

# 正確な出力電圧測定を 特長とする8チャンネルPMBusパワー システム・マネージャ

## 特長

- 8つの電源のシーケンス制御、調整、マージニング、および監視
- フォルトの管理、遠隔測定値のモニタ、およびフォルト・ログの作成
- PMBus 準拠のコマンド・セット
- LTpowerPlay™ GUIでサポート
- 電源のマージニングまたは調整の精度:0.25%
- チャンネルごとの高速OV/UVスーパーバイザ
- 複数のデバイスにまたがるシーケンシングとフォルト管理の連携
- 内蔵のEEPROMへの自動フォルト・ログ機能
- ソフトウェア追加不要の自律動作
- 内部温度スーパーバイザと入力電圧スーパーバイザ
- 8つの出力電圧、入力電圧、内部ダイ温度の正確なモニタ
- I<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・インタフェース
- 3.3Vまたは4.5V～15Vの電源で動作可能
- プログラム可能なウォッチドッグ・タイマ
- 100%ピン互換でLTC2978/LTC2978Aにアップグレード
- 9mm×9mmの64ピンQFNパッケージで供給

## アプリケーション

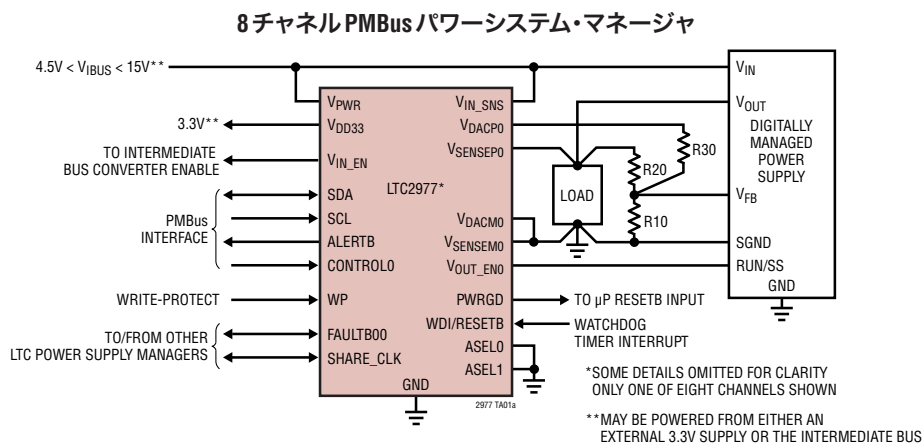
- コンピュータおよびネットワーク・サーバ
- 産業用テスト装置および測定装置
- 高信頼性システム
- 医療用画像処理
- ビデオ

## 概要

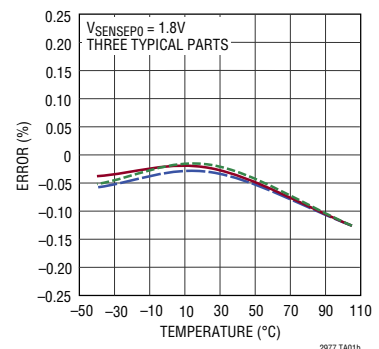
LTC®2977は、8チャンネルのパワーシステム・マネージャで、シーケンス制御、調整(サーボ制御)、監視、フォルトの管理、遠隔測定の実行、およびフォルト・ログの作成を行うために使用します。PMBus コマンドは、電源シーケンシング、高精度のポイントオブロード電圧調整およびマージニングをサポートしています。D/A コンバータは、独自のソフト接続アルゴリズムを使用して、電源の障害を最小限に抑えます。監視機能には、8つの電源出力チャンネルと1つの電源入力チャンネルの過電圧および低電圧制限しきい値、ならびに温度の上限値と下限値が含まれています。プログラム可能なフォルト応答により電源をディスエーブルできますが、フォルトが検出された後に再試行を任意で選択可能です。電源をディスエーブルするフォルトが発生すると、フォルト状態と関連の遠隔測定データをブラック・ボックスEEPROMに保存する機能を自動的に起動できます。内蔵の16ビットA/Dコンバータは、8つの出力電圧、1つの入力電圧、ダイ温度をモニタします。さらに、電流検出抵抗両端の電圧を測定するように奇数チャンネルを設定できます。プログラム可能なウォッチドッグ・タイマは、マイクロプロセッサの動作が膠着状態であるかどうかをモニタし、必要に応じてマイクロプロセッサをリセットします。1線式バスは、リニアテクノロジーの複数のパワーシステム・マネージメント・デバイスにわたって電源を同期します。環境設定EEPROMにより、ソフトウェアを追加せずに自律動作がサポートされます。

LT、LT、LTC、LTM、PolyPhase、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。LTpowerPlayはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7382303、7420359、7940091をはじめとする米国特許によって保護されています。

## 標準的応用例



**A/Dコンバータの標準的な  
全未調整誤差と温度**



2977fa

## 目次

特長.....	1	VOUT_MODE .....	35
アプリケーション .....	1	出力電圧関連のコマンド .....	36
標準的応用例.....	1	VOUT_COMMAND、VOUT_MAX、VOUT_MARGIN_	
概要.....	1	HIGH、VOUT_MARGIN_LOW、VOUT_OV_FAULT_LIMIT、	
絶対最大定格.....	4	VOUT_OV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_WARN_LIMIT、	
発注情報.....	4	VOUT_UV_FAULT_LIMIT、POWER_GOOD_ON	
ピン配置 .....	4	およびPOWER_GOOD_OFF .....	36
電気的特性.....	5	入力電圧関連のコマンド.....	36
PMBusのタイミング図 .....	9	VIN_ON、VIN_OFF、VIN_OV_FAULT_LIMIT、	
標準的性能特性.....	10	VIN_OV_WARN_LIMIT、VIN_UV_WARN_LIMIT、	
ピン機能 .....	13	およびVIN_UV_FAULT_LIMIT .....	36
ブロック図.....	15	温度関連のコマンド.....	37
動作.....	16	OT_FAULT_LIMIT、OT_WARN_LIMIT、	
動作の概要 .....	16	UT_WARN_LIMIT、およびUT_FAULT_LIMIT .....	37
EEPROM .....	17	タイマ・リミット.....	37
リセット .....	17	TON_DELAY、TON_RISE、	
書き込み保護(WP)ピン .....	17	TON_MAX_FAULT_LIMIT、およびTOFF_DELAY .....	37
その他の動作 .....	17	高速スーパーバイザによって測定される	
クロックの共有.....	17	電圧のフォルト応答 .....	38
PMBusシリアル・デジタル・インタフェース.....	18	VOUT_OV_FAULT_RESPONSEと	
PMBus .....	18	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE .....	38
デバイスのアドレス .....	21	ADCによって測定された値に対するフォルト応答 .....	39
コマンドの処理.....	22	OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE、	
<b>PMBusコマンドの概要 .....</b>	<b>23</b>	VIN_OV_FAULT_RESPONSE、	
まとめの表 .....	23	およびVIN_UV_FAULT_RESPONSE.....	39
データ形式 .....	27	タイマ・フォルト応答 .....	40
<b>PMBusコマンドの説明 .....</b>	<b>28</b>	TON_MAX_FAULT_RESPONSE.....	40
アドレス指定および書き込み保護 .....	28	ステータス・コマンド .....	41
PAGE.....	28	STATUS_BYTE: .....	41
WRITE_PROTECT .....	28	STATUS_WORD: .....	41
MFR_PAGE_FF_MASK.....	29	STATUS_VOUT .....	42
MFR_I2C_BASE_ADDRESS .....	29	STATUS_INPUT .....	42
MFR_COMMAND_PLUS、MFR_DATA_PLUS0、		STATUS_TEMPERATURE .....	42
MFR_DATA_PLUS1、MFR_STATUS_PLUS0、		STATUS_CML .....	43
およびMFR_STATUS_PLUS1 .....	30	STATUS_MFR_SPECIFIC .....	43
コマンド・プラスおよびMfr_data_plus0を		ADCモニタ・コマンド.....	44
使用したフォルト・ログの読み出し .....	31	READ_VIN.....	44
Mfr_data_plus0を使用したピーク操作 .....	32	READ_VOUT .....	44
ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル.....	32	READ_TEMPERATURE_1 .....	44
Mfr_data_plus0を使用したポーク操作.....	32	PMBUS_REVISION .....	44
Mfr_data_plus1を使用したコマンド・プラス操作 .....	32	メーカー固有のコマンド.....	45
OPERATION、MODE、およびEEPROMコマンド .....	33	MFR_CONFIG_LTC2977 .....	45
<b>OPERATION .....</b>	<b>33</b>	トラッキング電源のオンとオフ .....	46
<b>ON_OFF_CONFIG .....</b>	<b>34</b>	トラッキングの実装.....	48
CLEAR_FAULTS.....	34	MFR_CONFIG_ALL_LTC2977 .....	49
STORE_USER_ALLとRESTORE_USER_ALL.....	35	MFR_FAULTBz0_PROPAGATE、	
CAPABILITY .....	35	MFR_FAULTBz1_PROPAGATE.....	50

## 目次

MFR_PWRGD_EN .....	51	オン・シーケンス .....	77
MFR_FAULTB00_RESPONSE、MFR_FAULTB01_		オン状態の動作 .....	77
RESPONSE、MFR_FAULTB10_RESPONSE、		サーボ・モード .....	77
およびMFR_FAULTB11_RESPONSE .....	52	DACモード .....	77
MFR_VINEN_OV_FAULT_RESPONSE .....	53	マージニング .....	78
MFR_VINEN_UV_FAULT_RESPONSE .....	54	オフ・シーケンス .....	78
MFR_RETRY_COUNT .....	55	V <sub>OUT</sub> のオフしきい値電圧 .....	78
MFR_RETRY_DELAY .....	55	MFR_RESTART_DELAYコマンドと	
MFR_RESTART_DELAY .....	55	CONTROLnピンによる自動再起動 .....	78
MFR_VOUT_PEAK .....	56	フォルト管理 .....	78
MFR_VIN_PEAK .....	56	出力電圧の過電圧フォルトおよび低電圧フォルト .....	78
MFR_TEMPERATURE_PEAK .....	56	出力電圧の過電圧警告および低電圧警告 .....	79
MFR_DAC .....	57	V <sub>IN_EN</sub> 出力の設定 .....	79
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY .....	57	マルチチャネルのフォルト管理 .....	81
MFR_PADS .....	58	複数のLTC2977間の相互接続 .....	81
MFR_SPECIAL_ID .....	59	アプリケーション回路 .....	82
MFR_SPECIAL_LOT .....	59	外付け帰還抵抗を使用したDC/DCコンバータの	
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD .....	59	トリミングとマージニング .....	82
MFR_COMMON .....	60	外付け帰還抵抗を使用したDC/DCコンバータでの	
USER_DATA_00、USER_DATA_01、USER_DATA_02、		4ステップの抵抗選択手順 .....	83
USER_DATA_03、USER_DATA_04、		TRIMピンを使用したDC/DCコンバータの	
MFR_LTC_RESERVED_1、MFR_LTC_RESERVED_2 .....	60	トリミングとマージニング .....	84
MFR_VOUT_MIN .....	61	TRIMピンを使用したDC/DCコンバータの	
MFR_VIN_MIN .....	61	2ステップでの抵抗値とDACフルスケール電圧の	
MFR_TEMPERATURE_MIN .....	61	選択手順 .....	84
MFR_STATUS_2 .....	62	電流測定 .....	84
MFR_TELEMETRY .....	63	検出抵抗を使用した電流測定 .....	85
ウォッチドッグの動作 .....	64	インダクタのDCRを使用した電流測定 .....	85
MFR_WATCHDOG_T_FIRSTと		単相の設計例 .....	85
MFR_WATCHDOG_T .....	64	マルチフェーズ電流の測定 .....	85
ユーザのEEPROM領域の一括プログラミング .....	65	マルチフェーズの設計例 .....	86
MFR_EE_UNLOCK .....	65	アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項 .....	86
MFR_EE_ERASE .....	66	負電圧の検出 .....	87
MFR_EE_DATA .....	66	USB - I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBus間コントローラDC1613から	
デバイスがビジーな場合の応答 .....	67	システム内のLTC2977への接続 .....	87
MFR_EEの消去および書き込みのプログラム時間 .....	67	設計のチェックリスト .....	89
フォルト・ログの動作 .....	67	LTpowerPlay:パワーシステム・マネージャ用の	
MFR_FAULT_LOG_STORE .....	67	対話式GUI .....	89
MFR_FAULT_LOG_RESTORE .....	67	PCBの組み立てとレイアウトに関する提案 .....	90
MFR_FAULT_LOG_CLEAR .....	68	バイパス・コンデンサの配置 .....	90
MFR_FAULT_LOG_STATUS .....	68	露出パッド・ステンシルの設計 .....	90
MFR_FAULT_LOG .....	69	PC基板レイアウト .....	91
<b>アプリケーション情報 .....</b>	<b>76</b>	未使用のADC検出入力 .....	91
概要 .....	76	<b>パッケージ .....</b>	<b>92</b>
LTC2977への電力供給 .....	76	<b>改訂履歴 .....</b>	<b>93</b>
コマンド・レジスタの値の設定 .....	76	<b>標準的応用例 .....</b>	<b>94</b>
シーケンス、サーボ、マージン、再起動動作 .....	76	<b>関連製品 .....</b>	<b>94</b>
コマンドによるデバイスのオンまたはオフ .....	76		

# LTC2977

## 絶対最大定格 (Note 1, 2)

電源電圧:

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

デジタル入力電圧/出力電圧:

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

アナログ電圧:

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

動作接合部温度範囲:

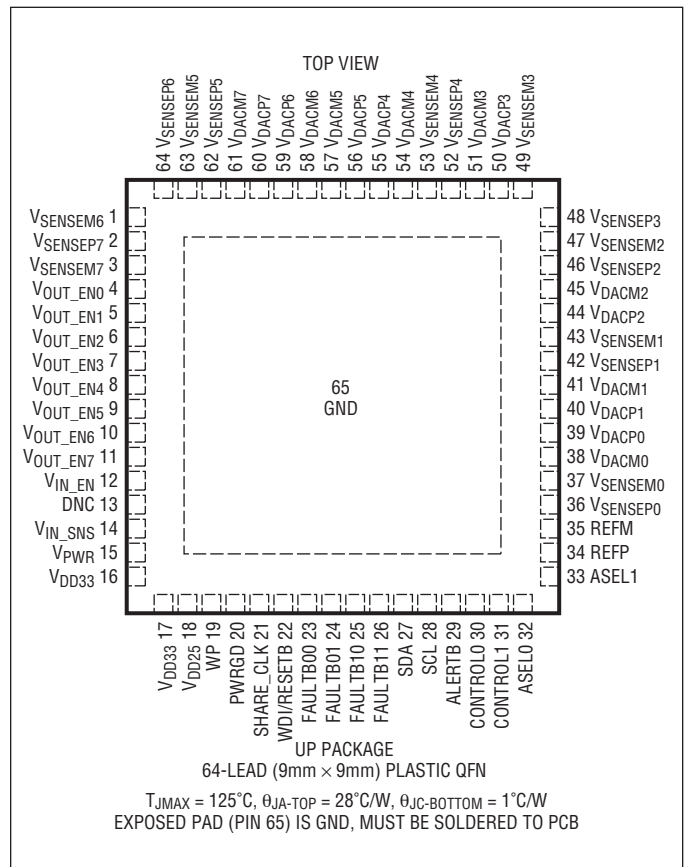
LTC2977C	0°C ~ 70°C
LTC2977I	-40°C ~ 105°C*

保存温度範囲..... -65°C ~ 150°C

最大接合部温度..... 125°C

\* 105°Cを超える温度でのEEPROMの接合部温度に対する詳細なディレーティングについては「動作」のセクションを参照してください。

## ピン配置



## 発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	接合部温度範囲
LTC2977CUP#PBF	LTC2977CUP#TRPBF	LTC2977UP	64-Lead (9mm×9mm) Plastic QFN	0°C to 70°C
LTC2977IUP#PBF	LTC2977IUP#TRPBF	LTC2977UP	64-Lead (9mm×9mm) Plastic QFN	-40°C to 105°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

\* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/>をご覧ください。

テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/>をご覧ください。

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>電源特性</b>							
$V_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Input Operating Range		●	4.5	15	V	
$I_{PWR}$	$V_{PWR}$ Supply Current	$4.5\text{V} \leq V_{PWR} \leq 15\text{V}$ , $V_{DD33}$ Floating	●	10	13	mA	
$I_{VDD33}$	$V_{DD33}$ Supply Current	$3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$	●	10	13	mA	
$V_{UVLO\_VDD33}$	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout	$V_{DD33}$ Ramping Up, $V_{PWR} = V_{DD33}$	●	2.35	2.55	2.8	V
	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout Hysteresis			120		mV	
$V_{DD33}$	Supply Input Operating Range	$V_{PWR} = V_{DD33}$	●	3.13	3.47	V	
	Regulator Output Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{PWR} \leq 15\text{V}$	●	3.13	3.26	3.47	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{PWR} = 4.5\text{V}$ , $V_{DD33} = 0\text{V}$	●	75	90	140	mA
$V_{DD25}$	Regulator Output Voltage	$3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$	●	2.35	2.5	2.6	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{PWR} = V_{DD33} = 3.47\text{V}$ , $V_{DD25} = 0\text{V}$	●	30	55	80	mA
$t_{INIT}$	Initialization Time	Time from $V_{IN}$ Applied Until the $TON\_DELAY$ Timer Starts		30		ms	
<b>電圧リファレンス特性</b>							
$V_{REF}$	Output Voltage	$V_{REF} = V_{REFP} - V_{REFM}$ , $0 < I_{REFP} < 100\mu\text{A}$		1.232		V	
	Temperature Coefficient			3		ppm/ $^\circ\text{C}$	
	Hysteresis	(Note 3)		100		ppm	
<b>ADC (A/D コンバータ) の特性</b>							
$V_{IN\_ADC}$	Voltage Sense Input Range	Differential Voltage: $V_{IN\_ADC} = (V_{SENSEPN} - V_{SENSEMN})$	●	0	6	V	
		Single-Ended Voltage: $V_{SENSEMN}$	●	-0.1	0.1	V	
	Current Sense Input Range (Odd Numbered Channels Only)	Single-Ended Voltage: $V_{SENSEPN}$ , $V_{SENSEMN}$	●	-0.1	6	V	
		Differential Voltage: $V_{IN\_ADC}$	●	-170	170	mV	
$N\_ADC$	Voltage Sense Resolution Uses L16 Format	$0\text{V} \leq V_{IN\_ADC} \leq 6\text{V}$		122		$\mu\text{V}/\text{LSB}$	
	Current Sense Resolution (Odd Numbered Channels Only)	$0\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 16\text{mV}$ (Note 11) $16\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 32\text{mV}$ $32\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 63.9\text{mV}$ $63.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC}  < 127.9\text{mV}$ $127.9\text{mV} \leq  V_{IN\_ADC} $		15.625 31.25 62.5 125 250		$\mu\text{V}/\text{LSB}$ $\mu\text{V}/\text{LSB}$ $\mu\text{V}/\text{LSB}$ $\mu\text{V}/\text{LSB}$ $\mu\text{V}/\text{LSB}$	
$TUE\_ADC\_VOLT\_SNS$	Total Unadjusted Error	Voltage Sense Mode $V_{IN\_ADC} \geq 1\text{V}$	●		$\pm 0.25$	% of Reading	
		Voltage Sense Mode $0 \leq V_{IN\_ADC} \leq 1\text{V}$	●		$\pm 2.5$	mV	
$TUE\_ADC\_CURR\_SNS$	Total Unadjusted Error	Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only, $20\text{mV} \leq V_{IN\_ADC} \leq 170\text{mV}$	●		$\pm 0.7$	% of Reading	
		Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only, $V_{IN\_ADC} \leq 20\text{mV}$	●		140	$\mu\text{V}$	
$V_{OS\_ADC}$	Offset Error	Current Sense Mode, Odd Numbered Channels Only	●		$\pm 35$	$\mu\text{V}$	
$t_{CONV\_ADC}$	Conversion Time	Voltage Sense Mode (Note 4)		6.15		ms	
		Current Sense Mode (Note 4)		24.6		ms	
		Temperature Input (Note 4)		24.6		ms	
$t_{UPDATE\_ADC}$	Maximum Update Time	Odd Numbered Channels in Current Sense Mode (Note 4)		160		ms	

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{IN\_ADC}$	Input Sampling Capacitance			1		pF
$f_{IN\_ADC}$	Input Sampling Frequency			62.5		kHz
$I_{IN\_ADC}$	Input Leakage Current	$V_{IN\_ADC} = 0\text{V}$ , $0\text{V} \leq V_{COMMONMODE} \leq 6\text{V}$ , Current Sense Mode	●		$\pm 0.5$	$\mu\text{A}$
	Differential Input Current	$V_{IN\_ADC} = 0.17\text{V}$ , Current Sense Mode	●	80	250	nA
		$V_{IN\_ADC} = 6\text{V}$ , Voltage Sense Mode	●	10	15	$\mu\text{A}$

## DACの出力特性

$N_{VDACP}$	Resolution			10		Bits	
$V_{FS\_VDACP}$	Full-Scale Output Voltage (Programmable)	DAC Code = 0x3FF	●	1.32	1.38	1.44	V
		DAC Polarity = 1	●	2.53	2.65	2.77	V
$INL\_VDACP$	Integral Nonlinearity	(Note 5)	●		$\pm 2$	LSB	
$DNL\_VDACP$	Differential Nonlinearity	(Note 5)	●		$\pm 2.4$	LSB	
$V_{OS\_VDACP}$	Offset Voltage	(Note 5)	●		$\pm 10$	mV	
$V_{DACP}$	Load Regulation ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ )	$V_{DACPn} = 2.65\text{V}$ , $I_{VDACPn}$ Sourcing = 2mA		100		ppm/mA	
		$V_{DACPn} = 0.1\text{V}$ , $I_{VDACPn}$ Sinking = 2mA		100		ppm/mA	
	PSRR ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ )	DC: $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{PWR} = V_{DD33}$		60		dB	
		100mV Step in 20ns with 50pF Load		40		dB	
	DC CMRR ( $V_{DACPn} - V_{DACMn}$ )	$-0.1\text{V} \leq V_{DACMn} \leq 0.1\text{V}$		60		dB	
	Leakage Current	$V_{DACPn}$ Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{DACPn} \leq 6\text{V}$	●		$\pm 100$	nA	
	Short-Circuit Current Low	$V_{DACPn}$ Shorted to GND	●	-10		-4	mA
	Short-Circuit Current High	$V_{DACPn}$ Shorted to $V_{DD33}$	●	4		10	mA
$C_{OUT}$	Output Capacitance	$V_{DACPn}$ Hi-Z		10		pF	
$t_{S\_VDACP}$	DAC Output Update Rate	Fast Servo Mode		250		$\mu\text{s}$	

## 電圧スーパーバイザ特性

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

## $V_{IN\_SNS}$ 入力特性

$V_{VIN\_SNS}$	$V_{IN\_SNS}$ Input Voltage Range		●	0	15	V	
$R_{VIN\_SNS}$	$V_{IN\_SNS}$ Input Resistance		●	70	90	110	k $\Omega$
$TUE_{VIN\_SNS}$	VIN_ON, VIN_OFF Threshold Total Unadjusted Error	$3\text{V} \leq V_{VIN\_SNS} \leq 8\text{V}$	●		$\pm 2.0$	%	
		$V_{VIN\_SNS} > 8\text{V}$	●		$\pm 1.0$	%	
	READ_VIN Total Unadjusted Error	$3\text{V} \leq V_{VIN\_SNS} \leq 8\text{V}$	●		$\pm 1.5$	%	
		$V_{VIN\_SNS} > 8\text{V}$	●		$\pm 1.0$	%	



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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DACソフト接続コンパレータ特性</b>							
V <sub>OS_CMP</sub>	Offset Voltage	V <sub>DACP<sub>n</sub></sub> = 0.2V	●		±1	±18	mV
		V <sub>DACP<sub>n</sub></sub> = 1.3V	●		±2	±26	mV
		V <sub>DACP<sub>n</sub></sub> = 2.65V	●		±3	±52	mV
<b>温度センサ特性</b>							
TUE_TS	Total Unadjusted Error				±1		°C
<b>V<sub>OUT</sub> イネーブル出力 (V<sub>OUT_EN</sub> [3:0]) 特性</b>							
V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub>	Output High Voltage (Note 10)	I <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> = -5μA, V <sub>DD33</sub> = 3.3V	●	10	12.5	14.7	V
I <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub>	Output Sourcing Current	V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> Pull-Up Enabled, V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> = 1V	●	-5	-6	-8	μA
		Strong Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> = 0.4V	●	3	5	8	mA
	Output Sinking Current	Weak Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> = 0.4V	●	33	50	60	μA
	Output Leakage Current	Internal Pull-Up Disabled, 0V ≤ V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> ≤ 15V	●			±1	μA
<b>V<sub>OUT</sub> イネーブル出力 (V<sub>OUT_EN</sub> [7:4]) 特性</b>							
I <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub>	Output Sinking Current	Strong Pull-Down Enabled, V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> = 0.1V	●	3	6	9	mA
	Output Leakage Current	0V ≤ V <sub>VOUT_EN<sub>n</sub></sub> ≤ 6V	●			±1	μA
<b>V<sub>IN</sub> イネーブル出力 (V<sub>IN_EN</sub>) 特性</b>							
V <sub>VIN_EN</sub>	Output High Voltage	I <sub>VIN_EN</sub> = -5μA, V <sub>DD33</sub> = 3.3V	●	10	12.5	14.7	V
I <sub>VIN_EN</sub>	Output Sourcing Current	V <sub>VIN_EN</sub> Pull-Up Enabled, V <sub>VIN_EN</sub> = 1V	●	-5	-6	-8	μA
		Output Sinking Current	V <sub>VIN_EN</sub> = 0.4V	●	3	5	8
	Leakage Current	Internal Pull-Up Disabled, 0V ≤ V <sub>VIN_EN</sub> ≤ 15V	●			±1	μA
<b>EEPROM 特性</b>							
Endurance	(Notes 6, 9)	0°C < T <sub>J</sub> < 85°C During EEPROM Write Operations	●	10,000			Cycles
Retention	(Notes 6, 9)	T <sub>J</sub> < 105°C	●	20			Years
t <sub>MASS_WRITE</sub>	Mass Write Operation Time (Note 7)	STORE_USER_ALL, 0°C < T <sub>J</sub> < 85°C During EEPROM Write Operations	●		440	4100	ms
<b>デジタル入力 SCL、SDA、CONTROL0、CONTROL1、WDI/RESETB、FAULTB00、FAULTB01、FAULTB10、FAULTB11、WP</b>							
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage		●	2.1			V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage		●			1.5	V
V <sub>HYST</sub>	Input Hysteresis				20		mV
I <sub>LEAK</sub>	Input Leakage Current	0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ 5.5V, SDA, SCL, CONTROL <sub>n</sub> Pins Only	●			±2	μA
		0V ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD33</sub> + 0.3V, FAULTB <sub>zn</sub> , WDI/RESETB, WP Pins Only	●			±2	μA
t <sub>SP</sub>	Pulse Width of Spike Suppressed	FAULTB <sub>zn</sub> , CONTROL <sub>n</sub> Pins Only			10		μs
		SDA, SCL Pins Only			98		ns
t <sub>FAULT_MIN</sub>	Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults			110			ms
t <sub>RESETB</sub>	Pulse Width to Assert Reset	V <sub>WDI/RESETB</sub> ≤ 1.5V	●	300			μs
t <sub>WDI</sub>	Pulse Width to Reset Watchdog Timer	V <sub>WDI/RESETB</sub> ≤ 1.5V	●	0.3		200	μs

2977fa

# LTC2977

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
fWDI	Watchdog Interrupt Input Frequency				1	MHz
C <sub>IN</sub>	Digital Input Capacitance			10		pF

## デジタル入力 SHARE\_CLK

V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage		●	1.6		V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage		●		0.8	V
f <sub>SHARE_CLK_IN</sub>	Input Frequency Operating Range		●	90	110	kHz
t <sub>LOW</sub>	Assertion Low Time	V <sub>SHARE_CLK</sub> < 0.8V	●	0.825	1.1	μs
t <sub>RISE</sub>	Rise Time	V <sub>SHARE_CLK</sub> < 0.8V to V <sub>SHARE_CLK</sub> > 1.6V	●		450	ns
I <sub>LEAK</sub>	Input Leakage Current	0V ≤ V <sub>SHARE_CLK</sub> ≤ V <sub>DD33</sub> + 0.3V	●		±1	μA
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance			10		pF

## デジタル出力 SDA、ALERTB、PWRGD、SHARE\_CLK、FAULTB00、FAULTB01、FAULTB10、FAULTB11

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

## デジタル入力 ASELO、ASEL1

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

## シリアル・バスのタイミング特性

f <sub>SCL</sub>	Serial Clock Frequency (Note 8)		●	10	400	kHz	
t <sub>LOW</sub>	Serial Clock Low Period (Note 8)		●	1.3		μs	
t <sub>HIGH</sub>	Serial Clock High Period (Note 8)		●	0.6		μs	
t <sub>BUF</sub>	Bus Free Time Between Stop and Start (Note 8)		●	1.3		μs	
t <sub>HD,STA</sub>	Start Condition Hold Time (Note 8)		●	600		ns	
t <sub>SU,STA</sub>	Start Condition Setup Time (Note 8)		●	600		ns	
t <sub>SU,STO</sub>	Stop Condition Setup Time (Note 8)		●	600		ns	
t <sub>HD,DAT</sub>	Data Hold Time (LTC2977 Receiving Data) (Note 8)		●	0		ns	
	Data Hold Time (LTC2977 Transmitting Data) (Note 8)		●	300	900	ns	
t <sub>SU,DAT</sub>	Data Setup Time (Note 8)		●	100		ns	
t <sub>SP</sub>	Pulse Width of Spike Suppressed (Note 8)				98	ns	
t <sub>TIMEOUT_BUS</sub>	Time Allowed to Complete any PMBus Command After Which Time SDA Will Be Released and Command Terminated	Longer Timeout = 0	●		25	35	ms
		Longer Timeout = 1	●		200	280	ms

## その他のデジタル・タイミング特性

t <sub>OFF_MIN</sub>	Minimum Off Time for Any Channel				100	ms
----------------------	----------------------------------	--	--	--	-----	----



## 電気的特性

**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。長期にわたって絶対最大定格に曝すと、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すべて正。デバイスのピンから流れ出す電流はすべて負。注記がない限り、すべての電圧はグラウンドを基準にしている。V<sub>DD33</sub> ピンのみから電力供給される場合は、V<sub>PWR</sub>とV<sub>DD33</sub>ピンを接続する。

**Note 3:** 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いか低いかによってパッケージ内部の応力が異なるために生じる。出力電圧は常に25°Cで測定されるが、デバイスは次の測定前に105°Cまたは-40°Cの温度環境に置かれる。ヒステリシスは、温度変化の二乗にほぼ比例する。

**Note 4:** 任意のチャンネルでのA/D変換の各回間の時間(A/Dコンバータの待ち時間)は、次のようにして求められる。36.9ms + (6.15ms • 低分解能モードで構成されたA/Dコンバータ・チャンネルの数) + (24.6ms • 高分解能モードで構成されたA/Dコンバータ・チャンネルの数)

**Note 5:** 非直線性は、最大オフセット仕様以上の最初のコードからフルスケールのコードである1023までで定義される。

**Note 6:** EEPROMの書き換え耐性および保持時間は、設計、特性評価および統計的プロセス制御との相関で保証されている。保持時間の最小規格値は、EEPROMの書き換え回数が書き換え耐性規格の最小値より少ないデバイスに適用される。

**Note 7:** 一括書き込み操作の実行中、LTC2977はMFR\_COMMON以外のPMBusコマンドにアクノリッジを返さない。これにはSTORE\_USER\_ALLコマンドやMFR\_FAULT\_LOG\_STOREコマンド、またはフォルトによってオフするチャンネルによって開始されるフォルト・ログの保管が含まれる。

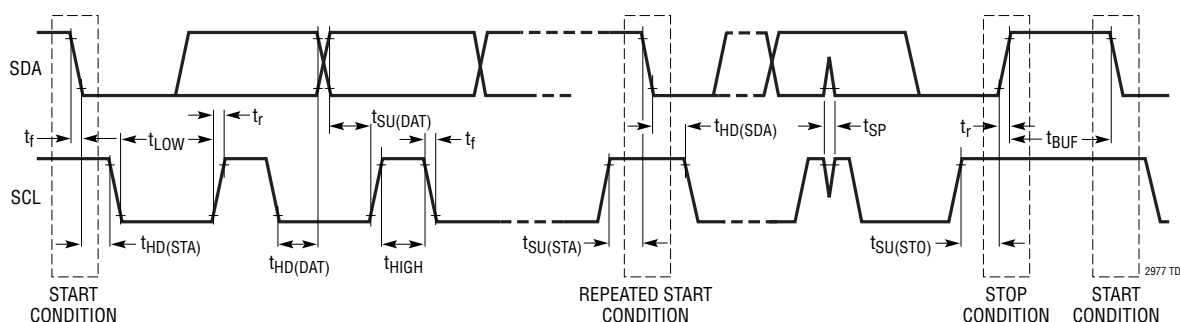
**Note 8:** SCLとSDAの最大容量性負荷、C<sub>B</sub>は400pF。データとクロックの立ち上がり時間(t<sub>r</sub>)と立ち下がり時間(t<sub>f</sub>)は次のとおり： $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns) < t<sub>r</sub> < 300nsおよび $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns) < t<sub>f</sub> < 300ns。C<sub>B</sub> = 1本のバスラインの容量(pF)。SCLとSDAの外部プルアップ電圧、V<sub>I0</sub>は3.13V < V<sub>I0</sub> < 5.5V。

**Note 9:** EEPROMの書き換え耐性および保持時間はT<sub>J</sub> > 105°Cでは低下する。

**Note 10:** 出力イネーブル・ピンにはV<sub>DD33</sub>ピンから電荷が注入される。

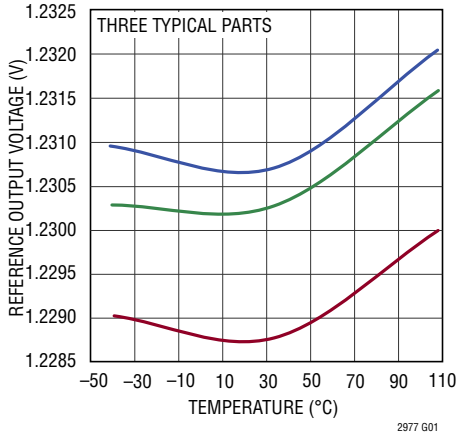
**Note 11:** 電流の検出分解能はL11フォーマットと返される値のmV単位で決定される。たとえば、フルスケールの値である170mVの返すL11値は0xF2A8 = 680 • 2<sup>-2</sup> = 170。これがL11の仮数部をオーバーフローすることなくこの値を表現できる最小の範囲で、この範囲での1LSBの分解能は2<sup>-2</sup>mV = 250μVとなる。これより順次低くなる範囲は、LSBの大きさを1段階ごとに半分にして分解能を向上する。

## PMBusのタイミング図

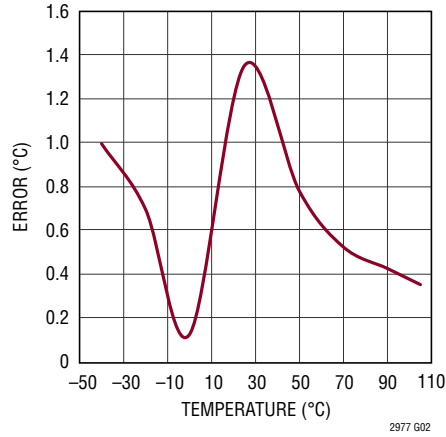


## 標準的性能特性

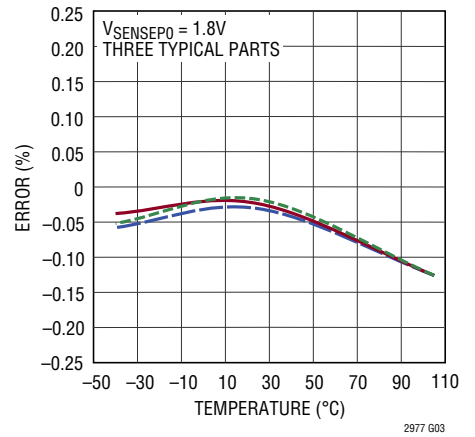
リファレンス電圧と温度



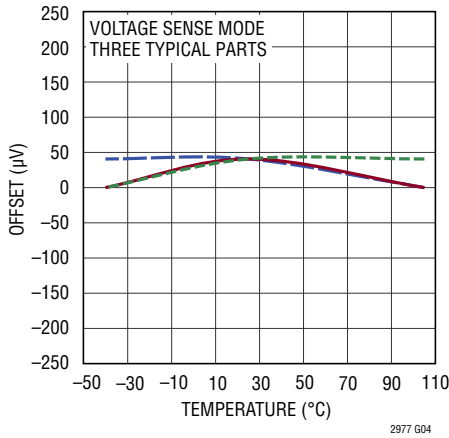
温度センサの誤差と温度



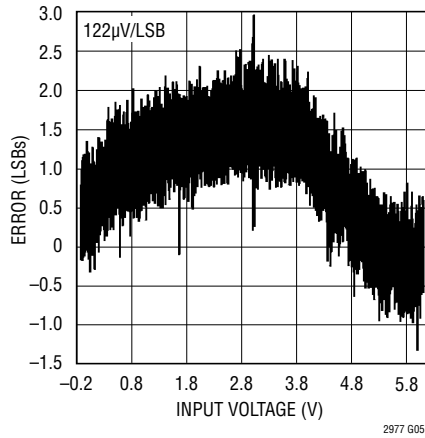
ADCの全未調整誤差と温度



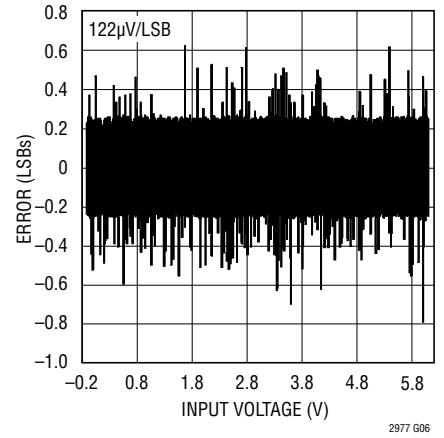
ADCのゼロ・コード中心オフセット電圧と温度



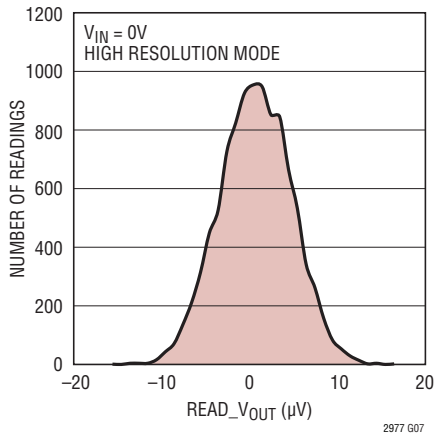
ADCの積分非直線性



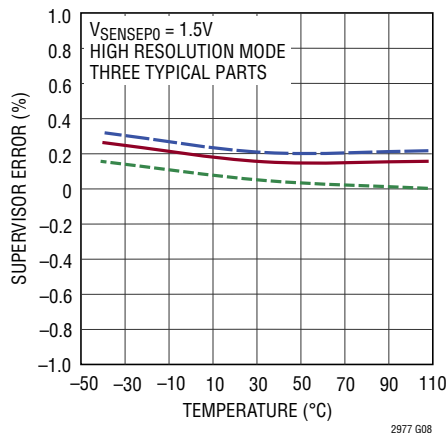
ADCの微分非直線性



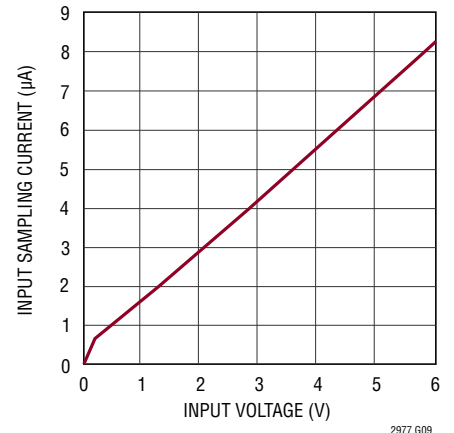
ADCのノイズのヒストグラム



電圧スーパーバイザの全未調整誤差と温度

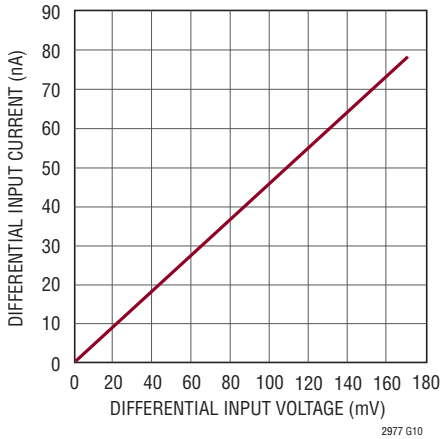


入力サンプリング電流と差動入力電圧

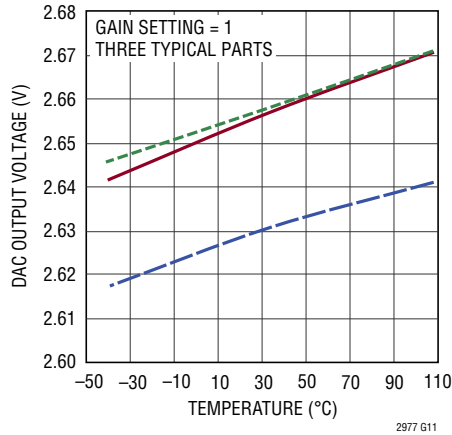


標準的性能特性

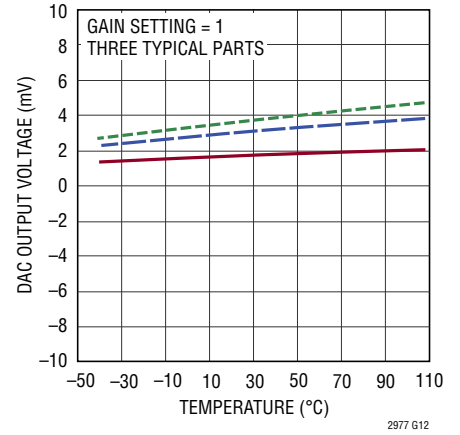
ADCの高分解能モードでの  
差動入力電流



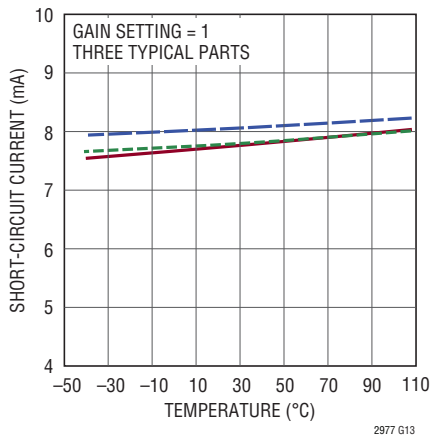
DACのフルスケール出力電圧と  
温度



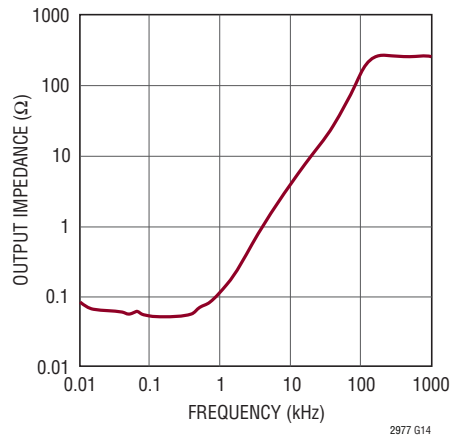
DACのオフセット電圧と温度



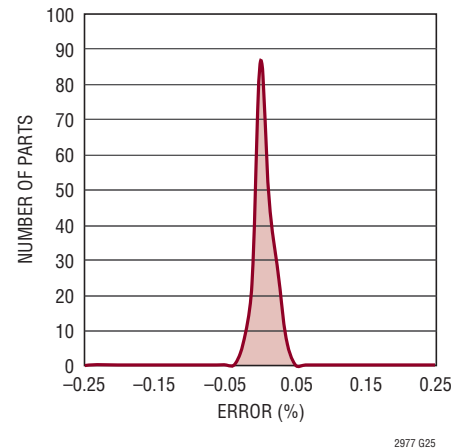
DACの短絡電流と温度



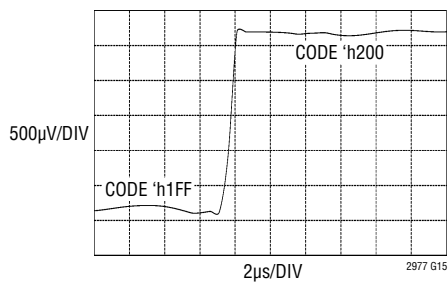
DACの出カインピーダンスと  
周波数



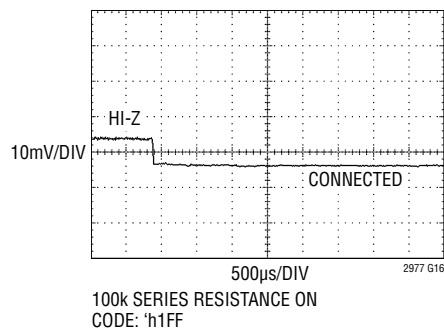
閉ループ・サーボ制御の精度



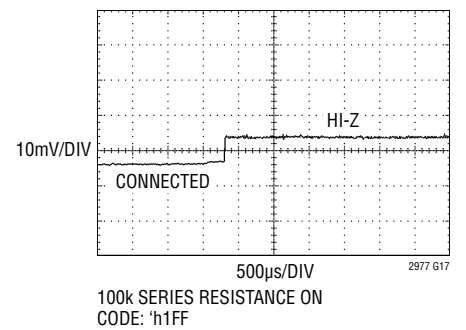
DACの1LSBのコード変化に対する  
DACのトランジェント応答



高インピーダンス状態から  
オン状態に遷移するときのDACの  
ソフト接続トランジェント応答

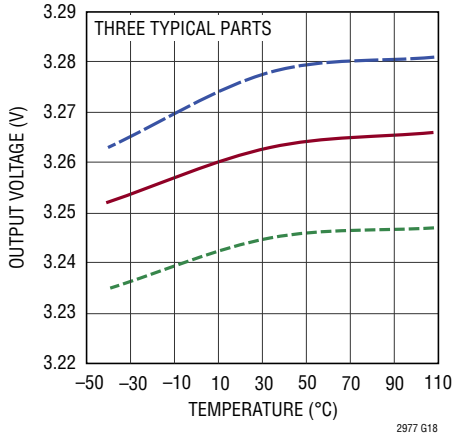


オン状態から高インピーダンス  
状態に遷移するときのDACの  
ソフト接続トランジェント応答

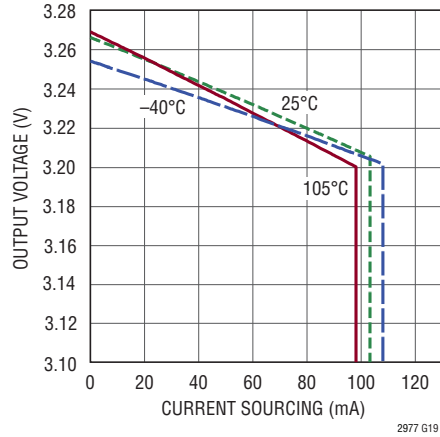


## 標準的性能特性

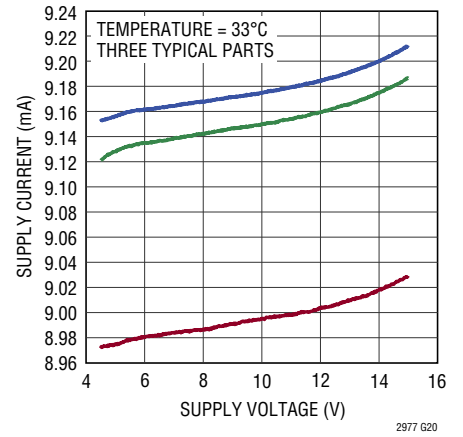
V<sub>DD33</sub> レギュレータの  
出力電圧と温度



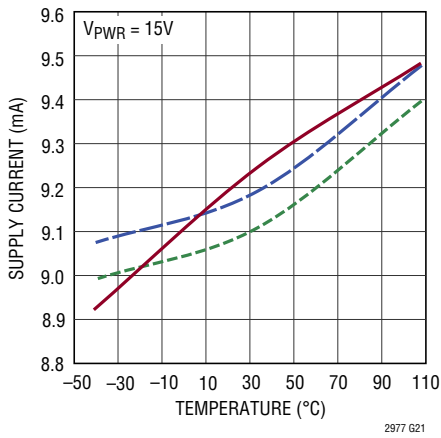
V<sub>DD33</sub> レギュレータの  
負荷レギュレーション



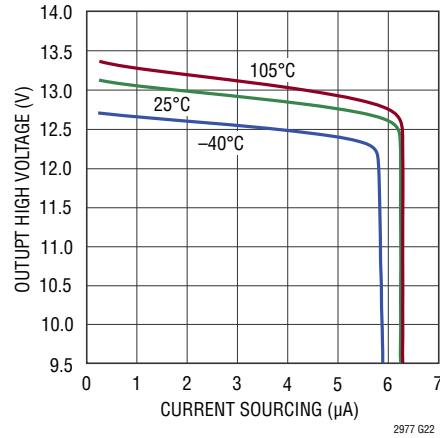
電源電流と電源電圧



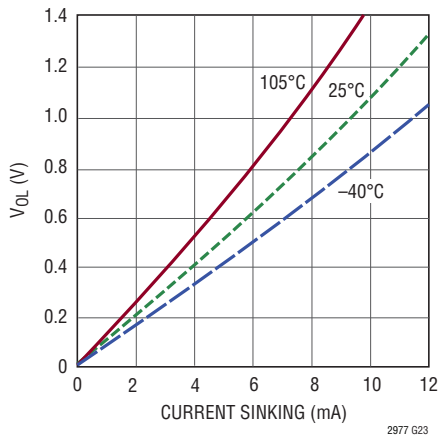
電源電流と温度



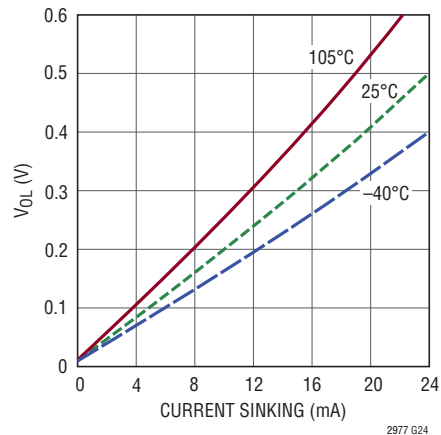
V<sub>OUT\_EN[3:0]</sub> および V<sub>IN\_EN</sub> の  
出力“H”の電圧と電流



V<sub>OUT\_EN[3:0]</sub> および V<sub>IN\_EN</sub> の  
出力V<sub>OL</sub>と電流



V<sub>OUT\_EN[7:4]</sub> のV<sub>OL</sub>と電流



## ピン機能

ピン名称	ピン番号	ピンの種類	説明
V <sub>SENSE</sub> M6	1*	In	DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-6 Sensing Pin
V <sub>SENSE</sub> P7	2*	In	DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage or Current-7 Sensing Pin
V <sub>SENSE</sub> M7	3*	In	DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage or Current-7 Sensing Pin
V <sub>OUT_EN</sub> 0	4	Out	DC/DC Converter Enable-0 Pin.Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A
V <sub>OUT_EN</sub> 1	5	Out	DC/DC Converter Enable-1 Pin.Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A
V <sub>OUT_EN</sub> 2	6	Out	DC/DC Converter Enable-2 Pin.Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A
V <sub>OUT_EN</sub> 3	7	Out	DC/DC Converter Enable-3 Pin.Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A
V <sub>OUT_EN</sub> 4	8	Out	DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-4
V <sub>OUT_EN</sub> 5	9	Out	DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-5
V <sub>OUT_EN</sub> 6	10	Out	DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-6
V <sub>OUT_EN</sub> 7	11	Out	DC/DC Converter Open-Drain Pull-Down Output-7
V <sub>IN_EN</sub>	12	Out	DC/DC Converter V <sub>IN</sub> ENABLE Pin.Output High Voltage Optionally Pulled Up to 12V by 5 $\mu$ A
DNC	13	Do Not Connect	Do Not Connect to This Pin
V <sub>IN_SNS</sub>	14	In	V <sub>IN</sub> SENSE Input.This Voltage is Compared Against the V <sub>IN</sub> On and Off Voltage Thresholds in Order to Determine When to Enable and Disable, Respectively, the Downstream DC/DC Converters.
V <sub>PWR</sub>	15	In	V <sub>PWR</sub> Serves as the Unregulated Power Supply Input to the Chip (4.5V to 15V).If a 4.5V to 15V Supply Voltage is Unavailable, Short V <sub>PWR</sub> to V <sub>DD33</sub> and Power the Chip Directly from a 3.3V Supply.Bypass to GND with 0.1 $\mu$ F Capacitor.
V <sub>DD33</sub>	16	In/Out	If Shorted to V <sub>PWR</sub> , it Serves as 3.13V to 3.47V Supply Input Pin.Otherwise, it is a 3.3V Internally Regulated Voltage Output (Use 0.1 $\mu$ F Decoupling Capacitor to GND).
V <sub>DD33</sub>	17	In	Input for Internal 2.5V Sub-Regulator.Short This Pin to Pin 16.
V <sub>DD25</sub>	18	In/Out	2.5V Internally Regulated Voltage Output.Bypass to GND with a 0.1 $\mu$ F Capacitor.
WP	19	In	Digital Input.Write-Protect Input Pin, Active High.
PWRGD	20	Out	Power Good Open-Drain Output.Indicates When Outputs are Power Good.Can be Used as System Power-On Reset.
SHARE_CLK	21	In/Out	Bidirectional Clock Sharing Pin.Connect a 5.49k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .
WDI/RESETB	22	In	Watchdog Timer Interrupt and Chip Reset Input.Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .Rising Edge Resets Watchdog Counter.Holding This Pin Low for More Than t <sub>RESETB</sub> Resets the Chip.
FAULTB00	23	In/Out	Open-Drain Output and Digital Input.Active Low Bidirectional Fault Indicator-00.Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .
FAULTB01	24	In/Out	Open-Drain Output and Digital Input.Active Low Bidirectional Fault Indicator-01.Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .
FAULTB10	25	In/Out	Open-Drain Output and Digital Input.Active Low Bidirectional Fault Indicator-10.Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .
FAULTB11	26	In/Out	Open-Drain Output and Digital Input.Active Low Bidirectional Fault Indicator-11.Connect a 10k Pull-Up Resistor to V <sub>DD33</sub> .
SDA	27	In/Out	PMBus Bidirectional Serial Data Pin
SCL	28	In	PMBus Serial Clock Input Pin (400kHz Maximum)
ALERTB	29	Out	Open-Drain Output.Generates an Interrupt Request in a Fault/Warning Situation.
CONTROL0	30	In	Control Pin 0 Input
CONTROL1	31	In	Control Pin 1 Input
ASEL0	32	In	Ternary Address Select Pin 0 Input.Connect to V <sub>DD33</sub> , GND or Float to Encode 1 of 3 Logic States.
ASEL1	33	In	Ternary Address Select Pin 1 Input.Connect to V <sub>DD33</sub> , GND or Float to Encode 1 of 3 Logic States.
REFP	34	Out	Reference Voltage Output.Needs 0.1 $\mu$ F Decoupling Capacitor to REFM.
REFM	35	Out	Reference Return Pin.Needs 0.1 $\mu$ F Decoupling Capacitor to REFP.
V <sub>SENSE</sub> P0	36*	In	DC/DC Converter Differential (+) Output Voltage-0 Sensing Pin
V <sub>SENSE</sub> M0	37*	In	DC/DC Converter Differential (-) Output Voltage-0 Sensing Pin
V <sub>DACM</sub> 0	38	Out	DAC0 Return.Connect to Channel 0 DC/DC Converter's GND Sense or Return to GND.
V <sub>DACP</sub> 0	39	Out	DAC0 Output
V <sub>DACP</sub> 1	40	Out	DAC1 Output

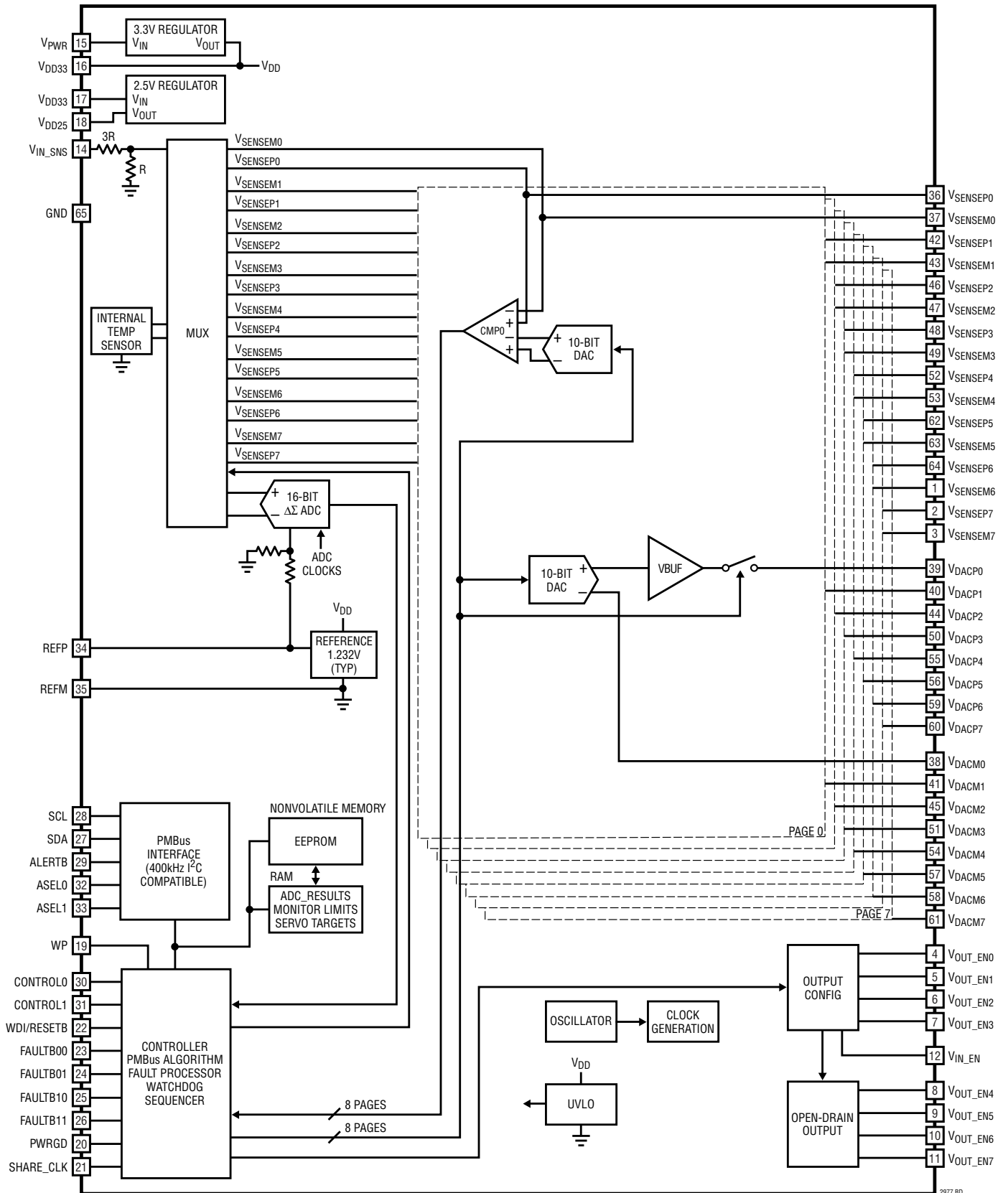
## ピン機能

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

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



ブロック図



2977 BD 2977fa

## 動作

## 動作の概要

LTC2977は、PMBus準拠のプログラム可能なパワーシステム・コントローラ、モニタ、シーケンサ、および電圧スーパーバイザであり、以下の動作を行うことができます。

- PMBus 互換のプログラミング・コマンドを受け取る。
- DC/DCコンバータの入力電圧および出力電圧/電流を PMBus インタフェースを介して測定する。
- 調整ピンで出力電圧を設定するDC/DCコンバータや、外部抵抗での帰還回路網を使用して出力電圧を設定するDC/DCコンバータの出力を制御する。
- PMBus のプログラミング入力ピンと制御入力ピンを介してDC/DCコンバータの起動シーケンスを制御する。時間ベースのシーケンス制御とトラッキングのシーケンス制御が両方ともサポートされている。
- 閉ループのサーボ動作モードでは、DC/DCコンバータの出力電圧をPMBusのプログラミングにより(通常0.02%刻みで)トリミングする。
- DC/DCコンバータの出力電圧をPMBusでプログラムされた制限値にマージニングする。
- マージンDACに直接アクセスすることにより、マニュアル動作モードではDC/DCコンバータの出力電圧のトリミングやマージニングを行うことができる。
- DC/DCコンバータの出力電圧、入力電圧、LTC2977のダイ温度がPMBusでプログラムされた制限値に比べて過大か過小かを監視して、該当するフォルトや警告を生成する。
- 動作を無期限に継続、プログラム可能なデグリッチ時間の経過後にラッチオフ、直ちにラッチオフ、TOFF\_DELAY後にシーケンス制御を解除のいずれかによってフォルト状態に応答する。再試行モードを使用して、ラッチオフ状態から自動的に回復することができる。イネーブルされている場合は、再試行の数(0から6または無限大)はすべてのページについて同じで、MFR\_RETRY\_COUNTでプログラムされる。
- オプションで、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、トリミングを停止する。目標値がV<sub>OUT</sub>の警告制限値から外れた場合、必要に応じてサーボ制御を再開できる。
- PMBusのプログラミングにより、コマンド・レジスタの内容をCRC付きでEEPROMに格納する。
- PMBusでプログラミングするか、起動時にV<sub>DD33</sub>が印加されたときにEEPROMの内容を復元する。
- PMBusインタフェースおよびパワーグッド出力によってDC/DCコンバータの出力電圧の状態を通知する。
- サポートされているPMBusフォルトと警告に応答してALERTBピンをアサートすることにより、割り込み要求を生成する。
- FAULTBz0ピンとFAULTBz1ピンに接続されているすべてのDC/DCコンバータに対してシステム全体にわたるフォルト応答を調整する。
- SHARE\_CLKピンを使用して複数のデバイスのシーケンス遅延やシャットダウンを同期させる。
- ソフトウェアおよびハードウェアによるコマンド・レジスタへの書き込みを禁止する。
- 出力電圧のOVフォルトおよびUVフォルトに応答して、監視対象DC/DCコンバータの入力電圧をディスエーブルする。
- フォルトによるオフ状態に応答して、遠隔測定データおよびステータス・データをEEPROMに記録する。
- プログラム可能なウォッチドッグ・タイマを使用して外部マイクロコントローラの動作が膠着状態かどうかを監視し、必要に応じてマイクロコントローラをリセットする。
- 電源のオン/オフ・サイクル後、プログラム可能な時間(MFR\_RESTART\_DELAY)が経過し、出力がプログラム可能なしきい値電圧(MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD)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する。
- 入力電圧、出力電圧、および温度の測定最小値と測定最大値を記録する。
- RAM領域(MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATA)を変更することなく、ユーザのEEPROMデータに直接アクセスする。社内での一括プログラミングを容易にする。

## 動作

### EEPROM

LTC2977は、構成設定とフォルト・ログの情報を格納するEEPROM（不揮発性メモリ）を内蔵しています。EEPROMの持続時間、保持時間、一括書き込み動作時間は全動作接合部温度範囲で規定されています。「電気的特性」と「絶対最大定格」のセクションを参照してください。

$T_J = 105^\circ\text{C}$ より高い温度での非破壊動作は可能ですが、電気的特性は保証されておらず、EEPROMの特性は低下します。

$105^\circ\text{C}$ より高い温度でEEPROMを動作させると、保持特性の低下が生じる可能性があります。フォルト・ログ機能は、高温で発生する可能性があるシステム問題のデバッグに役立ちますが、この機能による書き込み先はEEPROMのフォルト・ログ領域だけです。これらのレジスタへの不規則の書き込みが $105^\circ\text{C}$ を超えて行われると、フォルト・ログのデータ保持特性がわずかに低下することがあります。

$T_J$ が $85^\circ\text{C}$ を超える場合は、STORE\_USER\_ALLまたは一括プログラミングを使用して、EEPROMに書き込まないことを推奨します。

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

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

ここで、

AF = 加速係数

$E_a$  = 活性化エネルギー =  $1.4\text{eV}$

$k = 8.625 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

$T_{\text{USE}}$  =  $105^\circ\text{C}$ の規定接合部温度

$T_{\text{STRESS}}$  = 実際の接合部温度 ( $^\circ\text{C}$ )

例：接合部温度  $125^\circ\text{C}$  で10時間動作させた場合の保持特性への影響を計算します。

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

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

AF = 8.65

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

したがって、 $125^\circ\text{C}$ の接合部温度で10時間動作させた結果、EEPROMの全保持時間は86.5時間減少しました。ただし、最大接合部温度  $105^\circ\text{C}$ でのEEPROMの全保持時間定格175,200時間に比べると、オーバーストレスの影響は無視できません。

### リセット

WDI/RESETBピンを“L”に保つ時間を $t_{\text{RESETB}}$ より長くすると、LTC2977はパワーオン・リセット状態に移行します。パワーオン・リセット状態の間、デバイスは $I^2\text{C}$ バス上では通信しません。WDI/RESETBピンでの後続の立ち上がりエッジの後、LTC2977はそのパワーオン・シーケンスを、EEPROMに格納されているユーザ設定に従って実行します。10kの抵抗を使用して、WDI/RESETBをVDD33に接続します。WDI/RESETBピンには $256\mu\text{s}$ のデグリッチ・フィルタが内蔵されているので、このピンにフィルタ容量を追加するのは推奨されません。

### 書き込み保護(WP)ピン

WPピンを使用すると、LTC2977の構成レジスタへの書き込みを禁止できます。WPピンはアクティブ“H”で、アサートされた場合はレベル2の保護を実現します。WRITE\_PROTECT、PAGE、MFR\_EE\_UNLOCK、STORE\_USER\_ALL、OPERATION、MFR\_PAGE\_FF\_MASK、CLEAR\_FAULTSコマンド以外のすべての書き込みはディスエーブルされます。WPピンとWRITE\_PROTECTコマンドの間の最も制限された設定は無効になります。たとえば、 $WP = 1$ 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。

### その他の動作

#### クロックの共有

複数のLTC PMBus デバイスのオープンドレインのSHARE\_CLK入力/出力をプルアップ抵抗にワイヤードOR接続することにより、1つのアプリケーションで複数のデバイスのクロック

## 動作

を同期させることができます。この場合には最速のクロックが優先されてすべてのLTC2977を同期させます。

SHARE\_CLKはオン、オフの $V_{IN}$ 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\_LTC2977レジスタのMfr\_config\_all\_vin\_share\_enableビットをセットします。このように設定された場合、入力電圧が不十分なためにデバイスがオフになっているとデバイスはSHARE\_CLKを“L”に保ち、そのSHARE\_CLKが“L”になっていることを検出するとすぐに、短いデグリッチ期間の後、デバイスはすべてのチャンネルをディスエーブルします。SHARE\_CLKピンの電圧が上昇可能になると、デバイスはソフトスタート・シーケンスを開始することで応答します。この場合には最も遅いVIN\_ON検出が優先されてその他のデバイスをそのソフトスタート・シーケンスに同期させます。

### PMBus シリアル・デジタル・インタフェース

LTC2977は、標準のPMBusシリアル・バス・インタフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス信号相互のタイミング関係をPMBus タイミング図に示します。バスを使用しない場合、2本のバスライン(SDAとSCL)は“H”にする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC2977はスレーブ・デバイスです。マスタは以下のフォーマットを使用してLTC2977と通信することができます。

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

以下のSMBusプロトコルがサポートされています。

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

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

LTC2977は、STORE\_USER\_ALL、RESTORE\_USER\_ALL、MFR\_CONFIG\_LTC2977をまだ処理中か、フォルト・ログ・データがEEPROMに書き込まれている場合、MFR\_COMMON以外のPMBusコマンドに対してはアクノリッジを返しません。この状況では、Status\_word\_busyがセットされます。

### PMBus

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

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

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

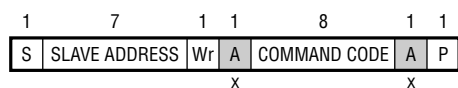
[www.pmbus.org](http://www.pmbus.org)

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

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

I<sup>2</sup>Cコントローラを使用してPMBusデバイスと通信する場合は、コントローラが停止命令を出すことなく1バイトのデータを書き込むことができることが重要です。こうすると、コントローラは開始コマンドのバイト書き込みとI<sup>2</sup>Cによる読み出しを連結することによって、PMBus読み出しコマンドを繰り返し開始することを適切に設定できます。

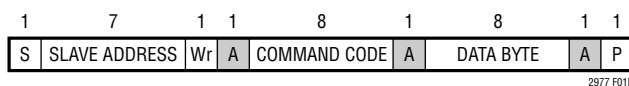
動作



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

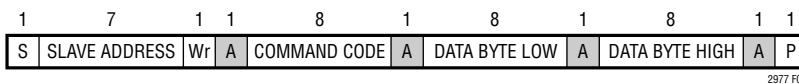
2977 F01a

図 1a. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



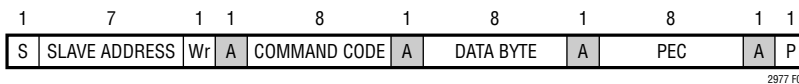
2977 F01b

図 1b. バイト書き込みプロトコル



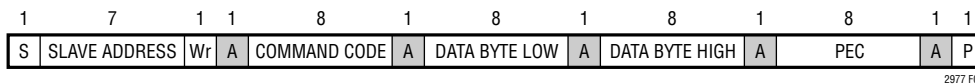
2977 F02

図 2. ワード書き込みプロトコル



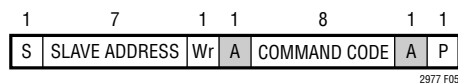
2977 F03

図 3. PEC 付きバイト書き込みプロトコル



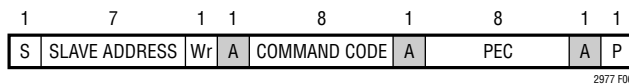
2977 F04

図 4. PEC 付きワード書き込みプロトコル



2977 F05

図 5. バイト送信プロトコル



2977 F06

図 6. PEC 付きバイト送信プロトコル

## 動作

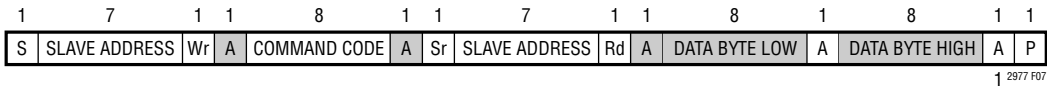


図7. ワード読み出しプロトコル

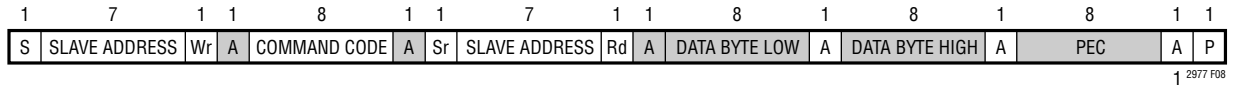


図8. PEC 付きワード読み出しプロトコル

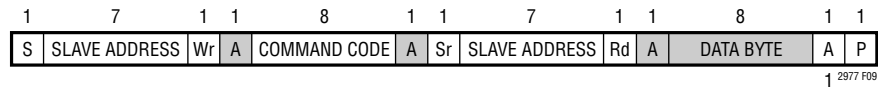


図9. バイト読み出しプロトコル

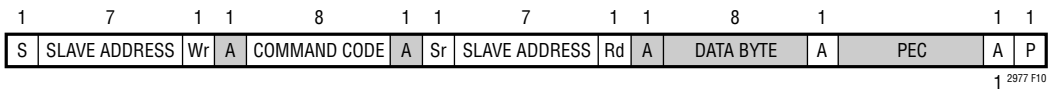


図10. PEC 付きバイト読み出しプロトコル

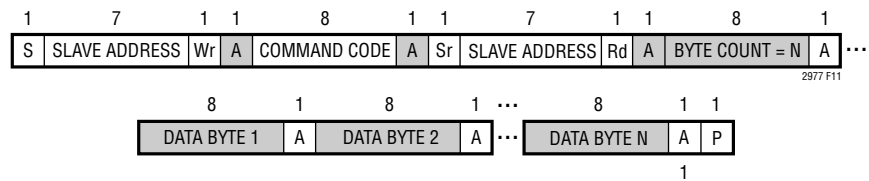


図11. ブロックでの読み出し

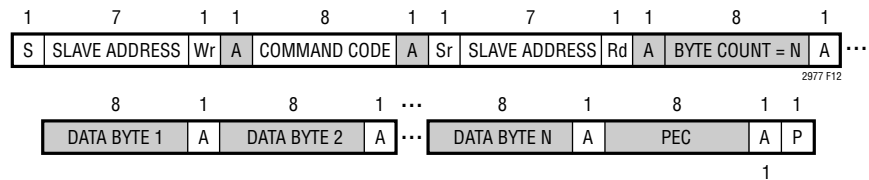


図12. PEC 付きのブロックでの読み出し



## 動作

## デバイスのアドレス

LTC2977のI<sup>2</sup>C/SMBusアドレスはベースアドレス+Nと等しく、Nは0～8までの数です。NはASEL0とASEL1ピンをV<sub>DD33</sub>、GND、またはFLOATにセットすることで設定できます。表1を参照してください。1つのベースアドレスと9つのNの値を使用すると、9つのLTC2977を互いに接続して72の出力を制御できます。ベースアドレスはMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタに格納されています。ベースアドレスにはどのような値

でも書き込めますが、一般的に希望のアドレス範囲が既存のアドレスと重ならない限り変更するべきではありません。I<sup>2</sup>C/SMBusデバイスやグローバル・アドレスなどのI<sup>2</sup>C/SMBusマルチプレクサやバスバッファとアドレス範囲が重なり合わないようになっています。こうしておけば十分な安心感が得られます。

LTC2977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。

表1. LTC2977のデバイス・アドレス参照表

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

H = V<sub>DD33</sub> に接続、NC = 接続なし = 開放またはフロート、L = GND に接続、X = ドントケア

\*MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS = 7ビット5C (製造時のデフォルト値)

## 動作

## コマンドの処理

LTC2977は、専用の処理ブロックを使用して、すべてのコマンドに対して迅速に応答できるようにしています。数少ない例外として、コマンド処理中に次に続くコマンドにNACKを出すことはあります。次の表にこの点をまとめて示します。MFR\_COMMONは、デバイスがビジー状態でも必ず読み込まれる特殊なコマンドです。この方法により、ホストはLTC2977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	標準遅延時間*	注釈
STORE_USER_ALL	t <sub>MASS_WRITE</sub>	「電気的特性」の表を参照。LTC2977は、レジスタの内容をEEPROMに転送中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
RESTORE_USER_ALL	30ms	LTC2977は、EEPROMのデータをコマンド・レジスタに転送中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	175ms	LTC2977は、フォルト・ログのEEPROM領域を初期化中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_STORE	20ms	LTC2977は、フォルト・ログのRAMバッファをEEPROM領域に転送中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
内部フォルト・ログ	20ms	内部フォルトログ・イベントは、フォルトにตอบสนองしてフォルト・ログの内容をEEPROMにアップロードする1回限りのイベント。内部フォルト・ログ機能はディスエーブル可能。このEEPROMへの書き込み中に受け取ったコマンドに対してNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	2ms	LTC2977は、EEPROMのデータをフォルト・ログRAMバッファに転送中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。

\*標準遅延時間は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの時間を測定。

コマンド	標準遅延時間*	注釈
MFR_CONFIG_LTC2977	<50μs	LTC2977は、このコマンドの処理中はどのようなコマンドも受け付けません。このコマンド・バイトにはNACKが返される。MFR_COMMONは常に読み取りが可能。

\*標準遅延時間は、コマンドの停止から次のコマンドの開始までの時間を測定。

## 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	LTC2977はこのコマンドの処理中もコマンドを受け付けるが、関連するステータス・フラグは最長500μsの間クリアされない。

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値	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	28
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、上方マージンおよび下方マージン。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	33
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	34
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされている全フォルト・ビットをクリア。	Send Byte	Y				NA	34
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	28
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリ全体を EEPROM に格納。	Send Byte	N				NA	35
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体を EEPROM から復元。	Send Byte	N				NA	35
CAPABILITY	0x19	デバイスがサポートする PMBus オプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	35
VOUT_MODE	0x20	出力電圧データのフォーマットおよび仮数のべき数。(2 <sup>-13</sup> )	R Byte	Y	Reg			0x13	35
VOUT_COMMAND	0x21	サーボ・ターゲット。DC/DC コンバータ出力電圧の公称設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x2000	36
VOUT_MAX	0x24	他のいかなるコマンドにも関係なく、デバイスが指示できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	4.0 0x8000	36
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧の上方マージンの設定。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x219A	36
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧の下方マージンの設定。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x1E66	36
VIN_ON	0x35	この電圧より高くすると電力変換をイネーブルできる入力電圧 (V <sub>IN_SNS</sub> )。	R/W Word	N	L11	V	Y	10.0 0xD280	36
VIN_OFF	0x36	この電圧より低くすると電力変換をディスエーブルできる入力電圧 (V <sub>IN_SNS</sub> )。すべての V <sub>OUT_EN</sub> ピンは直ちにオフになる。	R/W Word	N	L11	V	Y	9.0 0xD240	36
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧フォルトのリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x2333	36
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	38
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧の警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x2266	36
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧の警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x1D9A	36
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルトのリミット。TON_MAX_FAULT の条件を満たすかどうかとデバイスがオンしているかどうかを調べるために使用するリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x1CCD	36
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力の低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7F	38
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	過熱フォルトのリミット。	R/W Word	N	L11	°C	Y	105.0 0xEB48	37
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0xB8	39

## PMBusコマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OT_WARN_LIMIT	0x51	過熱警告のリミット。	R/W Word	N	L11	°C	Y	70.0 0xEA30	37
UT_WARN_LIMIT	0x52	低温警告のリミット。	R/W Word	N	L11	°C	Y	0 0x8000	37
UT_FAULT_LIMIT	0x53	低温フォルトのリミット。	R/W Word	N	L11	°C	Y	-40.0 0xE580	37
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0xB8	39
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	V <sub>IN_SNS</sub> ピンで測定した入力過電圧フォルトのリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	36
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x80	39
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	V <sub>IN_SNS</sub> ピンで測定した入力過電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	36
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	V <sub>IN_SNS</sub> ピンで測定した入力低電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	36
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	V <sub>IN_SNS</sub> ピンで測定した入力低電圧フォルトのリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	36
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力の低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	39
POWER_GOOD_ON	0x5E	パワーグッドをアサートする出力電圧の下限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.96 0x1EB8	36
POWER_GOOD_OFF	0x5F	パワーグッドをデアサートする出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.94 0x1E14	36
TON_DELAY	0x60	CONTROLピンおよび/またはOPERATIONコマンド=ONからV <sub>OUT_EN</sub> ピン=ONまでの時間	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	37
TON_RISE	0x61	V <sub>OUT_ENn</sub> ピンが“H”になってから、LTC2977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	37
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	V <sub>OUT_EN</sub> =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	37
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	40
TOFF_DELAY	0x64	CONTROLピンおよび/またはOPERATIONコマンド=OFFからV <sub>OUT_EN</sub> ピン=OFFまでの時間	R/W Word	Y	L11	ms	Y	1.0 0xBA00	37
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態の1バイトの要約。	R Byte	Y	Reg			NA	41
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態の2バイトの要約。	R Word	Y	Reg			NA	41
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	Y	Reg			NA	42
STATUS_INPUT	0x7C	V <sub>IN_SNS</sub> ピンで測定された入力電圧のフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	42
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の温度フォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	42

## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトおよび警告の状態。	R Byte	N	Reg			NA	43
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトおよび状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	43
READ_VIN	0x88	VIN_SNSピンで測定された入力電圧。	R Word	N	L11	V		NA	44
READ_VOUT	0x8B	DC/DCコンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	44
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	内部接合部温度。	R Word	N	L11	°C		NA	44
PMBUS_REVISION	0x98	デバイスがサポートするPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.1。	R Byte	N	Reg			0x11	44
USER_DATA_00	0xB0	メーカーがLTpowerPlay™用に確保。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	60
USER_DATA_01	0xB1	メーカーがLTpowerPlay用に確保。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	60
USER_DATA_02	0xB2	OEMが確保。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	60
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x00	60
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x00	60
MFR_LTC_RESERVED_1	0xB5	メーカーが確保。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	60
MFR_STATUS_2	0xB7	メーカー固有のフォルトおよび状態の追加情報。	R Word	Y	Reg			NA	62
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカーが確保。	R/W Word	Y	Reg			NA	60
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASEコマンドとMFR_EE_DATAコマンドによるアクセスのために、ユーザのEEPROMのロックを解除する。	R/W Byte	N	Reg			NA	65
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATAによる一括プログラミングのために、ユーザのEEPROMを初期化する。	R/W Byte	N	Reg			NA	66
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読み出しまたは書き込みによってEEPROMとの間で伝送されるデータ。一括プログラミングをサポートする。	R/W Word	N	Reg			NA	66
MFR_COMMAND_PLUS	0xC0	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。すべてのホストに対するコマンド。	R/W Word	N	Reg			NA	30
MFR_DATA_PLUS0	0xC1	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。代替ホスト0に対するデータ。	R/W Word	N	Reg			NA	30
MFR_DATA_PLUS1	0xC2	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。代替ホスト1に対するデータ。	R/W Word	N	Reg			NA	30
MFR_TELEMETRY	0xCF	すべての出力チャンネルの遠隔測定データ。	R Block	N	Reg			NA	63
MFR_CONFIG_LTC2977	0xD0	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0080	45
MFR_CONFIG_ALL_LTC2977	0xD1	すべてのページに共通の構成ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x1C7B	49
MFR_FAULTBz0_PROPAGATE	0xD2	フォルトのためオフ状態になったチャンネルをFAULTB00ピンおよびFAULTB10ピンに反映するかどうかを決める設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	50
MFR_FAULTBz1_PROPAGATE	0xD3	フォルトのためオフ状態になったチャンネルをFAULTB01ピンおよびFAULTB11ピンに反映するかどうかを決めるメーカー設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	50
MFR_PWRGD_EN	0xD4	PWRGDおよびWDI/RESETBの状態をPWRGDピンにマッピングするための設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	51

2977fa

## PMBusコマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULTB00_RESPONSE	0xD5	FAULTB00ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	52
MFR_FAULTB01_RESPONSE	0xD6	FAULTB01ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	52
MFR_FAULTB10_RESPONSE	0xD7	FAULTB10ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	52
MFR_FAULTB11_RESPONSE	0xD8	FAULTB11ピンが“L”にアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	52
MFR_VINEN_OV_FAULT_RESPONSE	0xD9	VOUT_OV_FAULTに対するVIN_ENピンの動作	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	53
MFR_VINEN_UV_FAULT_RESPONSE	0xDA	VOUT_UV_FAULTに対するVIN_ENピンの動作	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	54
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	フォルト再試行モードでの再試行間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	200.0 0xF320	55
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	CONTROLの実際のアクティブ・エッジからCONTROLの仮定のアクティブ・エッジまでの遅延	R/W Word	N	L11	ms	Y	400.0 0xFB20	55
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	56
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	56
MFR_TEMPERATURE_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1の最大測定値。	R Word	N	L11	°C		NA	56
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	Y	Reg			0x0000	57
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	パワーグッド出力のアサート遅延。	R/W Word	N	L11	ms	Y	100.0 0xEB20	57
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	ウォッチドッグ・タイマの最初の時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	64
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマの時間間隔。	R/W Word	N	L11	ms	Y	0 0x8000	64
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	0xFF	29
MFR_PADS	0xE5	選択されたデジタルI/Oパッドの現在のステート。	R Word	N	Reg			N/A	58
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I <sup>2</sup> C/SMBus アドレス・バイトのベース値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	29
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC2977を識別するメーカーのコード。	R Word	N	Reg		Y	0x0130	59
MFR_SPECIAL_LOT	0xE8	製造時にプログラムされ、EEPROMに格納されたユーザ設定を識別するお客様によって異なるコード。デフォルト値は弊社にお問い合わせください。	R Byte	Y	Reg		Y		59
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT_COMMANDに掛け合わせてV <sub>OUT</sub> がしきい値電圧からどれだけ離れているかを決定する係数。	R/W Word	Y	L11		Y	2.0 0xC200	59
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAMからEEPROMへのフォルト・ログの伝送を命令する。この命令によって、デバイスはチャンネルがフォルトによって	Send Byte	N				NA	67



## PMBus コマンドの概要

## まとめの表

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前 EEPROM に格納されていたフォルト・ログを RAM に戻すよう命令する。	Send Byte	N				NA	67
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログのために確保された EEPROM のブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアする。	Send Byte	N				NA	68
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	フォルト・ログの状態。	R Byte	N	Reg		Y	NA	68
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全なフォルト・ログをアセンブルする。256 バイト: 0xFF の後に 255 バイトのフォルト・ログ・データ。	R Block	N	Reg		Y	NA	69
MFR_COMMON	0xEF	複数の LTC 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	60
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	再試行をイネーブルする、フォルトでオフになったすべての条件の再試行数。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x07	55
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	61
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	61
MFR_TEMPERATURE_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	N	L11	°C		NA	61

## データ形式

L11	Linear_5s_11s	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、N = b[15:11] は 5 ビットの 2 の補数の整数、Y = b[10:0] は 11 ビットの 2 の補数の整数 例： READ_VIN = 10V b[15:0] = 0xD280 = 1101_0010_1000_0000b では、 値 = $640 \cdot 2^{-6} = 10$ PMBus 仕様の第 2 部、パラグラフ 7.1 参照。
L16	Linear_16u	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、Y = b[15:0] は符号なしの整数、N = Vout_mode_parameter は 5 ビットの 2 の補数の指数で、10 進数の -13 に固定配線されている。 例： VOUT_COMMAND = 4.75V b[15:0] = 0x9800 = 1001_1000_0000_0000b では、 値 = $38912 \cdot 2^{-13} = 4.75$ PMBus 仕様の第 2 部、パラグラフ 8.3.1 参照。
Reg	Register	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・レジスタの説明で詳細に規定されている。

## PMBus コマンドの説明

### アドレス指定および書き込み保護

#### PAGE

LTC2977には、管理できるDC/DCコンバータの8つのチャンネルに対応する8つのページがあります。DC/DCコンバータの各チャンネルは、まず該当のページを設定することによって一意的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 コマンドをすべてのページに同時に書き込むことができます。PAGE = 0xFF対応のコマンドはCLEAR\_FAULTS、OPERATION、ON\_OFF\_CONFIGだけです。その他のオプションについては、MFR\_PAGE\_FF\_MASKを参照してください。PAGE = 0xFFでページ化されたどのPMBusレジスタを読み出しても、予測不能なデータが返されてCMLフォルトが発生します。PAGE = 0xFF非対応のページをPAGE = 0xFFで書き込んでも無視され、CMLフォルトが発生します。

#### PAGEのデータの内容

ビット	シンボル	目的
b[7:0]	Page	<p>ページ操作。</p> <p>0x00: すべてのPMBus コマンドがチャンネル/ページ 0をアドレス指定する。</p> <p>0x01: すべてのPMBus コマンドがチャンネル/ページ 1をアドレス指定する。</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>0x07: すべてのPMBus コマンドがチャンネル/ページ 7をアドレス指定する。</p> <p>0xFF: 規定されていない値はすべて予備。</p> <p>0xFF: このモードをサポートするコマンドに対するPMBus 書き込み/送信を1回行うと、MFR_PAGE_FF_MASKがイネーブルされた状態で、すべてのチャンネル/ページに同時にアドレス指定される。</p>

#### WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTC2977のコマンド・レジスタが誤ってプログラムされないよう保護します。サポートされるすべてのコマンドはWRITE\_PROTECTの設定にかかわらずそのパラメータを読み込み、またEEPROMの内容もWRITE\_PROTECTの設定にかかわらず読み込むことができます。

書き込み保護には次の2つのレベルがあります。

- レベル 1: 書き込み保護のレベル自体の他は何も変更できません。値はすべてのページから読み込むことができます。この設定はEEPROMに格納可能です。
- レベル 2: 保護のレベル、チャンネルのオン/オフ状態、フォルトのクリアの他は何も変更できません。値はすべてのページから読み込むことができます。この設定はEEPROMに格納可能です。

#### WRITE\_PROTECTのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Write_protect[7:0]	<p>1000_0000b: レベル1保護 - WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL コマンド以外のすべての書き込みはディスエーブルされる。</p> <p>0100_0000b: レベル2保護 - WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL、OPERATION、MFR_PAGE_FF_MASK、CLEAR_FAULTS コマンド以外のすべての書き込みはディスエーブルされる。</p> <p>0000_0000b: すべてのコマンドへの書き込みをイネーブルする。</p> <p>xxxx_xxxx: その他すべての値は予備。</p>

## 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]	Mfr_page_ff_mask_chan7	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7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[6]	Mfr_page_ff_mask_chan6	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6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[5]	Mfr_page_ff_mask_chan5	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5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[4]	Mfr_page_ff_mask_chan4	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4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[3]	Mfr_page_ff_mask_chan3	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3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[2]	Mfr_page_ff_mask_chan2	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2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[1]	Mfr_page_ff_mask_chan1	グローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) アクセスに対するチャンネル1のマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスを無視 1 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスに完全に応答
b[0]	Mfr_page_ff_mask_chan0	グローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) アクセスに対するチャンネル0のマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスを無視 1 = グローバル・ページ・コマンド・アクセスに完全に応答

### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS

MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS コマンドは、I<sup>2</sup>C/SMBus アドレス・バイトのベース値を決定します。このベース・アドレスに0～9のオフセットを加えることでI<sup>2</sup>C/SMBus アドレスが作成されます。このデバイスはデバイス・アドレスに応答します。

#### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	予備	読み出し専用、常に0を返す。
b[6:0]	i2c_base_address	この7ビットの値は7ビットのI <sup>2</sup> C/SMBus アドレスのベース値を決定する。「動作」セクションの「デバイス・アドレス」を参照。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_COMMAND\_PLUS、MFR\_DATA\_PLUS0、MFR\_DATA\_PLUS1、MFR\_STATUS\_PLUS0、および MFR\_STATUS\_PLUS1

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

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

### MFR\_COMMAND\_PLUS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_command_plus_reserved	予備。常に0を返す。
b[14]	Mfr_command_plus_id	コマンド・プラスのホスト ID 0: Mfr_command_plus ポインタおよびページはキャッシュに格納され、すべての Mfr_data_plus0 アクセスに対して使用される。 1: Mfr_command_plus ポインタおよびページはキャッシュに格納され、すべての Mfr_data_plus1 アクセスに対して使用される。
b[13:9]	Mfr_command_plus_page	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 を介してピーク処理またはポーク処理を行うときに使用するページ。使用できる値は0~7。このページの値は、このレジスタが書き込まれるときに、Mfr_command_plus_id の値に基づいて Mfr_data_plus0 および Mfr_data_plus1 のキャッシュに別個に格納される。
b[8:0]	Mfr_command_plus_pointer	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 によってアクセスされる内部メモリの位置。Mfr_data_plus0 ポインタと Mfr_data_plus1 ポインタは別個のキャッシュに格納される。正しい値は「PMBus コマンドの概要」の表の「コマンド・コード」列に示す。その他の値はすべて予備。ただし、32 ページの「ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル」に示す特殊なポーク・イネーブル/ディスエーブル値と、Mfr_status_plus0 および Mfr_status_plus1 について以下に示すコマンド値を除く。

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

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_data_plus0 Mfr_data_plus1	このレジスタからの読み出しでは、最後に一致する Mfr_command_plus の書き込みで参照されたデータが返される。より具体的には、host 0 update Mfr_data_plus0 による Mfr_command_plus への書き込みと、host 1 update Mfr_data_plus1 による Mfr_command_plus への書き込み。pointer = MFR_FAULT_LOG の間の複数回の順次読み出しによってブロック読み出しバッファの全内容が返される。バッファの終わりを越えてブロック読み出しを行うと、ゼロが返される。 32 ページの「Mfr_data_plus0 を使用したポーク操作」に説明されているポーク操作手順に従った場合、このレジスタへの書き込みにより、最後に一致する Mfr_command_plus_pointer が参照した場所にデータが転送される。

## PMBus コマンドの説明

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

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

### コマンド・プラスおよび Mfr\_data\_plus0 を使用したフォルト・ログの読み出し

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

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

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

ステータスをチェックして、先ほど読み出したデータがすべ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。

## PMBus コマンドの説明

### Mfr\_data\_plus0 を使用したピーク操作

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

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

CMD\_CODE は「PMBus コマンドの概要」の表に示します。

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

### ポーク操作のイネーブルおよびディスエーブル

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

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

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

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

### Mfr\_data\_plus0 を使用したポーク操作

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

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

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

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 を使用したコマンド・プラス操作

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



## PMBus コマンドの説明

### OPERATION、MODE、および EEPROM コマンド

#### OPERATION

OPERATION コマンドは、CONTROL<sub>n</sub> ピンおよび 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。最小待ち時間 t<sub>OFF\_MIN</sub> は、デバイスをいったんオフしてからオンに戻すために使用される OPERATION コマンド間で測定する必要があります。

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

シンボル	動作	Operation_control[1:0]	Operation_margin[1:0]	Operation_fault[1:0]	予備 (読み出し専用)
ビット		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	即座にオフ	00	XX	XX	00
	ターンオン	10	00	XX	00
	下方マージン (フォルトと警告を無視)	10	01	01	00
	下方マージン	10	01	10	00
	上方マージン (フォルトと警告を無視)	10	10	01	00
	上方マージン	10	10	10	00
	シーケンス・オフと公称値までのマージン	01	00	XX	00
	シーケンス・オフと下方マージン (フォルトと警告を無視)	01	01	01	00
	シーケンス・オフと下方マージン	01	01	10	00
	シーケンス・オフと上方マージン (フォルトと警告を無視)	01	10	01	00
	シーケンス・オフと上方マージン	01	10	10	00
	予備	残りすべての組み合わせ			

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

シンボル	動作	Operation_control[1:0]	Operation_margin[1:0]	Operation_fault[1:0]	予備 (読み出し専用)
ビット		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	公称値で出力	00、01、または 10	00	XX	00
	下方マージン (フォルトと警告を無視)	00、01、または 10	01	01	00
	下方マージン	00、01、または 10	01	10	00
	上方マージン (フォルトと警告を無視)	00、01、または 10	10	01	00
	上方マージン	00、01、または 10	10	10	00
	予備	残りすべての組み合わせ			

## 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、LTC2977 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<sub>n</sub> ピンの入力との組み合わせを設定します。このコマンド・レジスタはグローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) に応答します。デバイスの初期化が終わった後、別のコンパレータが VIN\_SNS をモニタします。出力電源シーケンシングが開始されるには、VIN\_ON のしきい値を超える必要があります。V<sub>IN</sub> が最初に印加された後、TON\_DELAY タイマを初期化して始動するのに、デバイスは通常 t<sub>INIT</sub> の時間が必要です。電圧と電流の読み出しにはさらに t<sub>UPDATE\_ADC</sub> 待つことが必要な場合があります。最小待ち時間 t<sub>OFF\_MIN</sub> は、デバイスをいったんオフしてからオンに戻すために使用される CONTROL ピンの切り替えを対象に測定する必要があります。

### ON\_OFF\_CONFIG のデータの内容

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

### CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTS コマンドは、セットされているすべてのステータス・ビットをクリアするために使われます。このコマンドは、すべての非ページ化ステータス・レジスタ内、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・レジスタ内のすべてのフォルト・ビットと警告ビットをクリアします。同時に、デバイスは自己の ALERTB への寄与を無効に (クリア、解放) します。

フォルト状態でラッチオフしているデバイスが CLEAR\_FAULTS コマンドによって再起動することはありません。詳細については「ラッチされたフォルトのクリア」のセクションを参照してください。

フォルト・ステータスをクリアした後もフォルト状態が存在する場合は、フォルト・ステータス・ビットが再びセットされ、ホストは通常の方法で通知を受けます。

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

## PMBus コマンドの説明

### 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、いったんユーザの EEPROM に格納されると、リストア・コマンドを明示的に使用することによって、または電源投入後デバイスがパワーオン・リセットから復帰することによって復元されます。これらのコマンドのどちらかが処理されている間、デバイスはビジー状態であることを示します。67 ページの「デバイスがビジー状態の場合の応答」を参照してください。

STORE\_USER\_ALL. このコマンドを出すと、動作メモリ内のすべ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 メモリからすべてのコマンドが復元されます。デバイスがイネーブルされている間はこのコマンドを実行しないことを推奨します。EEPROM の内容を動作メモリに転送しているときはすべ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。

### CAPABILITY

CAPABILITY コマンドは、ホスト・システムが LTC2977 のいくつかの主要機能を判別する手段を提供します。この 1 バイトのコマンドは読み出し専用です。

#### CAPABILITY のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Capability_pec	1 にハードコードされており、パケット・エラー・チェック (PEC) がサポートされていることを示す。Mfr_config_all_pec_en ビットを読み出すと、PEC が現在必要かどうかを示される。
b[6:5]	Capability_scl_max	01b にハードコードされており、サポートされている最大のバス速度は 400kHz であることが示される。
b[4]	Capability_smb_alert	1 にハードコードされており、このデバイスには ALERTB ピンがあることと SMBus アラート応答プロトコルをサポートしていることが示される。
b[3:0]	予備	常に 0 を返す。

### VOUT\_MODE

このコマンドは読み出し専用で、L16 データ形式ですべてのコマンドのモードと指数を指定します。27 ページの「データ形式」の表を参照してください。

#### VOUT\_MODE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:5]	Vout_mode_type	リニア・モードをレポートする。000b に固定配線されている。
b[4:0]	Vout_mode_parameter	リニア・モードの指数。5 ビットの 2 の補数の整数。0x13 (十進数の -13) に固定配線されている。

## PMBus コマンドの説明

### 出力電圧関連のコマンド

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

これらのコマンドは同じ形式を使用し、チャンネルの出力電圧のリミットについてさまざまなサーボ制御、マーギニング、および監視を行います。奇数チャンネルを構成して電流を測定する場合、OV\_WARN\_LIMIT、UV\_WARN\_LIMIT、OV\_FAULT\_LIMIT、およびUV\_FAULT\_LIMIT コマンドはサポートされません。

#### データの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Vout_command[15:0]、 Vout_max[15:0]、 Vout_margin_high[15:0]、 Vout_margin_low[15:0]、 Vout_ov_fault_limit[15:0]、 Vout_ov_warn_limit[15:0]、 Vout_uv_warn_limit[15:0]、 Vout_uv_fault_limit[15:0]、 Power_good_on[15:0]、 Power_good_off[15:0]	これらのコマンドは出力電圧に関連している。データはL16形式を使用する。 単位:V

### 入力電圧関連のコマンド

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

これらのコマンドは同じ形式を使用し、入力電圧  $V_{IN\_SNS}$  のリミットを監視する機能を提供します。

#### データの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Vin_on[15:0]、 Vin_off[15:0]、 Vin_ov_fault_limit[15:0]、 Vin_ov_warn_limit[15:0]、 Vin_uv_warn_limit[15:0]、 Vin_uv_fault_limit[15:0]	これらのコマンドは入力電圧に関連している。データはL11形式を使用する。 単位:V

## PMBus コマンドの説明

### 温度関連のコマンド

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

これらのコマンドは温度のリミットを監視する機能を提供します。

#### データの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Ot_fault_limit[15:0]、 Ot_warn_limit[15:0]、 Ut_warn_limit[15:0]、 Ut_fault_limit[15:0]	データは L11 形式を使用する。 単位: °C

### タイマ・リミット

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

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

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

TON\_RISE は、Mfr\_config\_dac\_mode = 00b の場合、電源がイネーブルされてから LTC2977 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:ms)を設定します。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。

TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT は、LTC2977 によって制御される電源が、VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT に達することなく出力の起動を試みることのできる最長の時間です。出力が TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT に達する前に VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT に達した場合、LTC2977 は VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT しきい値をアンマスクします。出力が出ない場合は、TON\_MAX\_FAULT が宣言されます。(値がゼロの場合、これは電源がその出力電圧を上げようと試みる時間に制限のないことを意味します。)この遅延は、SHARE\_CLK 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。

TOFF\_DELAY は、CONTROL<sub>n</sub> ピンあるいは OPERATION コマンドがデアサートされてから、そのチャンネルがディスエーブル(ソフトオフ)される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 $\mu$ s ごとに丸められ、655ms より長い場合は 200 $\mu$ 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 $\mu$ 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。

#### データの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Ton_delay[15:0]、 Ton_rise[15:0]、 Ton_max_fault[15:0]、 Toff_delay[15:0]	データは L11 形式を使用する。 単位: ms

## PMBus コマンドの説明

### 高速スーパーバイザによって測定される電圧のフォルト応答

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

ここで記述するフォルト応答は、高速スーパーバイザによって測定される電圧に対するものです。これらの電圧は短時間で測定されるので、デグリッチ時間を必要とすることがあります。これらのコマンドで示される応答に加えて、LTC2977には以下の応答もあります。

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

注記: 高分解能 ADC の測定値 (電流測定値) 向けに構成された奇数チャンネルは、OV/UV フォルトまたは警告には応答しません。

#### データの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:6]	Vout_ov_fault_response_action、 Vout_uv_fault_response_action	<p>応答動作:</p> <p>00b: デバイスは中断せずに動作を続ける。</p> <p>01b: デバイスはビット [2:0] によって ts_vs 刻みで指定された遅延時間の間動作を継続する。(「電气的特性」の表、「電圧スーパーバイザ特性」のセクションを参照。)</p> <p>遅延時間終了後でもまだフォルトがある場合、デバイスはすぐにシャットダウンするか、または TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_chan_mode 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。</p> <p>1Xb: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_chan_mode 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。</p>
b[5:3]	Vout_ov_fault_response_retry、 Vout_uv_fault_response_retry	<p>応答再試行動作:</p> <p>000b: 再試行設定の値が 0 の場合、デバイスは再起動しようとしなないことを意味する。フォルトがクリアされるまで出力はディセーブルされたままになる。</p> <p>001b-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドまたはその両方で) オフになるように命令されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別のフォルト状態が原因でデバイスがシャットダウンされるまで、グローバルの Mfr_retry_count[2:0] によって指定される回数だけ再起動を試みる。</p>
b[2:0]	Vout_ov_fault_response_delay、 Vout_uv_fault_response_delay	<p>このサンプル数により、フォルトが最初に検出されて以降デバイスがフォルトを無視する時間が決まる。この遅延は高速フォルトのデグリッチに使用する。</p> <p>000b: デバイスは直ちにオフする。</p> <p>001b-111b: デバイスは、ts_vs (標準 12.2μs) のサンプリング周期での b[2:0] サンプル後にオフする。</p>



## PMBus コマンドの説明

### ADCによって測定された値に対するフォルト応答

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

ここで記述するフォルト応答は、ADCによって測定された値に対する応答です。これらの値は長時間にわたって測定されるので、デグリッチは行われません。これらのコマンドで示される応答に加えて、LTC2977には以下の応答もあります。

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

#### データの内容

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

## PMBus コマンドの説明

### タイマ・フォルト応答

#### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

このコマンドは TON\_MAX\_FAULT に対する LTC2977 の応答を定義します。このコマンドを使用して、起動時の出力短絡から保護できます。起動後の出力短絡から保護するには VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE を使用してください。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

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

#### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:6]	Ton_max_fault_response_action	応答動作: 00b: デバイスは中断せずに動作を続ける。 01b-11b: デバイスは直ちにシャットダウンするか、TOFF_DELAY の後でシーケンス・オフする (Mfr_config_chan_mode 参照)。シャットダウン後、デバイスはビット [5:3] の再試行設定に従って応答する。
b[5:3]	Ton_max_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b: 再試行設定の値が 0 の場合、デバイスは再起動しようとしないうことを意味する。フォルトがクリアされるまで出力はディスエーブルされたままになる。 001b-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL <sub>n</sub> ピンまたは OPERATION コマンドまたはその両方で) オフになるように命令されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別のフォルト状態が原因でデバイスがシャットダウンされるまで、グローバルの Mfr_retry_count[2:0] によって指定される回数だけ再起動を試みる。
b[2:0]	Ton_max_fault_response_delay	000b にハードコードされている。デグリッチによる遅延がフォルトの検出にこれ以上適用されることはない。

#### ラッチされたフォルトのクリア

フォルトによってチャネルがシャットダウンすると、オフ状態がラッチされます。これはラッチされたフォルト状態と呼ばれます。ラッチされたフォルトは、CONTROL ピンのオン/オフを切り替えるか、OPERATION コマンドまたは ON\_OFF\_CONFIG コマンドを使用するか、または V<sub>IN\_SNS</sub> ピンのバイアス電圧を除去してから再度印加することによってリセットします。フォルト状態および警告状態が生じると、ALERTB ピンは必ず“L”にアサートされ、ステータス・レジスタの対応するビットがセットされます。CLEAR\_FAULTS コマンドは、ステータス・レジスタの内容をリセットして ALERTB 出力をデアサートしますが、フォルトによるオフ状態をクリアすることはなく、チャネルをオンに戻すこともできません。

## PMBusコマンドの説明

### ステータス・コマンド

#### STATUS\_BYTE:

以下の表に示すように、STATUS\_BYTE コマンドは、発生した最も重要なフォルトや警告の要約を返します。STATUS\_BYTE は STATUS\_WORD のサブセットで、同じ情報をコピーします。

#### STATUS\_BYTEのデータの内容

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

#### STATUS\_WORD:

STATUS\_WORD コマンドは、デバイスのフォルト状態を要約した、2バイトの情報を返します。ホストはこれらのバイトの情報に基づいて適切で詳細なステータス・レジスタを読み出すことにより、さらに情報を得ることができます。

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

#### STATUS\_WORDのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Status_word_vout	出力電圧フォルトまたは警告が生じている。STATUS_VOUTを参照。
b[14]	Status_word_iout	サポートされていない。常に0を返す。
b[13]	Status_word_input	入力電圧フォルトまたは警告が生じている。STATUS_INPUTを参照。
b[12]	Status_word_mfr	メーカーに固有のフォルトが生じている。STATUS_MFR_SPECIFICおよびMFR_STATUS_2を参照。
b[11]	Status_word_power_not_good	PWRGDピンがイネーブルされている場合、無効になる。パワーグッド状態ではない。
b[10]	Status_word_fans	サポートされていない。常に0を返す。
b[9]	Status_word_other	サポートされていない。常に0を返す。
b[8]	Status_word_unknown	サポートされていない。常に0を返す。
b[7]	Status_word_busy	PMBus コマンドを受信したときにデバイスがビジー状態。「動作」の「コマンドの処理」を参照。
b[6]	Status_word_off	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含めて理由の如何にかかわらず、デバイスが出力に電力を供給していないときにアサートされる。デバイスが出力に電力を供給できる場合、オフ・ビットはクリアされる。
b[5]	Status_word_vout_ov	出力過電圧フォルトが生じている。
b[4]	Status_word_iout_oc	サポートされていない。常に0を返す。
b[3]	Status_word_vin_uv	V <sub>IN</sub> の低電圧フォルトが生じている。
b[2]	Status_word_temp	温度フォルトまたは警告が生じている。STATUS_TEMPERATURE参照。
b[1]	Status_word_cml	通信、メモリ、または論理フォルトが生じている。STATUS_CML参照。
b[0]	Status_word_high_byte	b[7:1]に記載されていないフォルト/警告が生じている。

## PMBus コマンドの説明

## STATUS\_VOUT

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

## STATUS\_VOUT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Status_vout_ov_fault	過電圧フォルト。
b[6]	Status_vout_ov_warn	過電圧警告。
b[5]	Status_vout_uv_warn	低電圧警告。
b[4]	Status_vout_uv_fault	低電圧フォルト。
b[3]	Status_vout_max_fault	VOUT_MAX フォルト。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しようとした。
b[2]	Status_vout_ton_max_fault	TON_MAX_FAULT シーケンス・フォルト。
b[1]	Status_vout_toff_max_warn	サポートされていない。常に0を返す。
b[0]	Status_vout_tracking_error	サポートされていない。常に0を返す。

## STATUS\_INPUT

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

## STATUS\_INPUT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Status_input_ov_fault	$V_{IN}$ の過電圧フォルト
b[6]	Status_input_ov_warn	$V_{IN}$ の過電圧警告
b[5]	Status_input_uv_warn	$V_{IN}$ の低電圧警告
b[4]	Status_input_uv_fault	$V_{IN}$ の低電圧フォルト
b[3]	Status_input_off	入力電圧が不十分なためにデバイスはオフ状態。
b[2]	$I_{IN}$ の過電流フォルト	サポートされていない。常に0を返す。
b[1]	$I_{IN}$ の過電流警告	サポートされていない。常に0を返す。
b[0]	PIN の過電力警告	サポートされていない。常に0を返す。

## STATUS\_TEMPERATURE

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

## STATUS\_TEMPERATURE のデータの内容

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

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_CML

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

#### STATUS\_CML のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7]	Status_cml_cmd_fault	サポートされていないか不正なコマンド・フォルトが発生した。
b[6]	Status_cml_data_fault	サポートされていないか不正なデータを受け取った。
b[5]	Status_cml_pec_fault	PEC フォルトが発生した。注記：LTC2977では、PEC検査は常にアクティブ。STOPの前に受け取った余分なバイトは、余分なバイトが合致するPECバイトでない限り Status_cml_pec_fault をセットする。
b[4]	Status_cml_memory_fault	EEPROM でフォルトが発生した。
b[3]	Status_cml_processor_fault	サポートされていない、常に0を返す。
b[2]	予備	予備、常に0を返す。
b[1]	Status_cml_pmbus_fault	この表に記載された以外の通信フォルトが発生した。これは不正に形成された I <sup>2</sup> C/SMBus コマンドをまとめて扱うカテゴリです (例：START の直後に受け取った read = 1 のアドレス・バイト)。
b[0]	Status_cml_unknown_fault	サポートされていない、常に0を返す。

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドはメーカー固有のステータス・フラグを返します。CHANNEL = All が明示されたビットはページ化されません。STICKY = Yes が明示されたビットは、CLEAR\_FAULTS が送出されるか、ユーザが該当チャンネルに指示するまで設定が維持されます。ALERT = Yes が明示されたビットは、セットされると ALERTB ピンを“L”にします。OFF = Yes が明示されたビットは、イベントを他の場所で構成してチャンネルをオフにできることを示します。メーカー固有のステータスに関するその他のビットについては、62 ページの MFR\_STATUS\_2 を参照してください。

#### STATUS\_MFR\_SPECIFIC のデータの内容

ビット	シンボル	動作	CHANNEL	STICKY	ALERT	OFF
b[7]	Status_mfr_discharge	オン状態へ移行しようとしているときに V <sub>OUT</sub> の放電フォルトが発生した	現行ページ	Yes	Yes	Yes
b[6]	Status_mfr_fault1_in	このチャンネルは FAULTBz1 ピンが“L”にアサートされている間にオンになろうとしたか、CONTROL <sub>n</sub> ピンの切り替え動作、OPERATION コマンドの ON/OFF サイクル、または CLEAR_FAULTS コマンドの送出以降に FAULTBz1 ピンが“L”にアサートされるのに応答して、このチャンネルは少なくとも1回シャットダウンした。	現行ページ	Yes	Yes	Yes
b[5]	Status_mfr_fault0_in	このチャンネルは FAULTBz0 ピンが“L”にアサートされている間にオンになろうとしたか、CONTROL <sub>n</sub> ピンの切り替え動作、OPERATION コマンドの ON/OFF サイクル、または CLEAR_FAULTS コマンドの送出以降に FAULTBz0 ピンが“L”にアサートされるのに応答して、このチャンネルは少なくとも1回シャットダウンした。	現行ページ	Yes	Yes	Yes
b[4]	Status_mfr_servo_target_reached	サーボの目標値に到達した。	現行ページ	No	No	No
b[3]	Status_mfr_dac_connected	DAC が接続され、V <sub>DACP</sub> ピンをドライブしている。	現行ページ	No	No	No
b[2]	Status_mfr_dac_saturated	DAC の値が最大または最小のとき前のサーボ動作が終了した。	現行ページ	Yes	No	No
b[1]	Status_mfr_vinen_faulted_off	V <sub>OUT</sub> フォルトが原因で V <sub>IN_EN</sub> がデアサートされた。	All	No	No	No
b[0]	Status_mfr_watchdog_fault	ウォッチドッグ・フォルトが発生した。	All	Yes	Yes	No

# LTC2977

## PMBus コマンドの説明

### ADC モニタ・コマンド

#### READ\_VIN

このコマンドは、V<sub>IN\_SNS</sub> ピンで測定した電圧の ADC による最新の測定値を返します。

#### READ\_VIN のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Read_vin[15:0]	データは L11 形式を使用する。 単位:V

#### READ\_VOUT

このコマンドは、チャンネルの出力電圧の ADC による最新の測定値を返します。奇数チャンネルを設定して電流を測定する場合、データの内容に使用するのは L11 形式で単位は mV です。

#### READ\_VOUT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Read_vout[15:0]	データは L16 形式を使用する。 単位:V

#### READ\_VOUT のデータの内容—奇数チャンネルを設定して電流を測定する場合 (Mfr\_config\_adc\_hires = 1)

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Read_vout[15:0]	データは L11 形式を使用する。 単位:mV

#### READ\_TEMPERATURE\_1

このコマンドは、LTC2977 の内部温度センサによって測定される接合部温度 (単位:°C) の ADC による最新の測定値を返します。

#### READ\_TEMPERATURE\_1 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Read_temperature_1 [15:0]	データは L11 形式を使用する。 単位:°C

#### PMBUS\_REVISION

PMBUS\_REVISION コマンド・レジスタは読み出し専用で、LTC2977 が PMBus 標準規格 1.1 版に準拠していることを通知します。

#### PMBUS\_REVISION のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	PMBus_rev	PMBus 標準規格改訂版への準拠性を通知する。1.1 版では 0x11 に固定。



## PMBus コマンドの説明

### メーカー固有のコマンド

#### MFR\_CONFIG\_LTC2977

このコマンドは、さまざまなメーカー固有の動作パラメータをチャンネルごとに設定するために使用します。

#### MFR\_CONFIG\_LTC2977のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:14]	Mfr_config_chan_mode	チャンネル固有のシーケンシング・モードを選択する。 00 = チャンネルは PMBus 遅延シーケンシングを使用し、フォルト発生時には直ちにオフになる。 01 = チャンネルは PMBus 遅延シーケンシングを使用し、フォルト発生時にはシーケンス制御でオフになる。 1x = チャンネルはトラッキング対象電源システムのスレーブである。
b[13:12]	予備	ドントケア。常に0を返す。
b[11]	Mfr_config_fast_servo_off	出力電圧のマージニング中やトリミング中にはファースト・サーボをディスエーブルする。 0: ファースト・サーボがイネーブルされている。 1: ファースト・サーボがディスエーブルされている。
b[10]	Mfr_config_supervisor_resolution	スーパーバイザの分解能を以下のように選択する。 0: 高分解能 = 4mV/LSB、 $V_{SENSEPH} - V_{SENSEMN}$ の範囲は 0V ~ 3.8V。 1: 低分解能 = 8mV/LSB、 $V_{SENSEPH} - V_{SENSEMN}$ の範囲は 0V ~ 6.0V。
b[9]	Mfr_config_adc_hires	奇数チャンネルの ADC 分解能を選択する。通常は電流を測定するために使用される。偶数チャンネルの場合は無視される(偶数チャンネルでは常に低分解能を使用する)。 0: 低分解能 = 122 $\mu$ V/LSB 1: 高分解能 = 15.6 $\mu$ V/LSB
b[8]	Mfr_config_controln_sel	このチャンネルのアクティブ制御ピン入力 (CONTROL0 または CONTROL1) を選択する。 0: CONTROL0 ピンを選択する。 1: CONTROL1 ピンを選択する。
b[7]	Mfr_config_servo_continuous	$V_{OUT}$ が新しいマージンまたは公称目標値に到達後、デバイスが継続して出力電圧のサーボ制御を行うかどうかを選択する。Mfr_config_dac_mode = 00b の場合にのみ適用する。 0: 初期目標値到達後は $V_{OUT}$ を継続的にサーボ制御しない。 1: $V_{OUT}$ を目標値まで継続的にサーボ制御する。
b[6]	Mfr_config_servo_on_warn	警告機能に基づいて再度サーボ制御する。Mfr_config_dac_mode = 00b および Mfr_config_servo_continuous = 0 の場合にのみ適用する。 0: $V_{OUT}$ 警告しきい値に到達するか、超えた場合、デバイスが再度サーボ制御できないようにする。 1: $V_{OUT} \geq V(V_{out\_ov\_warn\_limit})$ または $V_{OUT} \leq V(V_{out\_uv\_warn\_limit})$ である場合、デバイスが $V_{OUT}$ を公称目標値に再度サーボ制御できるようにする。
b[5:4]	Mfr_config_dac_mode	チャンネルがオン状態で TON_RISE の期限が切れているときに DAC をどのように使用するかを決定する。 00: (必要に応じて) ソフト接続し、目標値にサーボ制御する。 01: DAC は接続されない。 10: MFR_DAC コマンドからの値を使用して DAC は直ちに接続される。これがリセット後または RESTORE_USER_ALL 実行後の設定である場合、MFR_DAC は未定義となり、目的の値を書き込む必要がある。 11: DAC はソフト接続される。ソフト接続が完了すると、MFR_DAC を書き込むことができる。
b[3]	Mfr_config_vo_en_wpu_en	$V_{OUT\_EN}$ ピンに電荷が注入され、電流制限プルアップ回路がイネーブルする。 0: 弱いプルアップ回路をディスエーブルする。チャンネルがオンのときに $V_{OUT\_EN}$ ピンのドライバが 3 ステートになっている。 1: チャンネルがオンのときに $V_{OUT\_EN}$ ピンに弱い電流制限プルアップ回路を使用する。 チャンネル 4 ~ 7 では、このビットはその値に関係なく 0 として扱われる。
b[2]	Mfr_config_vo_en_wpd_en	$V_{OUT\_EN}$ ピンの電流制限プルダウン回路をイネーブルする。 0: チャンネルが何らかの理由でオフの場合、高速 N チャンネル・デバイスを使用して $V_{OUT\_EN}$ ピンをプルダウンする。 1: CONTROL <sub>n</sub> ピンまたは OPERATION コマンドあるいはその両方によるソフトストップのためにチャンネルがオフになっている場合は、弱い電流制限プルダウン回路を使用して $V_{OUT\_EN}$ ピンを放電する。 チャンネルがフォルトのためにオフになっている場合は、 $V_{OUT\_EN}$ ピンの高速プルダウン回路を使用する。 チャンネル 4 ~ 7 では、このビットはその値に関係なく 0 として扱われる。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_LTC2977のデータの内容

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

### トラッキング電源のオンとオフ

LTC2977は、トラッキング・ピンを備えてトラッキング用に設定されたトラッキング電源に対応しています。トラッキング電源では、第2の帰還端子(TRACK)を使用して出力電圧を外部のマスタ電圧に合わせて調整できます。通常、外部電圧はシステム中で最も高い電圧の電源で発生され、これがスレーブ・トラック・ピンに供給されます(図13a参照)。マスタ電源をトラックする電源はマスタ電源が起動する前にイネーブルされる必要があり、マスタ電源がオフになった後にディスエーブルされる必要があります。マスタがオフの場合にスレーブ電源をイネーブルするには、スーパーバイザがスレーブをモニタして低電圧検出をディスエーブルする必要があります。トラッキングするように設定されたすべてのチャンネルは、いずれかのチャンネルのフォルト、または1つ以上のチャンネルを停止する可能性があるそれ以外のすべての状態に反応して、互いにトラッキングを停止する必要があります。あるスレーブ・チャンネルをそのRUNピンでディスエーブルするのが早すぎると、そのチャンネルが乱れた順序でシャットダウンする事態が発生する可能性があります(図13d参照)。

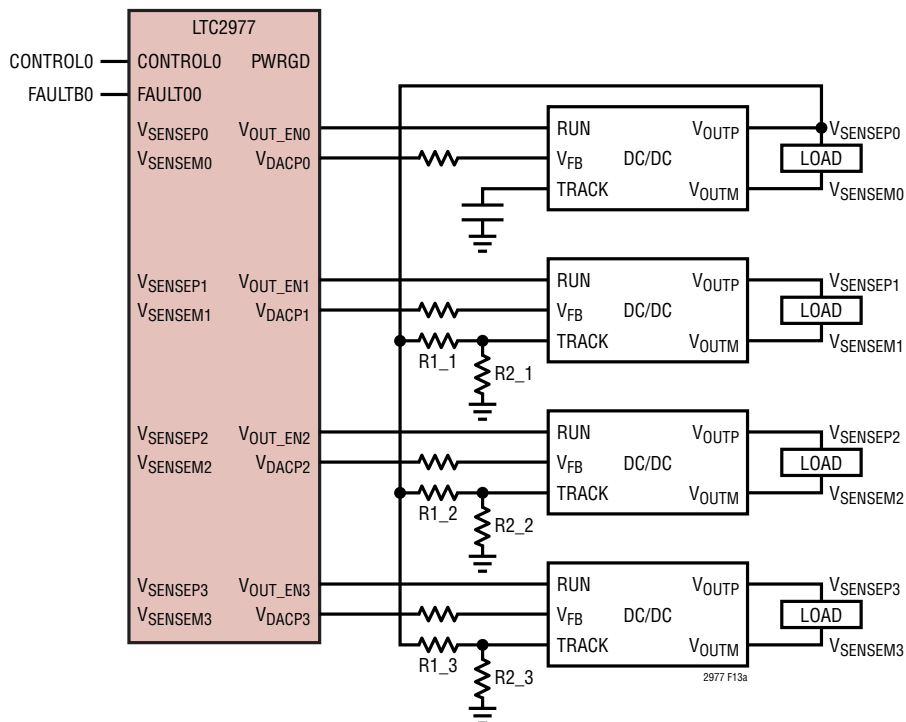


図13a. トラッキング・ピンを備えた電源を制御、監視、モニタするように設定されたLTC2977

## PMBus コマンドの説明

LTC2977の重要な特長は、マスタ電源のオン/オフをトラックするように設定されたDC/DCコンバータの制御、モニタ、および監視ができることです。

LTC2977は以下のトラッキング機能に対応しています。

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

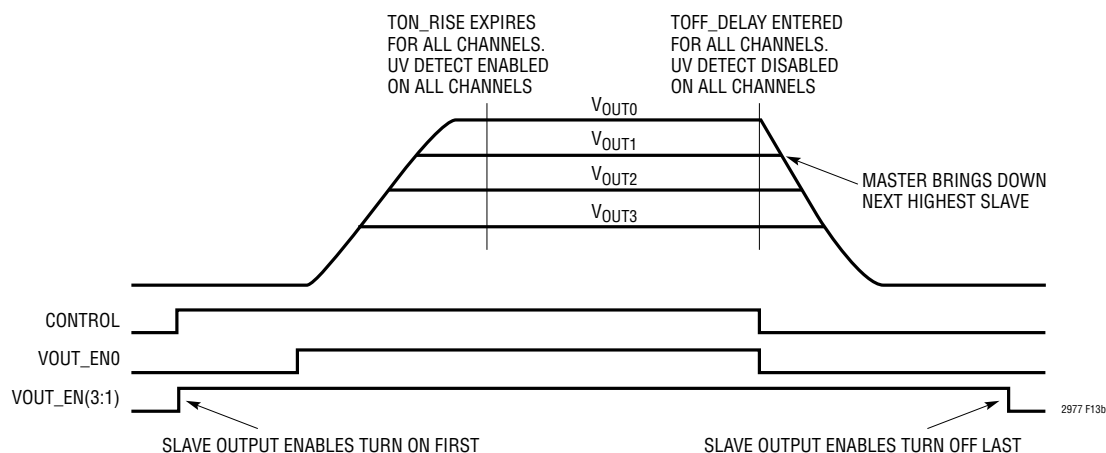


図 13b. すべての電源電圧の稼働と停止をトラッキングする制御ピン

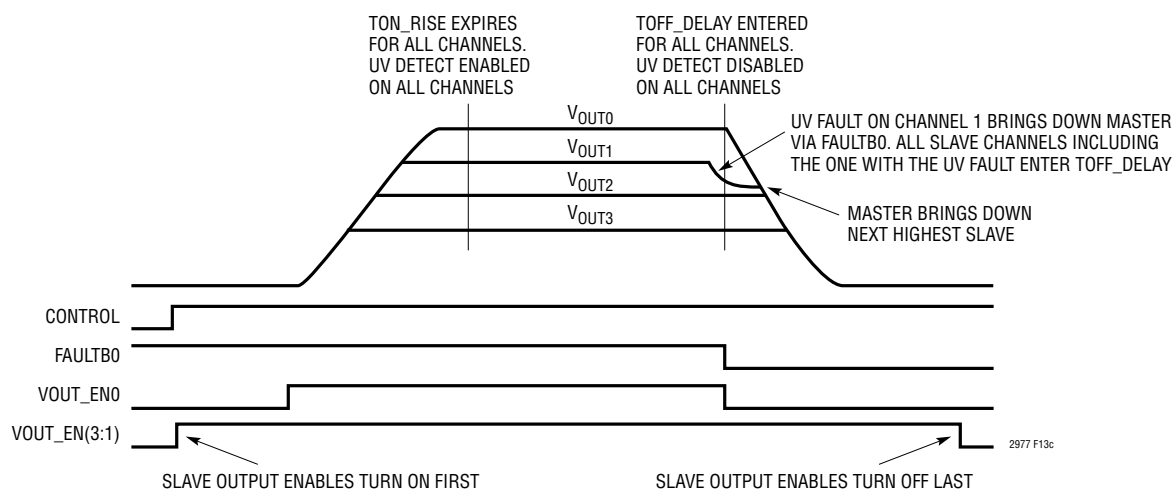


図 13c. すべての電源の停止をトラッキングするチャンネル1でのフォルト

## PMBus コマンドの説明

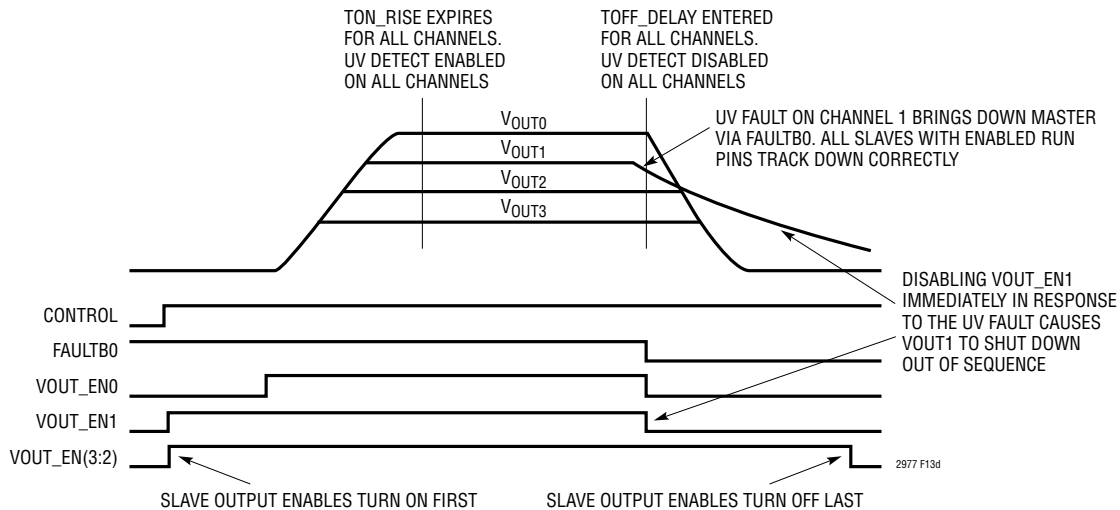


図 13d. フォルトが発生しているチャンネルでフォルトに対する応答が不適切に設定されると、トラッキングが中断する

## トラッキングの実装

LTC2977はTon\_delay、Ton\_rise、Toff\_delay、Mfr\_config\_chan\_mode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・チャンネルはすべてのスレーブ・チャンネルがオンになった後にオンになり、またすべてのスレーブ・チャンネルがオフになる前にオフになるように設定する必要があります。マスタの前にイネーブルされたスレーブは、トラッキング・ピンがこれらのスレーブがオンになるのを許容するまでオフのままになります。スレーブは、そのRUNピンがまだアサートされていてもトラッキング・ピン経由でオフになります。Ton\_riseは、VOUT\_ENピンの立ち上がりではなく、TRACKピンの立ち上がりを基準にして終了するように、スレーブ上で長くする必要があります。

Mfr\_config\_chan\_mode = 1Xbのとき、該当チャンネルには以下の動作が再設定されます。

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

以下の例では、LTC2977を1つのマスタ・チャンネルと3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\_chan\_mode = 00

スレーブ・チャンネルn

TON\_DELAY = Ton\_delay\_slave

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

## PMBus コマンドの説明

$$\text{TOFF\_DELAY} = \text{Toff\_delay\_master} + \text{Toff\_delay\_slave}$$

$$\text{Mfr\_config\_chan\_mode} = 10\text{b}$$

ここで、

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

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

制御ピンの切り替えに対するこのシステムの応答を図 13b に示します。

スレーブ・チャンネルの低電圧フォルトに対するこのシステムの応答を図 13c に示します。

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2977

このコマンドは、デバイスのすべてのチャンネルに共通のパラメータを設定するために使用します。これらはすべての PAGE 設定から設定や見直しができます。

#### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2977 のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15-13]	予備	ドントケア。常に 0 を返す
b[12]	Mfr_config_all_en_short_cycle_fault	短周期のフォルト検出をイネーブルする。詳細については、62 ページの Mfr_status_2_short_cycle_fault を参照。 0: 直前の OFF が完了する前に ON を送出してもフォルトは発生しない。 1: 直前の OFF が完了する前に ON を送出するとフォルトが発生する。
b[11]	Mfr_config_all_pwrzd_off_uses_uv	すべてのチャンネルに対して PWRGD デアサート・ソースを選択する。 0: PWRGD は、 $V_{OUT}$ が $\text{POWER\_GOOD\_OFF}$ 以下であることに基いてデアサートされる。このオプションは ADC を使用する。応答時間はおよそ 100ms ~ 200ms。 1: PWRGD は、 $V_{OUT}$ が $\text{VOUT\_UV\_LIMIT}$ 以下であることに基いてデアサートされる。このオプションは高速スーパーバイザを使用する。応答時間は約 12 $\mu$ s
b[10]	Mfr_config_all_fast_fault_log	フォルト・ログ・メモリを EEPROM に転送する前に完了する ADC 測定値の数を制御する。 0: 低速。フォルト・ログを EEPROM に転送する前に、すべての ADC 遠隔測定値を更新する。 1: 高速。遠隔測定値は、フォルト検出後 24ms 以内にフォルト・ログから EEPROM に転送される。
b[9:8]	予備	ドントケア。常に 0 を返す
b[7]	Mfr_config_all_fault_log_enable	フォルトに反応して EEPROM へのフォルト・ログをイネーブルする。 0: EEPROM へのフォルト・ログをディスエーブルする 1: EEPROM へのフォルト・ログをイネーブルする
b[6]	Mfr_config_all_vin_on_clr_faults_en	$V_{IN}$ を $\text{VIN\_ON}$ より高い電圧にして、ラッチされたすべてのフォルトをクリアする 0: $\text{VIN\_ON}$ によるフォルトのクリア機能をディスエーブルする 1: $\text{VIN\_ON}$ によるフォルトのクリア機能をイネーブルする
b[5]	Mfr_config_all_control1_pol	CONTROL1 ピンのアクティブ極性を選択する。 0: アクティブ“L” (ピンを“L”にしてデバイスを起動) 1: アクティブ“H” (ピンを“H”にしてデバイスを起動)
b[4]	Mfr_config_all_control0_pol	CONTROL0 ピンのアクティブ極性を選択する。 0: アクティブ“L” (ピンを“L”にしてデバイスを起動) 1: アクティブ“H” (ピンを“H”にしてデバイスを起動)
b[3]	Mfr_config_all_vin_share_enable	$V_{IN}$ が $\text{VIN\_ON}$ より高くなっていないとき、または $\text{VIN\_OFF}$ よりも低くなったときにこのデバイスが $\text{SHARE\_CLK}$ ピンを“L”に保てるようにする。これがイネーブルされると、このデバイスは“L”に保たれている $\text{SHARE\_CLK}$ に応答してすべてのチャンネルをオフにする。 0: $\text{SHARE\_CLK}$ の禁止をディスエーブルする 1: $\text{SHARE\_CLK}$ の禁止をイネーブルする

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2977のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[2]	Mfr_config_all_pec_en	PMBusの packets・エラー・チェックのイネーブル。 0: PECは受け付けられるが必須ではない 1: PECは必須
b[1]	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout	PMBus タイムアウト間隔を8倍にする。フォルト・ログを推奨される。 0: PMBus タイムアウトは8倍にならない 1: PMBus タイムアウトが8倍になる
b[0]	Mfr_config_all_vinen_wpu_dis	V <sub>IN_EN</sub> ピンに電荷が注入され、電流制限プルアップ回路はディスエーブルされる。 0: V <sub>IN_EN</sub> を強制的にオフにするフォルトがない限り、起動後はV <sub>IN_EN</sub> の弱い電流制限プルアップ回路を使用する。 1: 弱いプルアップ回路をディスエーブルする。V <sub>IN_EN</sub> を強制的にオフにするフォルトがない限り、V <sub>IN_EN</sub> のドライバは起動後3ステートになる。

## MFR\_FAULTBz0\_PROPAGATE、MFR\_FAULTBz1\_PROPAGATE

これらのメーカー固有のコマンドは、フォルトによってオフしているチャンネルをイネーブルし、その状態を該当するフォルト・ピンに伝えます。ページ0～3のフォルトによるオフ状態は、FAULTB00ピンおよびFAULTB01ピンにのみ伝達できます。これはゾーン0と呼ばれます。ページ4～7のフォルトによるオフ状態は、FAULTB10ピンおよびFAULTB11ピンにのみ伝達できます。これはゾーン1と呼ばれます。コマンド名にあるz指示子は、このコマンドがページによって異なるゾーンに作用することを示すために使用されます。図20を参照してください。

フォルト・ピンを“L”にしても、MFR\_FAULTBzn\_RESPONSEが0にセットされているチャンネルには効果がないので注意してください。チャンネルは中断せずに動作を続けます。このフォルトに対する応答は、LTpowerPlayではIgnore (0x0)と呼ばれます。

## MFR\_FAULTBz0\_PROPAGATEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:1]	予備	ドントケア。常に0を返す。
b[0]	Mfr_faultbz0_propagate	フォルトの伝達をイネーブルする。 ページ0～3、ゾーン0の場合 0: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB00を“L”にアサートしない。 1: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB00を“L”にアサートする。 ページ4～7、ゾーン1の場合 0: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB10を“L”にアサートしない。 1: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB10を“L”にアサートする。

## MFR\_FAULTBz1\_PROPAGATEのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:1]	予備	ドントケア。常に0を返す。
b[0]	Mfr_faultbz1_propagate	フォルトの伝達をイネーブルする。 ページ0～3、ゾーン0の場合 0: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB01を“L”にアサートしない。 1: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB01を“L”にアサートする。 ページ4～7、ゾーン1の場合 0: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB11を“L”にアサートしない。 1: チャンネルのフォルトによるオフ状態はFAULTB11を“L”にアサートする。



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PWRGD\_EN

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

### MFR\_PWRGD\_ENのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:9]	予備	読み出し専用、常に0を返す。
b[8]	Mfr_pwrzd_en_wdog	ウォッチドッグ 1=ウォッチドッグ・タイマの有効期限内ステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=ウォッチドッグ・タイマはPWRGDピンに影響しない。
b[7]	Mfr_pwrzd_en_chan7	チャンネル7 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[6]	Mfr_pwrzd_en_chan6	チャンネル6 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[5]	Mfr_pwrzd_en_chan5	チャンネル5 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[4]	Mfr_pwrzd_en_chan4	チャンネル4 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[3]	Mfr_pwrzd_en_chan3	チャンネル3 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[2]	Mfr_pwrzd_en_chan2	チャンネル2 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[1]	Mfr_pwrzd_en_chan1	チャンネル1 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。
b[0]	Mfr_pwrzd_en_chan0	チャンネル0 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積演算が行われ、PWRGDピンがいつアサートされるかが決定される。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しない。

## PMBus コマンドの説明

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

これらの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。フォルト・ゾーン0では、FAULTB00 ピンがアサートされたときにチャンネル0～3がオフするかどうかはMFR\_FAULTB00\_RESPONSEによって決まり、FAULTB01 ピンがアサートされたときにチャンネル0～3がオフするかどうかはMFR\_FAULTB01\_RESPONSEによって決まります。フォルト・ゾーン1では、FAULTB10 ピンがアサートされたときにチャンネル4～7がオフするかどうかはMFR\_FAULTB10\_RESPONSEによって決まり、FAULTB11 ピンがアサートされたときにチャンネル4～7がオフするかどうかはMFR\_FAULTB11\_RESPONSEによって決まります。FAULTB ピンに응答してチャンネルがオフすると、ALERTB ピンは“L”にアサートされ、該当のビットがSTATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタにセットされます。図での説明は、「図20. チャンネルのフォルト管理のブロック図」の左側にあるスイッチを参照してください。

#### データの内容—フォルト・ゾーン0の応答コマンド

ビット	シンボル	動作
b[7:4]	予備	読み出し専用、常に0を返す。
b[3]	Mfr_faultb00_response_chan3、 Mfr_faultb01_response_chan3	チャンネル3の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[2]	Mfr_faultb00_response_chan2、 Mfr_faultb01_response_chan2	チャンネル2の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[1]	Mfr_faultb00_response_chan1、 Mfr_faultb01_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る。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[0]	Mfr_faultb00_response_chan0、 Mfr_faultb01_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る。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。

#### データの内容—フォルト・ゾーン1の応答コマンド

ビット	シンボル	動作
b[7:4]	予備	読み出し専用、常に0を返す。
b[3]	Mfr_faultb10_response_chan7、 Mfr_faultb11_response_chan7	チャンネル7の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[2]	Mfr_faultb10_response_chan6、 Mfr_faultb11_response_chan6	チャンネル6の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[1]	Mfr_faultb10_response_chan5、 Mfr_faultb11_response_chan5	チャンネル5の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。
b[0]	Mfr_faultb10_response_chan4、 Mfr_faultb11_response_chan4	チャンネル4の応答。 0:チャンネルは中断せずに動作を続ける。 1:対応するFAULTBznピンが10 $\mu$ s経過後もアサートされている場合、チャンネルはシャットダウンする。その後にFAULTBznピンがデアサートすると、このチャンネルはTON_DELAYおよびTON_RISEの設定に従って再びオンになる。

## PMBus コマンドの説明

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

特定のチャンネルでの  $V_{OUT}$  の過電圧フォルトによって  $V_{IN\_EN}$  ピンが“L”になるかどうかがこのコマンド・レジスタによって決まります。

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

ビット	シンボル	動作
b[7]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan7	チャンネル7の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[6]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan6	チャンネル6の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[5]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan5	チャンネル5の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[4]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan4	チャンネル4の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[3]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan3	チャンネル3の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[2]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan2	チャンネル2の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[1]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan1	チャンネル1の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。
b[0]	Mfr_vinen_ov_fault_response_chan0	チャンネル0の $V_{OUT\_OV\_FAULT}$ に対する応答。 1 = 高速プルダウンによって $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルする (“L”にする)。 0 = $V_{IN\_EN}$ をディスエーブルしない。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_VINEN\_UV\_FAULT\_RESPONSE

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

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

ビット	シンボル	動作
b[7]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan7	チャンネル7のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[6]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan6	チャンネル6のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[5]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan5	チャンネル5のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[4]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan4	チャンネル4のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[3]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan3	チャンネル3のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[2]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan2	チャンネル2のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[1]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan1	チャンネル1のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。
b[0]	Mfr_vinen_uv_fault_response_chan0	チャンネル0のV <sub>OUT_UV_FAULT</sub> に対する応答。 1 = 高速プルダウンによってV <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルする(“L”にする)。 0 = V <sub>IN_EN</sub> をディスエーブルしない。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_RETRY\_COUNT

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

同じチャンネルに再試行フォルトが複数あるか、繰り返し起こる場合、再試行の総数は MFR\_RETRY\_COUNT に等しくなります。チャンネルがフォルトによってオフになることが6秒間発生しなかった場合、その再試行カウンタはクリアされます。チャンネルの CONTROL ピンをオフしてからオンに切り替えるか、OPERATION のオフ・コマンドを出してからオン・コマンドを出すと、再試行カウンタは同期的にクリアされます。MFR\_RETRY\_COUNT に書き込むと、すべてのチャンネルの再試行カウンタはクリアされます。

### MFR\_RETRY\_COUNT のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:3]	予備	常にゼロを返す。
b[2:0]	Mfr_retry_count [2:0]	0: 再試行なし: 1-6: 再試行の数。 7: 再試行数無制限。

### MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、LTC2977 がフォルト状態に回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。

### MFR\_RETRY\_DELAY のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_retry_delay	データは L11 形式を使用する。 この遅延は SHARE_CLK のみを使用してカウントされる。 遅延は 200 $\mu$ s ごとに丸められる。 単位: ms、最大遅延時間は 13.1 秒。

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドは、CONTROL ピンで開始される再起動の最小オフ時間を設定します。CONTROL ピンを 10 $\mu$ s 以上オフに切り替えてから、オンにすると、依存するすべ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<sub>n</sub> ピンの遷移のうちオフ時間が Mfr\_restart\_delay を超えるものは、このコマンドの影響を受けません。この機能は値をすべてゼロにするとディスエーブルされます。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。

### MFR\_RESTART\_DELAY のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_restart_delay	データは L11 形式を使用する。 この遅延は SHARE_CLK のみを使用してカウントされる。 遅延は 200 $\mu$ s ごとに丸められる。 単位: ms、最大遅延時間は 13.1 秒。

# LTC2977

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_VOUT\_PEAK

このコマンドは、チャンネルの出力電圧のADCによる最大の測定値を返します。このコマンドは、電流を測定するよう設定されている奇数チャンネルではサポートされません。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0xF800(0.0)にリセットされます。

### MFR\_VOUT\_PEAKのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_vout_peak[15:0]	データはL16形式を使用する。 単位:V

### MFR\_VIN\_PEAK

このコマンドは、入力電圧のADCによる最大の測定値を返します。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0x7C00(-2<sup>25</sup>)にリセットされます。

### MFR\_VIN\_PEAKのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_vin_peak[15:0]	データはL11形式を使用する。 単位:V

### MFR\_TEMPERATURE\_PEAK

このコマンドは、LTC2977の内部温度センサによって測定される接合部温度(単位:°C)のADCによる最大の測定値を返します。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0x7C00(-2<sup>25</sup>)にリセットされます。

### MFR\_TEMPERATURE\_PEAKのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_temperature_peak[15:0]	データはL11形式を使用する。 単位:°C。



## 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の経過後で、MFR\_CONFIG\_LTC2977 b[5:4] = 10bまたは11bにする必要があります。MFR\_CONFIG\_LTC2977 b[5:4] = 10bを書き込むと、DACはMfr\_dac\_direct\_valの値とハード接続するよう命令されます。b[5:4] = 11bを書き込むと、DACはソフト接続するよう命令されます。いったんDACがソフト接続すると、Mfr\_dac\_direct\_valは、電源を乱すことなくDACに接続できる値を返します。MFR\_CONFIG\_LTC2977 b[5:4] = 00bまたは01bの場合、MFR\_DACの書き込み内容は無視されます。

### MFR\_DACのデータの内容

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

### MFR\_POWERGOOD\_ASSERTION\_DELAY

このコマンド・レジスタを使用すると、内部パワーグッド信号が有効になってからパワーグッド出力がアサートされるまでの遅延をプログラムすることができます。この遅延は、SHARE\_CLKが使用可能であればSHARE\_CLKを使用してカウントされ、それ以外の場合には内部発振器が使用されます。この遅延は内部で13.1秒に制限されており、200 $\mu$ sごとに丸められています。このコマンドからの読み出し値は常に最後に書き込まれた値を返し、内部の制限値は反映しません。

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

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

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_powergood_assertion_delay	データはL11形式を使用する。 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る。 遅延は200 $\mu$ sごとに丸められる。 単位: ms、最大遅延時間は13.1秒。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_PADS

MFR\_PADS コマンドは、低周波数のデジタル・パッド(ピン)への読み出し専用アクセスを実行します。ビット [9:0] に示された入力値は、デグリッチ処理ロジック実行前の値です。

## MFR\_PADS のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15]	Mfr_pads_pwrzd_drive	0 = PWRGD パッドはこのデバイスによって“L”に駆動される 1 = PWRGD パッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない
b[14]	Mfr_pads_alertb_drive	0 = ALERTB パッドはこのデバイスによって“L”に駆動される 1 = ALERTB パッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない
b[13:10]	Mfr_pads_faultb_drive[3:0]	以下に示すように、FAULTB00 パッドにはビット [3] が使用され、FAULTB01 パッドにはビット [2] が使用され、FAULTB10 パッドにはビット [1] が使用され、FAULTB11 パッドにはビット [0] が使用される。 0 = FAULTBzn パッドはこのデバイスによって“L”に駆動される 1 = FAULTBzn パッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない
b[9:8]	Mfr_pads_asel1[1:0]	11: ASEL1 入力パッドでロジック“H”が検出された 10: ASEL1 入力パッドはフロート状態 01: 予備 00: ASEL1 入力パッドでロジック“L”が検出された
b[7:6]	Mfr_pads_asel0[1:0]	11: ASELO 入力パッドでロジック“H”が検出された 10: ASELO 入力パッドはフロート状態 01: 予備 00: ASELO 入力パッドでロジック“L”が検出された
b[5]	Mfr_pads_control1	1: CONTROL1 パッドでロジック“H”が検出された 0: CONTROL1 パッドでロジック“L”が検出された
b[4]	Mfr_pads_control0	1: CONTROL0 パッドでロジック“H”が検出された 0: CONTROL0 パッドでロジック“L”が検出された
b[3:0]	Mfr_pads_faultb[3:0]	以下に示すように、FAULTB00 パッドにはビット [3] が使用され、FAULTB01 パッドにはビット [2] が使用され、FAULTB10 パッドにはビット [1] が使用され、FAULTB11 パッドにはビット [0] が使用される。 1: FAULTBzn パッドでロジック“H”が検出された 0: FAULTBzn パッドでロジック“L”が検出された

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_SPECIAL\_ID

このレジスタにはLTC2977のメーカIDが格納されています。

#### MFR\_SPECIAL\_IDのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_special_id	読み出し専用、常に0x0130を返す。

### MFR\_SPECIAL\_LOT

これらのページ化レジスタには、製造時にプログラムされたユーザ設定を識別する情報が格納されています。製造時にプログラムされるユーザ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\_SPECIAL\_LOTのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Mfr_special_lot	リニアテクノロジーのデフォルトの特殊ロット番号が格納されています。製造時にプログラムされる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\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD

このレジスタには、関連付けられた出力のオフしきい値電圧を決定するためにVOUT\_COMMANDに掛ける係数が格納されています。チャンネルがオン状態への移行/再移行を指示される前に、出力電圧がMFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD・VOUT\_COMMANDより低くならない場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタのStatus\_mfr\_dischargeビットがセットされ、ALERTBピンは“L”にアサートされます。さらに、出力がオフしきい値電圧より低くなるまでチャンネルはオン状態に移行しません。これを1.0よりも大きな値にセットすると、DISCHARGE\_THRESHOLDの検査が実質的にディスエーブルされ、チャンネルはその電圧がまったく低下していない場合でもオンに戻ることができます。

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

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

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_vout_discharge_threshold	データはL11形式を使用する。 単位:無次元、このレジスタには係数が格納される。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_COMMON

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

これは、デバイスが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、デバイスがいつPMBusコマンドを処理できるかを調べることができます。ビジー状態のデバイスは、そのアドレスに対して常にアクノリッジを返しますが、直ちには処理できないコマンドを受け取ったときはコマンド・バイトに対してNACKを返し、Status\_byte\_busyとStatus\_word\_busyをセットします。

### MFR\_COMMONのデータの内容

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

### USER\_DATA\_00、USER\_DATA\_01、USER\_DATA\_02、USER\_DATA\_03、USER\_DATA\_04、MFR\_LTC\_RESERVED\_1、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ために取っておかれる場所として提供されている。

USER\_DATA\_00、USER\_DATA\_01、MFR\_LTC\_RESERVED\_1、およびMFR\_LTC\_RESERVED\_2は、すべてメーカー用の予備です。こうした用途には、メーカーのトレーサビリティ情報やLTpowerPlay機能などがあり、後者はユーザのEEPROMを設定するためのCRCの計算や記憶のような機能です。

USER\_DATA\_02はOEM用の予備です。これらの2バイトはOEMのトレーサビリティ情報またはリビジョン情報用として使用される場合があります。

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18バイト(1つの非ページ化ワード+8つのページ化ワード)は、シリアル番号、基板モデル番号、組み立て場所、組み立て日などのトレーサビリティ情報またはリビジョン情報用として使用される場合があります。

ユーザとOEMのすべてのスクラッチパッド・レジスタは、STORE\_USER\_ALLコマンドを使用してEEPROMに格納でき、RESTORE\_USER\_ALLコマンドを使用してEEPROMから呼び出すことができます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_VOUT\_MIN

このコマンドは、チャンネルの出力電圧のADCによる最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0xFFFF (7.999) にリセットされます。奇数チャンネルを設定して電流を測定する場合、このコマンドはサポートされません。低電圧検出がディスエーブルされている場合、たとえば下方マージン(フォルトおよび警告を無視)がイネーブルされている場合、更新はディスエーブルされます。

#### MFR\_VOUT\_MINのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_vout_min	データはL16形式を使用する。 単位:V

### MFR\_VIN\_MIN

このコマンドは、入力電圧のADCによる最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0x7BFF (約 $2^{25}$ ) にリセットされます。入力電圧が不十分なためデバイスがオフになっている場合、更新はディスエーブルされます。

#### MFR\_VIN\_MINのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_vin_min	データはL11形式を使用する。 単位:V。

### MFR\_TEMPERATURE\_MIN

このコマンドは、LTC2977の内部温度センサによって測定される接合部温度(単位:°C)のADCによる最小の測定値を返します。このレジスタは、LTC2977がパワーオン・リセットから戻るか、またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行されると、0x7BFF (約 $2^{25}$ ) にリセットされます。

#### MFR\_TEMPERATURE\_MINのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_temperature_min	データはL11形式を使用する。 単位:°C

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_STATUS\_2

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

## MFR\_STATUS\_2 のデータの内容

ビット	シンボル	動作	STICKY	ALERT	CHANNEL
b[15:3]	予備	読み出し専用、常に0を返す。			
b[2]	Mfr_status_2_short_cycle_fault	1: このチャンネルは、シーケンス・オフを終了する前にユーザによってオンを指示されていた。 0: このチャンネルには短い周期のフォルトは発生していない。	Yes	Yes	現行ページ
b[1]	Mfr_status_2_vinen_drive	1: VIN_EN パッドはこのデバイスによって“L”に駆動される。 0: VIN_EN パッドはこのデバイスによって“L”に駆動されない。	No	No	All
b[0]	Mfr_status_2_vin_caused_off	1: VIN_SNS が VIN_OFF しきい値より低くなったのでこのチャンネルはオフした。 0: VIN_SNS によってこのチャンネルがオフになることはない。	Yes	No	現行ページ

短周期のフォルト検出を使用して、ユーザが OFF コマンドを出した直後に ON コマンドを出したときにオン・シーケンス動作が順不同にならないようにします。早い段階で ON コマンドを受け取ったとき、一部のチャンネルが依然 OFF 遅延を終了中の場合、これらのチャンネルがオンに戻るのに長時間を要することがあります。このフォルトはシーケンス中のすべてのチャンネルに伝えて、クリーンなオン・シーケンスを確保する必要があります。チャンネルは短周期のフォルトを検出すると、Mfr\_status\_2\_short\_cycle\_fault、Status\_word\_mfr、Status\_word\_high\_byte をセットして ALERTB を“L”にします。また、このチャンネルはフォルトによってオフになり、ユーザが OFF-THEN-ON シーケンスを出すか、デバイスをリセットするまでオフ状態のままになります。短周期のフォルトでは、フォルト再試行はサポートされていません。

Mfr\_status\_2\_vinen\_drive は、このデバイスの VIN\_EN パッド・ドライバの現在のステータスを示します。これは CLEAR\_FAULTS コマンドには影響されず、これがセットされたとき、これ以外のステータス・ビットは影響を受けません。

Mfr\_status\_2\_vin\_caused\_off は、VIN\_SNS が VIN\_OFF しきい値より低くなったのでこのチャンネルがオフしたことを示します。Status\_word\_mfr と Status\_word\_high\_byte は同時にセットされますが、ALERTB はアサートされません。その後 VIN\_SNS が VIN\_ON より高くなり、このチャンネルがオンに戻ると Mfr\_status\_2\_vin\_caused\_off はアサートされたままになり、Mfr\_config\_all\_vin\_on\_clr\_faults\_en の値に関係なくトランジェントが記録されます。



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_TELEMETRY

この読み出し専用コマンドでは、49 バイトのブロック読み出し 1 回ですべての出力チャンネルの遠隔測定データを効率的にポーリングできます。

### MFR\_TELEMETRY データ・ブロックの内容

データ	バイト *
Status_word0[7:0]	0
Status_word0[15:8]	1
Status_vout0	2
Status_mfr0	3
Read_vout0[7:0]	4
Read_vout0[15:8]	5
Status_word1[7:0]	6
Status_word1[15:8]	7
Status_vout1	8
Status_mfr1	9
Read_vout1[7:0]	10
Read_vout1[15:8]	11
Status_word2[7:0]	12
Status_word2[15:8]	13
Status_vout2	14
Status_mfr2	15
Read_vout2[7:0]	16
Read_vout2[15:8]	17
Status_word3[7:0]	18
Status_word3[15:8]	19
Status_vout3	20
Status_mfr3	21

Read_vout3[7:0]	22
Read_vout3[15:8]	23
Status_word4[7:0]	24
Status_word4[15:8]	25
Status_vout4	26
Status_mfr4	27
Read_vout4[7:0]	28
Read_vout4[15:8]	29
Status_word5[7:0]	30
Status_word5[15:8]	31
Status_vout5	32
Status_mfr5	33
Read_vout5[7:0]	34
Read_vout5[15:8]	35
Status_word6[7:0]	36
Status_word6[15:8]	37
Status_vout6	38
Status_mfr6	39
Read_vout6[7:0]	40
Read_vout6[15:8]	41
Status_word7[7:0]	42
Status_word7[15:8]	43
Status_vout7	44
Status_mfr7	45
Read_vout7[7:0]	46
Read_vout7[15:8]	47
予備	48

\* 注記: PMBus データのバイト数は 0 ではなく 1 から始まります。Status\_word0[7:0] は BYTE COUNT = 0x31 の実行後に返される最初のバイトです。ブロック読み出しプロトコルを参照してください。

## PMBus コマンドの説明

### ウォッチドッグの動作

MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタにゼロ以外を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはリセットされます。WDI/RESETBピンの“L”から“H”への遷移によってもウォッチドッグ・タイマはリセットされます。タイマの期限が切れると、ALERTBがアサートされ、PWRGD出力が必要に応じてデアサートされた後、MFR\_PWRGD\_ASSERTION\_DELAY ms経過後に再度アサートされます。MFR\_WATCH\_DOG\_TまたはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0を書き込むとタイマはディスエーブルされます。

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

MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタを使用すると、PWRGDピンのアサートに続く最初のウォッチドッグ・タイマ間隔をプログラムすることができます。このとき、PWRGD信号はウォッチドッグ・タイマのステータスを反映することを前提としています。PWRGDのアサートがウォッチドッグ・タイマのステータスによって調整されない場合、MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTはタイマがイネーブルされた後の最初のタイミング間隔に適用されます。MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0msの値を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはディスエーブルされます。

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

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。

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

ビット	シンボル	動作
b[15:0]	Mfr_watchdog_t_first Mfr_watchdog_t	データはL11形式を使用する。 これらのタイマは内部クロック上で動作する。Mfr_watchdog_tタイマは、SHARE_CLKが動作している場合、SHARE_CLKと一致する。 遅延時間はMfr_watchdog_tの場合は10 $\mu$ sごとに、Mfr_watchdog_t_firstの場合は1msごとに丸められる。 Mfr_watchdog_tレジスタまたはMfr_watchdog_t_firstレジスタの値としてYの代わりにゼロを書き込むと、ウォッチドッグ・タイマはディスエーブルされる。 単位:ms、タイムアウトの最大値はMfr_watchdog_tの場合は0.6秒で、Mfr_watchdog_t_firstの場合は65秒。

## PMBus コマンドの説明

### ユーザのEEPROM 領域の一括プログラミング

MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATA の各コマンドは、サードパーティのEEPROM プログラミング会社やエンドユーザに対して、PMBus コマンド間の順序依存性や遅延に関係なく LTC2977 を簡単にプログラムする方法を提供します。すべてのデータ伝送はEEPROM との間で直接行われ、現在デバイスを設定している揮発性 RAM 領域には影響を与えません。

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

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

### MFR\_EE\_UNLOCK

MFR\_EE\_UNLOCK コマンドは、通常動作時にEEPROM に誤ってアクセスすることを防ぎ、一括初期化、順次書き込みまたは読み出しに必要なEEPROM 一括プログラミング・モードを設定します。MFR\_EE\_UNLOCK は書き込み保護によって提供される保護機能を補います。必要な動作のためにデバイスをアンロックすると、内部のアドレス・ポインタがリセットされ、一連の MFR\_EE\_DATA 読み出しまたは書き込みによって、ブロック読み出しやブロック書き込みと同様にデータを順次転送できるようになります。MFR\_EE\_UNLOCK コマンドは、希望のエラー保護レベルに応じて PEC モードをクリアまたは設定できます。MFR\_EE\_UNLOCK シーケンスは、2 バイトの書き込みコマンドを使用した2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の読み出しまたは書き込み操作のためにユーザEEPROM領域をアンロックするには: 0x2b を書き込み、次いで 0xd4 を書き込む。</p> <p>PECを必要とするMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読み出しまたは書き込み操作のためにユーザEEPROM領域をアンロックするには: 0x2b を書き込み、次いで 0xd5 を書き込む。</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 を書き込む。</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 を書き込む。</p>

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_EE\_ERASE

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

#### MFR\_EE\_ERASE のデータの内容

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

### MFR\_EE\_DATA

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

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

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

Mfr\_ee\_data 読み出しと書き込みは一緒に使用できません。

#### MFR\_EE\_DATA のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:0]	Mfr_ee_data[7:0]	ユーザの領域を読み出す方法 1)適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用し、PEC ありまたは PEC なしで Mfr_ee_data コマンド用に設定する。 2)Mfr_ee_data[0] = PackingId (MFR に固有の ID)を読み込む。 3)Mfr_ee_data[1] = NumberOfUserWords (利用できる 16ビットワードの総数)を読み出す。 4)Mfr_ee_data[2] から Mfr_ee_data[NumberOfUserWords+1] まで (ユーザ EEPROM のデータの内容)を読み出す。 ユーザの領域に書き込む方法 1)MFR_EE_ERASE コマンドで説明した手順を使用してユーザ・メモリを初期化する。 2)適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用し、PEC ありまたは PEC なしで Mfr_ee_data コマンド用に設定する。 3)Mfr_ee_data[0] から Mfr_ee_data[NumberOfUserWords-1] まで (書き込む予定のユーザ EEPROM データの内容)を書き込む。 このデバイスは、以下に詳述する仕組みにより、EEPROM の消去でビジー状態であることを示す。

## PMBus コマンドの説明

### デバイスがビジーな場合の応答

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

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

### MFR\_EE の消去および書き込みのプログラム時間

ワードあたりのプログラム時間は標準で 0.17ms なので、I<sup>2</sup>C/SMBus での書き込み間隔を 0.17ms より長くして、書き込みが完了したことを保証することが必要です。Mfr\_ee\_erase コマンドには約 400ms かかります。ハンドシェーキングに MFR\_COMMON を使用することを推奨します。

### フォルト・ログの動作

フォルト・ログの概念図を図 14 に示します。フォルト・ログは LTC2977 にブラックボックス機能を与えます。通常動作中、ステータス・レジスタの内容、出力電圧の測定値、温度の測定値、ならびにこれらのピーク値と最小値は、継続的に更新される RAM のバッファに格納されます。この動作は帯形記録計と類似していると考えられます。フォルトが発生すると、その内容は不揮発性記憶装置としての EEPROM に書き込まれます。その後 EEPROM のフォルト・ログはロックされます。デバイスの電源を切ってもこのフォルト・ログはまた後で読み出すことができます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

このコマンドを使用すると、RAM バッファから EEPROM へデータを転送することができます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE

このコマンドを使用すると、EEPROM から RAM バッファへフォルト・ログ・データのコピーを転送することができます。復元後、MFR\_FAULT\_LOG 読み出しまたは MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR が正常終了するまで RAM バッファはロックされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR

このコマンドを使用すると、フォルト・ログの予備として確保されたEEPROMブロックが初期化されます。EEPROMに以前から格納されていたフォルト・ログはこの操作によって消去され、フォルト・ログ用RAMからEEPROMへのログ記録がイネーブルされます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS

読み出し専用。このレジスタはフォルト・ログ・イベントの管理に使用されます。

MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドまたはフォルトによってオフしたイベントによってRAMからEEPROMへのフォルト・ログの転送が開始されると、Mfr\_fault\_log\_status\_eeprom がセットされます。このビットはMFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドによってクリアされます。

MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE の後にはMfr\_fault\_log\_status\_ram がセットされ、RAMのデータがEEPROMから復元されたことと、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が示されます。このビットは、MFR\_FAULT\_LOG コマンドを正常に実行するか、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドを正常に実行すればクリアされます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUSのデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[1]	Mfr_fault_log_status_ram	フォルト・ログRAMのステータス: 0: フォルト・ログRAMは更新可能。 1: フォルト・ログRAMは、次回のMFR_FAULT_LOG読み出しまでロックされる。
b[0]	Mfr_fault_log_status_eeprom	フォルト・ログEEPROMのステータス: 0: フォルト・ログRAMからEEPROMへの転送はイネーブルされている。 1: フォルト・ログRAMからEEPROMへの転送は禁止されている。

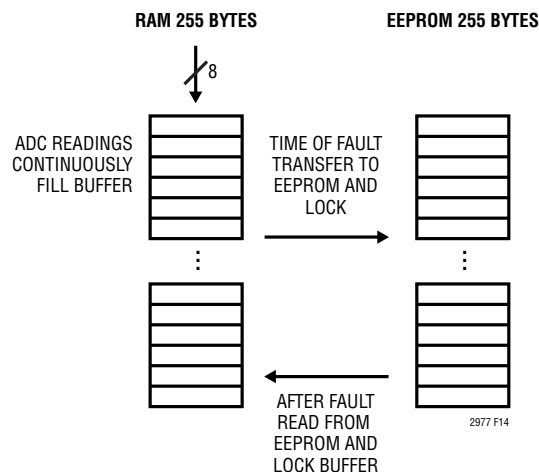


図 14. フォルト・ログの概念図



## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG

読み出し専用。この2040ビット(255バイト)のデータ・ブロックには、RAMバッファのフォルト・ログのコピーが入っています。RAMバッファはMfr\_fault\_log\_status\_ramがクリアされている限り、各A/D変換後、継続的に更新されます。

Mfr\_config\_all\_fault\_log\_enable = 1 および Mfr\_fault\_log\_status\_eeprom = 0 の場合は、LTC2977 のフォルトによってチャンネルがラッチオフするか、または MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドを受け取ると、RAM バッファのデータは必ず EEPROM に転送されます。この転送は、Mfr\_config\_all\_fast\_fault\_log がクリアされると、ADC がすべてのチャンネルの READ 値を更新するまで遅延されます。それ以外の場合は 24ms 以内に転送されます。このオプションの遅延を使用することにより、高速のスーパーバイザが検出したフォルトが EEPROM への転送を開始した場合に、ADC がモニタする、更新の遅い値がすべて確実に更新されるようにすることができます。

RAM バッファのデータが EEPROM に転送されると、Mfr\_fault\_log\_status\_eeprom は“H”にセットされ、LTC2977 がリセットされるか LTC2977 の電源を切断しても、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR を受け取るまではクリアされません。Status\_mfr\_discharge のイベントの結果としてフォルト・ログ EEPROM の転送が開始されることはありません。

MFR\_FAULT\_LOG の読み出し中、データは以下の表に定義されているように返されます。フォルト・ログのデータは2つの部分に分かれています。最初の部分はプリアンブルと呼ばれ、Position\_last ポインタ、時間情報、ピーク値、および最小値が入っています。2番目の部分には遠隔測定データの時系列的記録が入っており、適切に解釈するには Position\_last が必要です。フォルト・ログには約0.5秒相当の遠隔測定データが格納されています。ブロック読み出し中にタイムアウトが発生しないように、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout は1にセットすることを推奨します。

## PMBus コマンドの説明

表2. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Position_last[7:0]	0	フォルトが発生したときの フォルト・ログ・ポインタの位置
Cyclic_data_valid_count[7:0]	1	巡回データの有効なバイト数。 0xFF はすべての巡回データが 有効であることを示す。
SharedTime[7:0]	2	フォルト発生時の41ビット
SharedTime[15:8]	3	共有クロック・カウンタの値。
SharedTime[23:16]	4	カウンタのLSBは200 $\mu$ s刻み。
SharedTime[31:24]	5	このカウンタは、起動時または LTC2977のリセット後にクリア される
SharedTime[39:32]	6	
SharedTime[40]	7	
Mfr_vout_peak0[7:0]	8	
Mfr_vout_peak0[15:8]	9	
Mfr_vout_min0[7:0]	10	
Mfr_vout_min0[15:8]	11	
Mfr_vout_peak1[7:0]	12	
Mfr_vout_peak1[15:8]	13	
Mfr_vout_min1[7:0]	14	
Mfr_vout_min1[15:8]	15	
Mfr_vin_peak[7:0]	16	
Mfr_vin_peak[15:8]	17	
Mfr_vin_min[7:0]	18	
Mfr_vin_min[15:8]	19	
Mfr_vout_peak2[7:0]	20	
Mfr_vout_peak2[15:8]	21	
Mfr_vout_min2[7:0]	22	
Mfr_vout_min2[15:8]	23	
Mfr_vout_peak3[7:0]	24	
Mfr_vout_peak3[15:8]	25	
Mfr_vout_min3[7:0]	26	
Mfr_vout_min3[15:8]	27	
Mfr_temp_peak[7:0]	28	
Mfr_temp_peak[15:8]	29	
Mfr_temp_min[7:0]	30	
Mfr_temp_min[15:8]	31	
Mfr_vout_peak4[7:0]	32	
Mfr_vout_peak4[15:8]	33	
Mfr_vout_min4[7:0]	34	
Mfr_vout_min4[15:8]	35	
Mfr_vout_peak5[7:0]	36	
Mfr_vout_peak5[15:8]	37	
Mfr_vout_min5[7:0]	38	
Mfr_vout_min5[15:8]	39	

表2. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Mfr_vout_peak6[7:0]	40	
Mfr_vout_peak6[15:8]	41	
Mfr_vout_min6[7:0]	42	
Mfr_vout_min6[15:8]	43	
Mfr_vout_peak7[7:0]	44	
Mfr_vout_peak7[15:8]	45	
Mfr_vout_min7[7:0]	46	
Mfr_vout_min7[15:8]	47	
Status_vout0	48	
Status_mfr0	49	
Mfr_status_2_0[7:0]	50	保管されない予備ビット [15:8]
Status_vout1	51	
Status_mfr1	52	
Mfr_status_2_1[7:0]	53	
Status_vout2	54	
Status_mfr2	55	
Mfr_status_2_2[7:0]	56	
Status_vout3	57	
Status_mfr3	58	
Mfr_status_2_3[7:0]	59	
Status_vout4	60	
Status_mfr4	61	
Mfr_status_2_4[7:0]	62	
Status_vout5	63	
Status_mfr5	64	
Mfr_status_2_5[7:0]	65	
Status_vout6	66	
Status_mfr6	67	
Mfr_status_2_6[7:0]	68	
Status_vout7	69	
Status_mfr7	70	
Mfr_status_2_7[7:0]	71	
		プリアンプ用の72バイト
Fault_log [Position_last]	72	巡回データの開始
Fault_log	73	
.		
.		
.		
Fault_log	237	最後の有効バイト
予備	238-254	

巡回データのループの数:  $(238-72)/46 = 3.6$

\* 注記: PMBus データのバイト数は0ではなく1から始まります。Position\_last は、BYTE COUNT = 0xFF の後に返される最初のバイトです。ブロック読み出しプロトコルを参照してください。

## PMBus コマンドの説明

前の表のバイト 72～237 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 72 を識別するためのキーは、次の表で POSITION = Position\_last に対応する DATA を見つけることです。それに続くバイトは、POSITION の値を減らして識別できます。例：Position\_last = 11 である場合、ブロック読み出しのバイト位置 72 に返される最初のデータは Read\_vin[15:8] であり、その後に Read\_vin[7:0] と 1 ページの Mfr\_status\_2 が続きます。表 3 を参照してください。

表 3. 巡回ループの解釈

POSITION	DATA
0	Read_vout0[7:0]
1	Read_vout0[15:8]
2	Status_vout0
3	Status_mfr0
4	Mfr_status_2_0[7:0]
5	Read_vout1[7:0]
6	Read_vout1[15:8]
7	Status_vout1
8	Status_mfr1
9	Mfr_status_2_1[7:0]
10	Read_vin[7:0]
11	Read_vin[15:8]
12	Status_vin
13	Read_vout2[7:0]
14	Read_vout2[15:8]
15	Status_vout2
16	Status_mfr2
17	Mfr_status_2_2[7:0]
18	Read_vout3[7:0]
19	Read_vout3[15:8]
20	Status_vout3
21	Status_mfr3
22	Mfr_status_2_3[7:0]
23	Read_temperature_1[7:0]
24	Read_temperature_1[15:8]
25	Status_temp
26	Read_vout4[7:0]
27	Read_vout4[15:8]
28	Status_vout4
29	Status_mfr4
30	Mfr_status_2_4[7:0]
31	Read_vout5[7:0]
32	Read_vout5[15:8]
33	Status_vout5

表 3. 巡回ループの解釈

POSITION	DATA
34	Status_mfr5
35	Mfr_status_2_5[7:0]
36	Read_vout6[7:0]
37	Read_vout6[15:8]
38	Status_vout6
39	Status_mfr6
40	Mfr_status_2_6[7:0]
41	Read_vout7[7:0]
42	Read_vout7[15:8]
43	Status_vout7
44	Status_mfr7
45	Mfr_status_2_7[7:0]
	合計バイト = 46

この動作の周期的な性質を理解するために、次の表ではフォルト・ログの読み出しサンプルを完全に解釈します。

MFR\_FAULT\_LOG データ・ブロックの内容

プリアンプル情報				
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] = 11	フォルトが発生したときのフォルト・ログ・ポインタの位置。
1	01		Cyclic_data_valid_count[7:0] = 160	巡回データの最後の 6 バイトは無効
2	02		SharedTime[7:0]	フォルト発生時の 41 ビット共有クロック・カウンタの値。カウンタの LSB は 200µs 刻み。
3	03		SharedTime[15:8]	
4	04		SharedTime[23:16]	
5	05		SharedTime[31:24]	
6	06		SharedTime[39:32]	
7	07		SharedTime[40]	
8	08		Mfr_vout_peak0[7:0]	
9	09		Mfr_vout_peak0[15:8]	
10	0A		Mfr_vout_min0[7:0]	
11	0B		Mfr_vout_min0[15:8]	
12	0C		Mfr_vout_peak1[7:0]	
13	0D		Mfr_vout_peak1[15:8]	
14	0E		Mfr_vout_min1[7:0]	
15	0F		Mfr_vout_min1[15:8]	

## PMBus コマンドの説明

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	データ	説明
16	10	Mfr_vin_peak[7:0]	
17	11	Mfr_vin_peak[15:8]	
18	12	Mfr_vin_min[7:0]	
19	13	Mfr_vin_min[15:8]	
20	14	Mfr_vout_peak2[7:0]	
21	15	Mfr_vout_peak2[15:8]	
22	16	Mfr_vout_min2[7:0]	
23	17	Mfr_vout_min2[15:8]	
24	18	Mfr_vout_peak3[7:0]	
25	19	Mfr_vout_peak3[15:8]	
26	1A	Mfr_vout_min3[7:0]	
27	1B	Mfr_vout_min3[15:8]	
28	1C	Mfr_temp_peak[7:0]	
29	1D	Mfr_temp_peak[15:8]	
30	1E	Mfr_temp_min[7:0]	
31	1F	Mfr_temp_min[15:8]	
32	20	Mfr_vout_peak4[7:0]	
33	21	Mfr_vout_peak4[15:8]	
34	22	Mfr_vout_min4[7:0]	
35	23	Mfr_vout_min4[15:8]	
36	24	Mfr_vout_peak5[7:0]	
37	25	Mfr_vout_peak5[15:8]	
38	26	Mfr_vout_min5[7:0]	
39	27	Mfr_vout_min5[15:8]	
40	28	Mfr_vout_peak6[7:0]	
41	29	Mfr_vout_peak6[15:8]	
42	2A	Mfr_vout_min6[7:0]	
43	2B	Mfr_vout_min6[15:8]	
44	2C	Mfr_vout_peak7[7:0]	
45	2D	Mfr_vout_peak7[15:8]	
46	2E	Mfr_vout_min7[7:0]	
47	2F	Mfr_vout_min7[15:8]	
48	30	Status_vout0	
49	31	Status_mfr0	
50	32	Mfr_status_2_0[7:0]	
51	33	Status_vout1	

バイト数 (10進数)	バイト数 (16進数)	データ	説明
52	34	Status_mfr1	
53	35	Mfr_status_2_1[7:0]	
54	36	Status_vout2	
55	37	Status_mfr2	
56	38	Mfr_status_2_2[7:0]	
57	39	Status_vout3	
58	3A	Status_mfr3	
59	3B	Mfr_status_2_3[7:0]	
60	3C	Status_vout4	
61	3D	Status_mfr4	
62	3E	Mfr_status_2_4[7:0]	
63	3F	Status_vout5	
64	40	Status_mfr5	
65	41	Mfr_status_2_5[7:0]	
66	42	Status_vout6	
67	43	Status_mfr6	
68	44	Mfr_status_2_6[7:0]	
69	45	Status_vout7	
70	46	Status_mfr7	
71	47	Mfr_status_2_7[7:0]	プリアンブル 終わり

## 巡回データ・ループ

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 46バイト
72	48	11	Read_vin[15:8]	Position_last
73	49	10	Read_vin[7:0]	
74	4A	9	Mfr_status_2_1[7:0]	
75	4B	8	Status_mfr1	
76	4C	7	Status_vout1	
77	4D	6	Read_vout1[15:8]	
78	4E	5	Read_vout1[7:0]	
79	4F	4	Mfr_status_2_0[7:0]	
80	50	3	Status_mfr0	
81	51	2	Status_vout0	
82	52	1	Read_vout0[15:8]	
83	53	0	Read_vout0[7:0]	

## PMBusコマンドの説明

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 46バイト
84	54	45	Mfr_status_2_7[7:0]	
85	55	44	Status_mfr7	
86	56	43	Status_vout7	
87	57	42	Read_vout7[15:8]	
88	58	41	Read_vout7[7:0]	
89	59	40	Mfr_status_2_6[7:0]	
90	5A	39	Status_mfr6	
91	5B	38	Status_vout6	
92	5C	37	Read_vout6[15:8]	
93	5D	36	Read_vout6[7:0]	
94	5E	35	Mfr_status_2_5[7:0]	
95	5F	34	Status_mfr5	
96	60	33	Status_vout5	
97	61	32	Read_vout5[15:8]	
98	62	31	Read_vout5[7:0]	
99	63	30	Mfr_status_2_4[7:0]	
100	64	29	Status_mfr4	
101	65	28	Status_vout4	
102	66	27	Read_vout4[15:8]	
103	67	26	Read_vout4[7:0]	
104	68	25	Status_temp	
105	69	24	Read_temperature_1[15:8]	
106	6A	23	Read_temperature_1[7:0]	
107	6B	22	Mfr_status_2_3[7:0]	
108	6C	21	Status_mfr3	
109	6D	20	Status_vout3	
110	6E	19	Read_vout3[15:8]	
111	6F	18	Read_vout3[7:0]	
112	70	17	Mfr_status_2_2[7:0]	
113	71	16	Status_mfr2	
114	72	15	Status_vout2	
115	73	14	Read_vout2[15:8]	
116	74	13	Read_vout2[7:0]	
117	75	12	Status_vin	
118	76	11	Read_vin[15:8]	

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 46バイト
119	77	10	Read_vin[7:0]	
120	78	9	Mfr_status_2_1[7:0]	
121	79	8	Status_mfr1	
122	7A	7	Status_vout1	
123	7B	6	Read_vout1[15:8]	
124	7C	5	Read_vout1[7:0]	
125	7D	4	Mfr_status_2_0[7:0]	
126	7E	3	Status_mfr0	
127	7F	2	Status_vout0	
128	80	1	Read_vout0[15:8]	
129	81	0	Read_vout0[7:0]	

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 46バイト
130	82	45	Mfr_status_2_7[7:0]	
131	83	44	Status_mfr7	
132	84	43	Status_vout7	
133	85	42	Read_vout7[15:8]	
134	86	41	Read_vout7[7:0]	
135	87	40	Mfr_status_2_6[7:0]	
136	88	39	Status_mfr6	
137	89	38	Status_vout6	
138	8A	37	Read_vout6[15:8]	
139	8B	36	Read_vout6[7:0]	
140	8C	35	Mfr_status_2_5[7:0]	
141	8D	34	Status_mfr5	
142	8E	33	Status_vout5	
143	8F	32	Read_vout5[15:8]	
144	90	31	Read_vout5[7:0]	
145	91	30	Mfr_status_2_4[7:0]	
146	92	29	Status_mfr4	
147	93	28	Status_vout4	
148	94	27	Read_vout4[15:8]	
149	95	26	Read_vout4[7:0]	
150	96	25	Status_temp	

## PMBus コマンドの説明

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 46バイト
151	97	24	Read_temperature_1[15:8]	
152	98	23	Read_temperature_1[7:0]	
153	99	22	Mfr_status_2_3[7:0]	
154	9A	21	Status_mfr3	
155	9B	20	Status_vout3	
156	9C	19	Read_vout3[15:8]	
157	9D	18	Read_vout3[7:0]	
158	9E	17	Mfr_status_2_2[7:0]	
159	9F	16	Status_mfr2	
160	A0	15	Status_vout2	
161	A1	14	Read_vout2[15:8]	
162	A2	13	Read_vout2[7:0]	
163	A3	12	Status_vin	
164	A4	11	Read_vin[15:8]	
165	A5	10	Read_vin[7:0]	
166	A6	9	Mfr_status_2_1[7:0]	
167	A7	8	Status_mfr1	
168	A8	7	Status_vout1	
169	A9	6	Read_vout1[15:8]	
170	AA	5	Read_vout1[7:0]	
171	AB	4	Mfr_status_2_0[7:0]	
172	AC	3	Status_mfr0	
173	AD	2	Status_vout0	
174	AE	1	Read_vout0[15:8]	
175	AF	0	Read_vout0[7:0]	

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 46バイト
176	B0	45	Mfr_status_2_7[7:0]	
177	B1	44	Status_mfr7	
178	B2	43	Status_vout7	
179	B3	42	Read_vout7[15:8]	
180	B4	41	Read_vout7[7:0]	
181	B5	40	Mfr_status_2_6[7:0]	

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 46バイト
182	B6	39	Status_mfr6	
183	B7	38	Status_vout6	
184	B8	37	Read_vout6[15:8]	
185	B9	36	Read_vout6[7:0]	
186	BA	35	Mfr_status_2_5[7:0]	
187	BB	34	Status_mfr5	
188	BC	33	Status_vout5	
189	BD	32	Read_vout5[15:8]	
190	BE	31	Read_vout5[7:0]	
191	BF	30	Mfr_status_2_4[7:0]	
192	C0	29	Status_mfr4	
193	C1	28	Status_vout4	
194	C2	27	Read_vout4[15:8]	
195	C3	26	Read_vout4[7:0]	
196	C4	25	Status_temp	
197	C5	24	Read_temperature_1[15:8]	
198	C6	23	Read_temperature_1[7:0]	
199	C7	22	Mfr_status_2_3[7:0]	
200	C8	21	Status_mfr3	
201	C9	20	Status_vout3	
202	CA	19	Read_vout3[15:8]	
203	CB	18	Read_vout3[7:0]	
204	CC	17	Mfr_status_2_2[7:0]	
205	CD	16	Status_mfr2	
206	CE	15	Status_vout2	
207	CF	14	Read_vout2[15:8]	
208	D0	13	Read_vout2[7:0]	
209	D1	12	Status_vin	
210	D2	11	Read_vin[15:8]	
211	D3	10	Read_vin[7:0]	
212	D4	9	Mfr_status_2_1[7:0]	
213	D5	8	Status_mfr1	
214	D6	7	Status_vout1	
215	D7	6	Read_vout1[15:8]	
216	D8	5	Read_vout1[7:0]	



## PMBusコマンドの説明

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 46バイト
217	D9	4	Mfr_status_2_0[7:0]	
218	DA	3	Status_mfr0	
219	DB	2	Status_vout0	
220	DC	1	Read_vout0[15:8]	
221	DD	0	Read_vout0[7:0]	

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 46バイト
222	DE	45	Mfr_status_2_7[7:0]	
223	DF	44	Status_mfr7	
224	E0	43	Status_vout7	
225	E1	42	Read_vout7[15:8]	
226	E2	41	Read_vout7[7:0]	
227	E3	40	Mfr_status_2_6[7:0]	
228	E4	39	Status_mfr6	
229	E5	38	Status_vout6	
230	E6	37	Read_vout6[15:8]	
231	E7	36	Read_vout6[7:0]	
232	E8	35	Mfr_status_2_5[7:0]	無効なデータ
233	E9	34	Status_mfr5	無効なデータ
234	EA	33	Status_vout5	無効なデータ
235	EB	32	Read_vout5[15:8]	無効なデータ
236	EC	31	Read_vout5[7:0]	無効なデータ
237	ED	30	Mfr_status_2_4[7:0]	無効なデータ

予備バイト				
238	EE		0x00	バイト EE - FE は 0x00 を返すが 読み出す必要 あり
239	EF		0x00	
240	F0		0x00	
241	F1		0x00	
242	F2		0x00	
243	F3		0x00	
244	F4		0x00	
245	F5		0x00	
246	F6		0x00	
247	F7		0x00	
248	F8		0x00	
249	F9		0x00	
250	FA		0x00	
251	FB		0x00	
252	FC		0x00	
253	FD		0x00	
254	FE		0x00	
				1つのブロック 読み出し コマンドを使用 して、0x00 から 0xFE まで合計 255 バイトを 読み出す

## アプリケーション情報

### 概要

LTC2977は、8つのDC/DCコンバータについて、シーケンシング、マーゼニング、トリミング、出力電圧の過電圧/低電圧状態の監視、フォルト管理、および電圧の読み出しが可能なパワー・マネージメントICです。入力電圧およびLTC2977の接合部温度の読み出しも可能です。奇数チャンネルを構成して検出抵抗の電圧を読み出し、これらのチャンネルの電流を測定することができます。リニアテクノロジーのパワーシステム・マネージャは、共通のSHARE\_CLKピン、FAULTBピン、CONTROLピンを使用して複数のデバイス間で動作を調整できます。LTC2977では、PMBus準拠のインタフェースとコマンド・セットが使用されます。

### LTC2977への電力供給

LTC2977には、2つの方法で電力を供給できます。第1の方法では、4.5V～15Vの電圧をV<sub>PWR</sub>ピンに印加する必要があります。図15を参照してください。内部のリニアレギュレータがV<sub>PWR</sub>を3.3Vに変換し、これでLTC2977のすべての内部回路を駆動します。

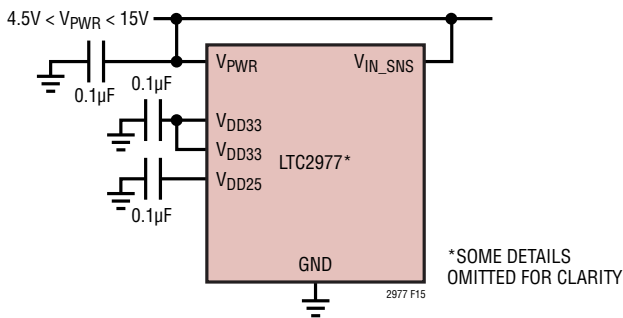


図15. 中間バスからLTC2977への直接の電力供給

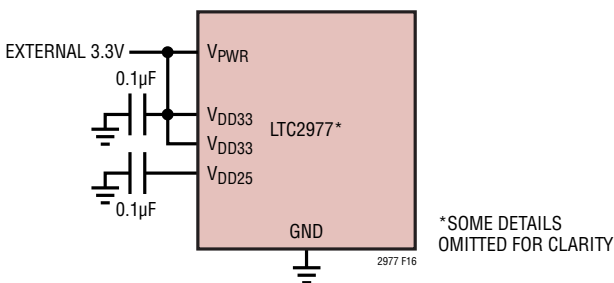


図16. 外部3.3V電源からLTC2977への電力供給

もう1つの方法として、3.13V～3.47Vの電圧を使用する外部の3.3V電源を直接V<sub>DD33</sub>ピン(ピン16とピン17)に印加することができます。V<sub>PWR</sub>はV<sub>DD33</sub>ピンに接続してください。図16を参照してください。この第2の方法でもすべての機能が使用できます。V<sub>OUT\_EN</sub>[3:0]ピンにはより高い電圧が必要であり、V<sub>SENSE</sub>ピンのバイアスにはV<sub>DD33</sub>から電荷が注入されます。

### コマンド・レジスタの値の設定

ここで説明するコマンド・レジスタの設定値は参考用であり、ソフトウェア開発環境でのレジスタを理解することが目的です。実際には、LTCのUSB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラ(DC1613)と直感的なメニュー形式オブジェクトを使用したソフトウェアGUIにより、LTC2977を単独動作に完全に設定することができます。

### シーケンス、サーボ、マーゼン、再起動動作

#### コマンドによるデバイスのオンまたはオフ

特定のチャンネルをオン/オフする方法は、3つの制御パラメータによって決まります。それは、CONTROLピン、OPERATIONコマンド、およびV<sub>IN\_SNS</sub>ピンで測定した入力電圧の値(V<sub>IN</sub>)です。デバイスをイネーブルしてCONTROLピンまたはOPERATIONコマンドに応答するため、すべての状況でV<sub>IN</sub>はVIN\_ONを超える必要があります。V<sub>IN</sub>がVIN\_OFFより低くなると、すべてのチャンネルがTOFF\_DELAY経過後直ちにオフになるか、シーケンス・オフとなります(Mfr\_config\_chan\_mode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。

標準的なオン/オフ設定の例を以下にいくつか示します。

1. DC/DCコンバータは、V<sub>IN</sub>がVIN\_ONを超えたらいつでもオンす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 ピンを使用してフォルトを他のチャンネルに伝えるように該当チャンネルを設定できます。過電圧フォルトは、デバイスが起動したら必ず VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT に照らして検査されますが、リセット状態時や、過電圧状態を無視している間のマーギニングでは検査されないことに注意してください。CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンスを図 17 に示します。

### オン状態の動作

チャンネルがオン状態に達しているとき、OPERATION コマンドを使用して DC/DC コンバータの出力を上方マーギン、下方マーギンに設定するか、または VOUT\_COMMAND で示される公称出力電圧に戻すように指示することができます。また、チャンネルが DC/DC コンバータの出力を VOUT\_COMMAND 電圧に連続的に調整するように設定するか、またはチャンネルの  $V_{DACn}$  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\_LTC2977 コマンドを参照してください。

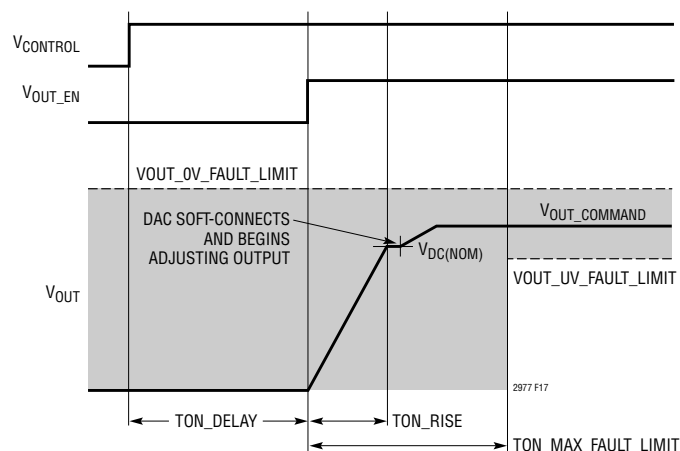


図 17. CONTROL ピンを使用した標準的なオン・シーケンス

### サーボ・モード

デジタル・サーボ・ループは ADC、DAC、内部のプロセッサで構成されており、これはいくつかの有用なモードで動作するように設定できます。サーボの目標値は目的の出力電圧です。

連続/非連続調整モード：MFR\_CONFIG\_LTC2977 b[7]。連続調整モードでは、サーボは VOUT の測定値を取得するたびに DAC を閉ループ式に更新します。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 4 を参照してください。非連続調整モードでは、サーボは ADC が目的の出力電圧を測定するまで DAC を駆動し、その時点で DAC の更新を停止します。

連続/非連続調整モードの一部として、高速サーボ・モードを使用して、マーギン・コマンドやオン・イベントなどの大規模な出力遷移を高速化することができます。使用するには、Mfr\_config\_fast\_servo\_off = 0 をセットします。高速サーボ・モードをイネーブルすると、目標電圧の変更や新規のソフト接続によって高速サーボが起動します。DAC は新しい目標値に近づくまで周期  $t_{S\_VDACP}$  ごとに 1LSB 増加します。目標値に達すると、オーバーシュートを防ぐため低速サーボ・モードに入ります。

警告モードでの非連続サーボ：MFR\_CONFIG\_LTC2977 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、LTC2977 は出力を再調整(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できます。MFR\_CONFIG\_LTC2977 を参照してください。

- ソフト接続。リニアテクノロジーが特許を持つソフト接続機能を採用することにより、DAC 出力は接続前に DC/DC コンバータの帰還ノードの電圧の 1LSB 以内まで駆動され、出力にトランジェントが発生するのを防ぎます。このモードは出力電圧をサーボ制御するときで使用されます。起動時に、LTC2977 は TON\_RISE が期限切れになるまで待機してから DAC に接続します。これが最も標準的な動作モードです。
- 切断。DAC 出力は高インピーダンスになります。

## アプリケーション情報

- ソフト接続によるDACマニュアル・モード。非サーボ・モード。DACは帰還ノードにソフト接続します。ソフト接続では、DACコードが帰還ノードの電圧に合致するように駆動されます。接続後、DACはDACコードをMFR\_DACレジスタに書き込むことによって起動します。
- ハード接続によるDACマニュアル・モード。非サーボ・モード。DACはMFR\_DACの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レジスタに書き込むことによって起動します。

### マージニング

LTC2977は、DAC出力と帰還ノードまたは調整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、各チャネルのVOUT\_ENピンが“L”になり、その結果DC/DCコンバータがディスエーブルされるまでに経過する時間を決定します。

### V<sub>OUT</sub>のオフしきい値電圧

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

### MFR\_RESTART\_DELAYコマンドとCONTROL<sub>n</sub>ピンによる自動再起動

自動再起動シーケンスを開始するには、CONTROLピンを10μsより長くオフ状態にした後でそれを解除します。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すべてのVOUT\_ENピンをディスエーブルし、その後すべての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18を参照)。VOUT\_EN<sub>n</sub>ピンは、MFR\_CONFIG\_LTC2977コマンドにより、いずれかのCONTROLピンにマップされています。この機能により、リセットしようとしているホストは、回復後、よく制御された方法で電源を再起動できます。

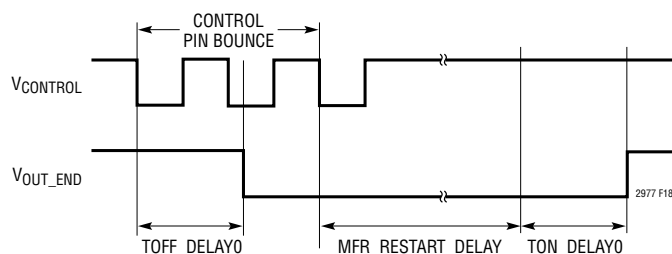


図18. 自動再起動によるオフ・シーケンス

### フォルト管理

#### 出力電圧の過電圧フォルトおよび低電圧フォルト

高速電圧スーパーバイザのOV(過電圧)フォルトしきい値およびUV(低電圧)フォルトしきい値は、それぞれVOUT\_OV\_FAULT\_LIMITコマンドおよびVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITコマンドを使用して設定します。VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドおよびVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEコマンドにより、OV/UVフォルトに対する応答が決定されます。フォルトの応答では、DC/DCコンバータを直ちにディスエーブルする、待機し一定期間フォルト状態が持続しているか確認してからDC/DCコンバータをディスエーブルする、またはフォルトが発生してもDC/DCコンバータの動作を継続させるなどが可能です。DC/DCコンバータがディスエーブルされている場合、LTC2977は再試行1~6回、制限回数なしで継続的に再試行、またはラッチオフを設定できます。再試行間隔はMFR\_RETRY\_DELAYコマンドを使用して指定します。ラッチされたフォルトをリセットするには、CONTROLピンを切り替えるか、OPERATIONコマンドを使用するか、またはVIN\_SNSピンへのバイアス電圧の印加をいったん解除してから再度印加します。フォルト状態および警告状態が生じると、ALERTB





アプリケーション情報

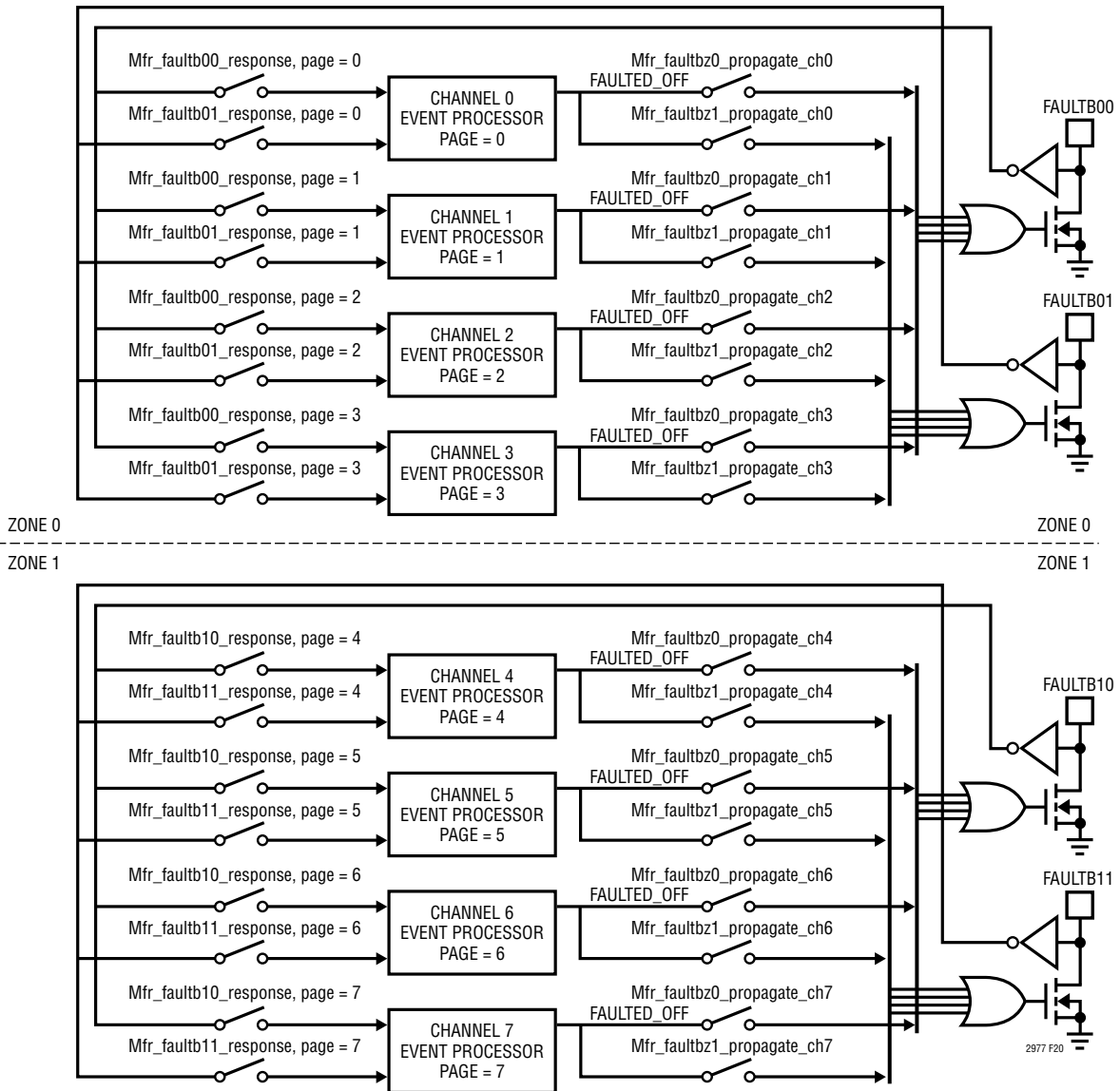


図 20. チャンネルのフォルト管理のブロック図



## アプリケーション情報

### マルチチャネルのフォルト管理

マルチチャネルのフォルト管理は、双方向の FAULTBzn ピンを使用して処理します。「z」は0または1のフォルト・ゾーンを示します。LTC2977には2つのフォルト・ゾーンがあります。各ゾーンには4チャンネルが入っています。チャンネルと FAULTBzn ピンの間の接続を図20に示します。

- MFR\_FAULTBz0\_PROPAGATE コマンドは、特定のチャンネル (PAGE) からのフォルトによるオフ状態をそのチャンネルのゾーン内のいずれかの FAULTBzn 出力に反映できるようにするプログラム可能なスイッチのように動作します。MFR\_FAULTBzn\_RESPONSE コマンドは、1つのゾーン内での FAULTBzn ピンのあらゆる組み合わせにตอบสนองして、任意のチャンネルをシャットダウンできる、各チャンネルの入力にある同様のスイッチを制御します。“L”になる FAULTBzn ピンにตอบสนองするチャンネルは、その FAULTBzn ピンがフォルト発生チャンネルによって解放されると、新しい起動シーケンスを試行します。
- 複数のフォルト・ゾーンにまたがる依存関係を確立するには、フォルト・ピン (たとえば FAULTB01 ~ FAULTB10) を互いに結線します。どのチャンネルが他のどのチャンネルに依存してもかまいません。いずれかのチャンネルがフォルトによってオフしたのにตอบสนองしてすべてのチャンネルをディスエーブルするには、すべての FAULTBzn ピンを互いに短絡し、すべてのチャンネルについて MFR\_FAULTBzn\_PROPAGATE = 0x01 および MFR\_FAULTBzn\_RESPONSE = 0x0F をセットします。

- また、10 $\mu$ s のデグリッチ遅延後にオフ・シーケンスを開始するために、外部のドライバにより FAULTBzn ピンを“L”にアサートすることもできます。

### 複数の LTC2977 間の相互接続

複数の LTC2977 のピンを標準的な配列で相互接続する方法を図21に示します。

- VIN\_SNS へのすべての配線は、VIN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、LTC2977をVINに基づいて起動し、CONTROLラインとOPERATIONコマンドを無視するようにON\_OFF\_CONFIGが設定されている場合のタイミング誤差が最小になります。タイミングの違いに敏感な複数デバイスのアプリケーションでは、VIN\_ONしきい値およびVIN\_OFFしきい値にตอบสนองしてSHARE\_CLKがオン/オフ・シーケンスを同期させることができるように、MFR\_CONFIG\_ALL\_LTC2977レジスタのVin\_share\_enableビットを“H”に設定することを推奨します。
- VIN\_ENの全配線を互いに接続しておく、選択したフォルトが配列内のどのDC/DCコンバータの出力で発生しても共通の入力スイッチを遮断できるようになります。
- ALERTBは、通常はさまざまなPMBusコンバータ内の1つの配線です。LTC2977は、フォルトと警告の豊富な組み合わせをALERTBピンに伝えることができます。

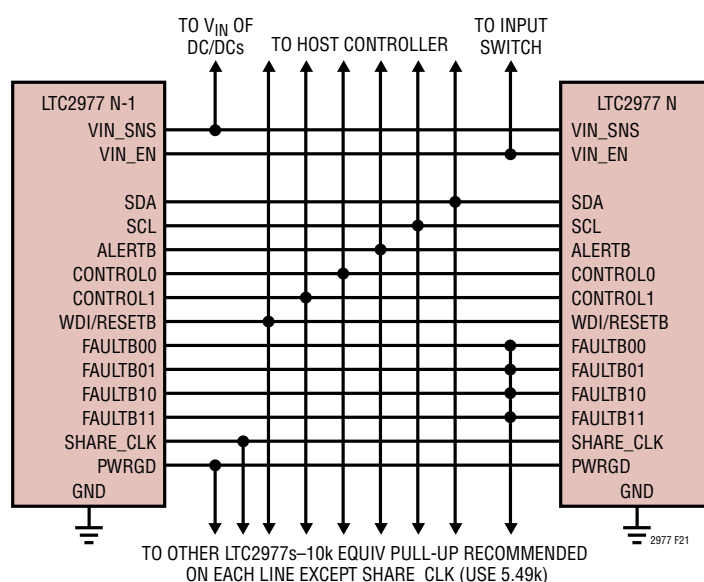


図21. 複数の LTC2977 間の標準的な接続



## アプリケーション情報

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

図23に示すアプリケーション回路での抵抗値の計算では、次の4ステップの手順に従ってください。

1. 帰還抵抗R20の値とDC/DCコンバータの公称出力電圧 $V_{DC(NOM)}$ を仮定し、R10の値を求めます。

LTC2977の $V_{DACP0}$ ピンが高インピーダンス状態の場合、 $V_{DC(NOM)}$ はDC/DCコンバータの出力電圧になります。R10は、R20、 $V_{DC(NOM)}$ 、ループがレギュレーション状態のときの帰還ノードの電圧( $V_{FB}$ )、および帰還ノードの入力電流( $I_{FB}$ )の関数です。

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

2. 必要とする最大のDC/DCコンバータ出力電圧 $V_{DC(MAX)}$ を与えるR30の値を求めます。

$V_{DACP0}$ が0Vのとき、DC/DCコンバータの出力は最大電圧になります。

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

3. 必要とする最小のDC/DCコンバータ出力電圧 $V_{DC(MIN)}$ を与える $V_{DACP0}$ の最小値を求めます。

DACには、1.38Vおよび2.65Vの2つのフルスケール設定値があります。適切なフルスケール設定値を選択するため、必要な $V_{DACP0(F/S)}$ 出力電圧の最小値を次のように計算します。

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

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

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

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

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

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

## アプリケーション情報

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

TRIMピンを使用してDC/DCコンバータの出力電圧のトリミング/マーージニングを行う標準的な応用回路を図24に示します。LTC2977のV<sub>DACP0</sub>ピンはR<sub>30</sub>を介してTRIMピンに接続されており、V<sub>DACM0</sub>ピンはコンバータのポイントオブロード・グラウンドに接続されています。この構成では、MFR\_CONFIG\_LTC2977のDAC極性ビットMfr\_config\_dac\_polを1にセットしてください。

TRIMピンを備えたDC/DCコンバータでは、通常、TRIMピンとV<sub>SENSEP</sub>ピンまたはV<sub>SENSEM</sub>ピンの間に外付け抵抗を接続することによって上方マーージンまたは下方マーージンが設定されます。これらの抵抗とDC/DCコンバータの出力電圧の変化Δ%との関係は、一般に以下のように表されます。

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

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

ここで、R<sub>TRIM</sub>はTRIMピン内部を見た場合の抵抗値、V<sub>REF</sub>はTRIMピンの開放出力電圧、V<sub>DC</sub>はDC/DCコンバータの公称出力電圧です。Δ<sub>UP</sub>%およびΔ<sub>DOWN</sub>%は、それぞれ上方マーージニング、下方マーージニングをした場合のコンバータの出力電圧の変化率をパーセンテージで表したものです。

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

次の2ステップの手順に従って、R<sub>30</sub>の抵抗値と、必要なフルスケールのDAC電圧を計算します(図24参照)。

1. R<sub>30</sub>の値を求めます。

$$R_{30} \leq R_{\text{TRIM}} \cdot \left( \frac{50 - \Delta_{\text{DOWN}}\%}{\Delta_{\text{DOWN}}\%} \right) \quad (10)$$

2. V<sub>DACP0</sub>について必要な最大出力電圧を計算します。

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

注記：すべてのDC/DCコンバータがこれらの調整式に従うわけではありません。特に、新しいコンバータほど従わない可能性が高くなります。リニアテクノロジーのフィールド・アプリケーション・エンジニアにお問い合わせください。

### 電流測定

奇数のADCチャンネルを使用して、電源電流を測定することができます。ADCを高分解能モードに設定して、電流測定用に構成し、感度を向上させます。このモードではOVまたはUVのフォルトも警告も通知されませんが、11ビットの符号付き仮数と5ビットの符号付き指数のL11データ形式を使用してREAD\_VO<sub>UT</sub>コマンドから遠隔測定が可能です。高分解能モードをイネーブルするには、MFR\_CONFIG\_LTC2977ビットのb[9] = 1をセットします。このモードではV<sub>OUT\_EN</sub>ピンは

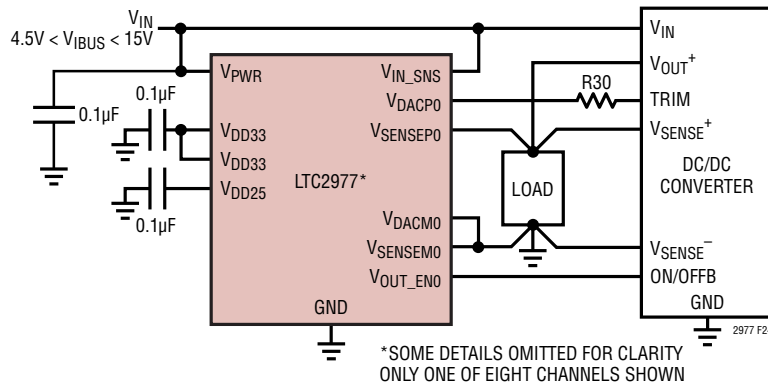


図24. TRIMピンを使用したDC/DCコンバータのアプリケーション回路

## アプリケーション情報

“L”にアサートされるので、DC/DCコンバータを制御する目的には使用できません。V<sub>DACP</sub>出力ピンも使用できません。

### 検出抵抗を使用した電流測定

検出抵抗を使用した電流測定回路を図25に示します。平衡フィルタにより、DC/DCコンバータの出力から同相ノイズと差動ノイズの両方が除去されます。このフィルタは、DC/DCコンバータのインダクタと直列にして、検出抵抗の両端に直接取り付けます。電流検出入力は、グラウンドを基準にして6V未満に制限する必要があります。R<sub>CM</sub>とC<sub>CM</sub>は、フィルタのコーナー周波数がDC/DCコンバータのスイッチング周波数の10分の1未満になるように選択してください。こうすれば、電圧リップルとフィルタによる遅延との間でうまく折り合いをつけた電流検出波形が得られます。電流検出入力の内部抵抗による利得誤差を最小限に抑えるため、R<sub>CM</sub>の値として1kΩを推奨します。

### インダクタのDCRを使用した電流測定

DCRによる電流検出を必要とするアプリケーションの回路を図26に示します。電流検出入力に現れるリップル電圧を最小限に抑えるため、これらのアプリケーションでは2次のRCフィ

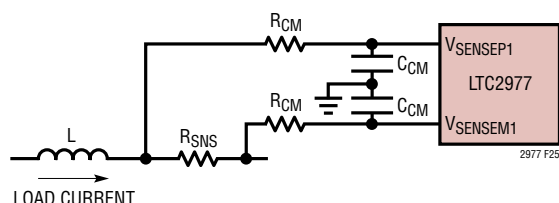


図25. 検出抵抗の電流検出回路

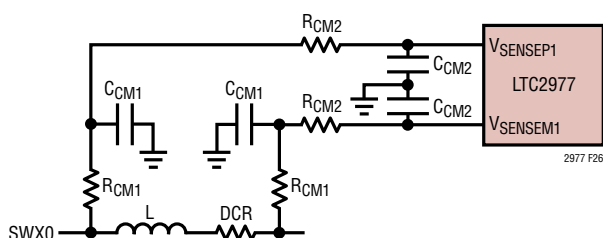


図26. インダクタ DCR による電流検出回路

ルタが必要です。電流検出入力の内部抵抗による利得誤差を最小限に抑えるため、R<sub>CM1</sub>とR<sub>CM2</sub>の値として1kΩを推奨します。C<sub>CM1</sub>はDCRとインダクタンスによって形成されるゼロを相殺するために、 $C_{CM1} = L / (DCR \cdot R_{CM1})$ が成り立つように選択する必要があります。C<sub>CM2</sub>は、第2段のコーナー周波数がDC/DCコンバータのスイッチング周波数の10分の1未満になるように選択してください。また、フィルタの第1段での負荷が大きくなるように、C<sub>CM2</sub>の値はC<sub>CM1</sub>の値よりはるかに小さくする必要があります。

### 単相の設計例

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

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

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

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

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

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

### マルチフェーズ電流の測定

複数の位相を持つ電流検出アプリケーションでは、RC平均化を使用できます。DCR電流検出を使用した3相システムに対するこのアプローチの例を図27に示します。電流検出波形は、R<sub>CM2</sub>とC<sub>CM2</sub>からなるフィルタの第2段に入力される前に合成されて平均化されます。3つの位相に対応する3つのR<sub>CM1</sub>抵抗は並列に接続されているので、R<sub>CM1</sub>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、各インダクタのDC側から加算ノードまでのPCBトレース抵抗のバランスを維持するようにマルチフェーズ・インダクタのレイアウトには注意が必要です。

## アプリケーション情報

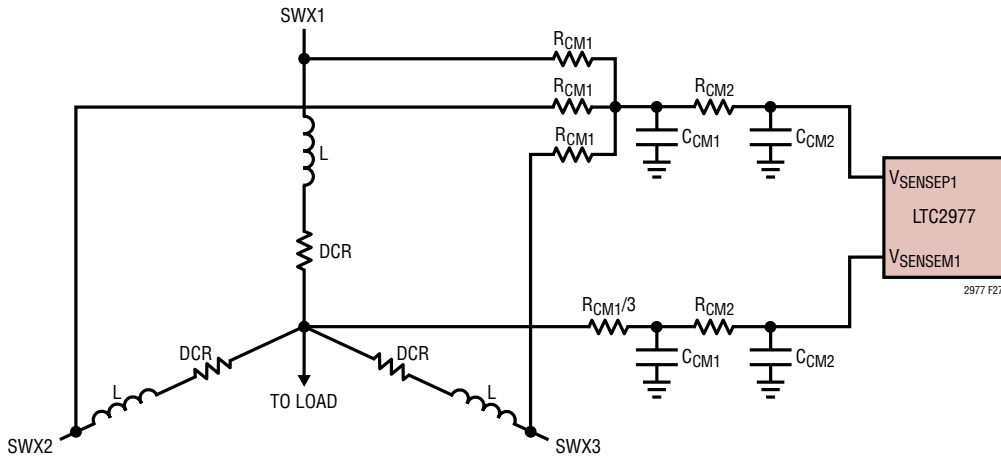


図 27. マルチフェーズ DCR による電流検出回路

### マルチフェーズの設計例

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

### アンチエイリアシング・フィルタに関する検討事項

ノイズの多い環境では、LTC2977 の ADC の入力にアンチエイリアシング・フィルタが必要です。ほとんどの場合は、図 28 に示す RC 回路が適切です。 $R_{40} = R_{50} \leq 200\Omega$  に保って ADC 利得誤差を最小限に抑え、OV/UV スーパーバイザの応答時間が長くなりすぎないようにコンデンサ  $C_{10}$  および  $C_{20}$  の値を選択します。たとえば、 $\tau \approx 10\mu\text{s}$  ( $R = 100\Omega$ ,  $C = 0.10\mu\text{F}$ ) とします。

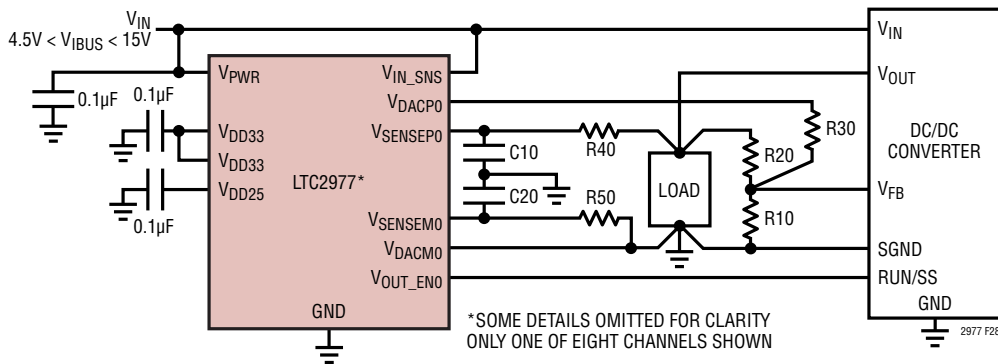


図 28.  $V_{SENSE}$  ラインのアンチエイリアシング・フィルタ



## アプリケーション情報

### 負電圧の検出

LTC2977が負電源 ( $V_{EE}$ ) を検出する回路を図29に示します。R1/R2の抵抗分割器が負の電源電圧をLTC2977のVSENSEM1入力に変換する一方で、VSENSEP1入力は標準の出力電圧が1.23VのREFPピンに接続されています。負の電源電圧がそのPOWER\_GOOD\_ONしきい値に達したときに電圧検出入力に約0.5Vが現れるように分圧器を構成して、VSENSEM1ピンから流れ出る電流が約1 $\mu$ Aと最小限に抑えられるようにします。POWER\_GOOD\_ONレジスタの値と、それに対応する負の電源電圧値との関係は次式で表すことができます。

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

Where READ\_VOUT returns  $V_{SENSEP1} - V_{SENSEM1}$

### USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラDC1613からシステム内のLTC2977への接続

USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラDC1613は、プログラミング、遠隔測定、およびシステムのデバッグを行うために、ユーザの基板に実装されたLTC2977とのインタフェースをとることができます。コントローラは、LTpowerPlayソフトウェアと連携させて使用すると、電源システム全体の強力なデバッグ

手段を提供します。遠隔測定、フォルト状態レジスタ、およびフォルト・ログを使用して、短時間で故障を診断することができます。最終設定を短時間で生成し、LTC2977のEEPROMに格納することができます。

システム電源が存在するか否かに関係なく、I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラDC1613を介して、1つ以上のLTC2977に対する給電、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30と図31に示します。

図30は、LTC2977がシステムの間バスからV<sub>PWR</sub>ピンを介して電力を供給されているときに使用する推奨回路図を示します。

図31は、LTC2977がシステムの3.3V電源からそのV<sub>DD33</sub>ピンとV<sub>PWR</sub>ピンを介して電力を供給されているときに使用する推奨回路図を示します。LTC4412理想OR接続回路を使用すると、コントローラとシステムのいずれか一方がLTC2977に電力を供給できます。

コントローラの電流ソース能力は制限されているので、OR接続された3.3V電源からの電力供給先は、LTC2977、LTC2977に付随するプルアップ抵抗、I<sup>2</sup>C/SMBusのプルアップ抵抗に限定してください。さらに、I<sup>2</sup>C/SMBusバス接続をLTC2977と共有するデバイスでは、SDA/SCLピンとそのV<sub>DD</sub>ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないようにしてください。これは、システム電源が存在しないときバス通信に干渉するからです。

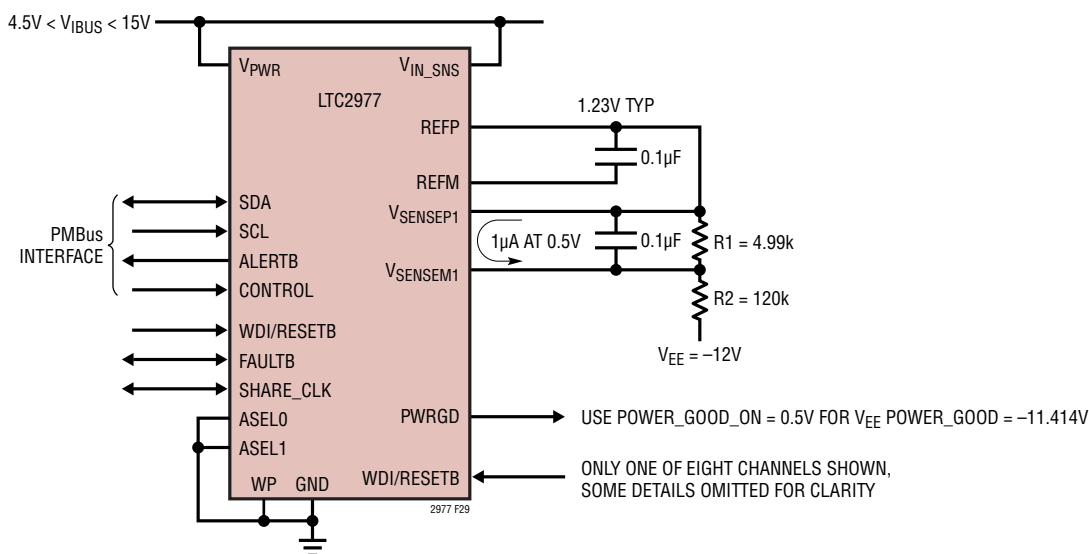


図29. 負電圧の検出

2977fa

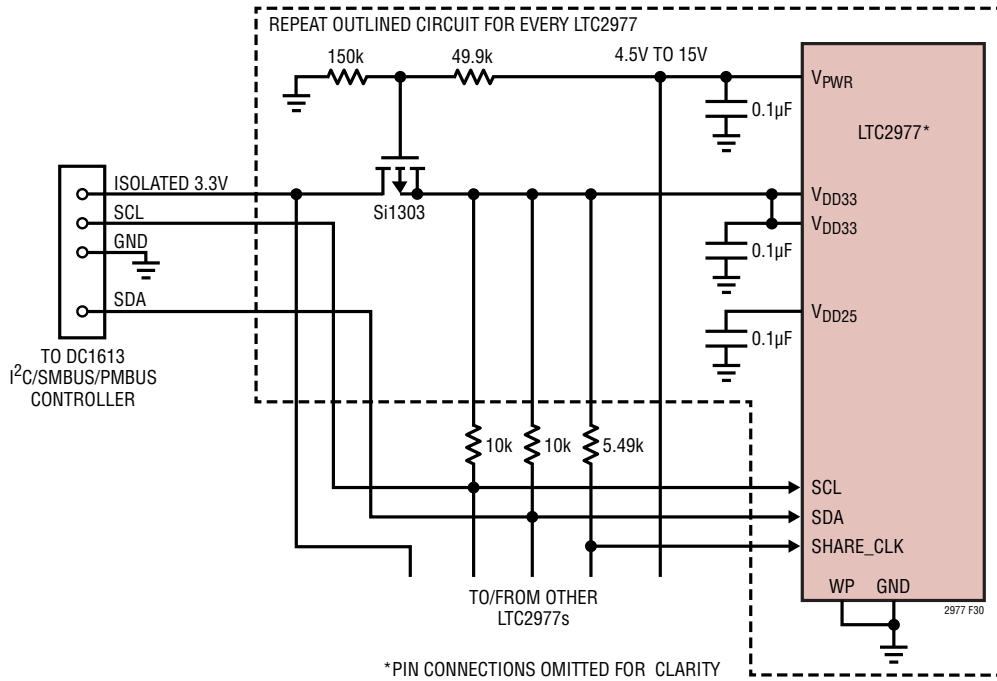
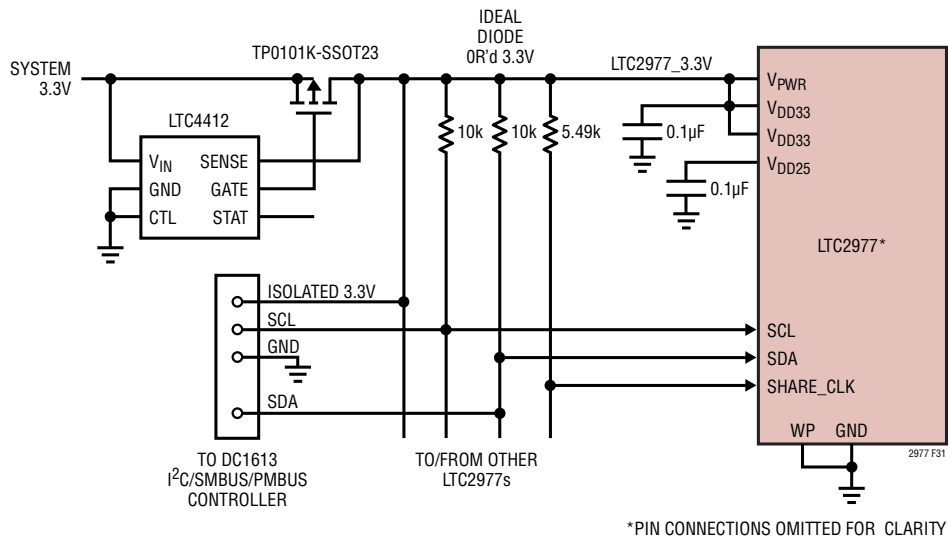


図 30.  $V_{PWR}$  を使用する場合の DC1613 コントローラの接続



NOTE: DC1613 CONTROLLER  $I^2C$  CONNECTIONS ARE OPTO-ISOLATED  
 ISOLATED 3.3V FROM CONTROLLER CAN BE BACK DRIVEN AND WILL ONLY DRAW  $< 10\mu A$   
 ISOLATED 3.3V CURRENT LIMIT = 100mA

図 31. LTC2977 に 3.3V から電力が直接供給されている場合の DC1613 コントローラの接続

## アプリケーション情報

DC1613コントローラのI<sup>2</sup>C/SMBus接続はPCのUSBポートから光絶縁されています。コントローラからの3.3V電源とLTC2977のV<sub>DD33</sub>ピンは並列にすることができます。これは、これらの電圧を発生するリニアテクノロジーのLDOを逆駆動して、流れる電流を10μA未満にすることができるからです。コントローラの3.3Vの電流制限は100mAです。

## 設計のチェックリスト

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

- LTC2977は一意的アドレスになるように構成する必要があります。
- アドレス選択ピン(ASEL<sub>n</sub>)は3レベルのピンです。表1を参照してください。
- アドレスを調べて、バス上の他のデバイスおよびグローバルアドレスと衝突しないかどうか確認してください。

### 出力イネーブル

- すべてのV<sub>OUT\_EN<sub>n</sub></sub>ピンに適切なプルアップ抵抗を使用してください。
- V<sub>OUT\_EN<sub>n</sub></sub>ピンの絶対最大定格に違反していないことを確認してください。

### V<sub>IN</sub>の検出

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

### ロジック信号

- デジタル・ピン(SCL、SDA、ALERTB、FAULTB<sub>zn</sub>、CONTROL<sub>n</sub>、SHARE\_CLK、WDI、ASEL<sub>n</sub>、PWRGD)の絶対最大定格に違反していないことを確認してください。
- システム内のすべてのSHARE\_CLKピンを互いに短絡し、5.49kの抵抗で3.3Vにプルアップしてください。

- CONTROL<sub>n</sub>ピンはフロート状態のままにしないでください。10kの抵抗で3.3Vにプルアップしてください。

### フロート入力

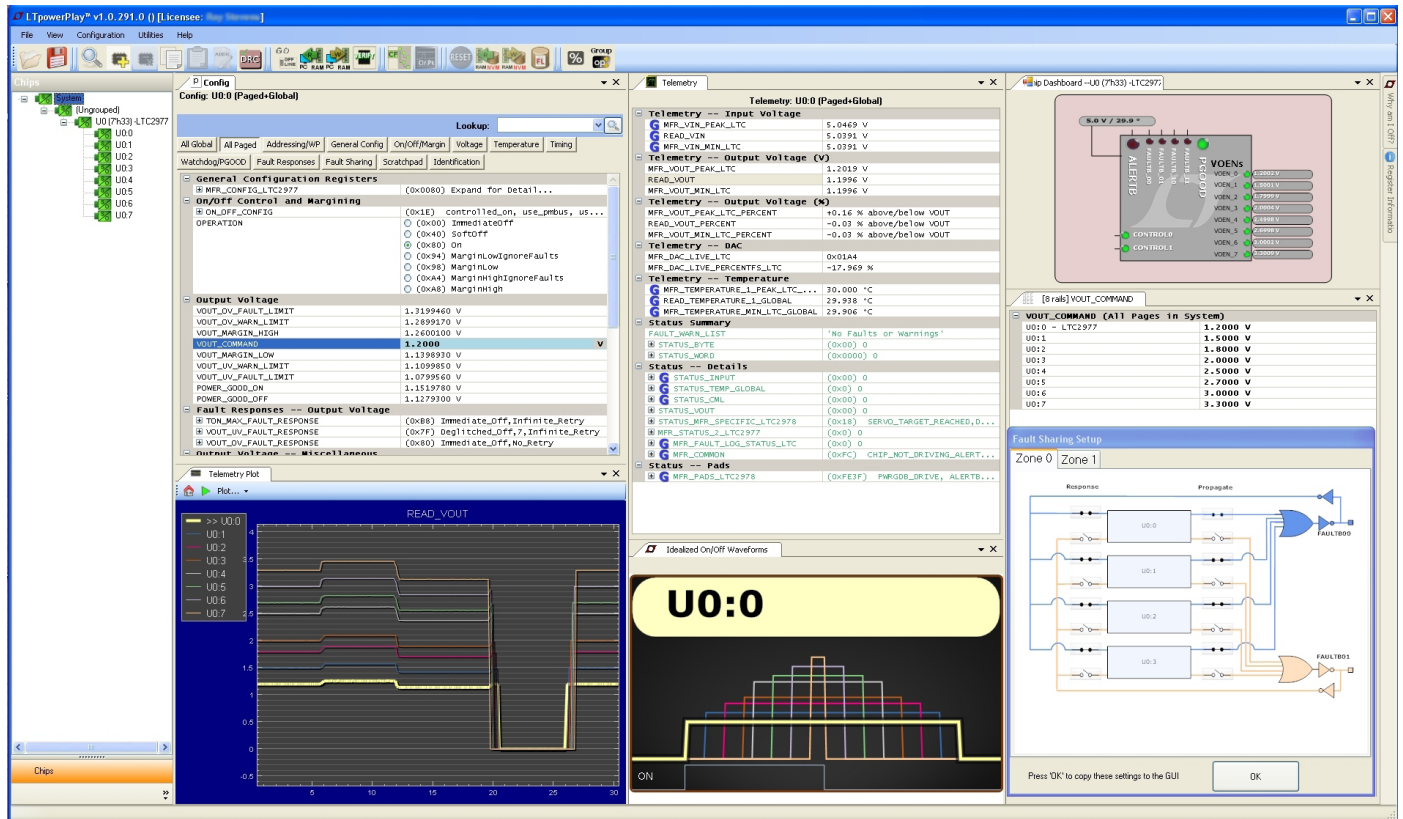
- V<sub>SENSE<sub>Pn</sub></sub>ピン、V<sub>SENSE<sub>Mn</sub></sub>ピン、およびDACM<sub>n</sub>ピンの未使用ピンはすべてGNDに接続してください。

## LTpowerPlay: パワーシステム・マネージャ用の対話式 GUI

LTpowerPlayはWindowsベースの強力な開発環境で、8チャネルPMBusパワーシステム・マネージャLTC2977を含む、リニアテクノロジーのEEPROM装備のパワーシステム・マネージャICをサポートしています。このソフトウェアは、さまざまな作業を幅広く支援します。デモ基板システムに接続することにより、LTpowerPlayを使用してリニアテクノロジーのICを評価することができます。LTpowerPlayは、保存しておいて後で再ロードできる複数のデバイス構成ファイルを作成するために、(ハードウェアが存在しない)オフライン・モードでも使用できます。LTpowerPlayは過去に例のない診断機能とデバッグ機能を提供します。これは基板開発時の貴重な診断ツールになっており、システム内でのパワー・マネージメント体系のプログラムや調整、あるいは電源レール開発時の電源に関する問題の診断を行う目的で使用します。LTpowerPlayはリニアテクノロジーのUSB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus間コントローラDC1613を利用して、デモ基板セットDC2028、ソケット付きプログラミング基板DC1508、お客様のターゲット・システムなど、多くの潜在的ターゲットの1つと通信します。このソフトウェアは自動更新機能も備えており、ソフトウェアのデバイス・ドライバー式と資料が最新の状態に維持されます。LTpowerPlayでは、豊富なコンテキスト・ヘルプといくつかのチュートリアル・デモを利用することができます。詳細情報は次のサイトで提供されています。

[www.linear.com/ltpowerplay](http://www.linear.com/ltpowerplay)

## アプリケーション情報



### PCBの組み立てとレイアウトに関する提案

#### バイパス・コンデンサの配置

LTC2977はV<sub>DD33</sub>ピンとGNDの間、V<sub>DD25</sub>ピンとGNDの間、およびREFPピンとREFMピンの間にそれぞれ0.1μFのバイパス・コンデンサが必要です。デバイスがV<sub>PWR</sub>入力から電力を供給されている場合は、このピンも0.1μF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、これらはX5RやX7Rなどの高品質セラミック誘電体を使ったコンデンサである必要があり、できるだけデバイスに近づけて配置します。

#### 露出パッド・ステンシルの設計

LTC2977のパッケージは熱的にも電気的にも高効率です。これが可能になるのはパッケージの背面側に露出ダイ・アタッチ・パッドがあるからで、このパッドはPCBまたはマザーボードの基板に半田付けする必要があります。露出パッドの接続間部分は、できるだけ隙間のない状態にしておくことをお勧めします。隙間を完全になくすことは困難ですが、露出パッド・ステンシルの設計は重要です。推奨のスクリーン印刷パターンを図32に示します。推奨するステンシルの設計により、リフロー時に半田ペーストのガス抜きを行うとともに半田仕上げ厚を一定にすることができます。IPC7525Aを参照してください。

## アプリケーション情報

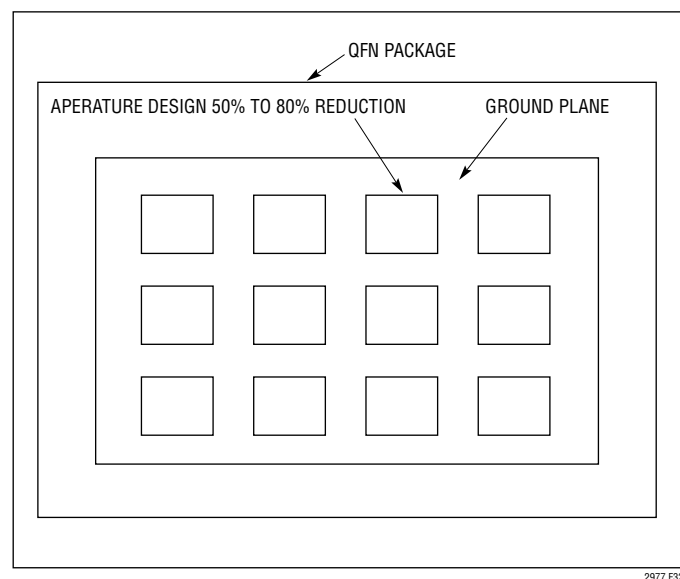


図32. ダイアタッチ・パッドの推奨スクリーン・パターン

## PC基板レイアウト

PC基板に対する機械的応力や半田付けに起因する応力により、LTC2977のリファレンス電圧と電圧ドリフトがシフトすることがあります。これらの応力に起因するシフトを低減するシンプルな方法は、デバイスをPC基板の短辺付近または隅に配置することです。基板の辺は応力境界、つまり基板のたわみが最小になる領域として機能します。

## 未使用のADC検出入力

未使用のADC検出入力( $V_{SENSEPN}$ または $V_{SENSEMn}$ )は、すべてGNDに接続してください。着脱可能なカードに入力を接続するシステムで、状況によっては入力が入力状態のままになる場合があるシステムでは、100kの抵抗を使用して入力をGNDに接続します。図33に示すように、100kの抵抗はフィルタ部品の前段に配置して、フィルタが負荷にならないようにしてください。

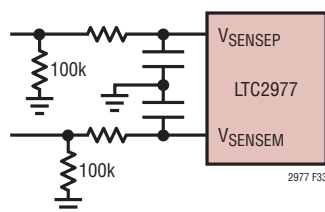


図33. 使用しない入力のGNDへの接続





## 改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	9/13	ADC Total Unadjusted Error (TUE) 仕様のVoltage Sense Modeの電圧範囲を>1.8Vから>1Vに改善。	5
		Current Sense Mode のためのADC TUE仕様を追加。	5
		前ADC仕様のINL、DNL、Voltage Sense Offset Error、Gain ErrorをTUEに統合。	5
		V <sub>OS_CMP</sub> Offset Voltageの仕様を更新。	7
		V <sub>VOUT_ENn</sub> Output High Voltage 仕様: 最小値を11.6Vから10Vに変更。	7
		標準的性能特性のグラフ追加: 「閉ループ・サーボ制御の精度」	11

## 標準的応用例

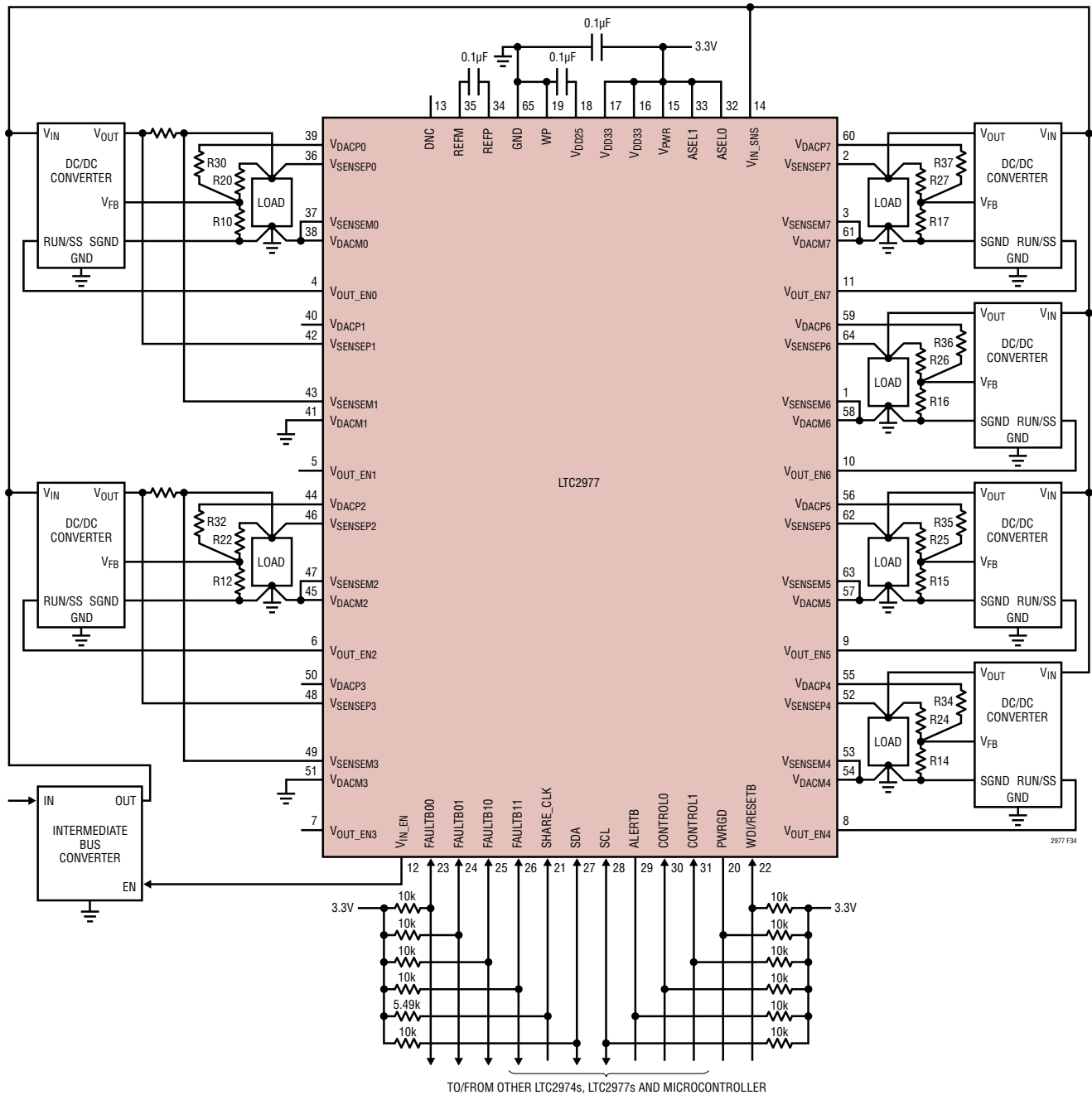


図34. 3.3Vのデバイス電源を使用したLTC2977アプリケーション回路

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2970	デュアルI <sup>2</sup> C電源モニタおよびマーージング・コントローラ	5V～15V、全未調整誤差が0.5%の14ビットADC、8ビットDAC、温度センサ
LTC2974	4チャンネルPMBusパワーシステム・マネージャ	全未調整誤差が0.25%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTC3880	デュアル出力PolyPhase降圧DC/DCコントローラ	全未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTC3883	シングル出力PolyPhase降圧DC/DCコントローラ	全未調整誤差が0.5%の16ビットADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視

2977fa