



正誤表

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」の間違います。

「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」の間違います。

アナログ・デバイセズ株式会社

本社／〒105-6891 東京都港区海岸1-16-1 ニュービア竹芝サウスタワービル 10F 電話 03 (5402) 8200	大阪営業所／〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪トラストタワー 10F 電話 06 (6350) 6868	名古屋営業所／〒451-6038 愛知県名古屋市西区牛島6-1 名古屋ルーセントタワー 40F 電話 052 (569) 6300
--	--	---

2チャンネル \pm 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/I²C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

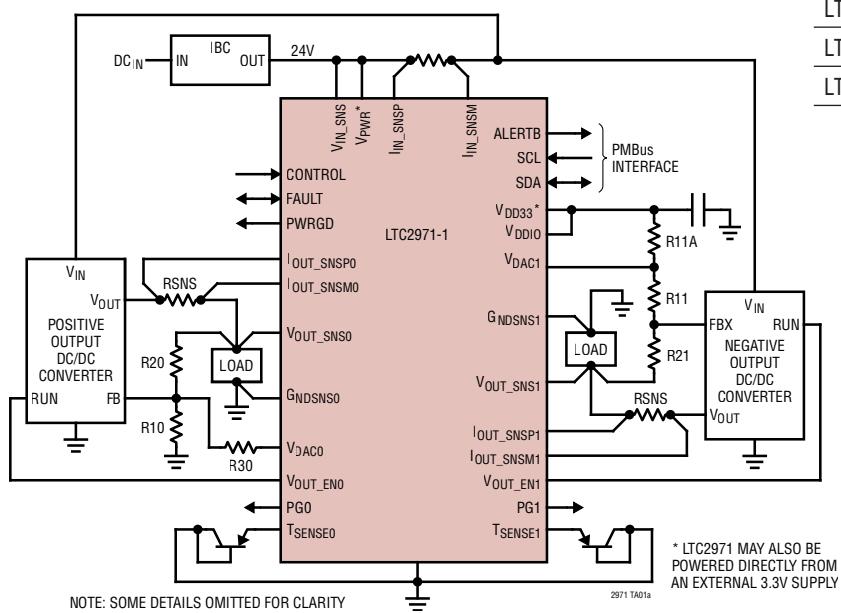
- コンピュータおよびネットワーク・サーバー
- 産業用テスト装置および測定装置
- 高信頼性システム
- ビデオ機器および医療用画像処理装置

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。

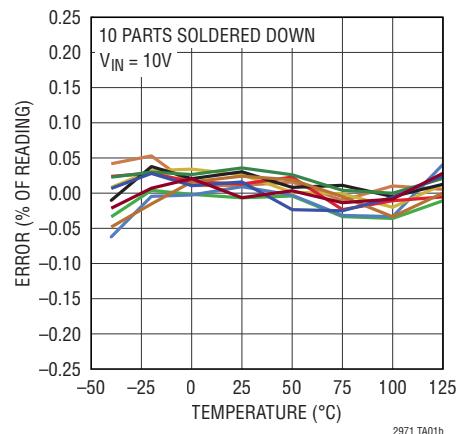
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7382303、7420359、8648623、8920026を含む米国特許によって保護されています。

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

目次

CLEAR_FAULTS.....	70	DAC モード.....	94
STATUS_BYTE.....	71	マージニング	95
STATUS_WORD.....	71	オフ・シーケンス.....	95
STATUS_VOUT.....	72	V _{out} 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 _{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	99
遠隔測定.....	77	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	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 マージニング	100
READ_IIN.....	77	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 トリミングとマージニング	100
READ_PIN.....	77	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	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 ² 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ーフェイス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 ² 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_{PWR} -0.3V~63V

V_{PWR} の電流 -20mA

V_{DD33} -0.3V~3.6V

V_{DD25} -0.3V~2.75V

デジタル入力/出力電圧：

ALERTB、SDA、SCL、CONTROL0、CONTROL1、PG[1:0]、

V_{DD10} -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_{IN_SNS} 、 I_{IN_SNSP} 、 I_{IN_SNSM} -0.3V~63V

I_{IN_SNSP} と I_{IN_SNSM} の間 -0.3V~0.3V

V_{OUT_SNS0} 、 I_{OUT_SNSP0} 、 I_{OUT_SNSM0}

LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-3 -0.3V~63V

LTC2971-2 -63V~0.3V

V_{OUT_SNS1} 、 I_{OUT_SNSP1} 、 I_{OUT_SNSM1}

LTC2971 -0.3V~63V

LTC2971-1、LTC2971-2 -63V~0.3V

LTC2971-3 -0.3V~3V

I_{OUT_SNSP0} と I_{OUT_SNSM0} の間

LTC2971、LTC2971-1、LTC2971-3 -0.3V~3V

LTC2971-2 -0.3V~0.3V

I_{OUT_SNSP1} と I_{OUT_SNSM1} の間

LTC2971、LTC2971-3 -0.3V~3V

LTC2971-1、LTC2971-2 -0.3V~0.3V

$GND_{SNS[1:0]}$ -0.3V~0.3V

$V_{OUT_EN[1:0]}$ 、AUXFAULTB -0.3V~63V

$V_{DAC[1:0]}$ -0.3V~5.5V

$T_{SENSE[1:0]}$ -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

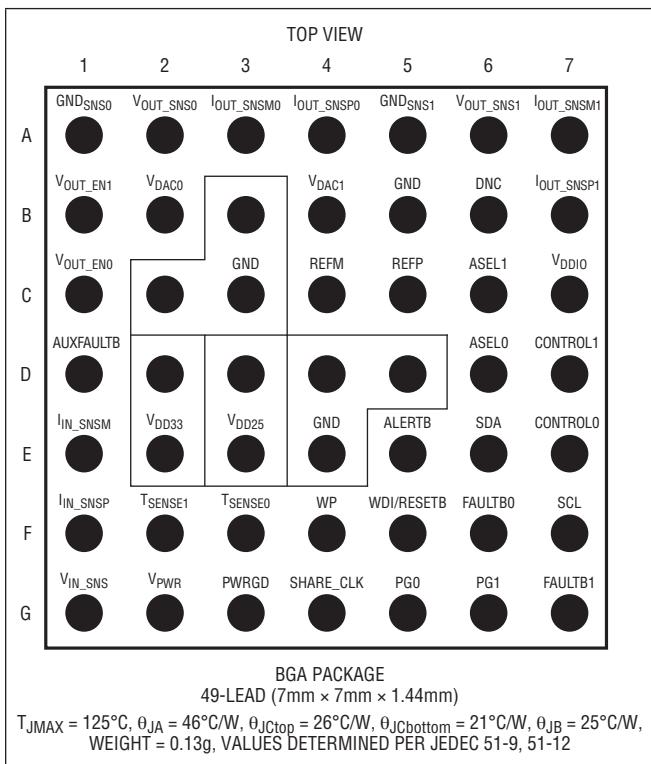
保存温度範囲 -65°C~150°C*

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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{VDD25} 、 REFP 、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
電源特性						
V_{PWR}	V_{PWR} Supply Input Operating Range	V_{VDD33} Floating (Note 2)	●	4.5	60	V
I_{PWR}	V_{PWR} Supply Current	$4.5\text{V} \leq V_{\text{VPWR}} \leq 60\text{V}$, V_{VDD33} Floating (Note 2)	●	6	8.5	mA
I_{VDD33}	V_{VDD33} Supply Current	$3.13\text{V} \leq V_{\text{VDD33}} \leq 3.47\text{V}$, $V_{\text{VPWR}} = V_{\text{VDD33}}$	●	6	8.5	mA
$V_{\text{UVLO_VDD33}}$	V_{DD33} Undervoltage Lockout	V_{DD33} Ramping Up, $V_{\text{VPWR}} = V_{\text{VDD33}}$	●	2.25	2.55	2.8
	V_{DD33} Undervoltage Lockout Hysteresis				120	mV
V_{DD33}	Supply Input Operating Range	$V_{\text{VPWR}} = V_{\text{VDD33}}$	●	3.13	3.47	V
	Regulator Output Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{\text{VPWR}} \leq 60\text{V}$	●	3.13	3.26	3.47
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{\text{VPWR}} = 4.5\text{V}$, $V_{\text{VDD33}} = 0\text{V}$ Includes Internal Current	●	20	30	40
V_{DD25}	Regulator Output Voltage	$3.13\text{V} \leq V_{\text{VDD33}} \leq 3.47\text{V}$	●	2.35	2.5	2.6
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{\text{VPWR}} = V_{\text{VDD33}} = 3.47\text{V}$, $V_{\text{VDD25}} = 0\text{V}$	●	30	55	80
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	$0 \leq V_{\text{VDDIO}} \leq 3.6\text{V}$	●	53	68.8	k Ω

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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、 REFP 、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
電圧リファレンス特性							
V_{REF}	Output Voltage (Note 3)	$V_{\text{REF}} = V_{\text{REFP}} - V_{\text{REFM}}$, $0 < I_{\text{REFP}} < 100\mu\text{A}$	●	1.215	1.230	1.245	V
	Temperature Coefficient				3		ppm/°C
	Hysteresis	(Note 4)			100		ppm
ADCの特性							
$V_{\text{IN_ADC}}$	Voltage Sense Input Range (Note 5)	Differential Voltage	LTC2971	●	0	60	V
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNSNS0}}$	●	0	60	V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}}$	●	0	60	V
			LTC2971-1	●	0	60	V
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNSNS0}}$	●	-60	0	V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}}$	●	-60	0	V
			LTC2971-2	●	-60	0	V
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNSNS0}}$	●	-60	0	V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}}$	●	0	60	V
			LTC2971-3	●	0	1.8	V
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNSNS0}}$	●	0	60	V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}}$	●	0	1.8	V
	Single-Ended Voltage: V_{GNDNSN}			●	-0.1	0.1	V
	Current Sense Input Range $\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$	Single-Ended Voltage	LTC2971	●	3	60	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M0}}$	●	3	60	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M1}}$	●	3	60	V
			LTC2971-1	●	3	60	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M0}}$	●	-60	-0.5	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M1}}$	●	-60	-0.5	V
			LTC2971-2	●	-60	-0.5	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M0}}$	●	-60	-0.5	V
			$V_{\text{IOUT_SNSP/M1}}$	●	3	60	V
			LTC2971-3	●	0	1.65	V
	Differential Current Sense Voltage: $V_{\text{IOUT_SNSPn}} - V_{\text{IOUT_SNSMn}}$			●	-80	80	mV
	Current Sense Input Range $\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$ (Note 6)	Differential Current Sense Voltage	LTC2971, $V_{\text{IOUT_SNSPn}} - V_{\text{IOUT_SNSMn}}$	●	-0.1	1.8	V
			LTC2971-1, $V_{\text{IOUT_SNSP0}} - V_{\text{IOUT_SNSM0}}$	●	-0.1	1.8	V
			LTC2971-3, $V_{\text{IOUT_SNSPn}} - V_{\text{IOUT_SNSMn}}$	●	-0.1	1.8	V
			Single-Ended Voltage: $V_{\text{IOUT_SNSMn}}$	●	-0.1	0.1	V
				●	-0.1	0.1	V
N_{ADC}	Voltage Sense Resolution	$0\text{V} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 60\text{V}$, READ_VOUT			4.5		mV/LSB
		$\text{LTC2971-3, } 0\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}} \leq 1.8\text{V}$, READ_VOUT			122		$\mu\text{V/LSB}$
	Current Sense Resolution with $\text{IOUT_CAL_GAIN} = 1\Omega$	$\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$ $0\text{mV} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 16\text{mV}$ (Note 7)			15.625		$\mu\text{A/LSB}$
		$16\text{mV} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 32\text{mV}$			31.25		$\mu\text{A/LSB}$
		$32\text{mV} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 63.9\text{mV}$			62.5		$\mu\text{A/LSB}$
		$63.9\text{mV} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 80\text{mV}$			125		$\mu\text{A/LSB}$
	$\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$				62.5		$\mu\text{A/LSB}$
	Temperature Sense Resolution				0.0476		$^\circ\text{C/LSB}$

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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、REFP、およびREFMピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TUE_ADC_VOUT	Total Unadjusted Error Voltage Sense Inputs (Note 3)	$10\text{V} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 60\text{V}$	●		± 0.25	% of Reading
		$0\text{V} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 10\text{V}$	●		± 25	mV
		$\text{LTC2971-3}, 1\text{V} \leq V_{\text{OUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}} \leq 1.8\text{V}$	●		± 0.25	% of Reading
		$\text{LTC2971-3}, 0\text{V} \leq V_{\text{OUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}} \leq 1\text{V}$			± 2.5	mV
TUE_ADC_IOUT	Total Unadjusted Error Current Sense Inputs (Note 3)	$\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$ $20\text{mV} \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 80\text{mV}$	●		± 0.6	% of Reading
		$\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$ $ V_{\text{IN_ADC}} \leq 20\text{mV}$	●		± 120	μV
		$\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$ $V_{\text{IN_ADC}} \geq 1\text{V}$	●		± 0.25	% of Reading
		$\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$ $0 \leq V_{\text{IN_ADC}} \leq 1\text{V}$	●		± 2.5	mV
$V_{\text{OS_ADC}}$	Offset Error	$V_{\text{OUT_SNSPn}} = V_{\text{OUT_SNSMn}}$, $V_{\text{OS}} \bullet \text{IOUT_CAL_GAIN}$, $\text{IOUT_CAL_GAIN} = 1000\text{m}\Omega$ $\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$	●		± 70	μV
CMRR_IOUT	DC CMRR	$ V_{\text{OUT_SNSPn}} - V_{\text{OUT_SNSMn}} = 80\text{mV}$, over Single-Ended Voltage Range			135	dB
		$\text{LC2971-3}, V_{\text{OUT_SNSP1}} - V_{\text{OUT_SNSM1}} = 80\text{mV}$, over Single-Ended Voltage Range			100	dB
	AC CMRR	$ V_{\text{OUT_SNSPn}} - V_{\text{OUT_SNSMn}} = 80\text{mV}$, $ V_{\text{OUT_SNSPn}} = 12\text{V} \pm 80\text{mV}$, $f=62.5\text{kHz}$			92	dB
tCONV_ADC	Conversion Time (Note 8)	$V_{\text{OUT_SNSn}}, \text{GNDNSn}, V_{\text{IN_SNS}}$ Inputs			6.15	ms
		$I_{\text{OUT_SNSPn}}, I_{\text{OUT_SNSMn}}, I_{\text{IN_SNSPn}}, I_{\text{IN_SNSMn}}$, Inputs $\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$			24.6	ms
		$I_{\text{OUT_SNSPn}}, I_{\text{OUT_SNSMn}}$ Inputs $\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$			6.15	ms
		Internal Temperature (READ_TEMPERATURE_2)			24.6	ms
tUPDATE_ADC	Update Time (Note 8)	$\text{Mfr_ein_config_hd} = 0$			135	ms
		$\text{Mfr_ein_config_hd} = 1$			305	ms
$f_{\text{IN_ADC}}$	Input Sampling Frequency				62.5	kHz
検出入力の特性 (Note 9)						
$R_{\text{IN_VSENSE}}$	Input Resistance	$V_{\text{OUT_SNSn}}$ and GNDNSn Inputs	●	400	500	625
		$\text{LTC2971-3 } V_{\text{OUT_SNS1}}$ and GNDNS1 Inputs	●	500		$\text{k}\Omega$
$I_{\text{IN_IOUT_SNS}}$	Input Current	$I_{\text{OUT_SNSPn}}$ and $I_{\text{OUT_SNSMn}}$ Inputs $\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$	●		± 10	μA
		$I_{\text{OUT_SNSPn}}$ and $I_{\text{OUT_SNSMn}}$ Inputs $\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$	●		± 1	μA
	Differential Input Current	$I_{\text{OUT_SNSPn}}$ and $I_{\text{OUT_SNSMn}}$ Inputs, $ V_{\text{IN_DIFF}} = 80\text{mV}$, $\text{Mfr_config_imon_sel} = 0$	●		± 0.1	μA
		$I_{\text{OUT_SNSPn}}$ and $I_{\text{OUT_SNSMn}}$ Inputs, $ V_{\text{IN_DIFF}} = 80\text{mV}$, $\text{Mfr_config_imon_sel} = 1$	●		± 1	μA
DACの出力特性						
$N_{\text{V}_{\text{DAC}}}$	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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、REFP、およびREFMピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{FS_VDAC}}$	Full-Scale Output Voltage (Programmable)	DAC Code=0x3FF DAC Polarity=1	Buffer Gain Setting_0 Buffer Gain Setting_1	● ●	1.3 2.5	1.38 2.65	1.44 2.77	V V
INL_{VDAC}	Integral Nonlinearity	(Note 10)		●			± 2	LSB
DNL_{VDAC}	Differential Nonlinearity	(Note 10)		●			± 2.4	LSB
$V_{\text{OS_VDAC}}$	Offset Voltage	(Note 10)		●			± 12	mV
V_{DAC}	Load Regulation	V_{DACn} programmed to 2.65V, $I_{\text{VDACn}} = 2\text{mA}$			0.5			Ω
		V_{DACn} programmed to 0.1V, $I_{\text{VDACn}} = -2\text{mA}$			0.5			Ω
	PSRR	DC: $3.13\text{V} \leq V_{\text{VDD33}} \leq 3.47\text{V}$, $V_{\text{VPWR}} = V_{\text{VDD33}}$			60			dB
	Leakage Current	V_{DACn} Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{\text{VDACh}} \leq 5\text{V}$			●	± 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_{SVDAC}	DAC Output Update Rate	Fast Servo Mode			250			μs

電圧スーパーバイザの特性

$V_{\text{IN_VS}}$	Input Voltage Range (Programmable) (Note 5)	Differential Voltage, Low Resolution Mode	LTC2971					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	60		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	0	60		V
			LTC2971-1					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	60		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	-60	0		V
			LTC2971-2					
		Differential Voltage, High Resolution Mode	$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	-60	0		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	-60	0		V
			LTC2971-3					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	60		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	0	1.8		V
			LTC2971					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	34		V
		Single-Ended Voltage: V_{GNDNSn}	$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	0	34		V
			LTC2971-1					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	34		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	-34	0		V
			LTC2971-2					
		High Resolution Mode	$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	-34	0		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	-34	0		V
			LTC2971-3					
			$V_{\text{VOUT_SNS0}} - V_{\text{GNDNS0}}$	●	0	34		V
			$V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}}$	●	0	1.5		V
		Single-Ended Voltage: V_{GNDNSn}			●	-0.1	0.1	V
N_{VS}	Voltage Sensing Resolution	Low Resolution Mode	$0\text{V} \leq V_{\text{IN_VS}} \leq 60\text{V}$		70.4			mV/LSB
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}} \leq 1.8\text{V}$		3.2			mV/LSB
		High Resolution Mode	$0\text{V} \leq V_{\text{IN_VS}} \leq 34\text{V}$		35.2			mV/LSB
			LTC2971-3, $0\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNS1}} \leq 1.5\text{V}$		1.6			mV/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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、REFP、およびREFMピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TUE_VS_VOUT	Total Unadjusted Error	Low Resolution Mode	9V $\leq V_{\text{IN_VS}} \leq 60\text{V}$	●	± 1.5	% of Reading
			0V $\leq V_{\text{IN_VS}} \leq 9\text{V}$	●	± 135	mV
			$LTC2971-3, 0.5\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}} \leq 1.8\text{V}$	●	± 1.25	% of Reading
			$LTC2971-3, 0\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}} \leq 0.5\text{V}$	●	± 6	mV
		High Resolution Mode	4.5V $\leq V_{\text{IN_VS}} \leq 34\text{V}$	●	± 1.25	% of Reading
			0V $\leq V_{\text{IN_VS}} \leq 4.5\text{V}$	●	± 56	mV
			$LTC2971-3, 0.5\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}} \leq 1.5\text{V}$	●	± 1.25	% of Reading
			$LTC2971-3, 0\text{V} \leq V_{\text{VOUT_SNS1}} - V_{\text{GNDNSNS1}} \leq 0.5\text{V}$	●	± 6	mV
tS_VS	Update Rate				12.21	μs

V_{IN_SNS}の入力特性

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

DACソフト接続コンパレータの特性

V _{OS_CMP}	Offset Voltage	V _{DACn} programmed to 0.2V	●	± 1	± 18	mV
		V _{DACn} programmed to 1.38V	●	± 2	± 26	mV
		V _{DACn} programmed to 2.65V	●	± 3	± 52	mV

入力電流検出特性

V _{IIN}	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
I _{IIN}	Input Current	I _{IIN_SNSP} and I _{IIN_SNSM} Inputs			± 10	μA
	Differential Input Current	I _{IIN_SNSP} and I _{IIN_SNSM} Inputs, $ V_{\text{IN_DIFF}} = 80\text{mV}$			± 0.1	μA
TUE_ADC_IIN	Total Unadjusted Error	20mV $\leq V_{\text{IIN_NSP}} - V_{\text{IIN_NSM}} \leq 80\text{mV}$	●		± 0.6	% of Reading
		$ V_{\text{IIN_NSP}} - V_{\text{IIN_NSM}} \leq 20\text{mV}$	●		± 120	μV
V _{OS_IIN}	Offset Error	V _{IIN_SNSP} = V _{IIN_SNSM}	●		± 70	μV

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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、 REFP 、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMRR_IIN	DC CMRR	$3\text{V} \leq V_{\text{IIN_SNSP}} \leq 60\text{V}$ $ V_{\text{IIN_SNSP}} - V_{\text{IIN_SNSM}} = 80\text{mV}$	●		± 4	$\mu\text{V/V}$
	AC CMRR	$ V_{\text{IIN_SNSP}} - V_{\text{IIN_SNSM}} = 80\text{mV}$, $V_{\text{IIN_SNSP}} = 12\text{V} \pm 80\text{mV}$, $f = 62.5\text{kHz}$				
$t_{\text{CONV_IIN}}$	Conversion Time			25		ms
t_{UPDATE}	Update Rate			5.4		Hz

外部温度センサーの特性 (READ_TEMPERATURE_1)

$t_{\text{CONV_TSENSE}}$	Conversion Time	For One Channel, (Total Latency For All Channels Is $2 \bullet 66\text{ms}$)		66		ms
$I_{\text{TSENSE_HI}}$	TSENSE High Level Current		●	-90	-64	-40
$I_{\text{TSENSE_LOW}}$	TSENSE Low Level Current		●	-5.5	-4	-2.5
$T_{\text{UE_TS}}$	Total Unadjusted Error	Ideal Diode Assumed		± 3		$^\circ\text{C}$
N_{TS}	Maximum Ideality Factor	$\text{READ_TEMPERATURE_1} = 175^\circ\text{C}$ $\text{MFR_TEMP_1_GAIN} = 1/N_{\text{TS}}$		1.10		

内部温度センサーの特性 (READ_TEMPERATURE_2)

$T_{\text{UE_TS2}}$	Total Unadjusted Error			± 1		$^\circ\text{C}$
----------------------	------------------------	--	--	---------	--	------------------

 V_{OUT} イネーブル出力 ($V_{\text{OUT_EN[1:0]}}$) の特性

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

汎用出力 (AUXFAULTB) の特性

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

電力量計の特性

$T_{\text{UE_ETB}}$	Energy Meter Time-Base Error		●	± 1		% of Reading
$T_{\text{UE_PIN}}$	READ_PIN Total Unadjusted Error	$V_{\text{IIN_SNSP}} - V_{\text{IIN_SNSM}} = 50\text{mV}$	●	± 1		% of Reading
$T_{\text{UE_EIN}}$	Energy Meter Total Unadjusted Error	$V_{\text{IIN_SNSP}} - V_{\text{IIN_SNSM}} = 50\text{mV}$	●	± 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
$t_{\text{MASS_WRITE}}$	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_{IH}	Input High Threshold Voltage	$1.62\text{V} \leq V_{\text{VDDIO}} \leq 3.6\text{V}$	●	$0.7 \bullet V_{\text{VDDIO}}$		V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage	$1.62\text{V} \leq V_{\text{VDDIO}} \leq 3.6\text{V}$	●	$0.3 \bullet V_{\text{VDDIO}}$		V
V_{HYST}	Input Hysteresis	$\text{FAULTBn, CONTROLn, PGn, WDI/RESETB, WP}$		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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 $V_{\text{DD33}} = V_{\text{DD25}}$ 、 REFP 、および REFM ピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、および $C_{\text{REF}} = 100\text{nF}$ 。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I_{LEAK}	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{\text{PIN}} \leq 3.6\text{V}$			± 2	μA
t_{SP}	Pulse Width of Spike Suppressed	FAULTB n , CONTROL n			10	μs
		SDA, SCL			98	ns
$t_{\text{FAULT_MIN}}$	Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults			180		ms
t_{RESETB}	Pulse Width to Assert Reset	$V_{\text{WDI/RESETB}} \leq 1.5\text{V}$	●	300		μs
t_{WDI}	Pulse Width to Reset Watchdog Timer	$V_{\text{WDI/RESETB}} \leq 1.5\text{V}$	●	0.3	200	μs
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
$f_{\text{SHARE_CLK_IN}}$	Input Frequency Operating Range		●	90	110	kHz
t_{LOW}	Assertion Low Time	$V_{\text{SHARE_CLK}} < 0.8\text{V}$	●	0.825	1.11	μs
t_{RISE}	Rise Time	$V_{\text{SHARE_CLK}} < 0.8\text{V}$ to $V_{\text{SHARE_CLK}} > 1.6\text{V}$	●		450	ns
I_{LEAK}	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{\text{SHARE_CLK}} \leq V_{\text{VDD33}} + 0.3\text{V}$	●		± 1	μA
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	$I_{\text{SINK}} = 3\text{mA}$	●		0.4	V
$f_{\text{SHARE_CLK_OUT}}$	Output Frequency Operating Range	$5.49\text{k}\Omega$ Pull-Up to V_{DD33}	●	90	100	110

デジタル入力ASEL0、ASEL1

V_{IH}	Input High Threshold Voltage		●	$V_{\text{VDD33}} - 0.5$		V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage		●		0.5	V
$I_{\text{IH,IL}}$	High, Low Input Current	$\text{ASEL}[1:0] = 0\text{V}$, V_{VDD33}	●		± 95	μA
I_{HIZ}	Hi-Z Input Current		●		± 24	μA
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		μs
t_{HIGH}	Serial Clock High Period (Note 15)		●	0.6		μs
t_{BUF}	Bus Free Time Between Stop and Start (Note 15)		●	1.3		μs
$t_{\text{HD,STA}}$	Start Condition Hold Time (Note 15)		●	600		ns
$t_{\text{SU,STA}}$	Stop Condition Setup Time (Note 15)		●	600		ns
$t_{\text{SU,STO}}$	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、 $V_{\text{VPWR}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{VDDIO}} = V_{\text{VDD33}}$ 、 V_{DD33} 、 V_{DD25} 、REFP、およびREFMピンはフロート状態。 $C_{\text{VDD33}} = 100\text{nF}$ 、 $C_{\text{VDD25}} = 100\text{nF}$ 、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	900	ns
	Data Hold Time (LTC2971 Transmitting Data) (Note 15)					
$t_{\text{SU,DA}}$	Data Setup Time (Note 15)		●	100		ns
t_{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	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout = 0 Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout = 1	● ●	25 200	35 280	ms 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_{DD33} ピンのみから電力供給される場合は、 V_{PWR} と V_{DD33} ピンを互いに接続する。

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・タイミングを実行して、全温度範囲にわたって平坦なリフレンス電圧(V_{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・タイミングを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°C で測定されるが、デバイスは次の測定前に 125°C または -40°C の温度環境に置かれる。ヒステリシスは温度変化の2乗にほぼ比例する。

Note 5: 内部回路は $V_{\text{OUT,SNS}} - GND_{\text{SNS}}$ 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、IMON機能はない。これらのチャンネルでは、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、L11フォーマット、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 $t_{\text{UPDATE_ADC}}$ である。

Note 9: $V_{\text{OUT,SNS}}$ 、 GND_{SNS} 、および $I_{\text{OUT,SNS}}$ 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: READ_VINの動作範囲が $0\text{V} \leq V_{\text{VIN,SNS}} \leq 60\text{V}$ のとき、READ_IIN、READ_PIN、およびMFR_EINの有効な動作範囲は $3\text{V} \leq V_{\text{IN,SNS}/\text{M}} \leq 60\text{V}$ である。

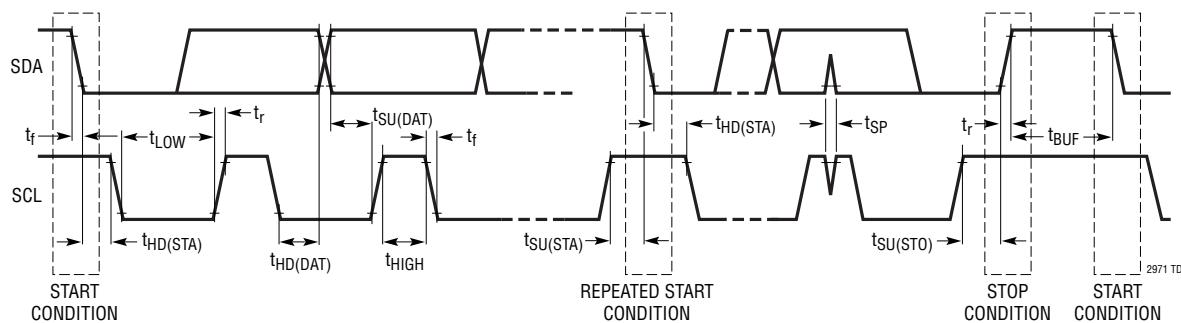
Note 12: EEPROMの書換え回数とデータ保持期間は、 $T_J > 125^\circ\text{C}$ のとき減少する。

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。

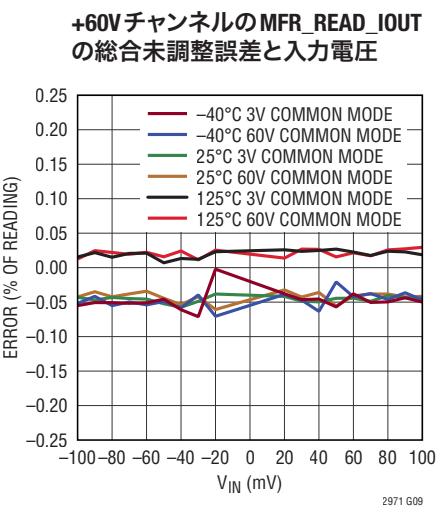
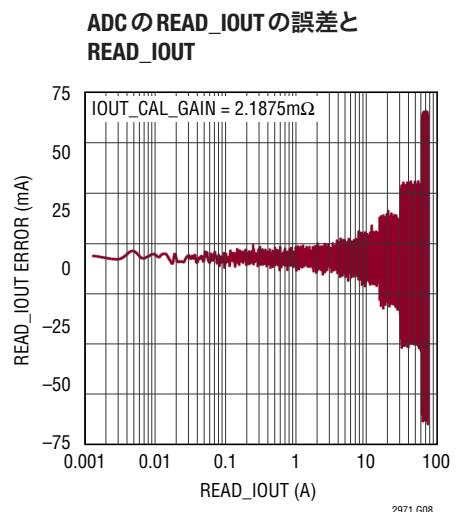
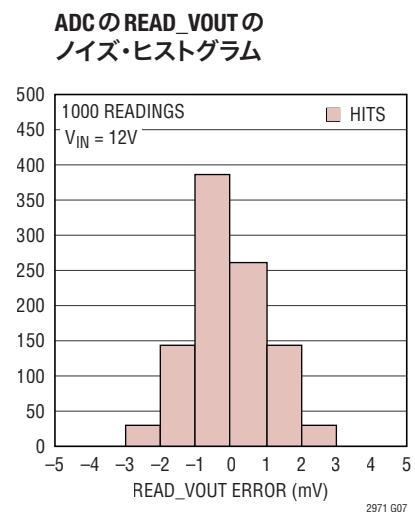
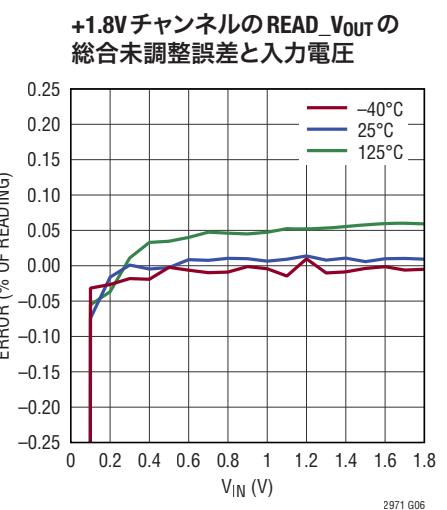
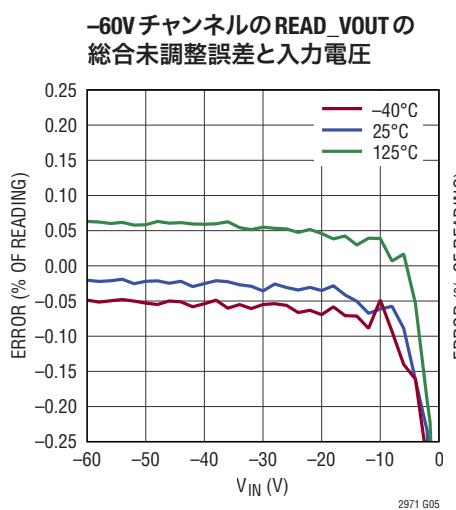
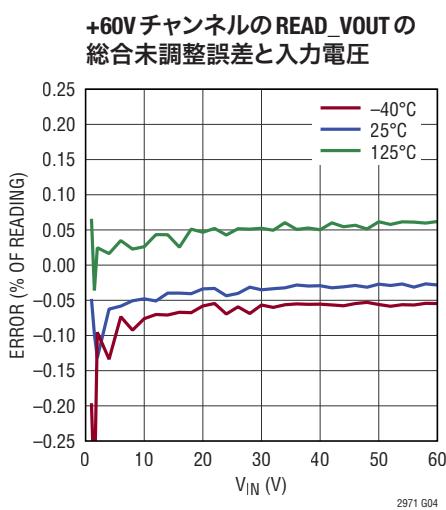
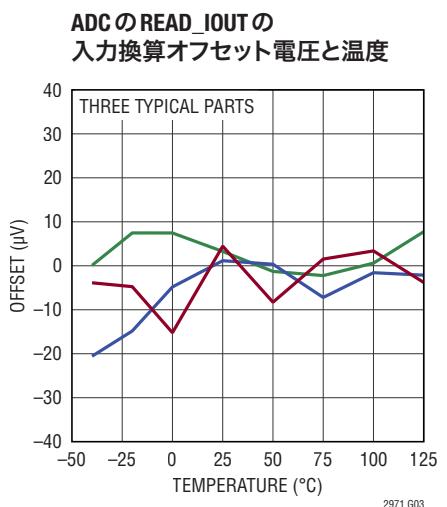
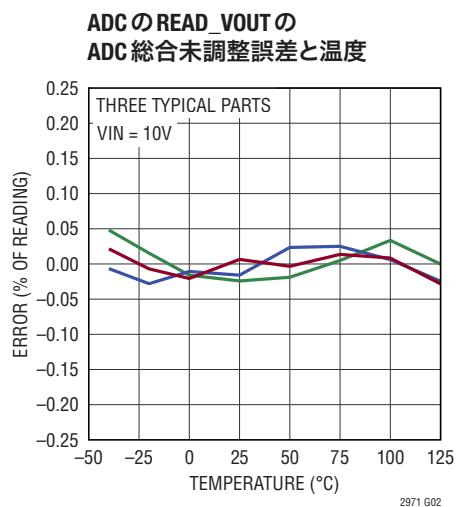
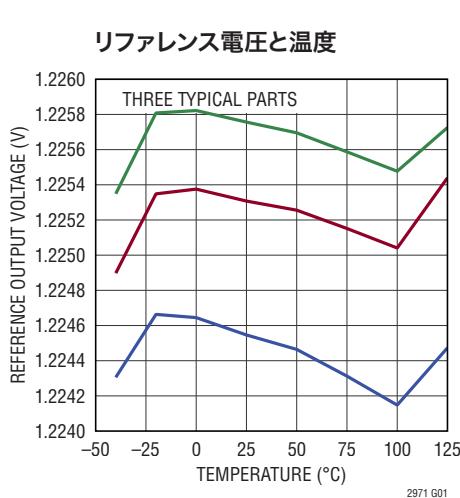
Note 14: LTC2971は、STORE_USER_ALLコマンドが実行されている場合、どのPMBusコマンドに対してもアクノレッジを返さない(ただし、MFR_COMMONを除く)。動作のセクションも参照。

Note 15: SCLとSDAの最大容量性負荷 C_B は 400pF 。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 $(20 + 0.1 \cdot C_B) \cdot (\text{ns}) < t_r < 300\text{ns}$ および $(20 + 0.1 \cdot C_B) \cdot (\text{ns}) < t_f < 300\text{ns}$ 。 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_{IO} の範囲は、 $3.13\text{V} < V_{\text{IO}} < 3.6\text{V}$ 。

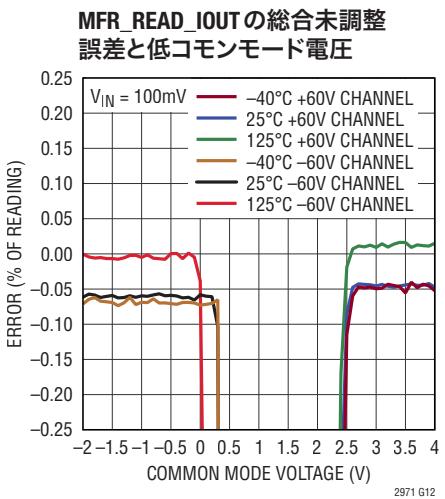
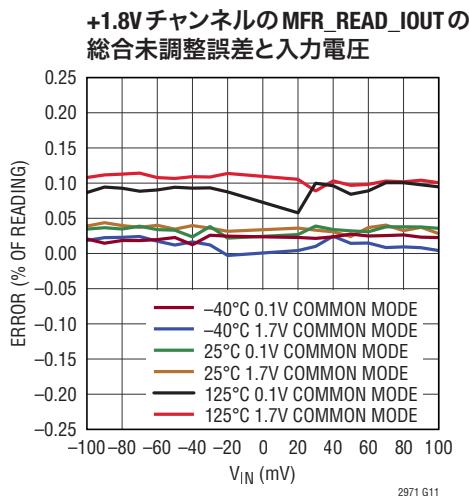
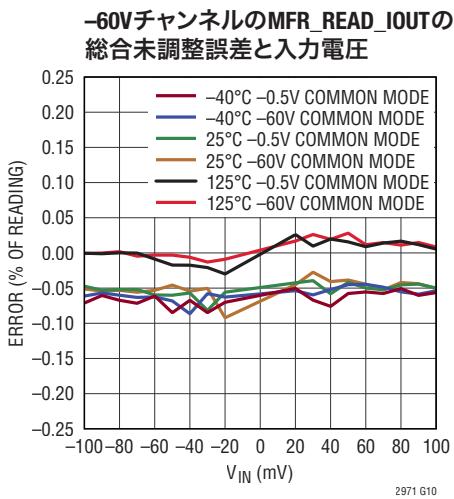
PMBusのタイミング図



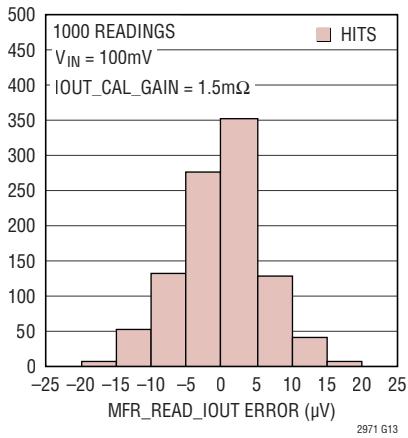
代表的な性能特性



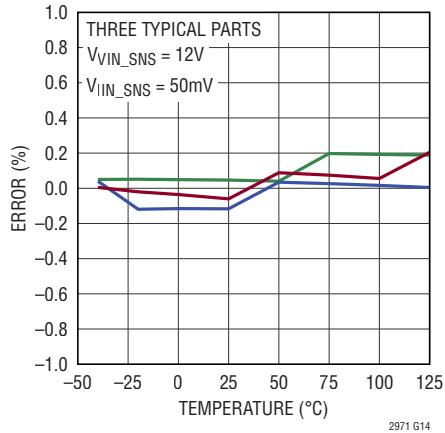
代表的な性能特性



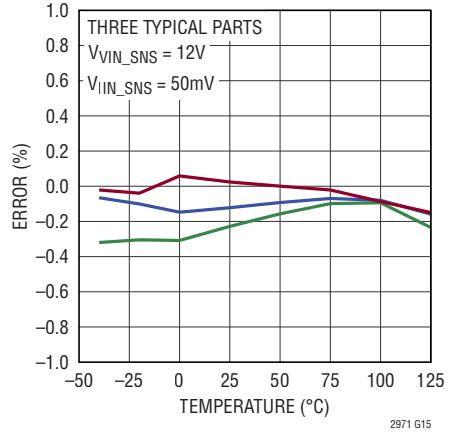
ADCのMFR_READ_IOUTのノイズ・ヒストグラム



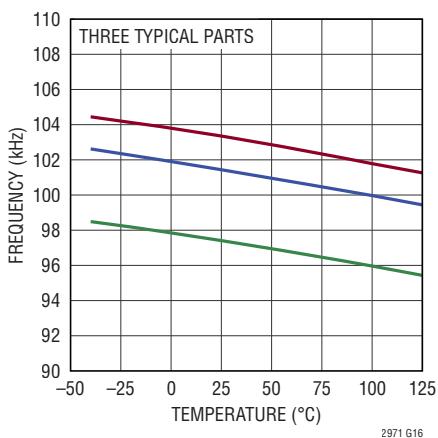
電力の測定誤差



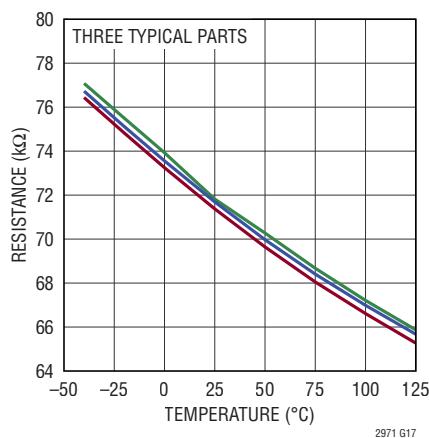
電力量の測定誤差



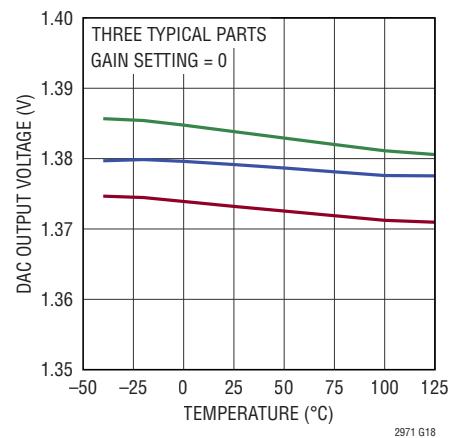
SHARE_CLKの出力周波数と温度



VDDIOの入力抵抗と温度

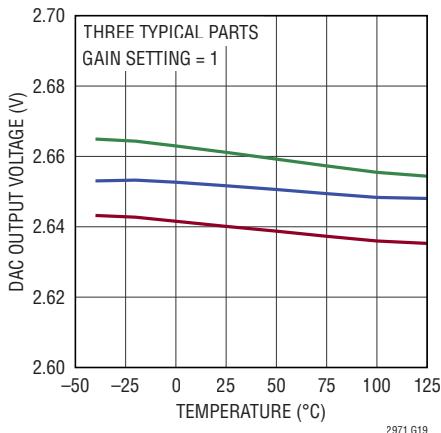


DACのフルスケール電圧と温度、利得設定値=0

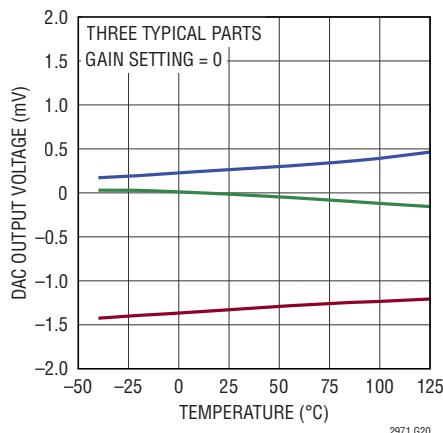


代表的な性能特性

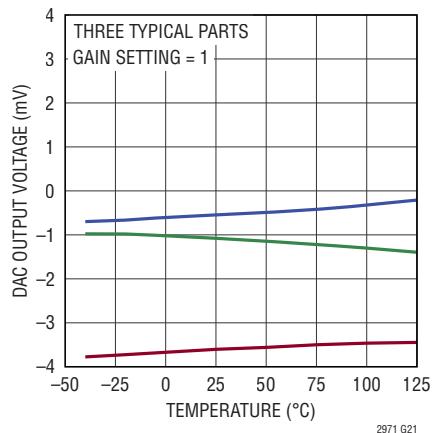
DACのフルスケール電圧と温度、利得設定値=1



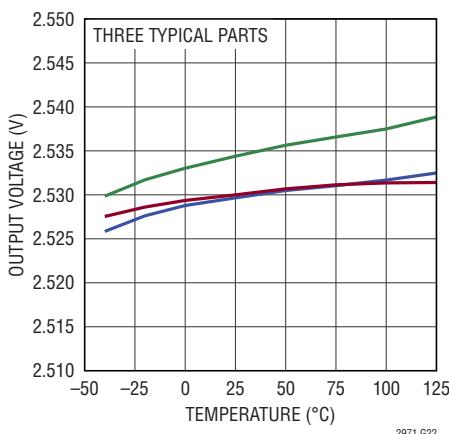
DACのオフセット電圧と温度、利得設定値=0



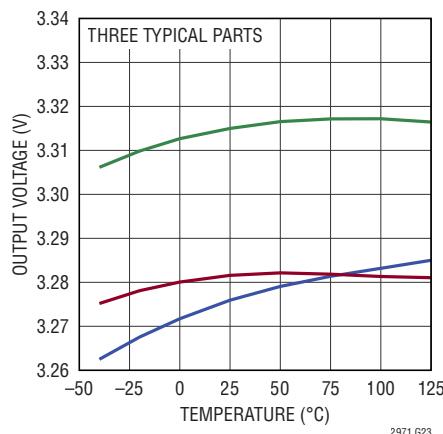
DACのオフセット電圧と温度、利得設定値=1



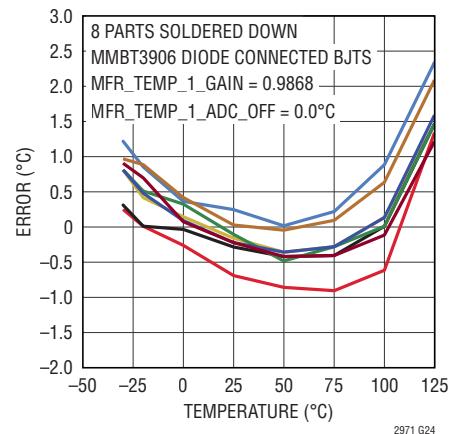
V_{DD25} レギュレータの出力電圧と温度



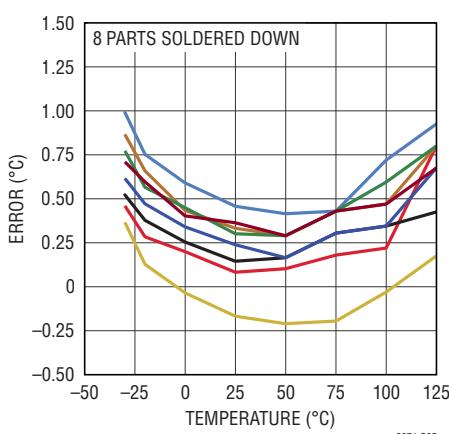
V_{DD33} レギュレータの出力電圧と温度



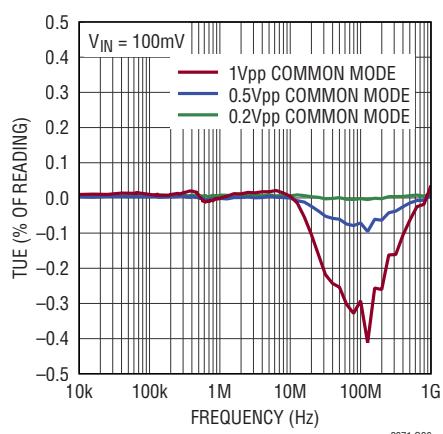
外部温度 READ_TEMPERATURE_1 の誤差と温度



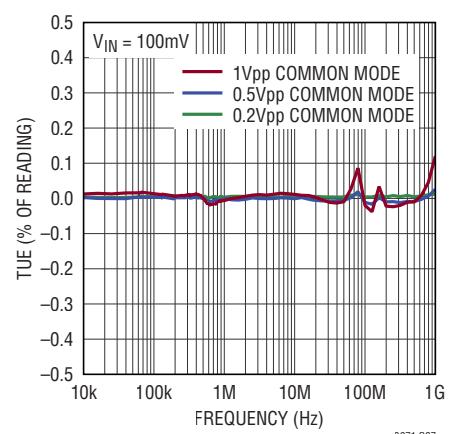
READ_TEMPERATURE_2 の誤差と温度



+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

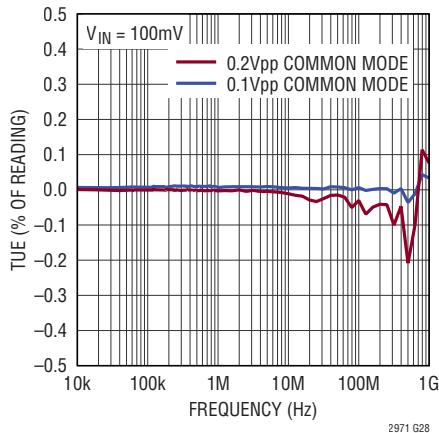


-60VチャンネルのMFR_READ_IOUTの総合未調整誤差とACコモンモード

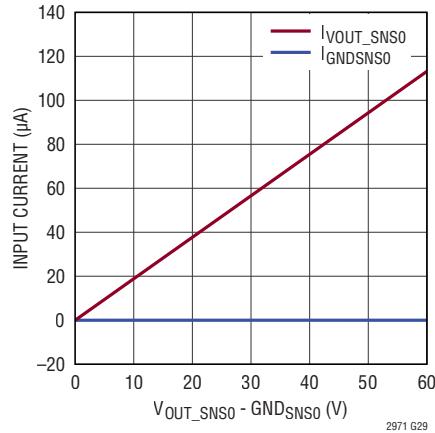


代表的な性能特性

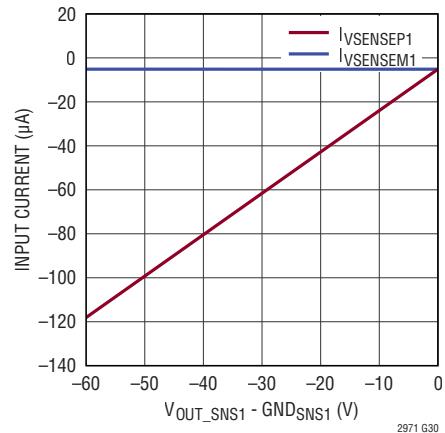
+1.8V チャンネルの MFR_READ_IOUT の
総合未調整誤差と AC コモンモード



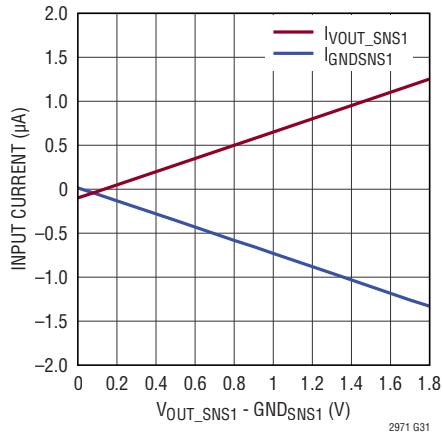
+60V チャンネルの電圧検出
入力電流と差動入力電圧



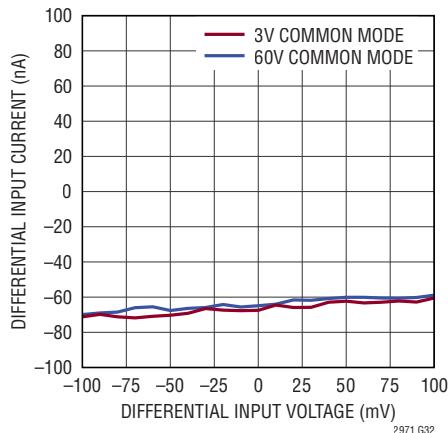
-60V チャンネルの電圧検出
入力電流と差動入力電圧



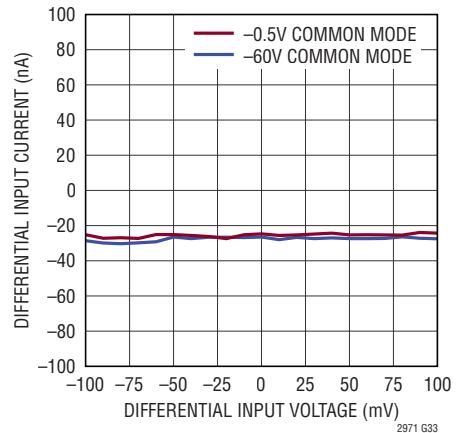
+1.8V チャンネルの電圧検出
入力電流と差動入力電圧



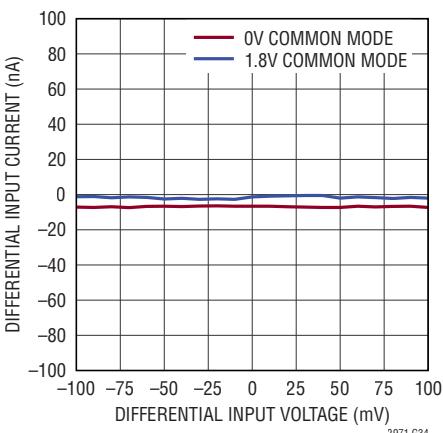
+60V チャンネルの電流検出差動
入力電流と差動入力電圧



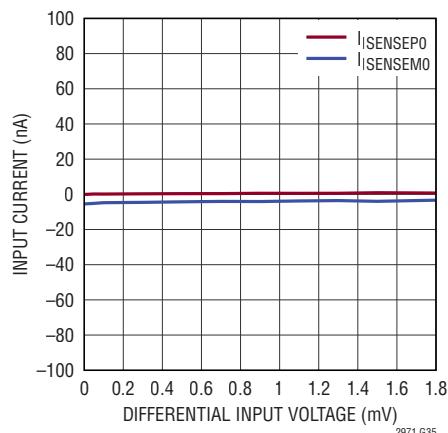
-60V チャンネルの電流検出差動
入力電流と差動入力電圧



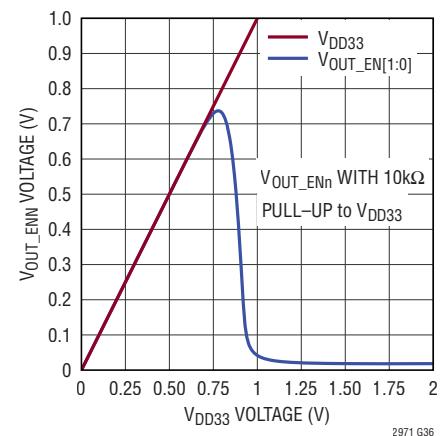
+1.8V チャンネルの電流検出差動
入力電流と差動入力電圧



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

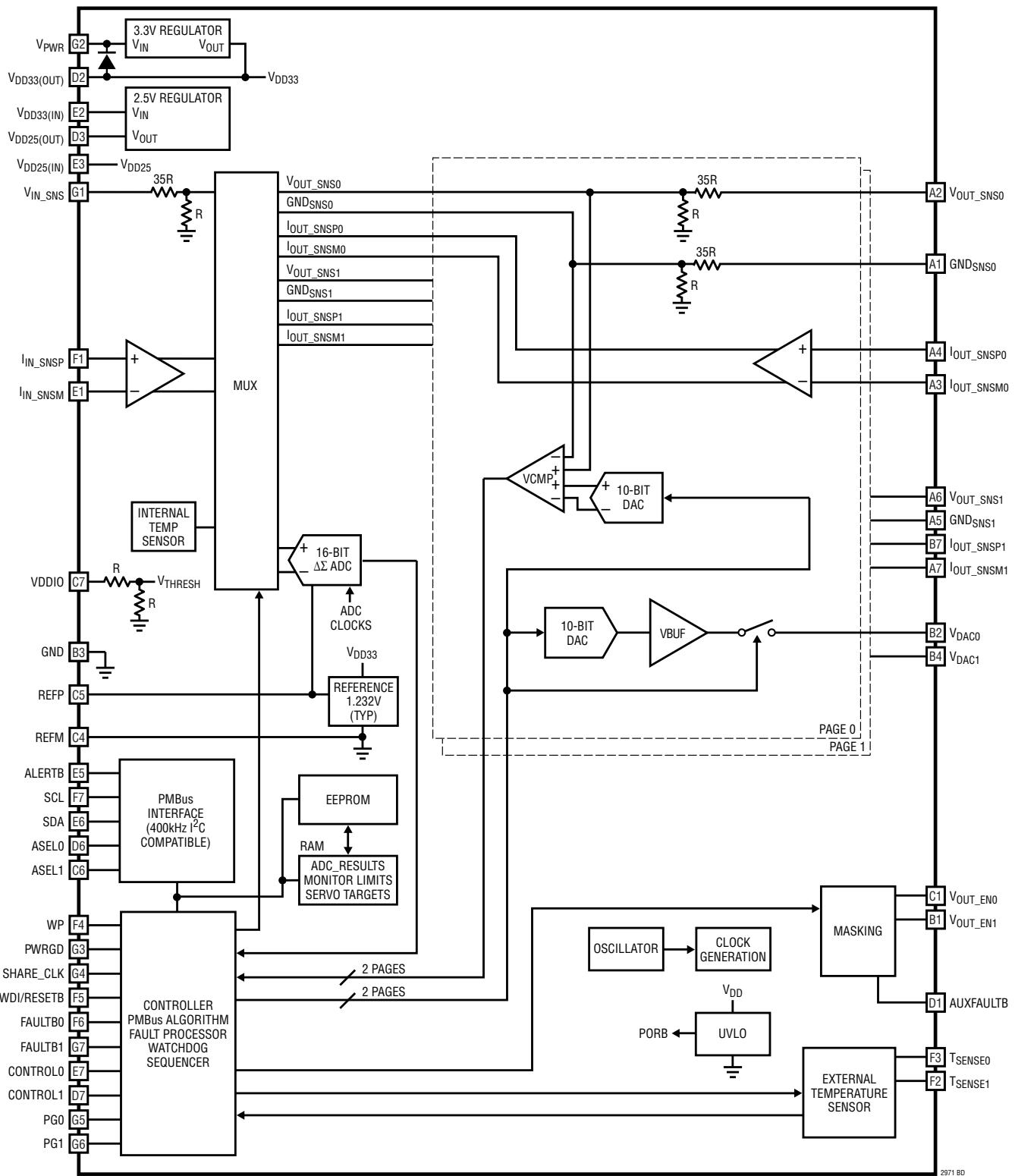
ピン名称	ピン番号	ピンのタイプ	説明
V _{OUT_SNS0}	A2	入力	DC/DCコンバータの差動出力電圧0の検出ピン
GND _{SNS0}	A1	入力	DC/DCコンバータの差動出力電圧0のグラウンド検出ピン
V _{OUT_EN0}	C1	出力	DC/DCコンバータのイネーブル0ピン
V _{OUT_EN1}	B1	出力	DC/DCコンバータのイネーブル1ピン
AUXFAULTB	D1	出力	補助障害出力ピン。OV/UVの検出時にローになるよう設定できます。
DNC	B6	接続しない	接続しないでください。このピンはフロート状態のままにしておきます。
V _{IN_SNS}	G1	入力	V _{IN} 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 _{IN} のオンとオフの電圧閾値と比較されます。
V _{PWR}	G2	入力	V _{PWR} 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 _{PWR} をV _{DD33} 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 _{DD33}	D2	入力／出力	V _{PWR} 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 _{DD33} を供給する場合は、他のどのデバイスのV _{DD33} 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 _{DD33}	E2	入力	内部2.5Vサブ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 _{DD33} を供給する場合は、他のどのデバイスのV _{DD33} ピンにも接続しないでください。
V _{DD25}	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 _{DD25} ピンにも接続しないでください。
V _{DD25}	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 _{DD25} ピンにも接続しないでください。
T _{SENSE0}	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 _{SENSE1}	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 _{DD33} 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 _{DDIO} 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 _{DDIO} 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 _{DD33} 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 _{RESETB} 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 _{DDIO} 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 _{DDIO} に接続します。
WP	F4	入力	デジタル入力。アクティブ・ハイの書き込み保護入力ピン。
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。
CONTROLO	E7	入力	制御ピン0の入力
CONTROL1	D7	入力	制御ピン1の入力
V _{DDIO}	C7	入力	SHARE_CLK、ASEL[1:0]、VOUT_EN[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 _{DDIO} 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VOUT_EN[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 _{DD33} 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_{DD33} 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_{DD33} 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。0.1 μ F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。0.1 μ F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_{OUT_SNSPO}	A4	入力	DC/DCコンバータの差動(+)出力電流0の検出ピン
I_{OUT_SNSM0}	A3	入力	DC/DCコンバータの差動(-)出力電流0の検出ピン
I_{OUT_SNSP1}	B7	入力	DC/DCコンバータの差動(+)出力電流1の検出ピン
I_{OUT_SNSM1}	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_{DAC0}	B2	出力	DAC0の出力
V_{DAC1}	B4	出力	DAC1の出力
I_{IN_SNSP}	F1	入力	DC/DCコンバータの差動(+)入力電流検出ピン
I_{IN_SNSM}	E1	入力	DC/DCコンバータの差動(-)入力電流検出ピン
V_{OUT_SNS1}	A6	入力	DC/DCコンバータの差動出力電圧1の検出ピン
GND_{SNS1}	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_{OUT_SNSn} / GND_{SNSn} , I_{OUT_SNSPn} , I_{OUT_SNSMn} , または T_{SENSEn} 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 検出入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の内部温度の読み出しを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ミットまでマージニングします。
- マージンDACへの直接アクセスにより、DC/DCコンバータの出力電圧をトリミングまたはマージニングします。
- 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み出し値を組み合わせて、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ジ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VOUT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VDD33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き込みを保護します。
- 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。

読み出し動作を-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。

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

ここで、

$$AF = \text{加速係数}$$

$$Ea = \text{活性化エネルギー} = 1.4\text{eV}$$

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

$$T_{USE} = 125^\circ\text{C} \text{ の規定ジャンクション温度}$$

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

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。

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

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

$$AF = 1.66$$

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tRESETB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I²Cバス上で通信しません。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_{DD33}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を推奨されません。

動作

V_{DDIO}

V_{DDIO}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_{DDIO}ピンの内部抵抗分圧器により、内部の閾値電圧はV_{DDIO}ピンの電圧の約45%に設定されます。VOUT_EN[1:0]、AUXFAULTB、およびSHARE_CLKピンは、V_{DDIO}ピンの電圧には影響されません。また、必ずV_{DD33}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。
- バイト書込み、ワード書込み、バイト送信
 - バイト読出し、ワード読出し、ブロック読出し
 - 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、I²C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I²Cのバイト・コマンドより堅牢です。通常、I²C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.

SMBusとI²Cの相違点については、System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0のAppendix B – Differences Between SMBus and I²Cを参照してください。参照先は次のとおりです。

www.smbus.org.

I²C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I²Cによる読み出しを連結することにより、PMBus読み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I²C/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_{DD33}、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I²C/SMBusデバイス・アドレスまたはグローバル・アドレス(I²C/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、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

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_{MASS_WRITE}	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		
		7-Bit	8-Bit	6	5	4	3	2	1	0	R/W	
ASEL1 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	0	1	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_{DD33}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)
 Ā 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

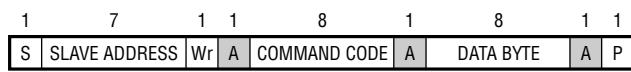


図2. ワード書き込みプロトコル バイト書き込みプロトコル



図3. バイト書き込みプロトコル

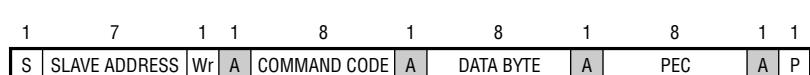


図4. PEC付きバイト書き込みプロトコル

動作

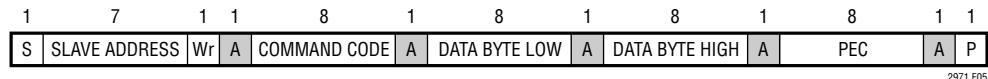


図5. PEC付きワード書き込みプロトコル

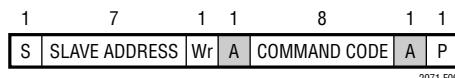


図6. バイト送信プロトコル

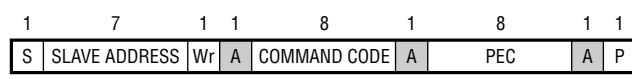


図7. PEC付きバイト送信プロトコル

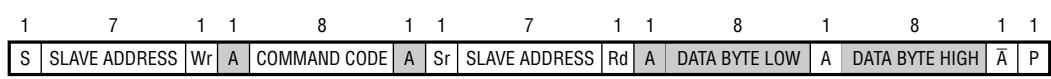


図8. ワード読み出しプロトコル

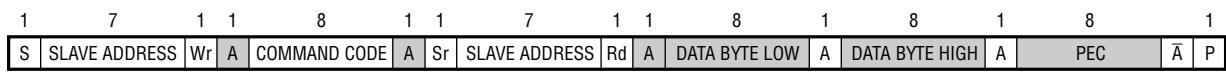


図9. PEC付きワード読み出しプロトコル

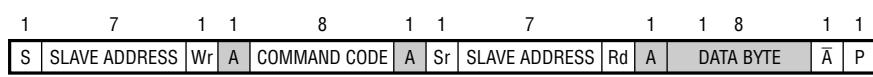


図10. バイト読み出しプロトコル

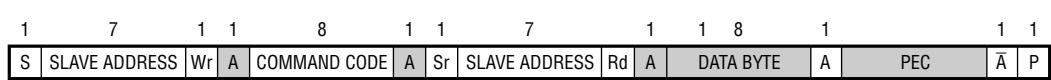


図11. PEC付きバイト読み出しプロトコル

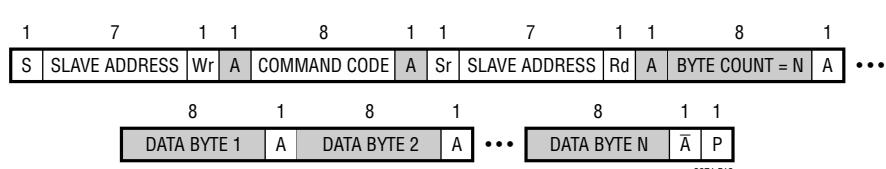


図12. ブロック読み出し

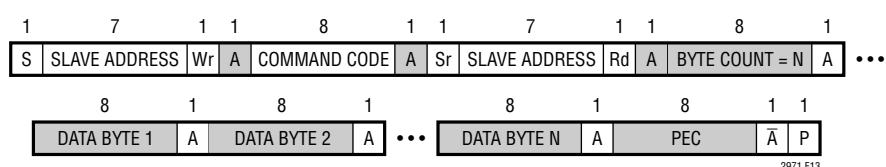


図13. PEC付きブロック読み出し

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	33
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	39
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	40
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	70
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	34
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリ全体をEEPROMに格納します。	Send Byte	N				NA	48
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体をEEPROMから再生します。	Send Byte	N				NA	48
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	90
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	55
VOUT_COMMAND	0x21	サポート・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	55
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	55
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	55
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	55
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	51
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。 V_{OUT_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 0xD240	51
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出素子の公称抵抗値($m\Omega$)。	R/W Word	Y	L11	$m\Omega$	Y	1.0 0xBA00	56
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	56
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	55
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	66
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	51
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	51

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・フォームット (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	55
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	66
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	57
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	58
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	67
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	58
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	58
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	58
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	67
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	51
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	67
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	51
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	51
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	51
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	67
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	55
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrqd_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	55
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	60
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	60
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	60

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・フォームット (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	67
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 V _{OUT_EN} ピンがオフするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	60
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	71
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	71
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	72
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	72
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	72
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	73
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	73
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	74
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	77
READ_IIN	0x89	DC/DCコンバータの入力電流。	R Word	N	L11	A		NA	77
READ_VOUT	0x8B	DC/DCコンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	77
READ_IOUT	0x8C	DC/DCコンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	78
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	78
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	78
READ_POUT	0x96	DC/DCコンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	79
READ_PIN	0x97	DC/DCコンバータの入力電力。	R Word	N	L11	W		NA	77
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	90
USER_DATA_00	0xB0	メーカーによるLTPowerPlay用の予備。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	91
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTPowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	91
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	91
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	91
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	91
MFR_FIRST_FAULT	0xB5	最初の障害情報。	R Word	N	Reg			NA	76
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	91
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス。	R Word	Y	Reg			NA	76
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	58
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	4 • t _{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	58

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・フォームット (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	58
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	79
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーの予備。	R/W Word	Y	Reg			NA	91
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	49
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	49
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読み出しありは書き込みを使用して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	49
MFR_EIN	0xC0	入力電力量のデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	51
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	52
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	91
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	53
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IINの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA	78
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IINの最小測定値。	R Word	N	L11	A		NA	78
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PINの最大測定値。	R Word	N	L11	W		NA	78
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PINの最小測定値。	R Word	N	L11	W		NA	78
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。 全ての追加ホスト用のコマンド。	R/W Word	N	Reg			0x0000	35
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。 追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg			0x0000	35
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。 追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg			0x0000	35
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PGピンの設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	62
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	53
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	55
MFR_PG_GPO	0xCE	PGピンの出力データ・レジスタ。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	64
MFR_CONFIG_LTC2971	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	40
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	46
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	69
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	69

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・フォーム・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	64
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	69
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	69
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUTの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	80
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUTの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	81
MFR_CONFIG2_LTC2971	0xD9	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	43
MFR_CONFIG3_LTC2971	0xDA	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	43
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	68
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	61
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	80
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	80
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	80
MFR_DAC	0xE0	10ビットDACのコード。	R/W Word	Y	Reg			NA	56
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	64
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	65
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	65
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	35
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	74
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I ² C/SMBusアドレス・バイトのベース値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	35
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	90
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	53
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	55
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	82
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	82

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	82
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	障害ログのステータス。	R Byte	N	Reg		Y	NA	82
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	82
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイセズ・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	75
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	57
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	68
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	58
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	58
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	I_{OUT_SNSPn} と I_{OUT_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	80
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	80
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	80
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	81

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	33
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	34
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I ² C/SMBusアドレス・バイトのベース値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	35
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	35
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。全ての追加ホスト用のコマンド。	R/W Word	N	Reg				35
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg				35
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読み出しとその他のデータに対する代替アクセス。追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg				35

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>0xXX: 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CLEARFAULTS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_xxxxb: 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、CLEARFAULTS、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、I²C/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I²C/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	読み出し専用、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 ² 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、メモリの読み出しや書き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み出しを使用してブロック・データを読み出す代替方法。
- 最大2つの追加ホストにより、PMBusワード・プロトコルを使用して内部レジスタを読み出すことができるピーク操作(各ホストには固有のページあり)。
- 最大2つの追加ホストにより、PMBusワード・プロトコルを使用して内部レジスタに書き込むことができるポーク操作(各ホストには固有のページあり)。
- ピーク、ポーク、およびCommand Plusによるブロック読み出しは、通常のPMBusアクセスまたはPAGEで設定したページ値に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ー・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み出しへは、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、host1 update Mfr_data_plus1 による Mfr_command_plus への書き込み。pointer=Mfr_fault_Log の間の複数回の順次読み出しへによってブロック読み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超えてブロック読み出しへを行うと、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の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 ブロック読み出しへが原因で、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しができます。

Command Plus および MFR_DATA_PLUS0 を使用した障害ログの読み出し

Mfr_command_plus_pointer = 0xEE を Mfr_command_plus_page = 0 および Mfr_command_plus_id = 0 と組み合わせて書き込みます。

Mfr_data_plus0 からデータを読み出します。各読み出しへにより、MFR_FAULT_LOG コマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- 最初のワード読み出しへは Byte_count[15:0]=0x00FF です。

PMBusコマンドの説明

- 次の1連のワード読み出しは、2バイトを1ワードにパックしたプリアンブルです。詳細については障害ログのセクションを参照してください。
- 次の1連のワード読み出しは、1ワード当たり2バイトの循環ループ・データです。詳細については障害ログのセクションを参照してください。
- 余計な読み出しを行うと、ゼロが返されます。
- 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ブロック読み出しを妨げません。
- インターリーブ方式のMFR_FAULT_LOGのPMBusブロック読み出しは、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み出し

Mfr_command_plus_pointer = 0xC0をMfr_command_plus_page = 0およびMfr_command_plus_id= 0と組み合わせて書き込みます。

Mfr_data_plus_0からデータを読み出します。各読み出しにより、MFR_EINコマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- Byte_count[15:0] = 0x000C
- Energy_value[15:0]
- Energy_value[31:16]
- Energy_value[47:32]
- Energy_time[15:0]
- Energy_time[31:16]
- Energy_time[47:32]

MFR_DATA_PLUS0を使用したピーク操作

内部のワードおよびバイトは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み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	39
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	40
MFR_CONFIG_LTC2971	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	40
MFR_CONFIG2_LTC2971	0xD9	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	43
MFR_CONFIG3_LTC2971	0xDA	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	43
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	46

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tOFF_MINを守る必要があります。

OPERATIONデータの内容(On_off_config_use_pmbus = 1)

シンボル	動作	Operation_control[1:0]	Operation_margin[1:0]	Operation_fault[1:0]	予備(読み出し専用)
ビット		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	即座にオフ	00	XX	XX	00
	シーケンス・オン	10	00	XX	00
	マージニング・ロー(障害と警告を無視)	10	01	01	00
	マージニング・ロー	10	01	10	00
	マージニング・ハイ(障害と警告を無視)	10	10	01	00
	マージニング・ハイ	10	10	10	00
	マージンを公称値にしてシーケンス・オフ	01	00	XX	00
	マージ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
	マージニングをローにしてシーケンス・オフ	01	01	10	00
	マージ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
	マージ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(読み出し専用)
ビット		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	公称値で出力	00, 01、または10	00	XX	00
	マージニング・ロー(障害と警告を無視)	00, 01、または10	01	01	00
	マージニング・ロー	00, 01、または10	01	10	00
	マージニング・ハイ(障害と警告を無視)	00, 01、または10	10	01	00
	マージニング・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。VIN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tINITです。電圧と電流の読出しには、さらにtUPDATE_ADC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tOFF_MIN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。出力電圧の立ち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	電圧スル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。キャッシ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。

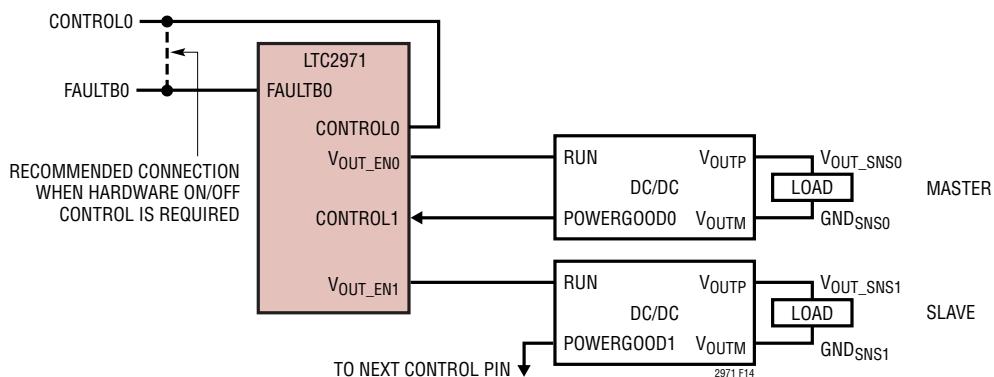


図14. カスケード・シーケンスをオンに設定して時間ベースのシーケンスをオフに設定したLTC2971

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_chann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_{OUT}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。

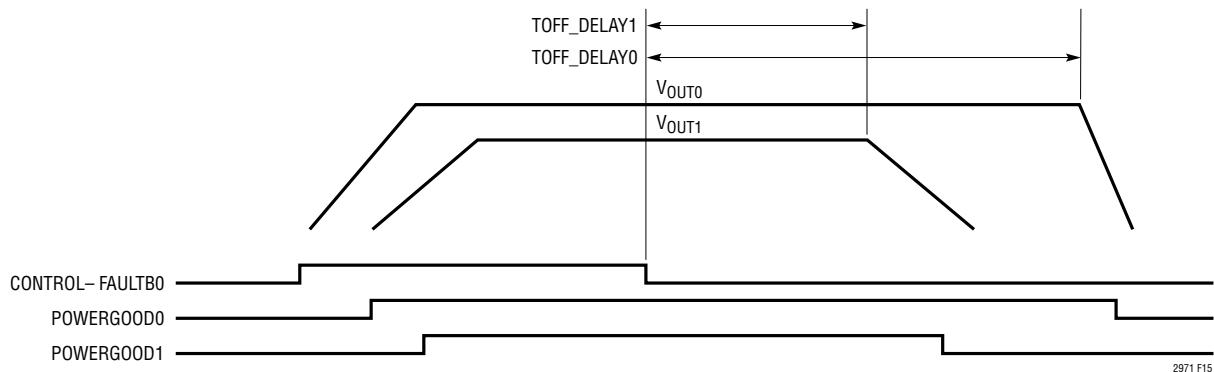


図 15. カスケード・シーケンスをオンにして時間ベースのシーケンスをFAULT0で停止にする場合

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VOUT_OV_FAULT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VOUT_OV_FAULT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_{OUT}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VOUT_UV_FAULT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VOUT_UV_FAULT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が、かつマスタ電源がオフになった後にディ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ピンでディ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フになります。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。

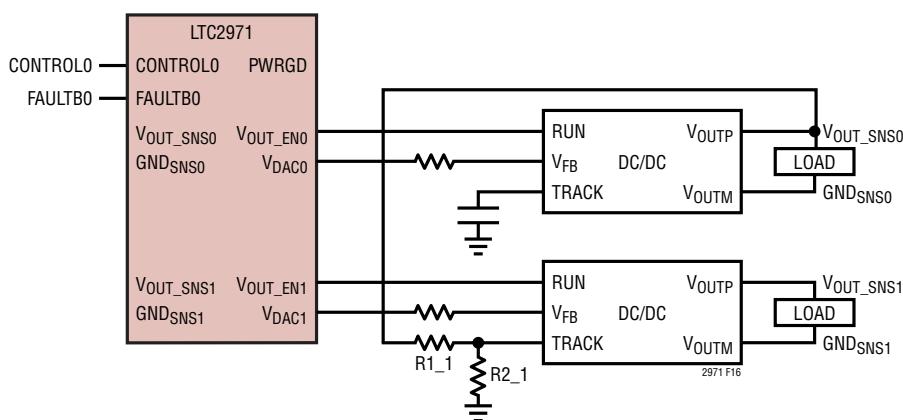


図16. トラッキング・ピンを備えた電源を制御、監視、モニタするように設定されたLTC2971

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、

Ton_delay_master – Ton_delay_slave > RUNからTRACKまでのセットアップ時間

Toff_delay_slave > マスタ電源が立ち下がる時間。

制御ピンの切り替えに対するこのシステムの応答を図17に示します。

スレーブ・チャンネルの低電圧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、76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_pwrgd_off_uses_uv	両チャネルの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12μs。
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	V_{IN} 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: V_{IN} ONでの障害クリア機能を無効にします。 1: V_{IN} 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 V_{IN} ONより電圧が高くないとき、または V_{IN} 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

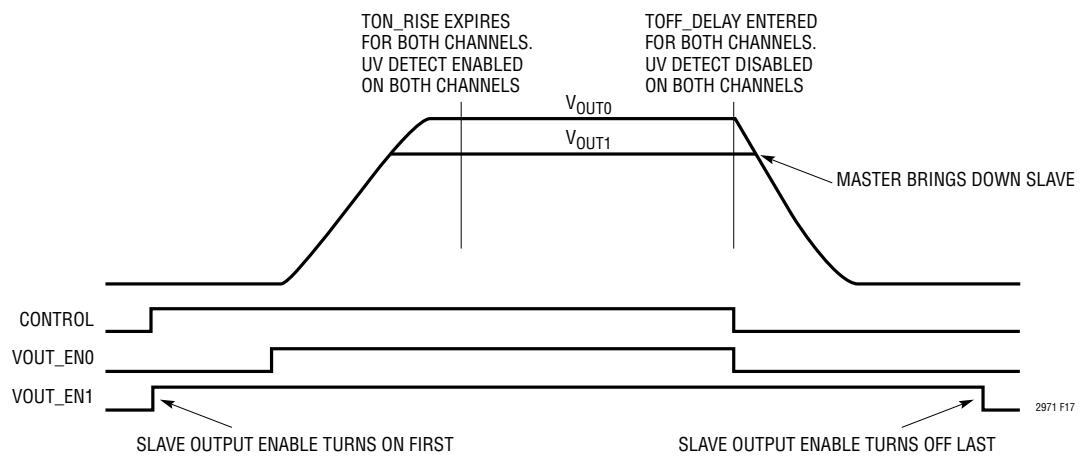


図17. 制御ピンによる全ての電源の稼働と停止のトラッキング

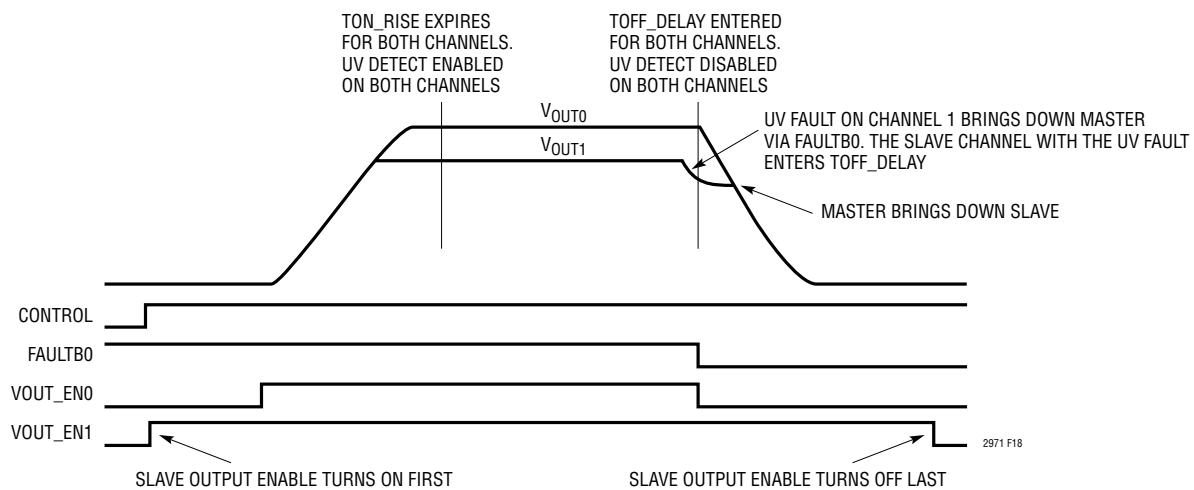


図18. チャンネル1での障害による全ての電源の停止のトラッキング

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	48
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体をEEPROMから再生します。	Send Byte	N				NA	48
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	49
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	49
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読み出しありは書き込みを使用して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	49

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、デバイスがシパワーオン・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。デバイスがインエ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ーに対して、PMBusコマンド間の順序依存性や遅延に関係なく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み出しやブロック書き込みとして動作できるようにします。PECの使用はオプションで、これはMFR_EE_UNLOCK操作で設定されます。

PMBusコマンドの説明

MFR_EE_UNLOCK

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

MFR_EE_UNLOCKのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Mfr_ee_unlock[7:0]	<p>PECが可能なMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読み出しありまたは書き込み操作のために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の読み出しありまたは書き込み操作のために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の読み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の読み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"> 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。 0x2BをMfr_ee_eraseに書き込みます。 <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読み出しありとします。それ以上の読み出しありとするとデバイスがロックされ、ゼロが返されます。最初の読み出しありでは、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回目の読み出しありでは、利用できる16ビット・ワードの数が返されます。これは全てのメモリ位置にアクセスする読み出しありまたは書き込みの数です。それ以降の読み出しありでは、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。最初の書き込み先は最下位アドレスです。

PMBus コマンドの説明

Mfr_ee_data 読出しと書き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]	<p>ユーザの領域を読み出す方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 Mfr_ee_data[0] = PackingId (MFR に固有の ID) を読み込みます。 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。 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。 <p>ユーザの領域に書き込む方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 <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>

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。

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

MFR_EE の消去および書き込みのプログラミング時間

ワードあたりのプログラム時間は代表値で 0.51ms なので、I²C/SMBus での書き込み間隔を 0.51ms より長くして、書き込みが完了したことを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。ハンドシェーディングに 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_{IN_SNS}) 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	51
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 _{OUT_EN_n} 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 _n を参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0xD240	51
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	51
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	51
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	51
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	51

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	0xCO	入力電力量のデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	51
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	52
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	53
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	電流検出素子の公称抵抗値($m\Omega$)。	R/W Word	N	L11	$m\Omega$	Y	1.0 0xBA00	53
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	53

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キュムレータのリセット。
- 時間と電力量のアキュ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

読み出し専用です。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。ブロックの読み出しがいったん始まるとき、MFR_EINの更新は一時停止し、ブロックの読み出しが完了するまで停止し続けます。ただし、ブロックの読み出しの間、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	
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_jin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mΩ)と同じ値になります。MFR_IIN_CAL_GAINの値は、内部で0.01mΩ～1,000mΩの範囲に制限されます。レジスタの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値を反映しません。

MFR_IIN_CAL_GAINを使用した計算は次のようにになります。

$$\text{READ_IIN} = \frac{V_{\text{IIN_SNSPn}} - V_{\text{IIN_SNSMn}}}{(\text{MFR_IIN_CAL_GAIN}) \cdot T_{\text{CORRECTION}}}$$

ここで、

$$T_{\text{CORRECTION}} = [1 + \text{MFR_IIN_CAL_GAIN_TC} \cdot 1\text{E-}6 \cdot (\text{READ_TEMPERATURE_2} - 25.0)]$$

注記:

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

READ_TEMPERATURE_2は、内部ダイ温度です。

MFR_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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	55
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	56
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	56

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

このコマンドは読み出し専用であり、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、マージニング、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。チャンネルがオフ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、ALERTBn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フ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フ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FAULTBn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_FAULTBn_RESPONSEレジスタおよびMFR_FAULTBn_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	読み出し専用、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は電源を乱すこと無く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	読み出し専用、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	56
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	56
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	57
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	57

IOUT_CAL_GAINおよびIOUT_CAL_OFFSET

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

IOUT_CAL_GAINとIOUT_CAL_OFFSETを使用した計算は次のとおりです。

$$T_{CORRECTION} = (1 + MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC \cdot 1E-6 \cdot (READ_TEMPERATURE_1 + MFR_T_SELF_HEAT - 25.0))$$

$$READ_IOUT = \frac{V_{IOUT_SNSPn} - V_{IOUT_SNSMn}}{(IOUT_CAL_GAIN) \cdot T_{CORRECTION}} + IOUT_CAL_OFFSET$$

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

対応するT_{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。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	58
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	58
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	58
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	58
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	58
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	58
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	58
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	4 • t _{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	58
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	58

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。

$$\text{READ_TEMPERATURE_1} = \text{TEXT} \cdot \text{MFR_TEMP_1_GAIN} - 273.15 + \text{MFR_TEMP_1_OFFSET}$$

ここで、

TEXT は、測定された外部温度(単位:ケルビン)です。

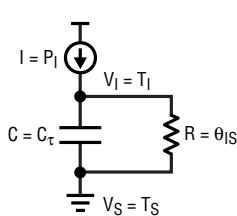
対応する TSENSE ネットワークが有効な温度を検出できなかった場合、READ_TEMPERATURE_2 は READ_TEMPERATURE_1 に置き換えられます。そのような条件では、MFR_TEMP_1_GAIN および MFR_TEMP_1_OFFSET は無効になります。詳細については、READ_TEMPERATURE_1 を参照してください。

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: 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
 $(V_{DCR} \cdot \text{READ_IOUT} \text{ WHERE } V_{DCR} = (V_{IOUT_SNSP} - V_{IOUT_SNSM}))$
 $C_\tau =$ CAPACITANCE REPRESENTING THERMAL HEAT CAPACITY OF THE INDUCTOR
 $(\text{INCLUDED IN MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV})$
 $T_I =$ VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE OF THE INDUCTOR
 $\theta_{IS} =$ RESISTANCE REPRESENTING THE THERMAL RESISTANCE FROM THE DCR
 $\text{TO THE REMOTE TEMPERATURE SENSOR (MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA)}$
 $T_S =$ VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE AT THE REMOTE
 $\text{TEMPERATURE SENSOR}$

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。

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

これより、

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

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

ここで、

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

Δt 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。

$$\Delta T_I = \Delta MFR_T_SELF_HEAT$$

$$P_I = \text{READ_IOUT} \cdot (V_{IOUT_SNSP} - V_{IOUT_SNSM})$$

$$T_S = \text{READ_TEMPERATURE_1}$$

$$T_I = MFR_T_SELF_HEAT + T_S$$

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

$$\tau_{INV} = MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV$$

$$\theta_{IS} = MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA$$

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 $\Delta MFR_T_SELF_HEAT$ だけ増加または減少させた値で更新されます。

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

$$MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV = (4 \cdot t_{CONV_SENSE}) / 5 = 4 \cdot 66\text{ms} / 5\text{s} = 0.0528$$

θ_{IS} と τ_{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_{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・READ_IOUT・(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V _{OUT_ENn} ピンがオンするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	60
TON_RISE	0x61	V _{OUT_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	60
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	低電圧状態が許容されるV _{OUT_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	60
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V _{OUT_ENn} ピンがオフするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	60
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	61

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V_{OUT_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ことが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10 μ sごとに丸められ、655msより長い場合は200 μ s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、10 μ sごとに丸められています。これらのコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

PMBusコマンドの説明

MFR_RESTART_DELAY

このコマンドは、基本的にCONTROLピンで開始される再起動にオフ時間を設定します。CONTROLピンを10μs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、200μsごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

クロックの共有

アナログ・デバイセズの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VIN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	64
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	64
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	65
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	65
MFR_PG_CONFIG	0xCB	PGピンの設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0xC046	62
MFR_PG_GPO	0xCE	PGピンの出力データ・レジスタ。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	64

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。VOUTの過電圧高速コンパレータ信号とVOUT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、VOUT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ます。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レジスタの書き込みは、レベル1とレベル2の両方のレベルで保護されます。また、PGピンは汎用出力として設定できるので、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。

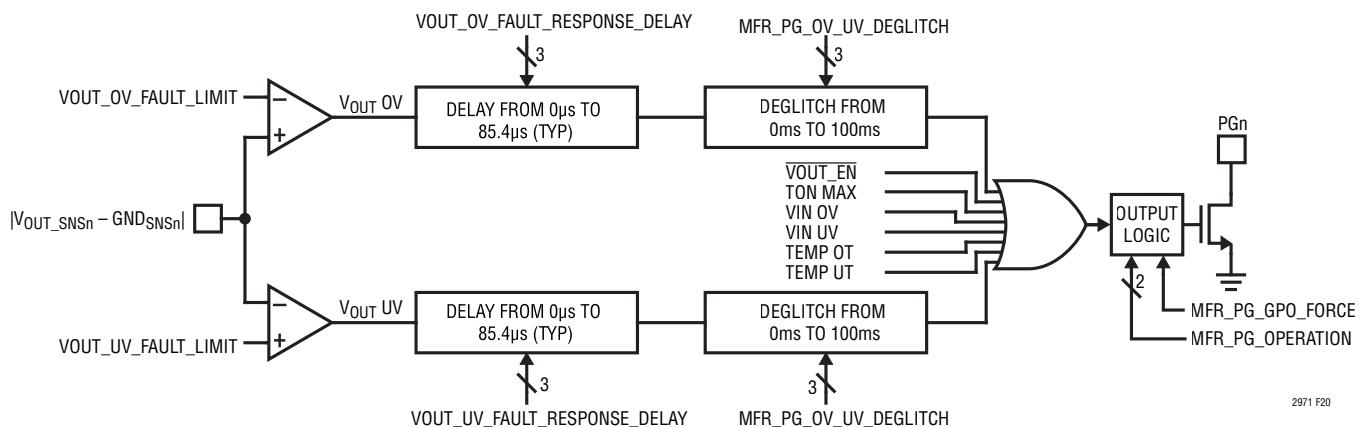


図20. PG出力ピンの機能ブロック図

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	読み出し専用、常に 0 を返します。
b[8]	Mfr_pwrgd_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_pwrgd_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_pwrgd_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、200 μ sごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

PWRGD ピンのデアサート遅延と閾値の信号源は Mfr_config_all_pwrgd_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_pwrgd_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_pwrgd_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、10μs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み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

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	66
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	66
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	67
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	67
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	67
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	67
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	67
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	68
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	55

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V_{IN_SNS}ピンへのバイパ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	応答動作: 00b:デバイスは中断せずに動作を続けます。 01b:デバイスは、t _{s_vs} 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。 電気的特性 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。 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。
b[5:3]	Vout_ov_fault_response_retry, Vout_uv_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b:再試行設定の値が0の場合、デバイスは再起動しようとしな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、バイパ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]	Vout_ov_fault_response_delay, Vout_uv_fault_response_delay	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。 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。 001b~111b:障害がデグリッチされるのは、t _{s_vs} (標準12.2μs)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。

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	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]	Ot_fault_response_retry, Ut_fault_response_retry, Vin_ov_fault_response_retry, Vin_uv_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b:再試行設定の値が0の場合、デバイスは再起動しようし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]	Ot_fault_response_delay, Ut_fault_response_delay, Vin_ov_fault_response_delay, Vin_uv_fault_response_delay	000bにハードコードされています。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。

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_enn参照)。シャットダウン後、デバイスはビット[5:3]の再試行設定に従って応答します。
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み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

MR_RETRY_COUNT

MFR_RETRY_COUNTは、再試行数を設定するグローバル・コマンドで、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、その再試行カウントはクリアされます。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、再試行カウント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	69
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	69
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	69
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	69

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10μs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10μs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	70
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	71
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	71
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	72
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	72
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	72
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	73
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	73
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	74
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	74
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	75
MFR_FIRST_FAULT	0xB6	最初の障害情報。	R Word	N	Reg				76
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のステータス。	R Word	Y	Reg			NA	75

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 _N 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 ² 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 = ウオッチドッグ障害が発生しました。 0 = ウオ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)の読み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_pwrgd_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_asel0[1:0]	11:ロジック・ハイがASEL0入力パッドで検出されました。 10:ASEL0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ASEL0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FAULTB0パッドで検出されました。 0:ロジック・ローがFAULTB1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)、および書き込み保護ピン(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アクノレッジを返しますが、直ちには処理できないコマンドを受け取ったときはコマンド・バイトに対してNACKを返し、Status_byte_busyとStatus_word_busyをセットします。

MFR_COMMONのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Mfr_common_alertb	アラート・ステータスを返します。 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	読み出し専用、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	書き込み保護ピンのステータスを返します。 1:書き込み保護ピンはハイです。 0:書き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	読み出し専用、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	77
READ_IIN	0x89	DC/DCコンバータの入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	77
READ_PIN	0x97	DC/DCコンバータの入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	77
READ_VOUT	0x8B	DC/DCコンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	77
READ_IOUT	0x8C	DC/DCコンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	78
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	78
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。	R Word	N	L11	°C		NA	78
READ_POUT	0x96	DC/DCコンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	79
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	79
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IINの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	78
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IINの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	78
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PINの最大測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	78
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PINの最小測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	78
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	$V_{IOUT_SNSP} - V_{IOUT_SNSM}$ の絶対値。1 LSB = 3.05 μVまたは91.5 μV。	R Word	Y	CF	μV		NA	80
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	80
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	80
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUTの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	80
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	80
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VINの最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	80
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUTの最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	80
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUTの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	81
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	81

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、 $0x7BFF (\approx 2^{25})$ 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、 $0x7BFF (\approx 2^{25})$ 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TSENSE 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。

TSENSE 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。

TSENSE 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。

TSENSE 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TSENSE 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 = $Y \bullet 2.5$ 。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 = $2 \bullet 2.5 = 5mA$

戻り値の粒度は常に2.5mAであり、戻り値は±81.92A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、[電気的特性](#)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
$31.25mA \leq I_{OUT} < 62.5mA$	$61\mu A$	2.5mA
$62.5mA \leq I_{OUT} < 125mA$	$122\mu A$	2.5mA
$125mA \leq I_{OUT} < 250mA$	$244\mu A$	2.5mA
$250mA \leq I_{OUT} < 500mA$	$488\mu A$	2.5mA
$0.5A \leq I_{OUT} < 1A$	$977\mu A$	2.5mA
$1A \leq I_{OUT} < 2A$	$1.95mA$	2.5mA
$2A \leq I_{OUT} < 4A$	$3.9mA$	2.5mA
$4A \leq I_{OUT} < 8A$	$7.8mA$	2.5mA
$8A \leq I_{OUT} < 16A$	$15.6mA$	2.5mA
$16A \leq I_{OUT} < 32A$	$31.3mA$	2.5mA
$32A \leq I_{OUT} < 64A$	$62.5mA$	2.5mA
$64A \leq I_{OUT} < 82A$	$125mA$	2.5mA
$82A \leq I_{OUT} < 128A$	$125mA$	Saturated
$128A \leq I_{OUT} < 256A$	$250mA$	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 I_{OUT_SNSPn} と I_{OUT_SNSMn} 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	I_{OUT_SNSPn} と I_{OUT_SNSMn} の間で測定された未補正の電圧変換の絶対値。 値 = $Y \cdot X \cdot 2^{-13}$ 。ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なしの整数、 $X = 0.025$ または 0.75 (それぞれmfr_config_imon_sel = 0または1の場合)であり、 LSB は $3.05\mu V$ または $91.5\mu V$ になる。 例: mfr_config_imon_sel = 0 MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE = $1.544mV$ b[15:0] = 0x1FA = 506 の場合、 値 = $506 \cdot 0.025 \cdot 2^{-13} = 1.544mV$

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、 $0x7C00 (-2^{25})$ にリセットされます。

MFR_VOUT_PEAK

このコマンドは、チャンネルの出力電圧のADCによる最大の測定値を返します。このレジスタは、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、 $0x7C00 (-2^{25})$ にリセットされます。

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK

このコマンドは、外部ダイオード温度($^{\circ}C$)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、 $0x7C00 (-2^{25})$ にリセットされます。

MFR_VIN_MIN

このコマンドは、入力電圧のADCによる最小の測定値を返します。このレジスタは、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_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	82
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	82
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	82
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	障害ログのステータス。	R Byte	N	Reg		Y	NA	82
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	82

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。

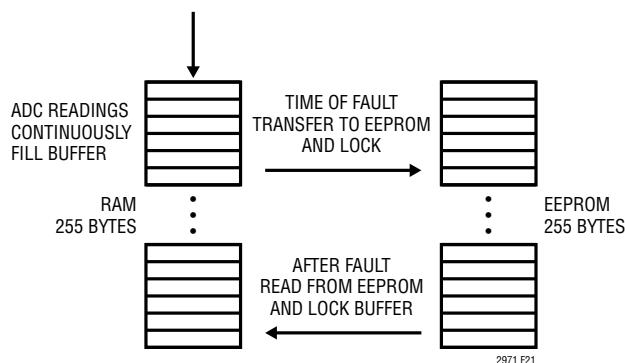


図21. 障害ログ

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の読み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み出しがまだ行われていないことを示します。このビットは、正常に実行されたMFR_FAULT_LOGコマンドによってのみクリアされます。

MFR_FAULT_LOG_STATUSのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:2]	Reserved	読み出し専用、常に0を返します。
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、次回のMfr_fault_log読み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

読み出し専用です。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 の読み出し時に、表4で定義されたデータが一度に1バイトずつ返されます。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。ブロック読み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。
SharedTime[15:8]	3	カウンタの LSB は 200 μ s 刻み。
SharedTime[23:16]	4	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[31:24]	5	
SharedTime[39:32]	6	
SharedTime[40]	7	
Mfr_first_fault[7:0]	8	
Mfr_first_fault[15:8]	9	
FirstFaultTime	10	最初の障害が検出された時点を取り込まれた共有クロック・カウンタの下位8ビット。
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。ブロック読み出しプロトコルを参照。

PMBusコマンドの説明

前の表のバイト55～237に返されたデータは、Position_lastと次の表を用いて解釈されます。バイト55にあるデータを識別するための鍵は、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_jin[7:0]
20	Read_jin[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_jin_peak[7:0]	
28	1C	Mfr_jin_peak[15:8]	
29	1D	Mfr_jin_min[7:0]	
30	1E	Mfr_jin_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ブロック読み出し 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	90
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	90
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	90
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		91
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	91

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がわかります。
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	91
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	N/A	91
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。	R/W Word	N	Reg		Y	N/A	91
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	91
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	91
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーの予備。	R/W Word	Y	Reg			NA	91

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、マージニング、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・デバイセズの複数のパワー・システム・マネージャは、SHARE_CLK、FAULTB、およびCONTROLピンを使用して動作を連携できます。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_{PWR}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_{PWR}を3.3Vに変換し、これでLTC2971の内部回路を駆動します。V_{PWR}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します。LTC2971は60VのV_{PWR}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_{PWR}を降圧することを推奨します。

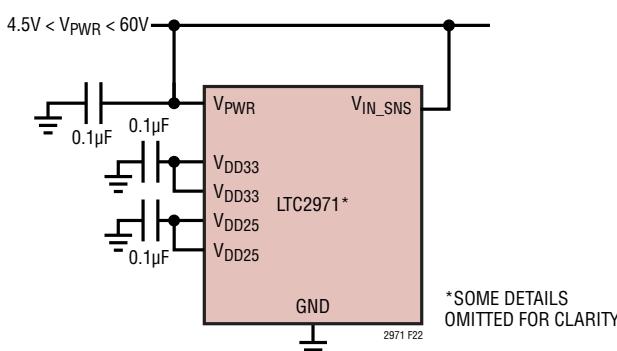


図22. 4.5V～60Vの外部電源からLTC2971への電力供給

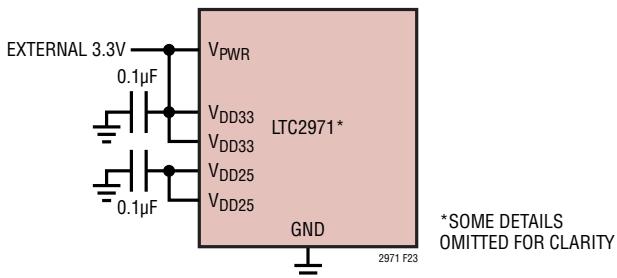


図23. 3.3Vの外部電源からLTC2971への電力供給

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_{DD33}ピンとV_{PWR}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 - I²C/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_{SENSE})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_{SENSE}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_{SENSE}の熱ドリフトを補正します。

最適な結果を得るため、R_{SENSE}をLTC2971に近づけて配置し、等温にすることを推奨します。

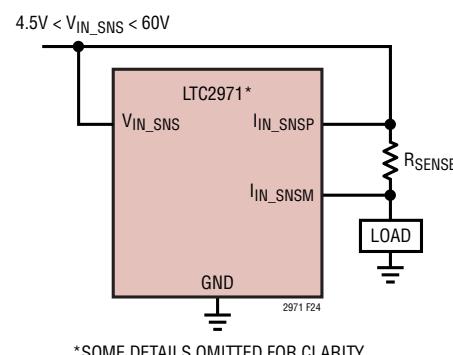


図24. 入力電流の測定

アプリケーション情報

R_{SENSE} の値は、最大入力信号が $\pm 80\text{mV}$ の入力範囲内に収まるように選択します。 R_{SENSE} の選択後に、その値を $\text{m}\Omega$ 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_{IN_SNS} 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_{VIN_SNS} と I_{IN_SNS} の測定値の積から計算された入力電力をワット単位で返します。**電気的特性**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、 $15\text{mV} < |V_{IN_SNS}| < 50\text{mV}$ 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 $(2^{48}-1)$ 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 $(2^{48}-1)$ 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、 $V_{IN_SNS} = 20\text{mV}$ 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_{IN_SNS} ピンで測定された入力電圧(V_{IN})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_{IN} が V_{IN_ON} を超える必要があります。 V_{IN} が V_{IN_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_enn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_{IN} が V_{IN_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ジング時にはチェックされません。

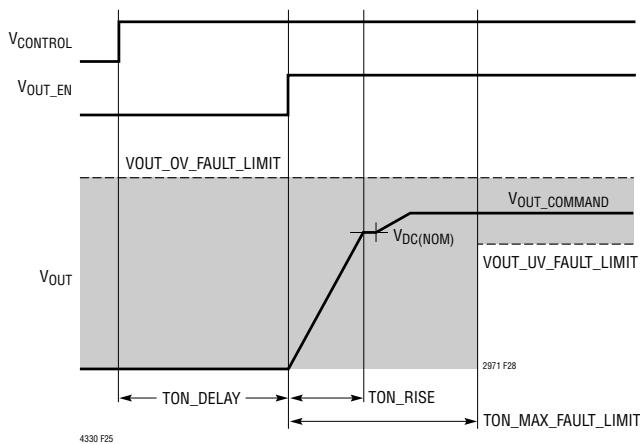


図25. 制御ピンを使用した代表的なオン・シーケンス

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ジニング・ハイまたはマージニング・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V_{DACn}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をクロー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、マージン・コマンドやオン・イベントなどの大規模な出力遷移を高速化することができます。これを使用するには、Mfr_config_fast_servo_off=0に設定します。高速サーボ・モード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1 LSB増加します。目標電圧に達すると、低速サーボ・モードに入つ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_{DACn}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1 LSB以内まで駆動され、出力にトランジエ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_{OUT}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と、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、10μsを超えた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。

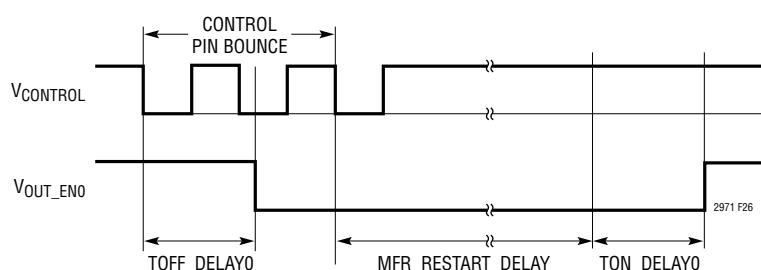


図26. 自動再起動機能を備えたオフ・シーケンス

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できません。

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ピンとの接続を示します。

- MFR_FAULTB_n_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_n_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。

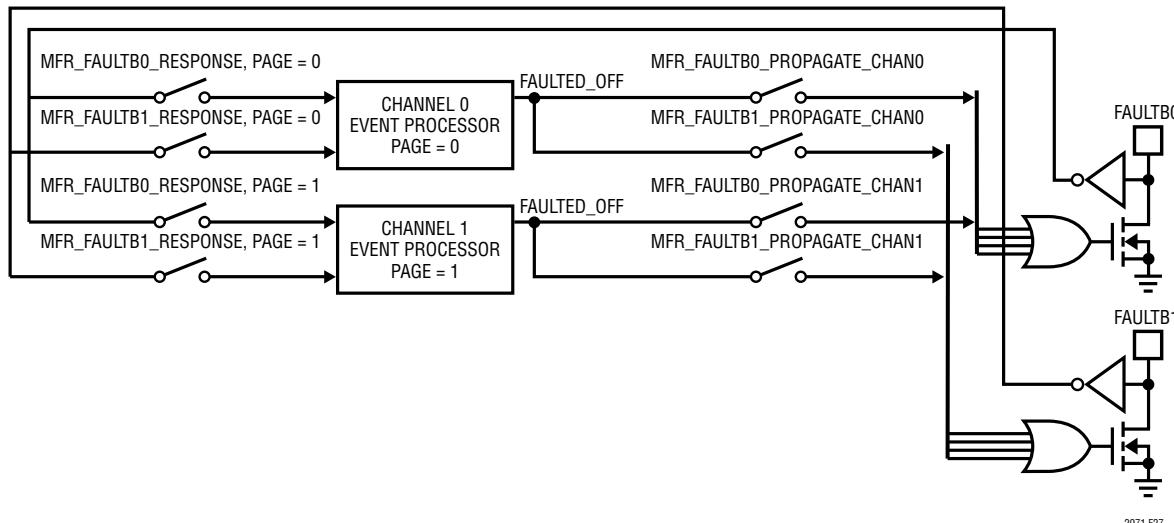


図27. チャンネルの障害管理のブロック図

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ますように、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を互いに接続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。

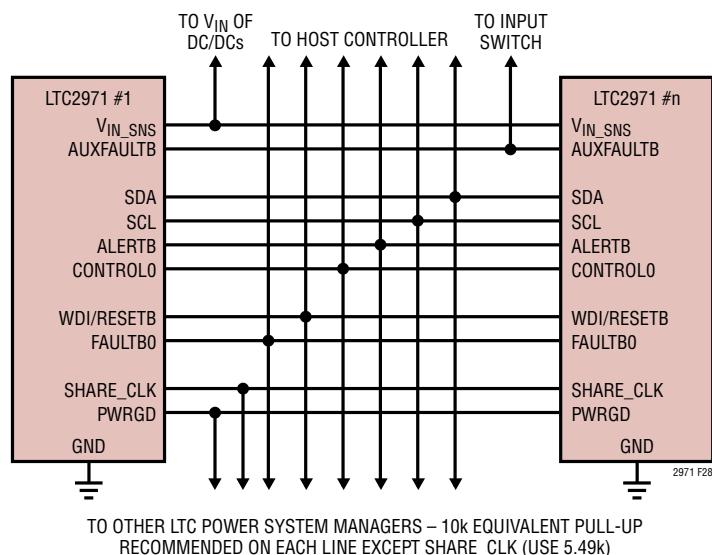


図28. アナログ・デバイセズの複数のパワー・システム・マネージャ間の代表的な接続

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ポート・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。

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

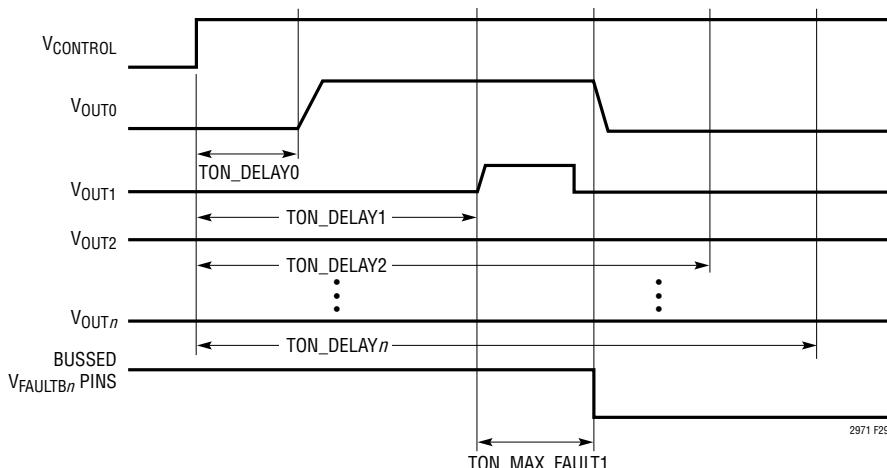


図29. チャンネル1の短絡が原因でアボートされたオン・シーケンス

アプリケーション情報

3. $V_{DAC}=0V$ のとき正のマージニング率($\Delta_{UP}\%$)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、負のマージニング率 $\Delta_{DOWN}\%$ 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ジニング

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ジニング

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。

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

マージ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ジ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 $V_{RET} = 0V$ 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、マージニング分解能と図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

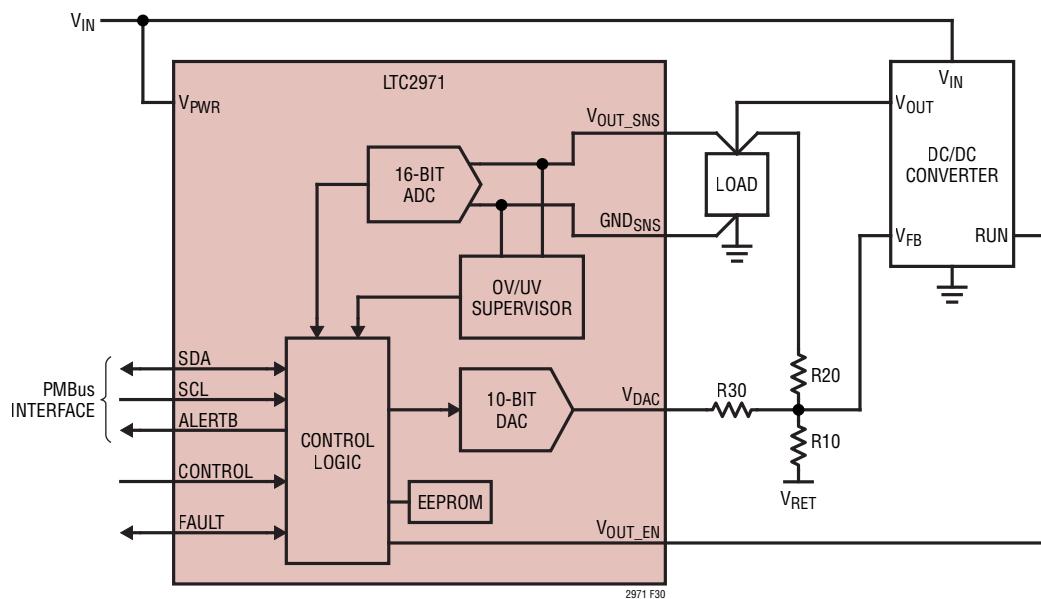


図30. 外付け帰還抵抗と正の V_{FB} を使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

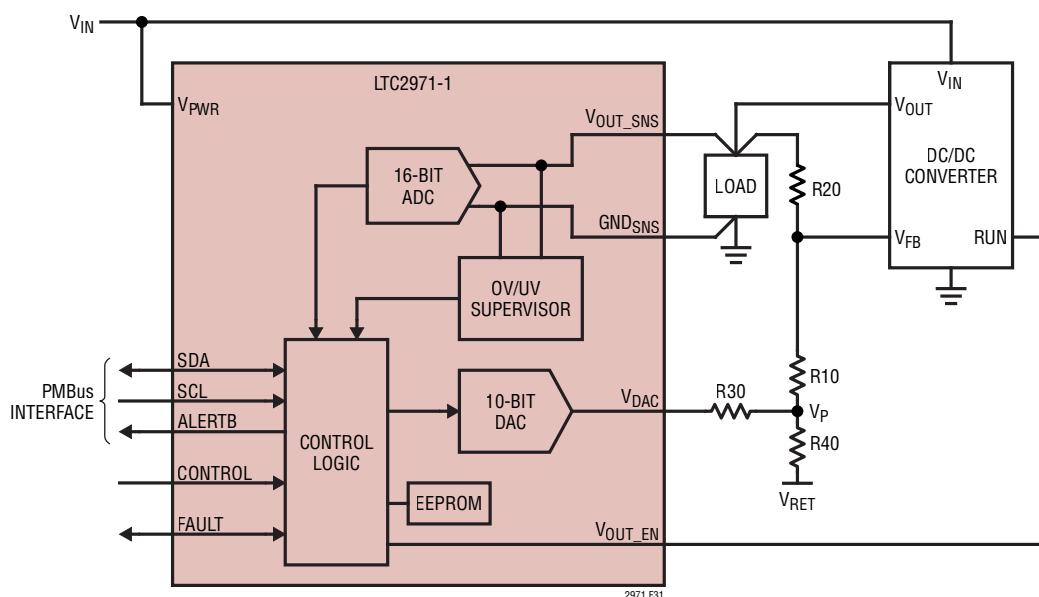


図31. 外付け帰還抵抗と負の V_{FB} を使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

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の中点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. R20の値を求めます。

$$R20 = \frac{|V_{DC(NOM)}|}{I_{INT}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta_{UP}\%}{100} \right) \quad (10)$$

3. R10の値を求めます。

$$R10 = \frac{V_P}{I_{INT}} \cdot \left(\frac{100}{\Delta_{UP}\%} - 1 \right) \quad (11)$$

4. R40の値を求めます。

$$R40 = R10 \cdot \left(\frac{V_{RET}}{V_P} - 1 \right) \quad (12)$$

アプリケーション情報

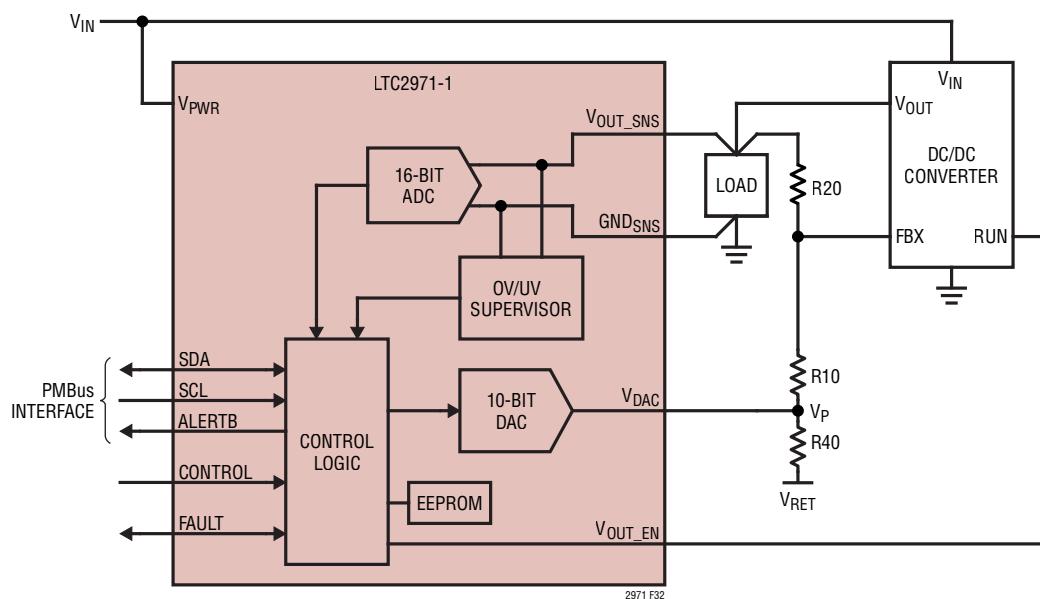


図 32. 外付け帰還抵抗と電流FBXを使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

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。

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。I_{OUT_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、RCMの値として 250Ω を推奨します。CCM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 $CCM \geq L/(DCR \cdot R_{CM})$ が成り立つようにします。オプションで CCM と I_{OUT_SNSM} の RCM を並列に接続すると、I_{OUT_SNSP} と I_{OUT_SNSM} の間のインピーダンスを整合できます。

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、 $L = 2.2\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 10\text{m}\Omega$ 、 $\text{F}_{\text{SW}} = 500\text{kHz}$ と仮定します。

$R_{CM} = 250\Omega$ として C_{CM} の値を求める

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

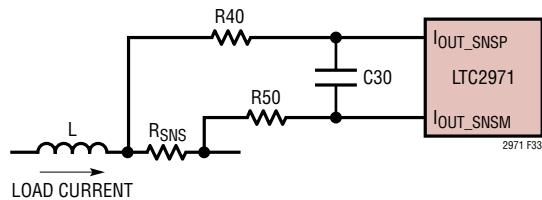


図33. 検出抵抗による電流検出回路

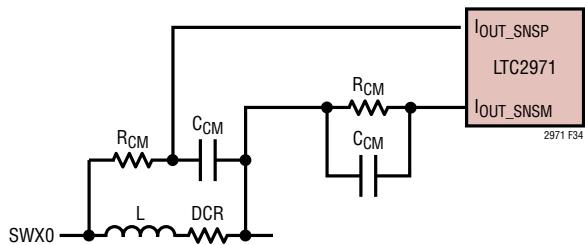


図34. DCRによる電流検出回路

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に、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側から計算ノードまでのPCBパターン抵抗のバランスを維持することが必要です。

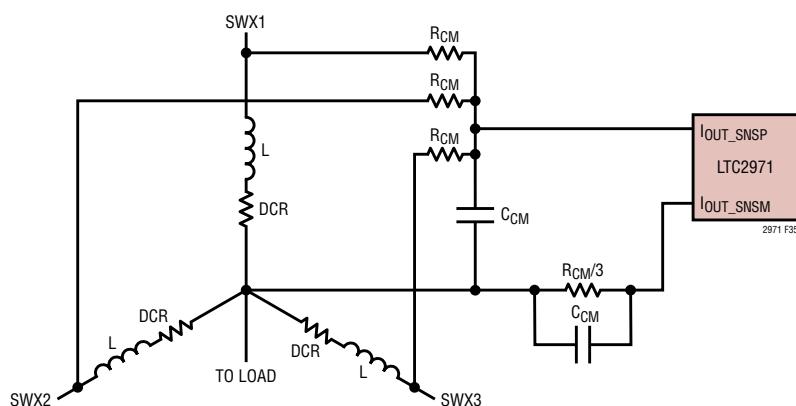


図35. マルチフェーズ PCR による電流検出回路

アプリケーション情報

マルチフェーズの設計例

インダクタンスとDCRの値を前の設計例と同じにして、 C_{CM} を880nFのままにする場合、3相DC/DCコンバータのRCMの値は750Ωになります。同様に、IOUT_CAL_GAINの値は $DCR/3 = 3.33m\Omega$ となります。

バッファ付きIMON遠隔測定モードでの出力電流の測定

LTC2971は、Mfr_config_imon = 1を設定することにより、内部で測定した出力電流に比例した信号を出力する電源とインターフェースをとることができます。このモードでは、IOUT_SNSの入力電圧範囲が±80mVから-0.1V～1.8Vに広がります。平均負荷電流に比例する電流をIMONピンから出力するレギュレータは、この電流を電圧に変換するための抵抗が必要になります。電圧変換後にLTC2971のADCによってデジタル化するためです。図36に、LT[®]3086 (LDOレギュレータ)のIMONピンに接続しているLTC2971を示します。

LT3086のIMONの設計例

LT3086は、 $I_{IMON} = I_{OUT}/1000$ に等しい電流を出力します。IOUTの全出力電流が2.0Aのときに目的の V_{IMON} が1.0Vで

ある場合は、 $R_{IMON} = V_{IMON}/I_{IMON} = 500\Omega$ となり、IOUT_CAL_GAINを500mΩに設定します。

アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項

LTC2971の全てのADC入力は、6kHzの2次ローパス・アンチエイリアシング・フィルタにより、内部でフィルタ処理されます。また、デルタシグマ型ADCは、62.5kHzのsinc³フィルタを内蔵しています。更なるフィルタ処理が必要な場合は、図37に示すように、R40、R50、およびC30で構成される外付けフィルタをVOUT_SNSに追加します。他のADC入力と同じネットワークを使用します。フィルタのコーナ周波数は、DC/DCコンバータのスイッチング周波数の10分の1未満になるように設定します。こうすると、電圧リップルとフィルタ遅延との間の折り合いをうまくつけることができます。VOUT_SNSとVIN_SNSをフィルタ処理する場合は、R40 = R50を250Ω以下に保って、500kΩの入力抵抗に起因するADCの利得誤差を最小限に抑え、スーパーバイザの応答時間があまり長くならないようにコンデンサC30の値を選択します。例えば、 $\tau = 10\mu s$ ($R = 50\Omega$, $C = 0.10\mu F$)とします。C30の電圧定格は、高電圧が加わっても十分耐えられるほど高いことを確認してください。IOUT_SNSとIIN_SNSをフィルタ処理する場合は、R40 = R50を250Ω以下に保って、100nAの入力バイアス電流の不整合に起因するADCのオフセット誤差を最小限に抑えます。

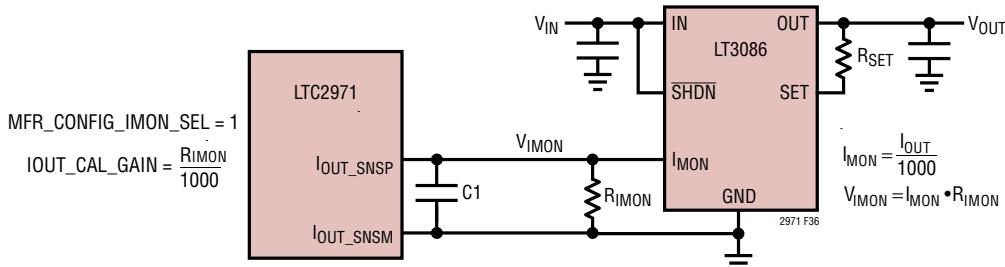


図36. IMONによる電流検出

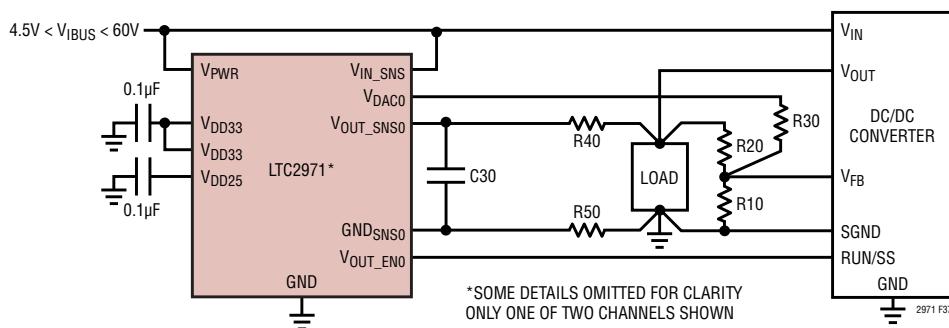


図37. VSENSE ラインのアンチエイリアシング・フィルタ

アプリケーション情報

USB - I²C/SMBus/PMBus 間コントローラ DC1613 から
システム内の LTC2971 への接続

USB - I²C/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 I²C/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 I²C/SMBus のプルアップ抵抗に限定してください。更に、I²C/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_{DD} 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 I²C/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_{DD33} 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 10 μ A 未満にすることができます。コントローラの 3.3V の電流制限は 100mA です。

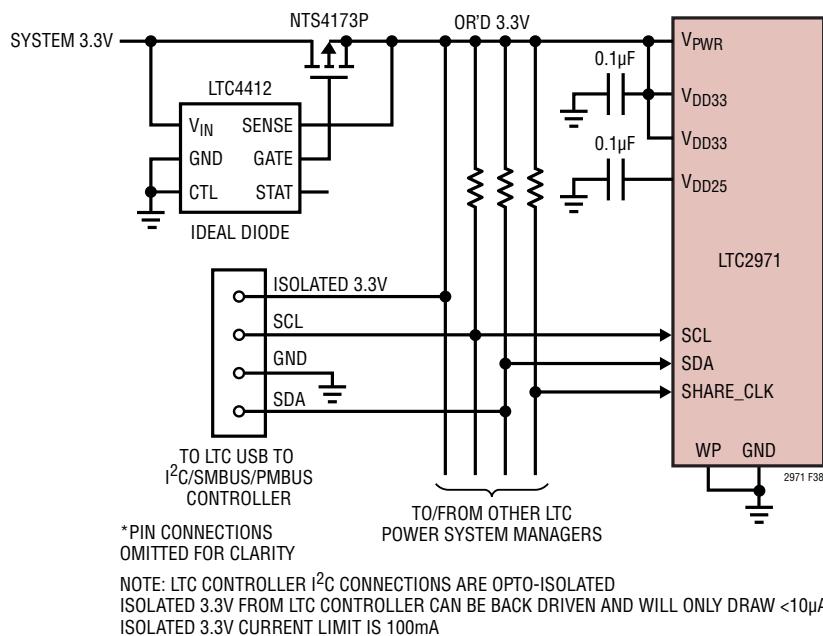


図 38. LTC2971 が 3.3V から電力を供給されている場合のアナログ・デバイセズ製コントローラの接続

アプリケーション情報

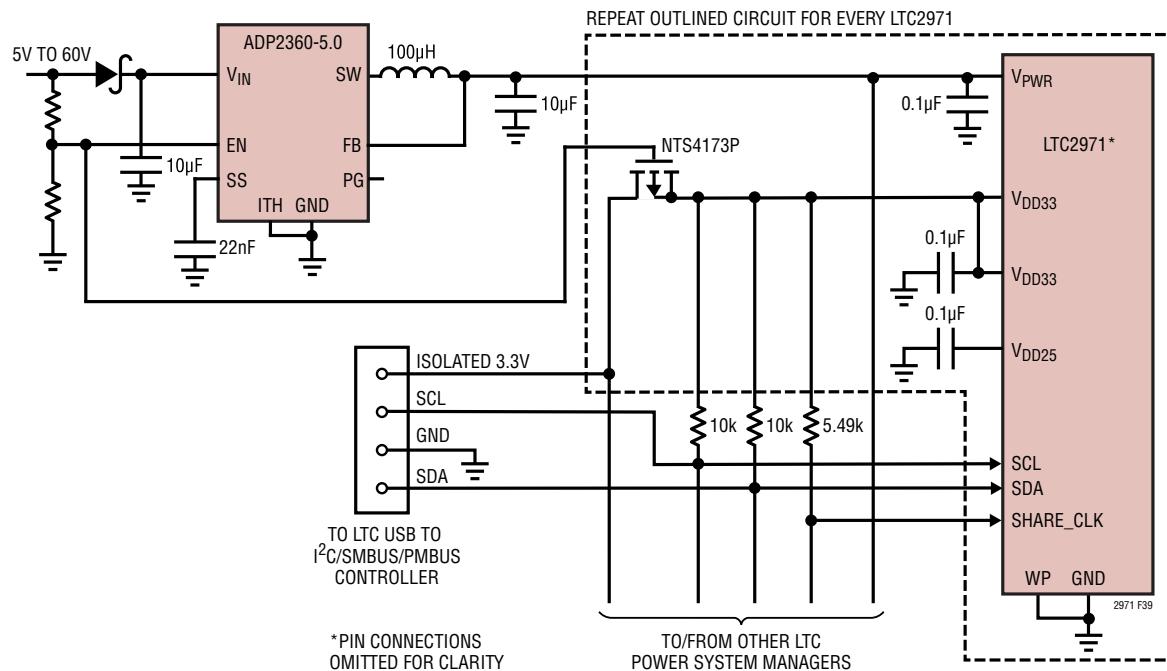
図39. V_{PWR} を使用する場合のアナログ・デバイセズ製コントローラの接続

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°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 θ_{IS} と、インダクタの熱時定数 τ を追加することで対処できます。熱抵抗 θ_{IS} [°C/W] は、インダクタの特定の電力損失 P_I に対して、検出された T_S とインダクタ内部温度 T_I の定常状態における差を計算するために使用します。

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

アプリケーション情報

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

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

これらの式において、 V_{DCR} はインダクタのDC電圧降下、 I_{OUT} は出力電流の実効値、 R_0 はリファレンス温度 T_{REF} でのインダクタのDC抵抗、 α 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 α_{CU} は3900ppm/ $^{\circ}$ Cに近いと予測できます。与えられた α に対して、残りのパラメータ θ_{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。 θ_{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 τ 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 $I_2 R_2$ 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。電気的時定数 $\tau_{EL} = L/R$ は熱時定数よりも数桁短く、「即座に」と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 θ_{IS} と R_0 を(これまでに評価した平均 α 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 τ でゼロまで減衰します。

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

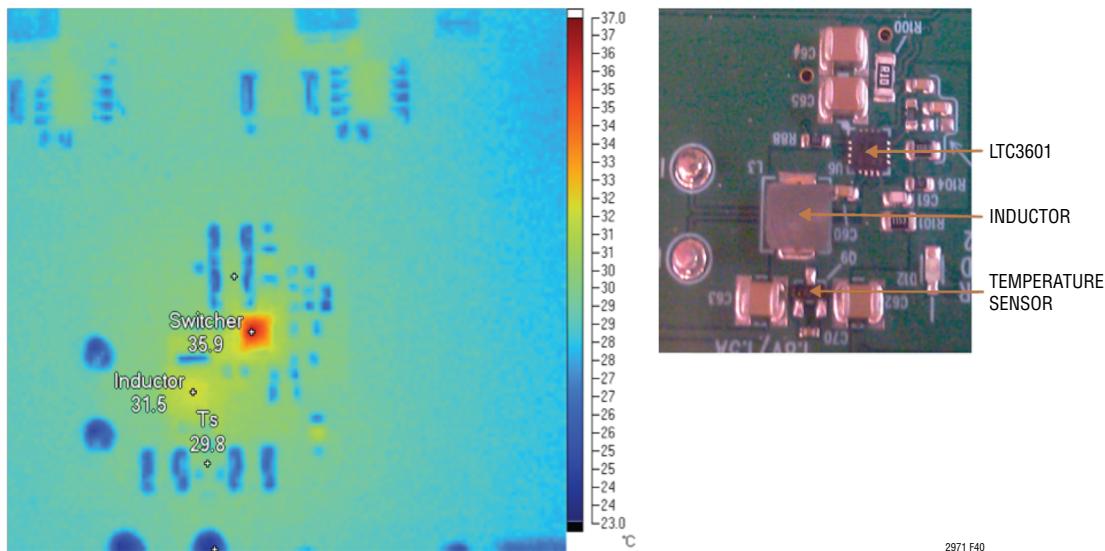


図40. 実際のインダクタ温度と温度検出点の間の違いを示すDC/DCコンバータの熱画像

アプリケーション情報

時定数 τ 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 θ_{JS} 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 τ 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、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・デバイセズの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・デバイセズの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・デバイセズのUSB - I²C/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_{DD33}ピンとGNDの間、V_{DD25}ピンとGNDの間、およびREFPピンとREFMピンの間に0.1μFのバイパス・コンデンサが必要です。デバイスがV_{PWR}入力から電力を供給されている場合は、このピンも0.1μFのコンデンサでGNDにバイパスしてください。効果を上げるために、これらはX5RやX7Rなどの高品質セラミック誘電体を使ったコンデンサである必要があり、できるだけデバイスに近づけて配置します。

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

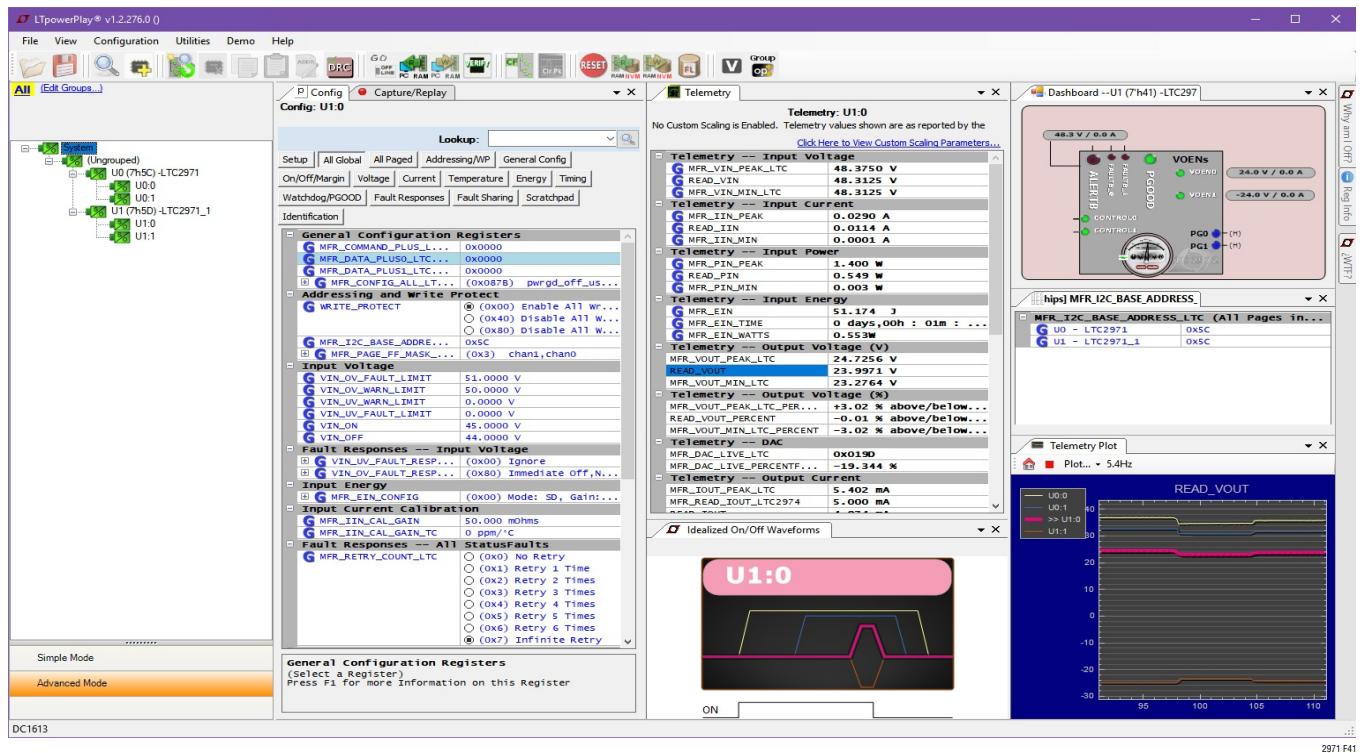


図41. LTpowerPlayのスナップショット

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。これらの入力が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。

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 - I²C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。

I²C

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。

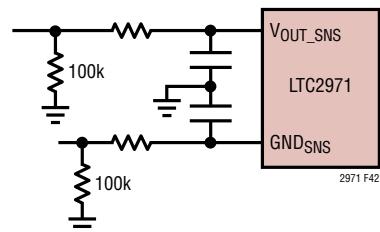


図42. 不使用の入力のGNDへの接続

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。

CONTROL n 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。

FAULTB n 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。

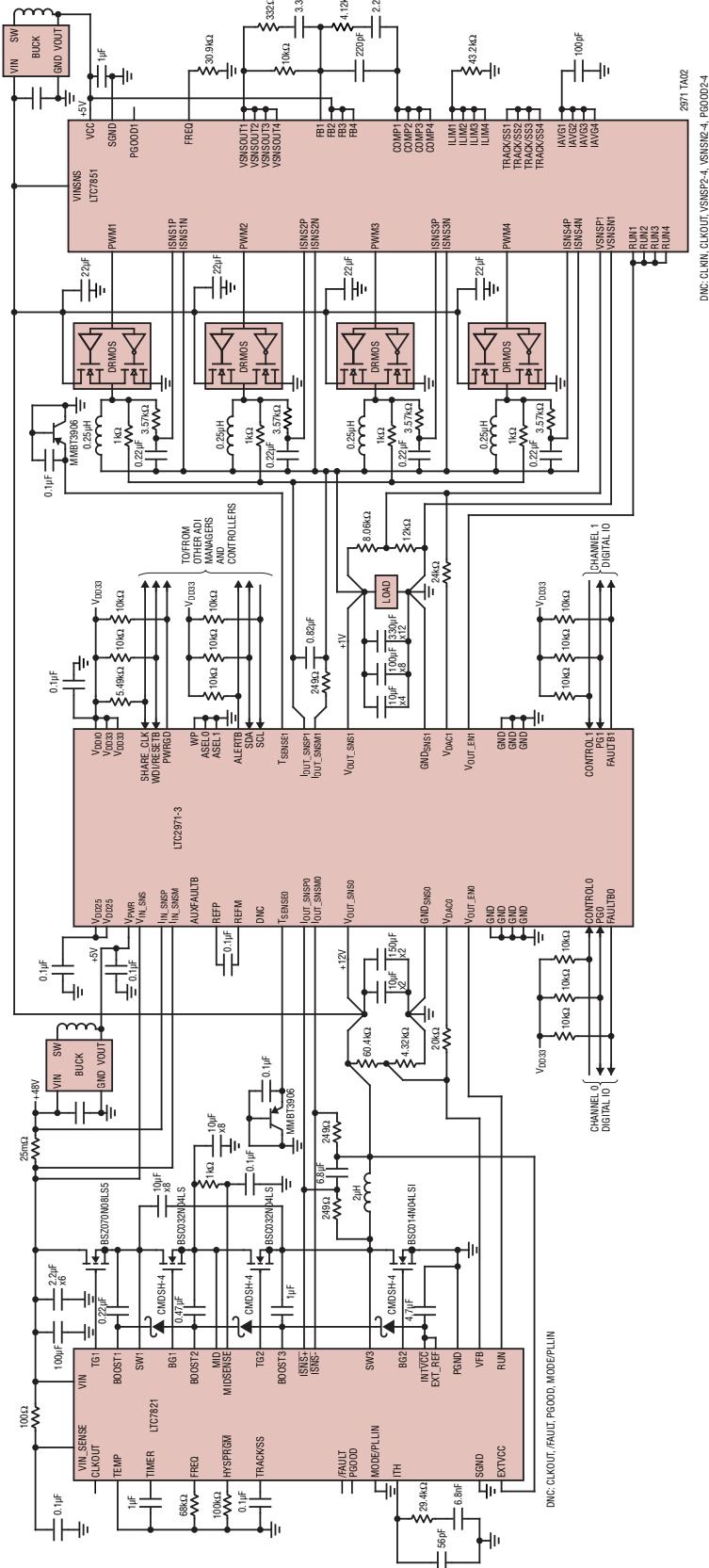
DAC出力

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。

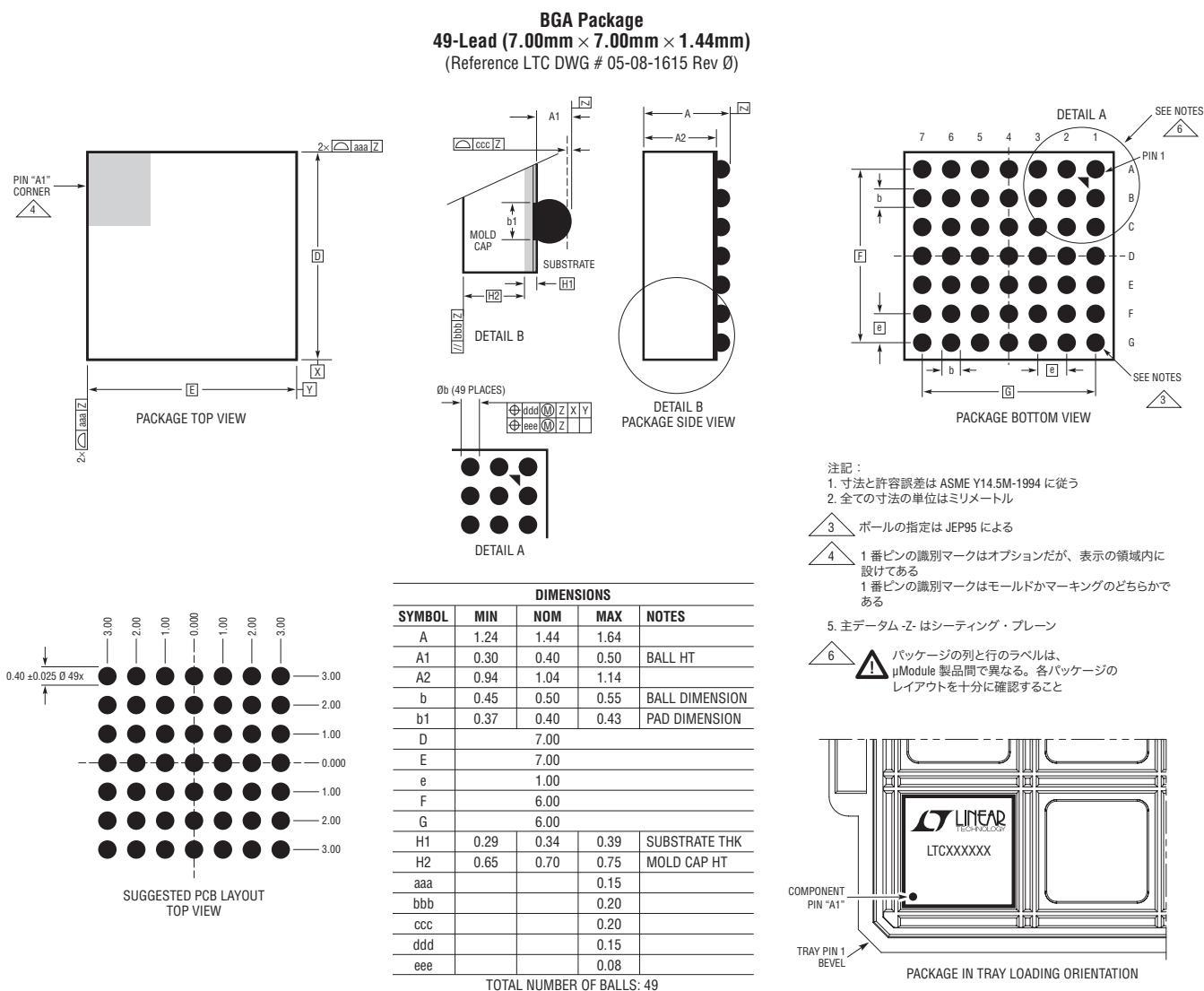
標準的應用例

LTC2971-3: +48V 入力、+1V 出力



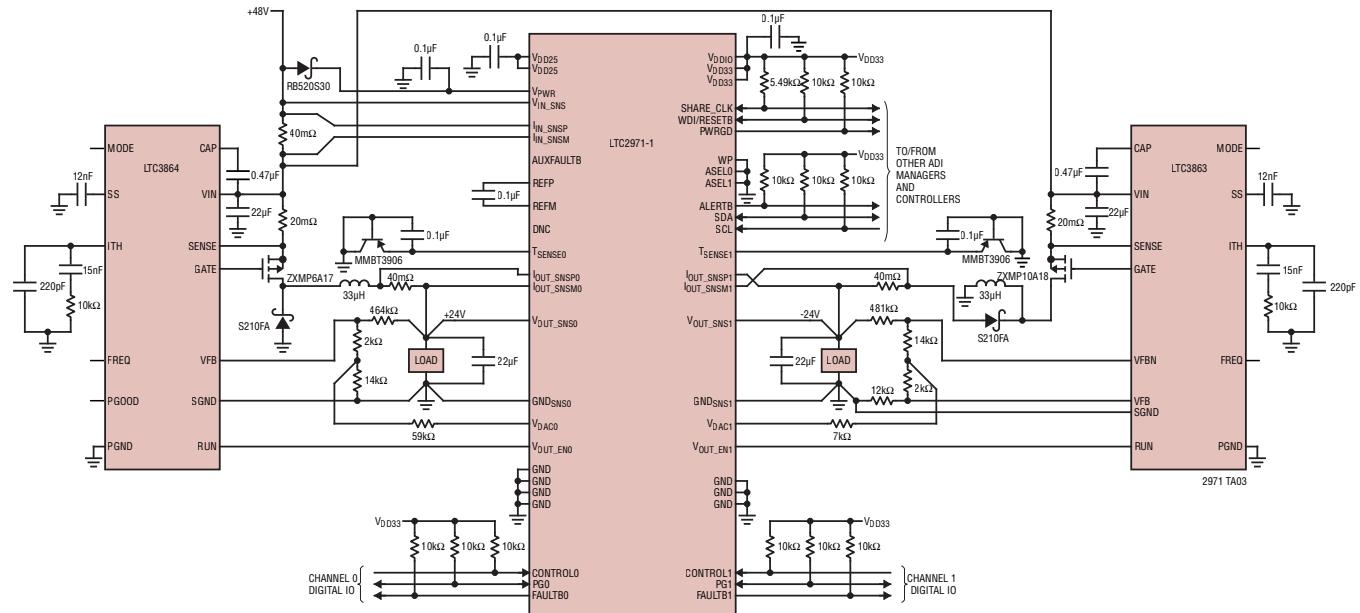
DNC: CLKIN, CLKOUT, VSNSSP2-4, VSNNSN2-4, PG000D24

パッケージ



標準的應用例

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 ² 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 [®] 2987	16チャンネルのμModule [®] 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