すには、 1 ブロック読出し コマンドを 使用します。

## 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	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
CAPABILITY	0x19	このデバイスによってサポートされている PMBus オプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	<a href="#">90</a>
PMBUS_REVISION	0x98	この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 です。	R Byte	N	Reg			0x11	<a href="#">90</a>
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC2971 を識別するメーカーのコード。	R Word	N	Reg		Y	LTC2971 0x032X LTC2971-1 0x033X LTC2971-2 0x034X LTC2971-3 0x035X	<a href="#">90</a>
MFR_SPECIAL_LOT	0xE8	工場出荷時にプログラムされ、EEPROM に格納されたユーザ設定を識別する顧客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="#">91</a>
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	<a href="#">91</a>

### CAPABILITY

CAPABILITY コマンドは、ホスト・システムが LTC2971 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します。Mfr_config_all_pec_en ビットを読み出すと、PEC が現在必要かどうかわかります。
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ます。
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ます。
b[3:0]	Reserved	常に 0 を返します。

### 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します。1.1 版では 0x11 に固定されています。

### MFR\_SPECIAL\_ID

このレジスタには LTC2971 のメーカー ID が格納されています。0x032X (LTC2971)、0x033X (LTC2971-1)、0x034X (LTC2971-2)、または 0x035X (LTC2971-3) を常に返します。最後のニブルはメーカーによって調整されます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_SPECIAL\_LOT

これらのページ化レジスタには、工場出荷時にプログラムされたユーザ設定を識別する情報が格納されています。工場出荷時にプログラムされる個別仕様のユーザ設定および特殊なロット番号については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

### MFR\_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のユーザ領域で訂正が行われます。 1:EEPROMのユーザ領域で訂正が行われません。
b[4:0]	Reserved	予備

### ユーザ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	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
USER_DATA_00	0xB0	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	N	Reg		Y	N/A	<a href="#">91</a>
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	N/A	<a href="#">91</a>
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。	R/W Word	N	Reg		Y	N/A	<a href="#">91</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="#">91</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="#">91</a>
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーの予備。	R/W Word	Y	Reg			NA	<a href="#">91</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のスクラッチパッドとその他のメーカーの予備位置として用意されています。

USER\_DATA\_03およびUSER\_DATA\_04は、ユーザ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、アセンブリ場所、アセンブリ期日などのトレーサビリティ情報またはリビジョン情報として使用できます。



## アプリケーション情報

### 概要

LTC2971は、シーケンス制御、マーギニング、トリミング、出力電圧の過電圧／低電圧状態の監視、障害管理、DC/DCコンバータの2つのチャンネルの電圧／電流／温度の読出し、高電位側の入力電流、入力電圧、入力電力、入力電力量、およびジャンクション温度の読出しが可能な2チャンネル・パワー・システム・マネージメントICです。アナログ・デバイスズの複数のパワー・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。LTC2971は、PMBus準拠のインターフェースとコマンド・セットを使用します。

### LTC2971 への電力供給

LTC2971には、2つの方法で電力を供給できます。1つ目の方法では、4.5V～60Vの外部電源からの電力をV<sub>PWR</sub>ピンに印加します。図22を参照してください。内部のリニア電圧レギュレータがV<sub>PWR</sub>を3.3Vに変換し、これでLTC2971の内部回路を駆動します。V<sub>PWR</sub>のレベルが高いと、過大な内部消費電力と自己発熱を引き起こします。LTC2971は60VのV<sub>PWR</sub>レベルで動作しますが、外部電源の電圧が24Vより高い場合は、外部スイッチング・レギュレータを使用してV<sub>PWR</sub>を降圧することを推奨します。

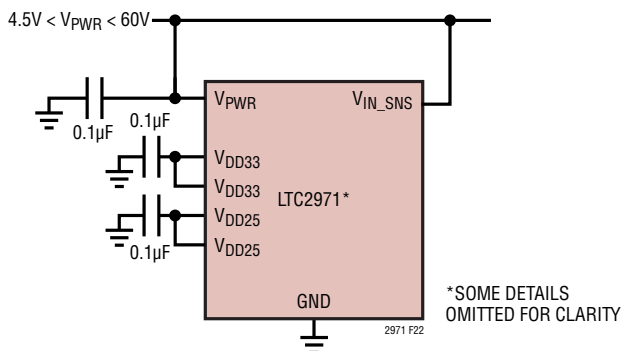


図22. 4.5V～60Vの外部電源からLTC2971への電力供給

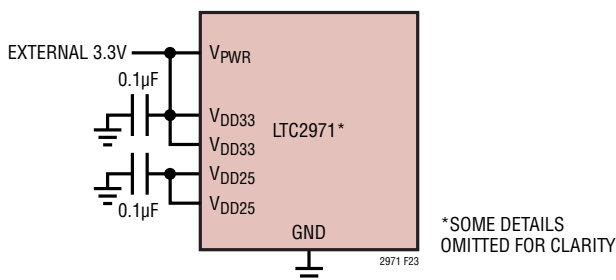


図23. 3.3Vの外部電源からLTC2971への電力供給

もう1つの方法として、3.13V～3.47Vの外部電源からの電力をV<sub>DD33</sub>ピンとV<sub>PWR</sub>ピンに印加します。図23を参照してください。この方法を使用する場合は、全ての機能が使用可能であり、内部の消費電力が最小限に抑えられます。

### 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方式オブジェクトを使用したLTpowerPlayにより、LTC2971を単独動作に合わせて完全に設定できます。

### 入力電流の測定

LTC2971は、入力電源の電流を測定できます。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。LTC2971は、正確な内部タイム・ベースを備えており、電力量は電力と時間の積であるため、入力電力量を計算できます。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します。R<sub>SENSE</sub>が低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、R<sub>SENSE</sub>をLTC2971に近づけて配置し、等温にすることを推奨します。

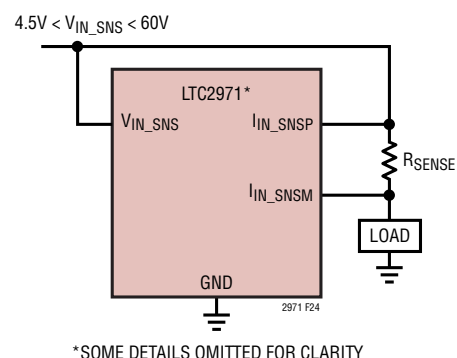


図24. 入力電流の測定

## アプリケーション情報

R<sub>SENSE</sub>の値は、最大入力信号が±80mVの入力範囲内に収まるように選択します。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。

### 入力電圧の測定

READ\_VINは、V<sub>IN\_SNS</sub>ピンの入力電圧を返します。TUE\_VINは、READ\_VINの測定誤差を表します。

### 入力電力の測定

READ\_PINは、最新のV<sub>VIN\_SNS</sub>とI<sub>IN\_SNS</sub>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**の表で仕様を規定しているのは、代表的な条件でのREAD\_PINの総合未調整誤差(TUE\_PIN)のみですが、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、15mV < |V<sub>IIN\_SNS</sub>| < 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。

### 入力電力量の測定

12バイトのデータ・ブロックMFR\_EINには、48ビットの累積電力量測定値Energy\_value[47:0](単位:mJ)、および電力量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](単位:ミリ秒)が格納されます。累積電力量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、入力電流と電力量のセクションおよびPMBusコマンドの説明のMFR\_COMMAND\_PLUSのセクションを参照してください。Energy\_valueに累積できる電力量は最大で(2<sup>48</sup>-1) mJであり、この値を超えるとゼロに戻ります。電力量を累積できる時間は最大で(2<sup>48</sup>-1) ms (約8925年)であり、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、電力量計は0ミリジュールに達すると飽和します。

電力量計のタイム・ベースの誤差(TUE\_ETB)により、内部電力量のタイム・ベースの精度が規定されます。Energy\_timeの精度は、TUE\_ETBの最大誤差によって決まります。累積電力量には、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、V<sub>IIN\_SNS</sub> = 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、電力量の測定誤差(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

特定のチャンネルがどのようにオン／オフするかは、次の3つの制御パラメータによって決まります。それは、CONTROLピン、OPERATIONコマンド、およびV<sub>IN\_SNS</sub>ピンで測定された入力電圧(V<sub>IN</sub>)の値です。デバイスがCONTROLピンまたはOPERATIONコマンドに応答できるためには、どの場合でもV<sub>IN</sub>がVIN\_ONを超える必要があります。V<sub>IN</sub>がVIN\_OFFより低くなると、TOFF\_DELAY経過後、両方のチャンネルは直ちにオフになるか、シーケンス制御でオフになります(Mfr\_config\_track\_enm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。

以下に代表的なオン／オフ設定のいくつかの例を示します。

1. DC/DCコンバータは、V<sub>IN</sub>がVIN\_ONを超えたときに常にオンになるように設定できます。
2. DC/DCコンバータは、OPERATIONコマンドを受け取ったとき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 VOUT\_EN 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 VOUT\_COMMAND 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 ピンを使用して障害を他のチャンネルに伝搬するように該当チャンネルを設定できます。図 25 に、CONTROL ピンを使用した代表的なオン・シーケンスを示します。過電圧障害は、デバイスが起動している間は常に VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT の値と突き合わせてチェックされ、リセット状態時や過電圧を無視している間のマーギニング時にはチェックされません。

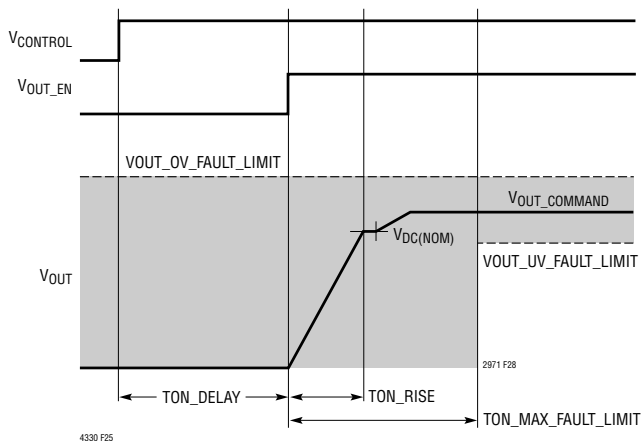


図 25. 制御ピンを使用した代表的なオン・シーケンス

## オン状態の動作

チャンネルがオン状態に達していると、OPERATION コマンドを使用して DC/DC コンバータの出力をマーギニング・ハイまたはマーギニング・ローに設定するか、または VOUT\_COMMAND で示す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 VOUT\_COMMAND 電圧に連続的にトリミングするように設定するか、またはチャンネルの VDACn 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 ( $V_{DCn(NOM)}$ ) 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\_LTC2971 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。サーボの目標は目的の出力電圧です。

連続/非連続トリミング・モード: MFR\_CONFIG\_LTC2971 b[7]。連続トリミング・モードでは、サーボは VOUT の測定値を取得するたびに DAC をクロズド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  $t_{UPDATE\_ADC}$  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。非連続トリミング・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/非連続トリミング・モードの一部として、高速サーボ・モードを使用して、マーギン・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・モードが有効化されているときは、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、 $t_{s\_VDAC}$  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\_LTC2971 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、LTC2971 は出力を再トリミング(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\_LTC2971 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、LTC2971 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。
- 切り離し。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

LTC2971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ピンがローになり、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>のオフ閾値電圧

MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDコマンド・レジスタを使用すると、出力電圧のオフ閾値を指定できます。出力電圧がこの閾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／再移行できません。オフ閾値電圧は、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閾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、該当ビットはSTATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタにセットされ、ALERTBピンはローにアサートされます。出力電圧がそのオフ閾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

自動再起動シーケンスを開始するには、CONTROLピンをオフ状態にして、10 $\mu$ sを超えたらオフ状態を解除します。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26を参照してください)。VOUT\_ENピンは、MFR\_CONFIG\_LTC2971コマンドにより、いずれかのCONTROLピンにマップされます。この機能により、リセットしようとしているホストは、回復後、よく制御された方法で電源を再起動できます。

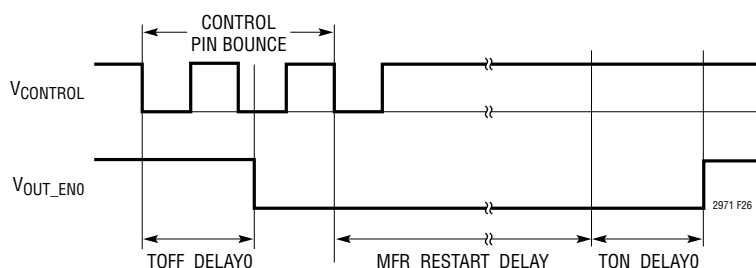


図26. 自動再起動機能を備えたオフ・シーケンス



## アプリケーション情報

### 障害管理

#### 出力過電圧障害および低電圧障害

高速電圧スーパーバイザの過電圧障害閾値および低電圧障害閾値は、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障害に対する応答が決定されます。障害の応答では、DC/DCコンバータを直ちにディスエーブルする、待機して一定期間障害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、または障害が発生しても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、LTC2971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。ラッチされた障害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。障害条件および警告条件が生じると、ALERTBピンは必ずローにアサートされ、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

過電圧、低電圧、および過電流の警告閾値は、LTC2971のADCによって処理されます。これらの閾値は、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の過電流警告閾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出力はロー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、出力の過電圧障害または低電圧障害を示すことができます。MFR\_CONFIG2\_LTC2971レジスタとMFR\_CONFIG3\_LTC2971レジスタを使用して、VOUT\_OV障害状態またはVOUT\_UV障害状態に応じてAUXFAULTBピンをローにアサートするように設定します。障害によるオフ状態の後にオン状態に再移行するようLTC2971に指示すると、AUXFAULTB出力はローへの引き下げを停止します。

## アプリケーション情報

### マルチチャンネルの障害管理

マルチチャンネルの障害管理は、双方向のFAULTBピンを使用して処理します。図27に、チャンネルとFAULTBピンの間の接続を示します。

- MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_PROPAGATE コマンドは、障害によるオフ状態を特定のチャンネル(PAGE)からいずれかのFAULTB出力に伝搬できるプログラマブルなスイッチのように動作します。MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_RESPONSE コマン

ドは、各チャンネルの入力で同様のスイッチを制御します。このスイッチは、FAULTBピンの任意の組み合わせに応じて任意のチャンネルをシャットダウンできます。FAULTBピンがローになると応答するチャンネルは、問題のFAULTBピンが障害発生チャン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。

- また、FAULTBピンは、10μsのデグリッチ遅延後すぐにオフ・シーケンスを開始するために、外部のドライバでローにアサートすることもできます。

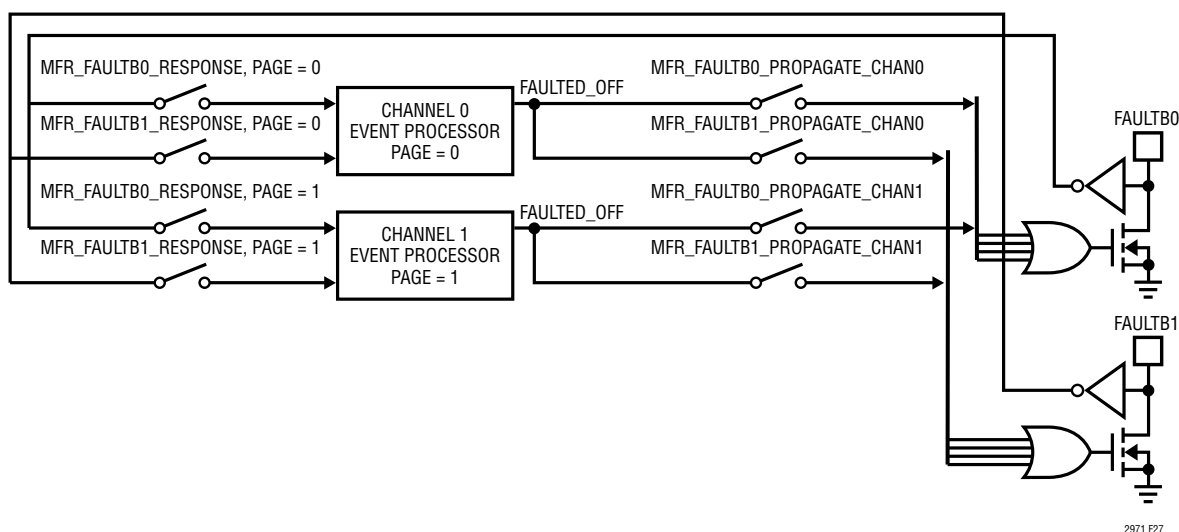


図27. チャンネルの障害管理のブロック図



## 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

図28に、代表的な複数のLTC2971アレイでピンを相互接続する方法を示します。

- $V_{IN\_SNS}$  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、LTC2971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、 $V_{IN\_ON}$  閾値および $V_{IN\_OFF}$  閾値に応じて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\_LTC2971レジスタのVin\_share\_enableビットをハイに設定することを推奨します。
- AUXFAULTBの全ての配線を互いに接続しておくと、選択された障害がアレイ内のいずれかのDC/DCコンバータの出力で発生したときに、共通の入力スイッチを遮断できます。

- ALERTBは、一連のPMBusコンバータでの代表的な1配線です。LTC2971は、障害と警告の豊富な組み合わせをALERTBピンに伝搬できます。
- WDI/RESETBを使用して、LTC2971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をローにしてください。
- FAULTBを互いに結線して障害依存関係を構築できます。図28に、いずれかのFAULTBに障害が発生した場合にそれ以外を全てローにする設定を示します。こうすると、いずれかのチャンネルが起動しなかった場合に起動シーケンスをアボートすることが望ましいアレイの場合に役立ちます(図29参照)。
- 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28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してもかまいません。

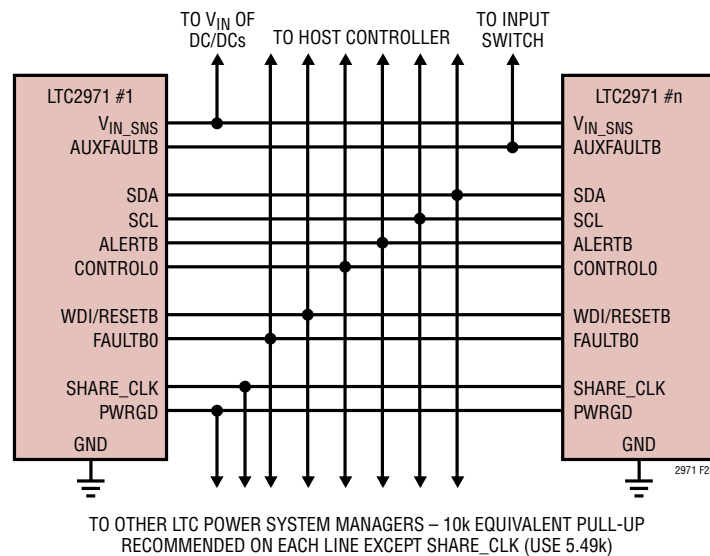


図28. アナログ・デバイセズの複数のパワー・システム・マネージャ間の代表的な接続

## アプリケーション情報

### アプリケーション回路

#### 外付け帰還抵抗と正の $V_{FB}$ 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

図30に、外付けの帰還ネットワークを使用して電源のトリミング／マージニングを行う代表的なアプリケーション回路を示します。 $V_{OUT\_SNS0}$ および $GND_{SNS0}$ の差動入力によって負荷電圧が直接検出され、クローズドループのサーボ・アルゴリズムによって $V_{DAC0}$ ピンに補正電圧が生成されます。DAC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。 $Mfr\_config\_dac\_pol$ を0に設定します。 $V_{FB}$ は正電圧です。正電圧コンバータは、通常は $V_{RET}$ を0Vに設定します。一部の反転DC/DCコンバータはこのトポロジを使用しますが、 $V_{RET}$ を $V_{FB}$ より高い正電圧に接続します。

#### 外付け帰還抵抗と正の $V_{FB}$ 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30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. 帰還ネットワークを流れる電流は出力電流と比較して小さくなるものの、 $I_{FB}$ によって生じるDC誤差は無視できるような値に $R20$ を設定します。
2.  $R10$ の値を求めます。

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

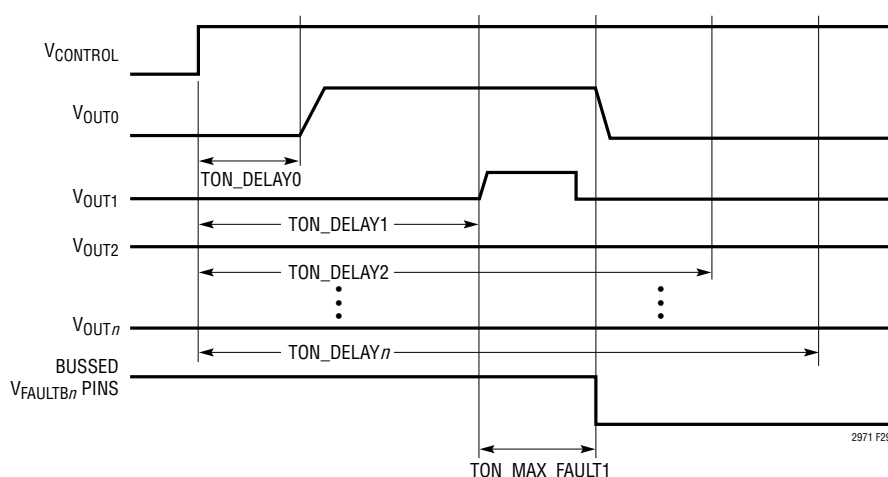


図29. チャンネル1の短絡が原因でアボートされたオン・シーケンス

## アプリケーション情報

3.  $V_{DAC}=0V$  のとき正のマーゼニング率 ( $\Delta_{UP}\%$ ) が得られるように  $R30$  を設定します。

$$R30 < (R20 \parallel R10) \cdot \left( \frac{100}{\Delta_{UP}\%} \right) \quad (2)$$

DAC 出力バッファの抵抗が  $0V$  付近で変化しないように、 $R30$  の値は最大値より 10% 小さくします。

4. DAC のフルスケール設定値  $V_{FS\_VDAC}$  の  $1.38V$  または  $2.65V$  が、負のマーゼニング率  $\Delta_{DOWN}\%$  をカバーするように  $Mfr\_config\_dac\_gain$  を設定します。

$$V_{FS\_VDAC} > V_{DC(NOM)} \cdot \left( \frac{\Delta_{DOWN}\%}{100} \right) \cdot \left( \frac{R30}{R20} \right) + V_{FB} \quad (3)$$

両方の設定値が機能したら、分解能を高めるために低い方の設定値を選択します。

## トリム・ピンを使用した DC/DC コンバータのトリミングとマーゼニング

一部の DC/DC コンバータ・ブリックは、トリム・ピンと 1 本の抵抗  $R_{TRIM}$  を使用して  $V_{DC}$  を設定します。また、次に示すような  $R_{TRIM}$  の式が成り立ちます。

$$R_{TRIM} = \frac{R20}{\frac{V_{DC(NOM)}}{V_{FB}} - 1} = R20 \cdot \left( \frac{V_{FB}}{V_{DC(NOM)} - V_{FB}} \right) \quad (4)$$

これらのコンバータは、[図 30](#) と同じ回路を使用し、内部に  $R20$  が組み込まれており、 $V_{RET} = 0V$ 、 $R_{TRIM} = R10$  です。したがって、前のセクションの式は、 $R20$  を設定した場合に成り立ちます。その他のブリックがこのトポロジと異なる点は、内部に存在する  $R10$ 、 $R_{TRIM}$  と直列の内部抵抗、または  $V_{RET}$  が非ゼロであることです。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。

外付け帰還抵抗と負の  $V_{FB}$  を使用した DC/DC コンバータのトリミングとマーゼニング

一部の反転レギュレータ・トポロジでは、負の  $V_{FB}$  を使用します。[図 31](#) に、負の  $V_{FB}$  と外付けの帰還ネットワークを使用して電源のトリミング／マーゼニングを行う代表的なアプリケーション回路を示します。 $V_{RET}$  を使用するテブナン終端により、 $V_{DAC}$  は正電圧  $V_P$  を参照します。LTC2971 の  $V_{REFP}$  は、適切な  $V_{RET}$  として機能します。

外付け帰還抵抗と負の  $V_{FB}$  を使用した DC/DC コンバータでの 5 ステップの抵抗選択手順

[図 31](#) 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 5 ステップの手順に従ってください。

1. 帰還ネットワークを流れる電流は出力電流と比較して小さくなるものの、 $I_{FB}$  によって生じる DC 誤差は無視できるような値に  $R20$  を設定します。
2. DAC のソフト接続先にする必要がある電圧に  $V_P$  を設定します。

$$V_P = V_{FS\_VDAC} \cdot \left( \frac{\Delta_{UP}\%}{\Delta_{UP}\% + \Delta_{DOWN}\%} \right) \quad (5)$$

マーゼニングを等しく増減する場合、 $V_P$  は DAC の中点電圧であることに注意してください。 $Mfr\_config\_dac\_gain$  は、DAC のフルスケール設定値  $V_{FS\_VDAC}$  として  $1.38V$  または  $2.65V$  を選択します。 $V_P < V_{RET}$  となるように  $Mfr\_config\_dac\_gain$  を設定します。

3.  $R10$  の値を求めます。

$$R10 = R20 \cdot \left( \frac{V_P - V_{FB}}{V_{FB} - V_{DC(NOM)}} \right) \quad (6)$$

4.  $R40$  の値を求めます。

$$R40 = R20 \cdot \left( \frac{V_{RET} - V_P}{V_{FB} - V_{DC(NOM)}} \right) \quad (7)$$

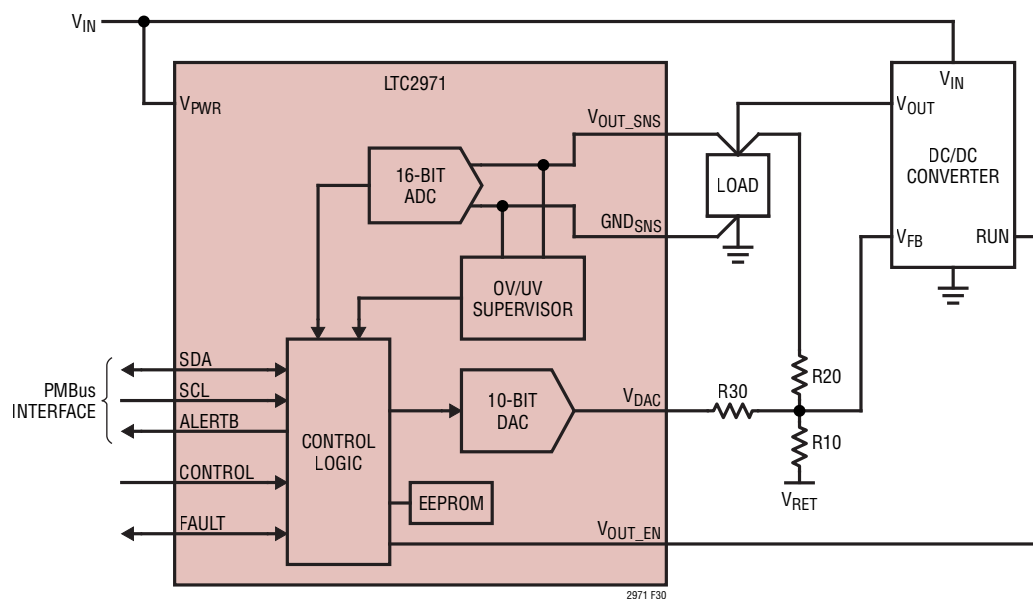
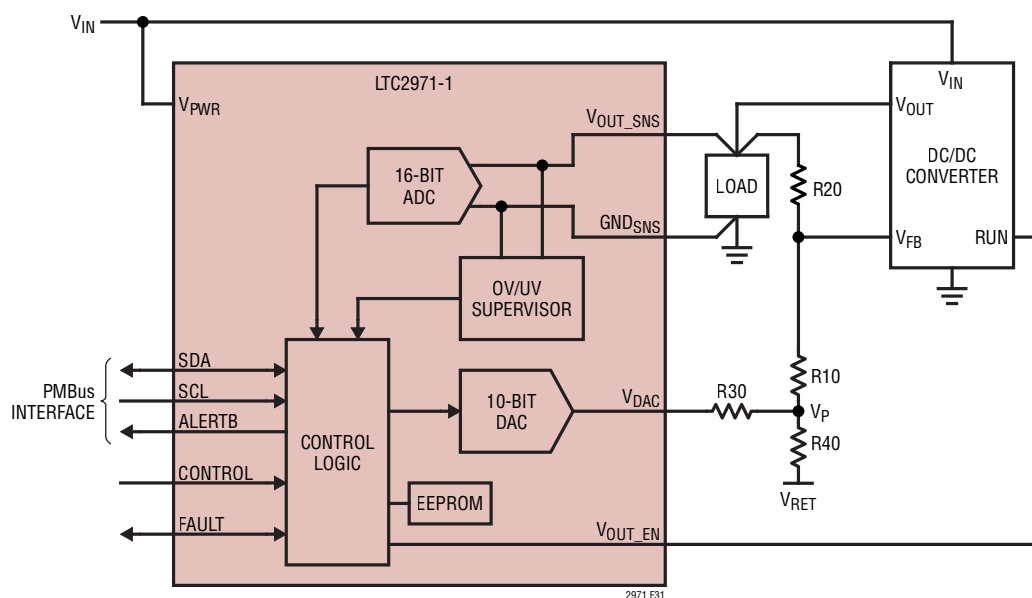
5. DC/DC コンバータの出力電圧範囲が、DAC の範囲に対してマーゼニング電圧の最小値から最大値までとなるように  $R30$  を設定します。

$$R30 < (R10 \parallel R40) \cdot \left[ \left( \frac{R20}{R10} \right) \cdot \left| \frac{-V_{FS\_VDAC}}{V_{DC(NOM)}} \right| \cdot \left( \frac{100}{\Delta_{UP}\% + \Delta_{DOWN}\%} \right) - 1 \right] \quad (8)$$

DAC 出力バッファの抵抗が  $0V$  付近で変化しないように、 $R30$  の値は最大値より 10% 小さくします。

また、これらの式は、 $V_{FB} > 0V$  かつ  $V_{RET}$  を  $0V$  に設定した場合の正の DC/DC コンバータに対しても成り立ちます。更に、これらの式は DAC 範囲を最大限に使用することから、マーゼニング分解能と [図 30](#) のトポロジとの関係が最適化されますが、代償として抵抗を 1 本追加することが必要です。

## アプリケーション情報

図 30. 外付け帰還抵抗と正の  $V_{FB}$  を使用した DC/DC コンバータのアプリケーション回路図 31. 外付け帰還抵抗と負の  $V_{FB}$  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

外付け帰還抵抗と電流FBXを使用した  
反転型DC/DCコンバータのトリミングとマージニング

一部の反転型DC/DCコンバータは、電流 $I_{INT}$ をFBXピンから強制的に流し出します。外付け抵抗はFBXとOUTの間に配置します。内部ループにより、 $V_{FBX}=0V$ となるように $V_{DC}$ が印加されます。図32に、外付けの帰還抵抗と電流FBXを使用して電源のトリミング／マージニングを行う代表的なアプリケーション回路を示します。 $V_{RET}$ を使用するテブナン終端により、 $V_{DAC}$ は正電圧 $V_P$ を参照します。LTC2971の $V_{REFP}$ は、適切な $V_{RET}$ として機能します。

外付け帰還抵抗と電流FBXを使用した  
反転型DC/DCコンバータでの4ステップの抵抗選択手順

図32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. DACのソフト接続先にする必要がある電圧に $V_P$ を設定します。

$$V_P = V_{FS\_VDAC} \cdot \left( \frac{\Delta_{UP}\%}{\Delta_{UP}\% + \Delta_{DOWN}\%} \right) \quad (9)$$

およそ $0.1 \cdot (\Delta_{UP}\% + \Delta_{DOWN}\%)$ をターゲットの $\Delta_{UP}\%$ と $\Delta_{DOWN}\%$ に加えて、DAC出力バッファの抵抗が0V付近で変化しないようにします。

マージニングを等しく増減する場合、 $V_P$ はDACの midpoint 電圧であることに注意してください。 $V_P < V_{RET}$ となるように $Mfr\_config\_dac\_gain$ を設定します。

2.  $R_{20}$ の値を求めます。

$$R_{20} = \frac{|V_{DC(NOM)}|}{I_{INT}} \cdot \left( 1 - \frac{\Delta_{UP}\%}{100} \right) \quad (10)$$

3.  $R_{10}$ の値を求めます。

$$R_{10} = \frac{V_P}{I_{INT}} \cdot \left( \frac{100}{\Delta_{UP}\%} - 1 \right) \quad (11)$$

4.  $R_{40}$ の値を求めます。

$$R_{40} = R_{10} \cdot \left( \frac{V_{RET}}{V_P} - 1 \right) \quad (12)$$

## アプリケーション情報

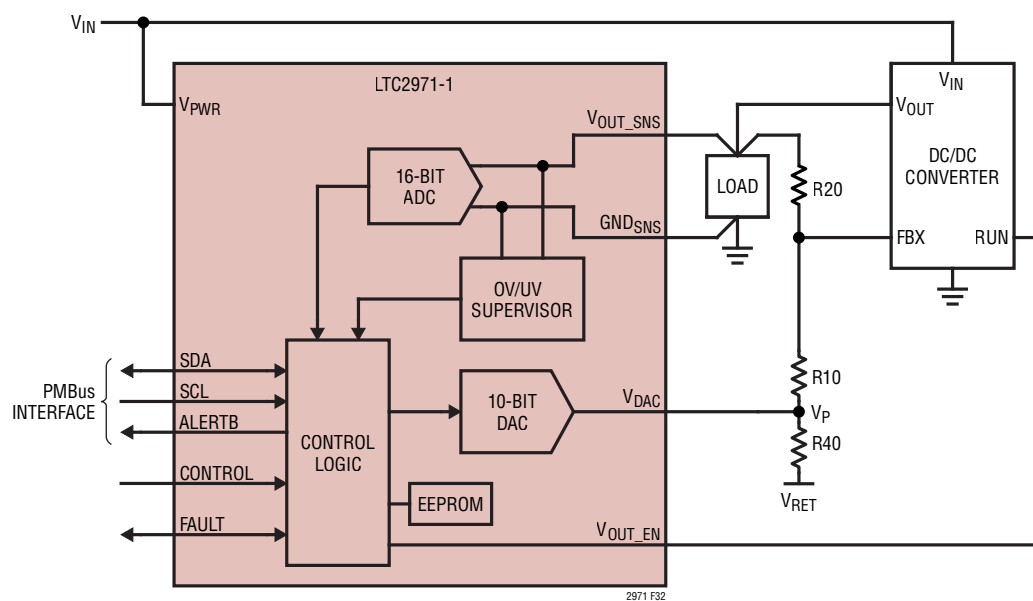


図 32. 外付け帰還抵抗と電流 FBX を使用した DC/DC コンバータのアプリケーション回路



## アプリケーション情報

## 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33に示します。

R40、R50、およびC30で構成されるオプションのフィルタ・ネットワークの詳細については、アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項を参照してください。

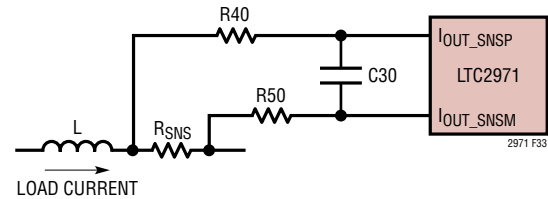


図33. 検出抵抗による電流検出回路

## インダクタのDCRを使用した出力の測定

図34に、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示します。差動電圧範囲の $\pm 80\text{mV}$ 以内にリップル電圧を低減するには、1次RCフィルタが必要です。IOUT\_SNS内部のアンチエイリアシング・フィルタにより、残りのリップルを無視できるほどの誤差まで除去します。入力バイアス電流の不整合に起因するオフセット誤差を最小限に抑えるため、 $R_{CM}$ の値として $250\Omega$ を推奨します。 $C_{CM}$ を選択する場合は、DCRとインダクタンスによって形成されるゼロを相殺できるように、つまり $C_{CM} \geq L / (DCR \cdot R_{CM})$ が成り立つようにします。オプションで $C_{CM}$ とIOUT\_SNSMの $R_{CM}$ を並列に接続すると、IOUT\_SNSPとIOUT\_SNSMの間のインピーダンスを整合できます。

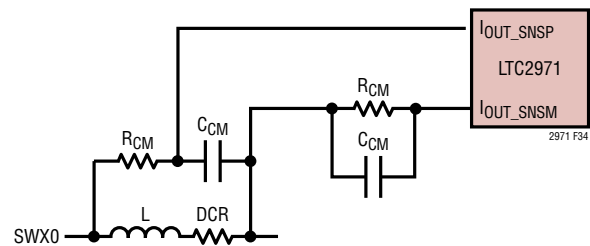


図34. DCRによる電流検出回路

## 単相の設計例

DCRによる電流検出アプリケーションの設計例として、 $L = 2.2\mu\text{H}$ 、 $DCR = 10\text{m}\Omega$ 、 $F_{SW} = 500\text{kHz}$ と仮定します。

$R_{CM} = 250\Omega$ として $C_{CM}$ の値を求めると、次のようになります。

$$C_{CM} \geq \frac{2.2\mu\text{H}}{10\text{m}\Omega \cdot 250\Omega} = 880\text{nF}$$

## 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。図35に、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示します。電流検出波形は一緒に平均化されます。3つの位相に対応する3つの $R_{CM}$ 抵抗は並列に接続されているので、 $R_{CM}$ 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、IOUT\_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パターン抵抗のバランスを維持することが必要です。

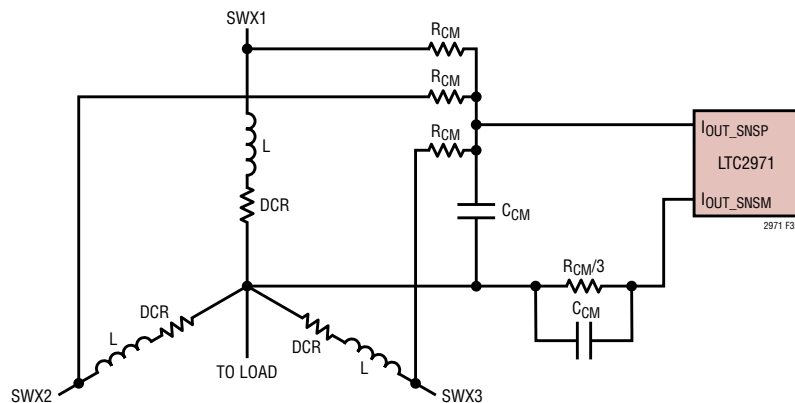


図35. マルチフェーズ DCR による電流検出回路



## 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 LTC2971 への接続

USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 は、お客様の基板上の LTC2971 とインターフェースをとって、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、障害ステータス・レジスタ、および障害ログを使用して、故障を短時間で診断できます。最終設定を短時間で生成し、LTC2971 の EEPROM に格納することができます。

システム電源が供給されているか否かに関係なく、アナログ・デバイセズの I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラを介して、1 つ以上の LTC2971 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 38 と図 39 に示します。

図 38 に、LTC2971 の電源を 3.3V から供給している場合に使用する推奨の回路図を示します。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 LTC2971 に電力を供給できます。

コントローラの電流供給能力は限られているので、OR 接続の 3.3V 電源から電力を供給するのは、LTC2971、付随するプルアップ抵抗、および 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 LTC2971 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・デバイセズ製コントローラの 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 LTC2971 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・デバイセズの 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。

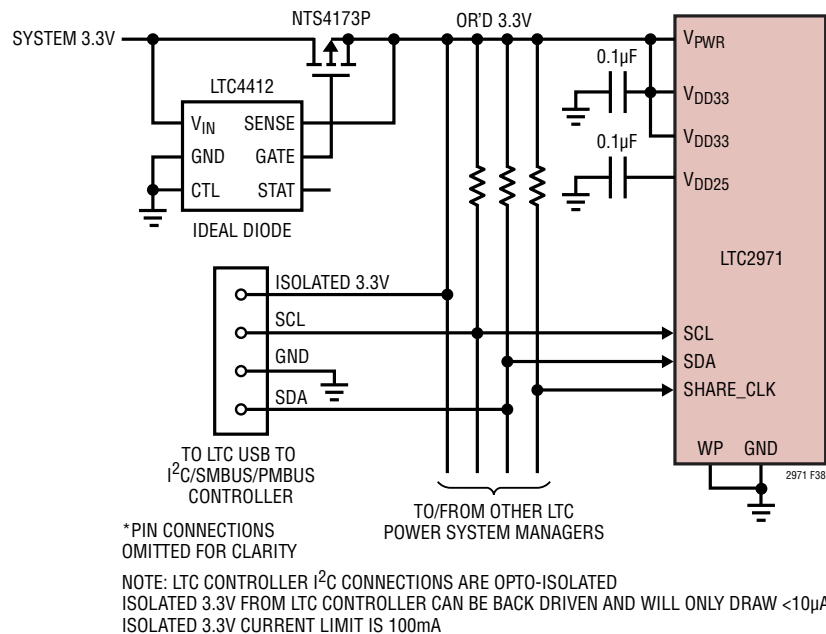


図 38. LTC2971 が 3.3V から電力を供給されている場合のアナログ・デバイセズ製コントローラの接続

## アプリケーション情報

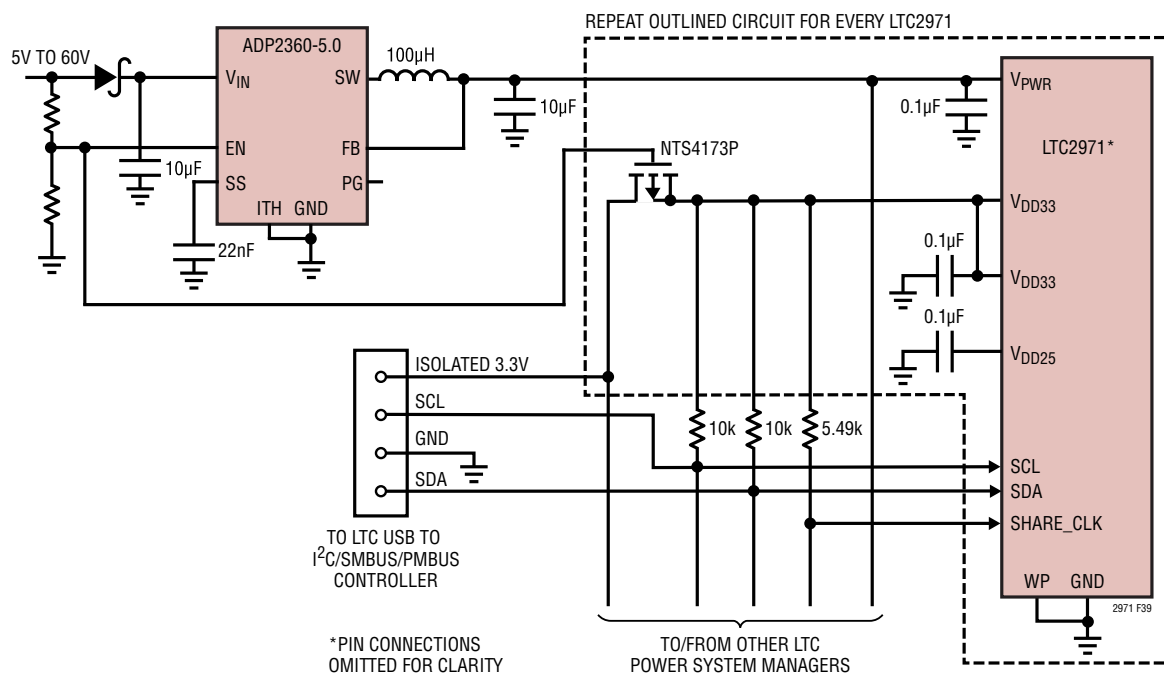


図 39.  $V_{PWR}$  を使用する場合のアナログ・デバイセズ製コントローラの接続

図39に、LTC2971の電源を5V～60Vから供給している場合に使用する推奨の回路図を示します。外部のスイッチング・レギュレータは、5Vのローカル電源を発生させてLTC2971に電力を供給します。これにより、消費電力が節減され、LTC2971の自己発熱が防止されます。ショットキー・ダイオードを降圧スイッチング・レギュレータに直列接続しているため、外部電源が接地された場合も、 $V_{PWR}$  電流は絶対最大定格を満たします。

## 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、回路を簡素化して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 $1^{\circ}\text{C}$ のインダクタ温度の変化が、約0.39%の電流利得の変化に相当します。図40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ー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40の熱画像で明瞭に表示されます。更に、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の温度センサーまでの熱抵抗 $\theta_{IS}$ 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 $\theta_{IS}$  [ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ]は、インダクタの特定の電力損失 $P_1$ に対して、検出された $T_S$ とインダクタ内部温度 $T_1$ の定常状態における差を計算するために使用します。

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



## アプリケーション情報

インダクタのDC抵抗 $R_L$ 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。

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

これらの式において、 $V_{DCR}$ はインダクタのDC電圧降下、 $I_{OUT}$ は出力電流の実効値、 $R_0$ はリファレンス温度 $T_{REF}$ でのインダクタのDC抵抗、 $\alpha$ は抵抗の温度係数です。ほとんどのインダクタは銅でできているので、温度係数 $\alpha_{CU}$ は3900ppm/°Cに近いと予測できます。与えられた $\alpha$ に対して、残りのパラメータ $\theta_{IS}$ および $R_0$ は、わずか2つの負荷電流を使用して1つの温度で補正できます。

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

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

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て、負荷過渡応答時のDCRを正確に補償できます。低負荷電流から高負荷電流への遷移時には、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 $I_1 R_1$ から $I_2 R_1$ へと変化し、その後ゆっくりと $I_2 R_2$ 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。電氣的時定数 $\tau_{EL} = L/R$ は熱時定数よりも数桁短く、「即座に」という表現は熱時定数を基準にしていることに注意してください。この2つの安定した領域から2組のデータ( $I_1$ 、 $T_1$ 、 $R_1$ 、 $P_1$ )および( $I_2$ 、 $T_2$ 、 $R_2$ 、 $P_2$ )が得られるので、2点キャリブレーション手法(1.3~1.4)を使用して定常状態でのパラメータ $\theta_{IS}$ と $R_0$ を(これまでに評価した平均 $\alpha$ 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。

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

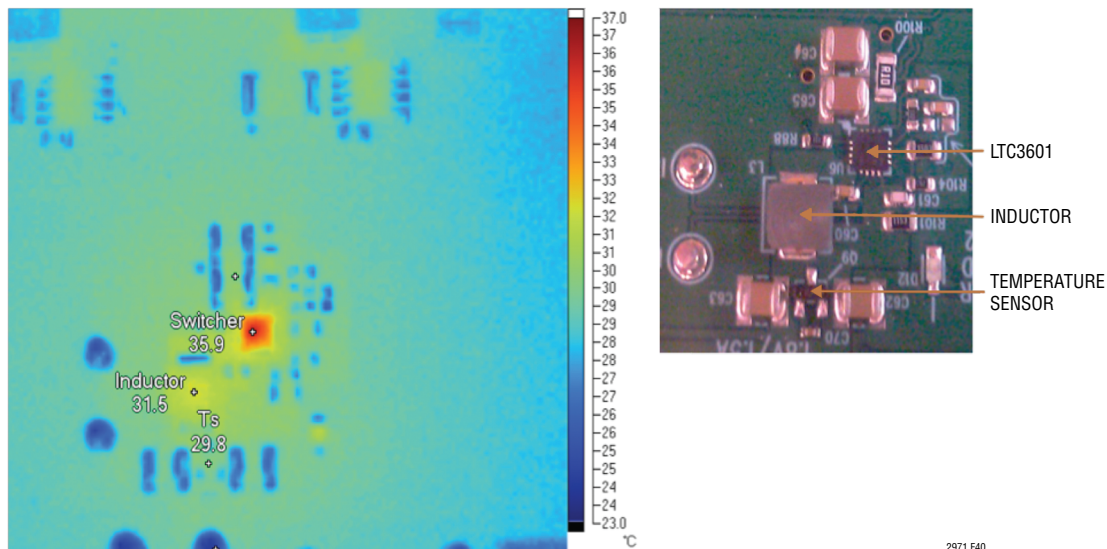


図40. 実際のインダクタ温度と温度検出点の間の違いを示すDC/DCコンバータの熱画像

2971 F40

## アプリケーション情報

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電流の測定値を補正するには、1回の負荷電流ステップで十分だということです。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。

最良の性能を得るには、温度センサーをできるだけインダクタに近づけ、その他の大きな熱源からはできるだけ離して配置する必要があります。例えば、[図40](#)では、検出用のバイポーラ・トランジスタはインダクタの近くにあり、スイッチング・レギュレータからは離れています。PNPトランジスタのコレクタをローカルな電源グラウンド・プレーンに接続すると、インダクタとの熱接触を十分に確保できます。一方で、ベースとエミッタはLTC2971に別個に配線して、ベースはLTC2971に近い信号グラウ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

[図41](#)に、LTC2971とインターフェースをとるLTpowerPlayを示します。LTpowerPlayはWindowsベースの強力な開発環境で、LTC2971を含む、アナログ・デバイスサイズの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様々な作業をサポートします。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・デバイスサイズのICを評価できます。LTpowerPlayは(ハードウェアなしの)オフライン・モードでも使用できます。これは、保存しておいて後で再ロードできるマルチチップ設定ファイルを作成するためです。LTpowerPlayは、従来にない診断機能とデバッグ機能を提供します。このソフトウェアは、システムのパワー・マネー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・デバイスサイズの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DC2875や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。また、このソフトウェアは自動更新機能を備えており、ソフトウェア

を最新の状態に維持すると共に、デバイス・ドライバと技術文書の一式を最新の状態に保持します。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。[詳細はこちらを参照してください。](#)

## PCBのアセンブリとレイアウトに関する推奨事項

### バイパス・コンデンサの配置

LTC2971では、V<sub>DD33</sub>ピンとGNDの間、V<sub>DD25</sub>ピンとGNDの間、およびREFPピンとREFMピンの間に0.1 $\mu$ Fのバイパス・コンデンサが必要です。デバイスがV<sub>PWR</sub>入力から電力を供給されている場合は、このピンも0.1 $\mu$ 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ます。できるだけデバイスに近づけて配置します。

### プリント回路基板のレイアウト

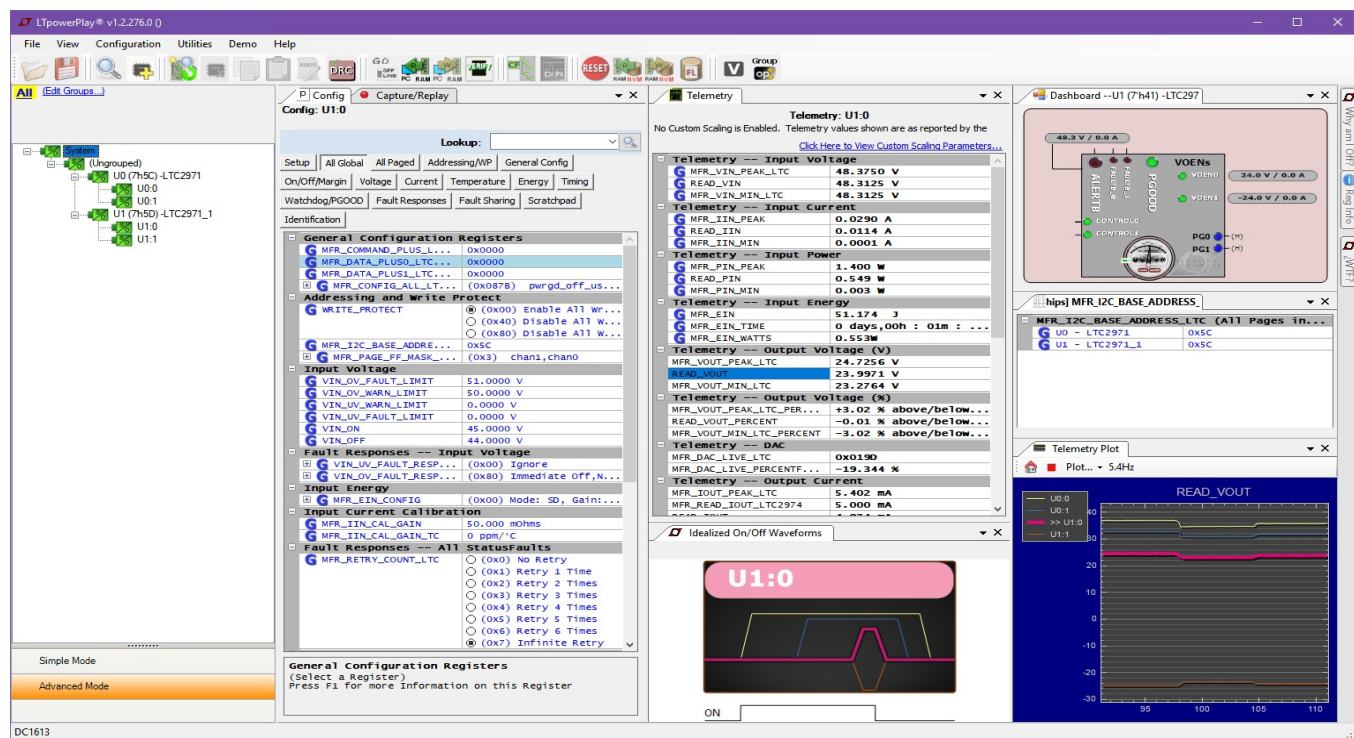
LTC2971の高電圧ピンは、パッケージの周辺にうまく配置して、近くのパターンやビアに十分なスペースをとります。高電圧信号を配線するときは、高電圧の間隔規則に従ってください。

プリント回路基板に対する機械的応力やハンダ処理に起因する応力により、LTC2971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。基板は応力の境界(基板のたわみが最小になる領域)として機能します。

LTC2971の電流検出アンプは、オフセットがきわめて低いため、高精度の電流、電力、および電力量の測定が可能です。差動配線経路が、温度勾配のあるところで異種金属の境界と交差する場合は、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ことがあります。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、正および負の電流検出経路でビアの数と位置を一致させて、温度差を最小限に抑えます。



## アプリケーション情報



### 図 41. LTpowerPlay のスナップショット

## アプリケーション情報

### 不使用のADC検出入力

不使用のADC検出入力( $V_{OUT\_SNSn}$ 、 $GND_{SNSn}$ 、 $I_{OUT\_SNSPn}$ 、 $I_{OUT\_SNSMn}$ 、 $I_{IN\_SNSP}$ 、 $I_{IN\_SNSM}$ 、または $T_{SENSEn}$ )は、全てGNDに接続します。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、ある一定の状況でフロート状態のままになる可能性があるシステムでは、これらの入力を100kの抵抗を使用してGNDに接続してください。図42に示すように、100k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。

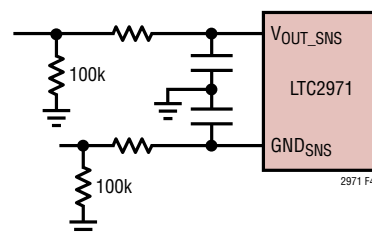


図42. 不使用の入力のGNDへの接続

### 設計のチェックリスト

#### 絶対最大定格

全てのピンが絶対最大定格を超えないことを確認してください。

USB - I<sup>2</sup>C間コントローラDC1613を使用する場合は、外付けのショットキー・ダイオードまたは他の手段を使用して、 $V_{DD33}$ から $V_{PWR}$ への逆方向電流が $V_{PWR}$ の電流定格を超えないようにします。

$V_{OUT}$ とGNDの間に値の大きい検出抵抗を接続して短絡すると、 $I_{OUT\_SNSP}$ と $I_{OUT\_SNSM}$ の間の絶対最大定格を超えることがあります。また、図33のフィルタ・ネットワークもこの事例から保護できます。

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

LTC2971は一意のアドレスになるように設定する必要があります。

アドレス選択ピン( $ASELn$ )は3レベルのピンです。表1を確認してください。

バス上の他のデバイス、およびグローバル・アドレスと競合していないか、アドレスを確認してください。

#### 出力イネーブル

両方の $V_{OUT\_ENn}$ ピンに適切なプルアップ抵抗を使用してください。

#### 外部温度の検出

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の近くでグラウンド・プレーンに接続され、エミッタがLTC2971に配線され、ベースがLTC2971の近くで信号グラウ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

$V_{DDIO}$ を1.5V～3.6Vの電源電圧に接続します。

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 $V_{DD33}$ にプルアップします。

$CONTROLn$ 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 $V_{DDIO}$ にプルアップしてください。

10kの抵抗を使用してWDI/RESETBを $V_{DD33}$ に接続します。WDI/RESETBピンにはコンデンサを接続しないでください。

WPを $V_{DDIO}$ 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。

FAULTBn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 $V_{DDIO}$ にプルアップしてください。

### 不使用の入力

不使用の $V_{OUT\_SNSn}$ 、 $GND_{SNSn}$ 、 $I_{OUT\_SNSPn}$ 、 $I_{OUT\_SNSMn}$ 、 $I_{IN\_SNSP}$ 、 $I_{IN\_SNSM}$ 、および $T_{SENSEn}$ ピンは、全てGNDに接続します。不使用の入力はフロート状態のままにしないでください。

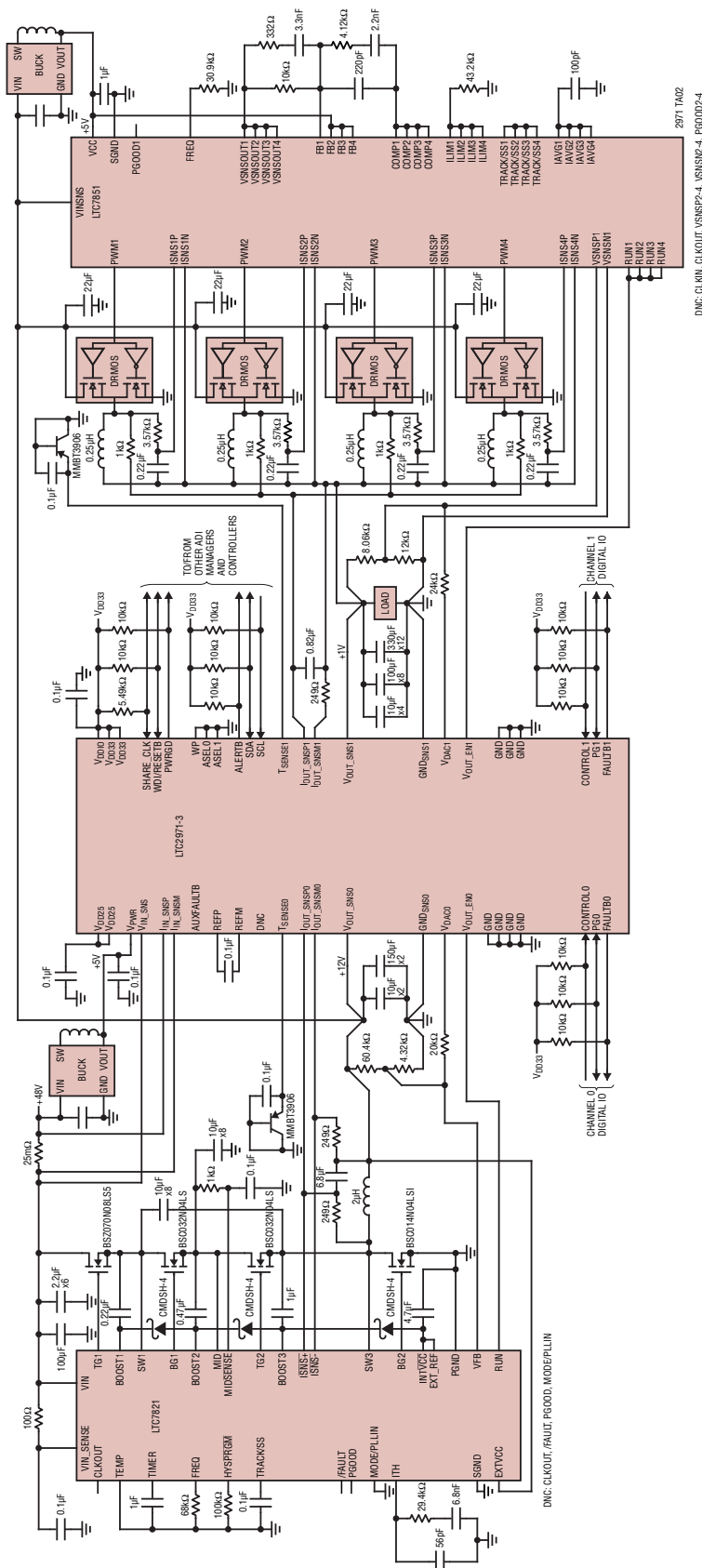
### DAC出力

必要なマージン範囲に合わせて適切な抵抗を選択します。サポートが必要な場合は、LTpowerPlayの抵抗選択ツールを参照してください。

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、LTC2971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。

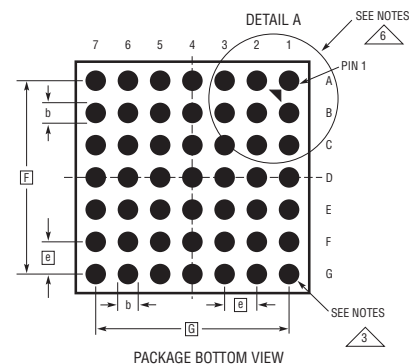
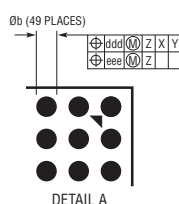
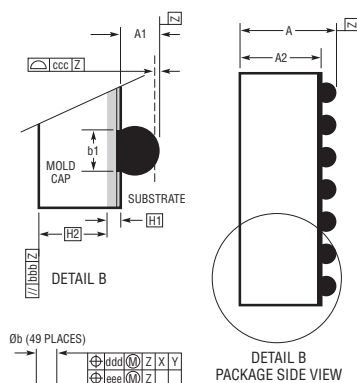
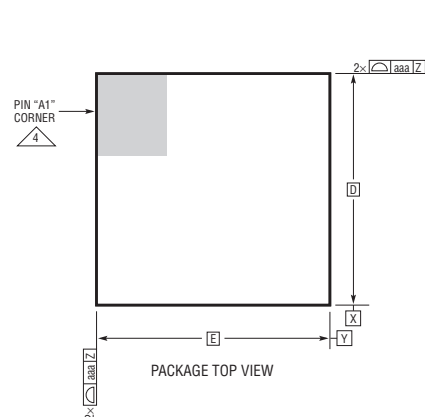
標準の応用例

LTC2971-3 : +48V 入力、+1V出力



## パッケージ

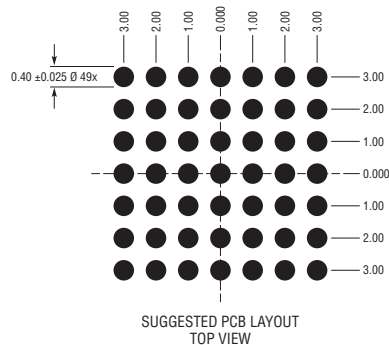
**BGA Package**  
**49-Lead (7.00mm × 7.00mm × 1.44mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1615 Rev 0)



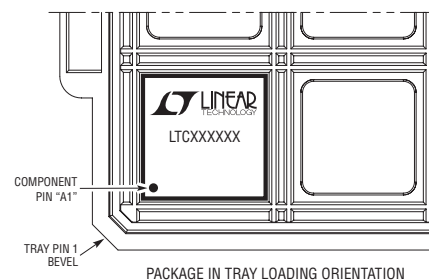
- 注記:  
 1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 に従う  
 2. 全ての寸法の単位はミリメートル
3. ボールの指定は JEP95 による
4. 1 番ピンの識別マークはオプションだが、表示の領域内に設けてある  
 1 番ピンの識別マークはモールドかマーキングのどちらかである

5. 主データム-Z-はシーディング・プレーン

6. パッケージの列と行のラベルは、µModule 製品間で異なる。各パッケージのレイアウトを十分に確認すること



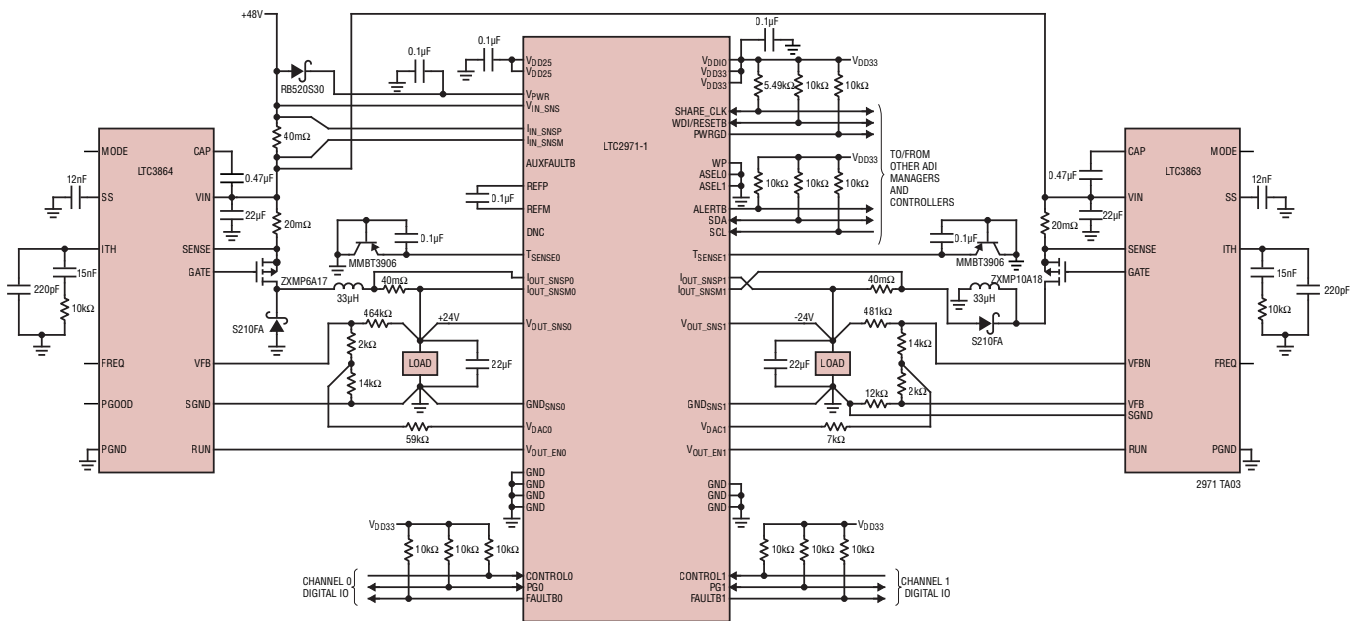
DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	1.24	1.44	1.64	
A1	0.30	0.40	0.50	BALL HT
A2	0.94	1.04	1.14	
b	0.45	0.50	0.55	BALL DIMENSION
b1	0.37	0.40	0.43	PAD DIMENSION
D		7.00		
E		7.00		
e		1.00		
F		6.00		
G		6.00		
H1	0.29	0.34	0.39	SUBSTRATE THK
H2	0.65	0.70	0.75	MOLD CAP HT
aaa			0.15	
bbb			0.20	
ccc			0.20	
ddd			0.15	
eee			0.08	
TOTAL NUMBER OF BALLS: 49				



BGA 49 1017 REV 0

標準的応用例

LTC2971-1: マージニング範囲の広い+48V 入力、±24V 出力



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2972	入力電流と電力量の正確な測定を特長とする 2チャンネル・パワー・システム・マネージャ	総合未調整誤差が0.25%の16ビットADC、電圧／電流／温度モニタ および監視、入力電流のモニタと電力量の累積
LTC2975	入力電流と電力量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	総合未調整誤差が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%)と電力量の累積
LTC2970	デュアルI <sup>2</sup> C電源モニタおよびマージニング・ コントローラ	5V～15V、総合未調整誤差が±0.5%の14ビットADC、8ビットDAC、 温度センサー
LTC2974	4チャンネル・パワー・システム・マネージャ	総合未調整誤差が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・パワー・システム・マネージャ	総合未調整誤差が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
LTC3889	60Vデュアル出力降圧DC/DCコントローラ	総合未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧／電流／温度モニタおよび 監視
LTC7880	60Vデュアル出力昇圧DC/DCコントローラ	総合未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧／電流／温度モニタおよび 監視
LTC3884	1mΩ未満のDCRによる検出機能を備えたシングル出力 PolyPhase 降圧DC/DCコントローラ	総合未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧／電流／温度モニタおよび 監視
LTM4700	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50Aまたはシングル100A μModuleレギュレータ	総合未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧／電流／温度モニタおよび 監視