

## デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた 低 $V_{OUT}$ クワッド31.25Aまたはシングル125A $\mu$ Moduleレギュレータ

### 特長

- 制御および監視用のデジタル・インターフェースを備えたデジタル調整可能な4つのアナログ・ループ
- 広い入力電圧範囲：4.5V~14V
- 出力電圧範囲：0.3V~0.7V
- $\pm 0.5\%$ のDC出力精度（0.7V）
- $\pm 4.5\%$ の電流リードバック精度：0°C~125°C
- 低い出力電圧範囲に対し最適化
- 400kHz、PMBus準拠のI<sup>2</sup>Cシリアル・インターフェース
- 最大125Hzの遠隔測定ポーリング・レートに対応
- 16ビット $\Delta\Sigma$ ADCを内蔵
- 複数モジュールを並列接続して電流を分担
- 15mm × 22mm × 5.71mm BGAパッケージ

### 読出し可能なデータ：

- 入力および出力電圧、電流、温度
- 動作時ピーク値、動作時間、フォルト、警告
- 内蔵EEPROMのフォルト・ログ記録

### 書き込み可能データおよび設定可能パラメータ：

- 出力電圧、電圧のシーケンシングとマーギニング
- デジタル・ソフトスタート/ソフトストップ・ラン  
プ、アナログ・ループのプログラム
- OV/UV/OT、UVLO、周波数、位相

### アプリケーション

- マルチレール・プロセッサ電源、設定変更可能なコア電源

### 概要

LTM4683は、クワッド31.25Aまたはシングル125A降圧 $\mu$ Module®（パワー・マイクロモジュール）DC/DCレギュレータで、PMBusを介してパワー・マネージメント・パラメータの遠隔設定と遠隔測定モニタリングが可能です。LTM4683は、デジタルでプログラム可能なアナログ制御ループで構成され、より広い帯域幅と優れた過渡応答を実現するよう最適化されています。

LTM4683は2線式シリアル・インターフェースを備えており、出力のマーギニング、チューニング、ランプ・アップおよびランプ・ダウンを行うことができます。ランピングのスルー・レートはプログラム可能で、遅延時間のシーケンシングも可能です。また、真の入力検出、出力電流および電圧、出力電力、温度、動作時間、およびピーク値を読み出すことができます。EEPROM内容のカスタム設定は必要ありません。起動時の出力電圧、スイッチング周波数、およびチャンネル位相角割り当ては、ピンストラップ抵抗によって設定できます。

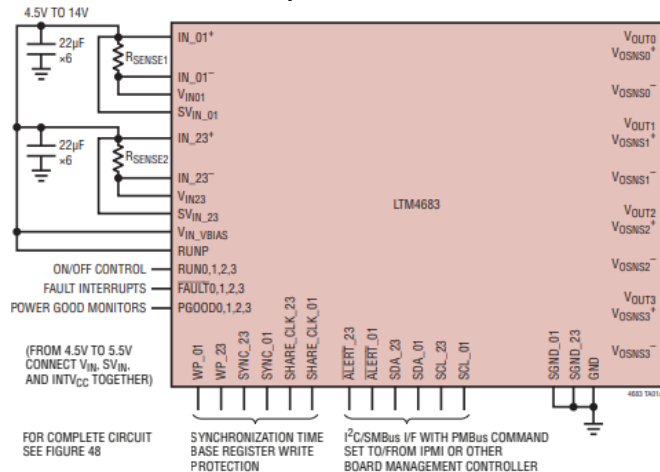
LTpowerPlay®グラフィカル・ユーザ・インターフェース（GUI）、DC1613A USB/PMBusコンバータ、評価用キットが提供されています。

LTM4683は15mm × 22mm × 5.71mm BGAパッケージで提供され、端子仕上げはRoHSに準拠しています。

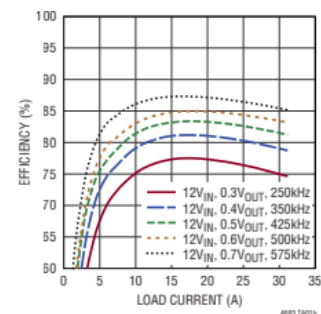
本紙記載の登録商標および商標は、全て各社の所有に属します。5408150、5481178、5705919、5929620、6144194、6177787、6580258、7420359、8163643を含む米国特許により保護されています。米国特許7000125、および世界のその他の関連特許に基づいてライセンスされています。

### 標準的応用例

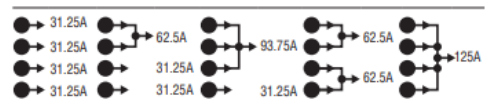
制御および監視用のデジタル・インターフェースを備えた  
クワッド31.25A  $\mu$ Moduleレギュレータ



チャンネル効率と負荷電流の関係



構成設定可能な出力アレイ



※こちらのデータシートには正誤表が付属しています。当該資料の最終ページ以降をご参照ください。

Rev. 0

## 目次

特長 .....	1
アプリケーション .....	1
概要 .....	1
標準的応用例 .....	1
絶対最大定格 .....	4
ピン配置 .....	4
発注情報 .....	4
電気的特性 .....	5
代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 .....	12
ピン機能 .....	15
簡略ブロック図 .....	23
デカップリング条件 .....	23
機能図 .....	24
テスト回路 .....	25
動作 .....	27
パワー・モジュールの概説 .....	27
電源モジュールの主要機能の概要 .....	27
ECC機能付きEEPROM .....	28
パワーアップと初期化 .....	29
ソフトスタート .....	30
タイム・ベース・シーケンシング .....	30
電圧ベース・シーケンシング .....	31
シャットダウン .....	31
軽負荷電流動作 .....	31
スイッチング周波数と位相 .....	32
PWMループ補償 .....	32
出力電圧の検出 .....	32
INTV <sub>CC</sub> /V <sub>BIAS</sub> の電力 .....	33
出力電流検出と1m $\Omega$ 未満のDCRによる電流検出 .....	33
入力電流の検出 .....	33
PolyPhaseによる負荷分担 .....	34
内部温度の検出 .....	34
R <sub>CONFIG</sub> (抵抗設定) ピン .....	34
表1. LTM4683の出力電圧のVOUT <sub>n</sub> _CFGピンストラップ参照表。粗設定 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)、上側抵抗 = 14.3k $\Omega$ .....	35
表2. LTM4683の出力電圧のVTRIM <sub>n</sub> _CFGピンストラップ参照表。微調整設定 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)、上側抵抗 = 14.3k $\Omega$ .....	35
表3. LTM4683のスイッチング周波数とチャンネル位相インターリーブ角を設定するためのFSWPH <sub>nn</sub> _CFGピンストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)。 nn = 01または23チャンネル、上側抵抗を14.3k $\Omega$ に設定 .....	36

表4. LTM4683のスレーブ・アドレス設定のためのASEL <sub>nn</sub> ピンストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL [6] の設定に関わらず使用可能) .....	37
表5. 7ビットおよび8ビット・アドレス指定で表したLTM4683のMFR_ADDRESSコマンドの例 .....	37
フォルトの検出と処理 .....	37
ステータス・レジスタとALERTのマスクング .....	38
FAULT <sub>n</sub> ピンへのフォルトのマッピング .....	40
パワー・グッド・ピン .....	40
CRC保護 .....	40
シリアル・インターフェース .....	40
通信保護 .....	40
デバイスのアドレス指定 .....	41
V <sub>OUT</sub> およびI <sub>IN</sub> /I <sub>OUT</sub> のフォルトに対する応答 .....	41
出力低電圧応答 .....	42
ピーク出力過電流フォルト応答 .....	42
タイミング・フォルトに対する応答 .....	42
V <sub>IN</sub> OVフォルトに対する応答 .....	42
OT/UTフォルトに対する応答 .....	43
内部過熱フォルト応答 .....	43
過熱フォルトと低温フォルトの応答 .....	43
入力過電流フォルトおよび出力低電流フォルトに対する応答 .....	43
外部フォルトに対する応答 .....	43
フォルト・ログ記録 .....	43
バスのタイムアウト保護 .....	44
PMBus、SMBus、I <sup>2</sup> Cの2線式インターフェースにおける類似性 .....	44
PMBusシリアル・デジタル・インターフェース .....	44
図6. PMBusのタイミング図 .....	45
表6. サポートしているデータ・フォーマットを表す略号 .....	45
図7～図24 PMBusプロトコル .....	45
PMBusコマンドの概要 .....	49
PMBusコマンド .....	49
表7. PMBusコマンドの概要 (注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載) .....	49
表8. データ・フォーマットの略号 .....	54
アプリケーション情報 .....	55
V <sub>IN</sub> からV <sub>OUT</sub> への降圧比 .....	55
入力コンデンサ .....	55
出力コンデンサ .....	55
軽負荷電流動作 .....	55
スイッチング周波数と位相 .....	56

出力電流制限値のプログラミング .....	57	PWM設定 .....	88
最小オン時間に関する考慮事項 .....	58	電圧 .....	91
可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ ...	58	入力電圧と制限値 .....	91
デジタル・サーボ・モード .....	58	出力電圧と制限値 .....	92
ソフトオフ（シーケンシングによるオフ） .....	59	出力電流と制限値 .....	95
低電圧ロックアウト .....	60	入力電流と制限値 .....	97
フォルトの検出と処理 .....	60	温度 .....	98
オープンドレイン・ピン .....	61	電力段DCRの温度キャリブレーション .....	98
フェーズ・ロック・ループと周波数同期 .....	61	電力段の温度制限値 .....	98
入力電流検出アンプ .....	62	タイミング .....	99
プログラマブル・ループ補償 .....	62	タイミング — オン・シーケンス／ランプ .....	99
過渡応答の確認 .....	62	タイミング — オフ・シーケンス／ランプ .....	100
PolyPhase構成 .....	64	再起動の前提条件 .....	101
USB-I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBusコントローラとシステム内の		フォルト応答 .....	101
LTM4683の接続 .....	64	すべてのフォルトに対するフォルト応答 .....	101
LTpowerPlay：デジタル電源用のインタラクティブ		入力電圧フォルト応答 .....	102
GUI .....	65	出力電圧フォルト応答 .....	102
PMBus通信とコマンド処理 .....	65	出力電流フォルト応答 .....	105
熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング	67	デバイス温度フォルト応答 .....	106
表13. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択：		外部温度フォルト応答 .....	107
負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/μs		フォルトの共有 .....	108
.....	72	フォルト共有のための伝搬 .....	108
表14. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択：		フォルト共有のための応答 .....	110
オールセラミック構成、負荷ステップ10Aから		スクラッチパッド .....	110
20A、スルー・レート10A/μs .....	73	識別情報 .....	111
表15. デュアル接続チャンネルの出力電圧とコンデ		フォルト、警告、およびステータス .....	112
ンサの選択：バルク・コンデンサおよびセラミッ		遠隔測定 .....	118
ク・コンデンサ構成、負荷ステップ10Aから30A、		NVMメモリ・コマンド .....	122
スルー・レート20A/μs .....	74	格納／復元 .....	122
表16. クワッド接続チャンネルの出力電圧とコンデ		フォルト・ログ記録 .....	123
ンサの選択：バルク・コンデンサおよびセラミッ		ブロック・メモリの書込み／読出し .....	127
ク・コンデンサ構成、負荷ステップ10Aから40A、		パッケージの説明 .....	128
スルー・レート15A/μs .....	75	表25. LTM4683のBGAピン配置 .....	128
EMI性能 .....	76	改訂履歴 .....	131
安全に関する考慮事項 .....	76	パッケージ写真 .....	132
レイアウトのチェックリスト／サンプル .....	76	設計リソース .....	132
代表的なアプリケーション .....	78	関連製品 .....	132
PMBusコマンドの詳細 .....	83		
アドレス指定と書込み保護 .....	83		
汎用設定コマンド .....	85		
オン／オフ／マージン .....	86		

LTM4683

絶対最大定格

(Note 1)

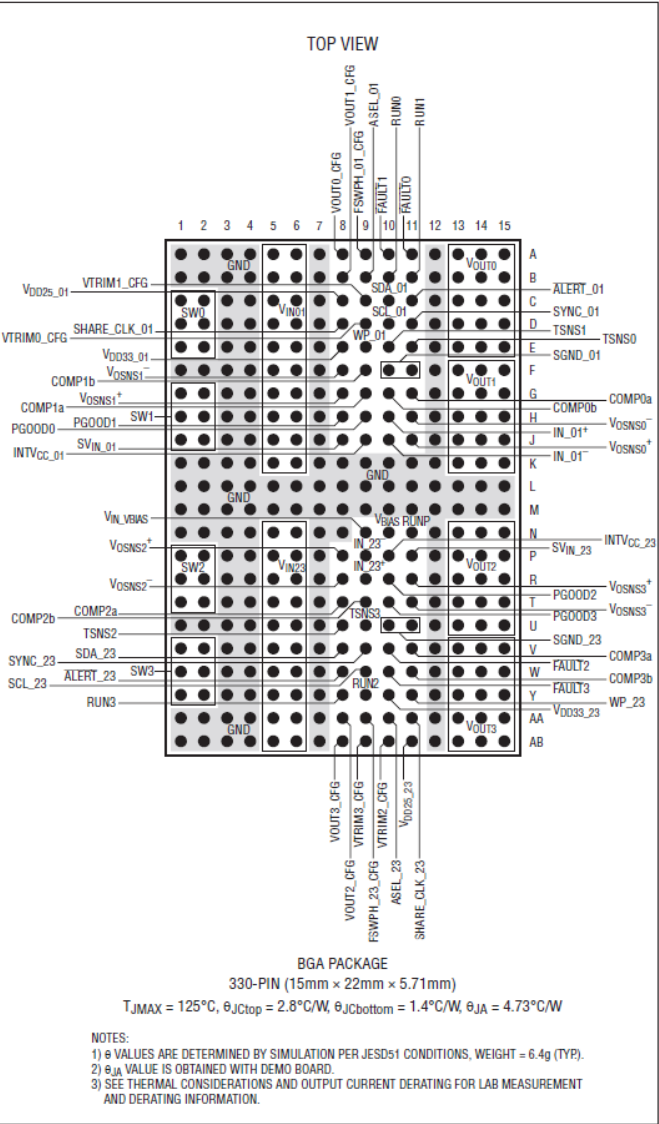
端子電圧

$V_{INnn}$  (Note 4)、 $SV_{IN\_nn}$ 、 $I_{IN\_nn}^{+}$ 、 $I_{IN\_nn}^{-}$ 、 $V_{IN\_VBIAS}$ 、  
RUNP .....  $-0.3V \sim 16V$   
 $(SV_{IN\_nn} - I_{IN\_nn}^{+})$ 、 $(I_{IN\_nn}^{+} - I_{IN\_nn}^{-})$  .....  $-0.3V \sim 0.3V$   
SWn .....  $-1V \sim 16V$ 、 $-5V \sim 16V$ のトランジェント  
 $INTV_{CC\_nn}$ 、 $V_{BIAS}$  .....  $-0.3V \sim 6V$   
 $V_{OUTn}$  .....  $-0.3V \sim 1.0V$   
 $V_{OSNSn}^{+}$  .....  $-0.3V \sim 1.0V$   
 $V_{OSNSn}^{-}$  .....  $-0.3V \sim 0.3V$   
RUNn、SDA\_nn、SCL\_nn、 $\overline{ALERT\_nn}$  ..  $-0.3V \sim 5.5V$   
FSWPH\_nn\_CFG、 $V_{OUTn\_CFG}$ 、  
 $V_{TRIMn\_CFG}$ 、ASEL\_nn .....  $-0.3V \sim 2.75V$   
 $\overline{FAULTn}$ 、SYNC\_nn、SHARE\_CLK\_nn、  
WP\_nn、PGOODn .....  $-0.3V \sim 3.6V$   
COMPna、COMPnb .....  $-0.3V \sim 2.7V$   
TSNSn .....  $-0.3V \sim 0.8V$   
n = 0、1、2、3、およびnn = 01、23  
 $V_{DD33\_nn}$ と $V_{DD25\_nn}$ は駆動されない出力です。

温度

内部動作温度範囲 (Note 2、13、15、16) ....  $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$   
保管温度範囲 .....  $-55^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$   
ハンダ・リフロー時の最高パッケージ・ボディ温度  
.....  $245^{\circ}C$

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ*	製品マーキング		パッケージ・ タイプ	MSLレーティング	温度範囲 (注2参照)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4683EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4683Y	e1	BGA	4	$-40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$
LTM4683IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4683Y	e1	BGA	4	$-40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$

• 更に広い動作温度範囲で規定されたデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609によります。

• 推奨されるLGAおよびBGA PCBのアセンブリおよび製造手順  
• LGAおよびBGAのパッケージ図面とトレイ図面。



## 電氣的特性

● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUNn = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$ を0.5Vに指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{INnn}$	Input DC Voltage	Test Circuit 1 Test Circuit 2, $V_{IN\_OFF} < V_{IN\_ON} = 4\text{V}$	● 5.75 ● 4.5		14 5.75	V V
$V_{OUTn}$	Range of Output Voltage Regulation for Each Channel	$V_{OUTn}$ Differentially Sensed on $V_{OSNSn+}/V_{OSNSn-}$ Pin-Pair, Commanded by Serial Bus or with Resistors Present at Start-Up on $V_{OUTn\_CFG}$	● 0.3		0.7	V
$V_{OUTn(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load for Each Channel	Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 1b) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 0b) $V_{OUTn}$ Commanded to 0.5V, $V_{OUTn}$ Low Range, (MFR_PWM_MODEn[1] = 1b), (Notes 5, 6)	● 0.4965 0.492	0.50 0.50	0.5035 0.508	V V
$V_{UVLO}$	Undervoltage Lockout Threshold, When $V_{IN} < 4.3\text{V}$	$V_{INTVCC\_nn}$ Falling $V_{INTVCC\_nn}$ Rising		3.55 3.90		V V

## Input Specifications

$I_{INRUSH}(V_{INnn})$	Input Inrush Current at Start-Up	Test Circuit 1, $V_{OUTn} = 0.5\text{V}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ , No Load Besides Capacitors; $TON\_RISEn = 3\text{ms}$		200		mA
$I_Q(SV_{INnn})$	Input Supply Bias Current	Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODEn[0] = 1b $RUNn = RUNP = 3.3\text{V}$ Shutdown, $RUN0n = RUNP = 0\text{V}$		40 23		mA mA
$I_S(V_{INnn}, PSM)$	Input Supply Current in Pulse-Skipping Mode Operation	Pulse-Skipping Mode, MFR_PWM_MODEn[0] = 0b, $I_{OUTn} = 100\text{mA}$		20		mA
$I_S(V_{INnn}, FCM)$	Input Supply Current in Forced Continuous Mode Operation	Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODEn[0] = 1b, 12V to 0.5V, $I_{OUT} = 31.25\text{A}$ , $RUNP = 0\text{V}$ , $V_{BIAS} = \text{Off}$		1.8		A
$I_S(V_{INnn}, SHUTDOWN)$	Input Supply Current in Shutdown	Shutdown, $RUNn = 0\text{V}$ , $RUNP = 0\text{V}$ , $V_{BIAS} = \text{Off}$		300		$\mu\text{A}$

## Output Specifications

$I_{OUTn}$	Output Continuous Current Range Each Channel	(Note 6) Utilizing MFR_PWM_MODE[7] = 1 and Using $\sim I_{OUT} = 40A$ for $I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT}$ , Page 96		0	31.25	A	
$\frac{\Delta V_{OUTn(LINE)}}{V_{OUTn}}$	Line Regulation Accuracy Each,Channel	Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 1b) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 0b) $SV_{IN}$ and $V_{INn}$ Electrically Shorted Together and $INTV_{CC}$ Open Circuit; $I_{OUTn} = 0A$ , $5.75V \leq V_{IN} \leq 14V$ , $V_{OUT}$ Low Range, (MFR_PWM_MODEn[1] = 1b), FREQUENCY_SWITCH = 425kHz, (Note 5)	●	0.03 0.03	$\pm 0.2$	%/V %/V	
$\frac{\Delta V_{OUTn(LOAD)}}{V_{OUTn}}$	Load Regulation Accuracy Each,Channel	Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 1b) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODEn[6] = 0b) $0A \leq I_{OUTn} \leq 31.25A$ , $V_{IN} \geq 5.75V$ , $V_{OUT}$ Low Range, (MFR_PWM_MODEn[1] = 1b), (Notes 5, 6)	●	0.03 0.2	0.5	% %	
$V_{OUTn(AC)}$	Output Voltage Ripple			10		mV <sub>P-P</sub>	
$f_S$ (Each Channel)	$V_{OUTn}$ Ripple Frequency	FREQUENCY_SWITCH Set to 350kHz (0xFABC)	●	325	350	375	kHz
$\Delta V_{OUTn(START)}$	Turn-On Overshoot	TON_RISEn = 3ms (Note 12)		8			mV
$t_{START}$	Turn-On Start-Up Time	Time from $V_{IN}$ Toggling from 0V to 12V to Rising Edge PGOODn. TON_DELAYn = 0ms, TON_RISEn = 3ms	●	35			ms
$t_{DELAY(0ms)}$	Turn-On Delay Time	Time from First Rising Edge of RUNn to Rising Edge of PGOODn. TON_DELAYn = 0ms, TON_RISEn = 3ms, $V_{IN}$ Having Been Established for at Least 70ms		2.75	3.3	3.8	ms
$\Delta V_{OUTn(LS)}$	Peak Output Voltage Deviation for Dynamic Load Step	Load: 10A to 30A and 30A to 10A at 10A/ $\mu$ s, $V_{OUTn} = 0.50V$ , $V_{IN} = 12V$ (Note 12)		30			mV
$t_{SETTLE}$	Settling Time for Dynamic Load Step per Channel	Load: 10A to 30A and 30A to 10A at 10A/ $\mu$ s, $V_{OUTn} = 0.50V$ , $V_{IN} = 12V$ , (Note 12)		18			$\mu$ s

**電氣的特性** ● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY\_SWITCH} = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$  を  $0.5\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{OUTn}(\text{OCL\_PK})$	Output Current Limit, Peak High Range per Channel	Cycle-by-Cycle Inductor Peak Current Limit Inception, Utilizing MFR_PWM_MODE[7] = 1, Using $I_{OUT} = 41.75\text{A}$ for IOUT_OC_FAULT_LIMIT, Page 96		45		A
$I_{OUTn}(\text{OCL\_AVG})$	Output Current Limit, Time Averaged per Channel	Time-Averaged Output Inductor Current Limit Inception Threshold, Commanded by IOUT_OC_FAULT_LIMIT <sub>n</sub> , (Note 12), Utilizing MFR_PWM_MODE[7] = 1, Using $\sim I_{OUT} = 41.75\text{A}$ , Page 96		40A, See IOUT-RB-ACC Specification (Output Current Readback Accuracy)		

#### Control Section

$V_{FBCMn}$	Channel 0 to Channel 3 Feedback Input Common Mode Range	$V_{OSNSn}^-$ Valid Input Range (Referred to SGND) $V_{OSNSn}^+$ Valid Input Range (Referred to SGND)	●	-0.1	0.3	V
$V_{OUT-RNGL}$	Full-Scale Command Voltage, Range Low (0.3V to 2.75V) per Channel; Limit to 1V (Note 14)	$V_{OUTn}$ Commanded to 2.750V, MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] = 1b Set Point Accuracy Resolution LSB Step Size	● ●	2.7 -0.5	2.8 +0.5	V % Bits mV
$R_{VSNSn}^+$	$V_{OSNSn}^+$ Impedance to SGND	$0.3\text{V} \leq V_{OSNSn}^+ - V_{SGND} \leq 1.0\text{V}$		50		k $\Omega$
$t_{ON(\text{MIN})}$	Minimum On-Time	(Note 8 ) per Channel		85		ns
$R_{COMPn}$	Resolution Compensation Resistor $R_{TH(\text{MAX})}$ Compensation Resistor $R_{TH(\text{MIN})}$	MFR_PWM_COMP[4:0] = 0 to 31 (See Figure 1, Note Section)		5 62 0		Bits k $\Omega$ k $\Omega$
$g_{mn}$	Resolution Error Amplifier $g_{m(\text{MAX})}$ Error Amplifier $g_{m(\text{MIN})}$ LSB Step Size	$V_{COMP} = 1.35\text{V}$ , MFR_PWM_COMP[7:5] = 0 to 7		3 5.76 1 0.68		Bits mmho mmho mmho

#### Analog OV/UV (Overvoltage/Undervoltage) Output Voltage Supervisor Comparators (VOUT\_OV/UV\_FAULT\_LIMIT and VOUT\_OV/UV\_WARN\_LIMIT Monitors)

$N_{OV/UV\_COMP}$	Resolution, Output Voltage Supervisors	(Notes 13, 14)		9		Bits
$V_{OV-RNG}$	Output OV Comparator Threshold Detection Range	High Range Scale Not Used, Low Range Scale, MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] = 1b (Note 14)		0.3	2.7	V
$V_{OUSTP}$	Output OV and UV Comparator Threshold Programming LSB Step Size	(Note 14), Low Range Scale, MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] = 1b		5.6		mV
$V_{OV-ACC-n}$	Output OV Comparator Threshold Accuracy Channel 0 to Channel 3 (Note 13)	$0.3\text{V} \leq V_{OSNSn}^+ - V_{OSNSn}^- \leq 0.7\text{V}$ , MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] = 1b	●		±5	%
$V_{UV-RNGn}$	Output UV Comparator Threshold Detection Range	Low Range Scale, MFR_PWM_MODE <sub>n</sub> [1] = 1b, High Range Scale N/A, Output Limited to 0.7V		0.3	2.7	V
$V_{UV-ACCn}$	Output UV Comparator Threshold Accuracy Channel 0 to Channel 3 (Note 13)	$0.3\text{V} \leq V_{OSNSn}^+ - V_{OSNSn}^- \leq 0.7\text{V}$ , MFR_PWM_MODE[1] = 1b	●		±5	%
$t_{PROP-OV}$	Output OV Comparator Response Times	Overdrive to 10% Above Programmed Threshold			100	μs
$t_{PROP-UV}$	Output UV Comparator Response Times	Under Drive to 10% Below Programmed Threshold			100	μs

**電気的特性** ● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUNn = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$  を  $0.5\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Analog OV/UV <math>SV_{IN\_nn}</math> Input Voltage Supervisor Comparators (Threshold Detectors for <math>V_{IN\_ON}</math> and <math>V_{IN\_OFF}</math>)</b>						
$N_{SVIN-OV/UV-COMP}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming Resolution	(Note 14)		9		Bits
$SV_{IN-OU-RANGE}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming Range	Limited to Abs Max = 16V	●	4.5	16	V
$SV_{IN-OU-STP}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Threshold-Programming LSB Step Size	(Note 14)		76		mV
$SV_{IN-OU-ACC}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Threshold Accuracy	$9\text{V} < SV_{IN} \leq 16\text{V}$ $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 9\text{V}$	● ●		$\pm 3$ $\pm 270$	% mV
$t_{PROP-SVIN-HIGH-VIN}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Response Time, High $V_{IN}$ Operating Configuration	Test Circuit 1, and: $V_{IN\_ON} = 9\text{V}$ ; $SV_{IN}$ Driven from 8.775V to 9.225V $V_{IN\_OFF} = 9\text{V}$ ; $SV_{IN}$ Driven from 9.225V to 8.775V	● ●		100 100	$\mu\text{s}$ $\mu\text{s}$
$t_{PROP-SVIN-LOW-VIN}$	$SV_{IN\_nn}$ OV/UV Comparator Response Time, Low $V_{IN}$ Operating Configuration	Test Circuit 2, and: $V_{IN\_ON} = 4.5\text{V}$ ; $SV_{IN}$ Driven from 4.225V to 4.725V $V_{IN\_OFF} = 4.5\text{V}$ ; $SV_{IN}$ Driven from 4.725V to 4.225V	● ●		100 100	$\mu\text{s}$ $\mu\text{s}$
<b>Channel <math>n</math> Output Voltage Readback (<math>READ\_VOUTn</math>)</b>						
$N_{VO-RB}$	Output Voltage Readback Resolution and LSB Step Size	(Note 14)		16 244		Bits $\mu\text{V}$
$V_{O-F/S}$	Output Voltage Full-Scale Digitizable, Range	$V_{RUNn} = 0\text{V}$ , (Note 14), Limited to 1.0V Max Operating		8		V
$V_{O-RB-ACC}$	Output Voltage Readback Accuracy	Channel $n$ : $0.3\text{V} \leq V_{VOSNS^+} - V_{VOSNS^-} < 0.7\text{V}$	●	Within $\pm 3.5\text{mV}$ of Reading		
$t_{CONVERT-VO-RB}$	Output Voltage Readback Update, Rate	$MFR\_ADC\_CONTROL = 0x00$ , (Notes 9, 14) $MFR\_ADC\_CONTROL = 0x01$ through $0x0C$ , (Notes 9, 14), $MFR\_ADC\_CONTROL$ Section		90 8		ms ms
<b>Input Voltage <math>SV_{IN\_nn}</math> Readback (<math>READ\_VIN</math>)</b>						
$N_{SVIN-RB}$	Input Voltage Readback Resolution and LSB Step Size	(Notes 10, 14), Limited to Abs Max = 16V		10 15.625		Bits mV
$SV_{IN-F/S}$	Input Voltage Full-Scale Digitizable, Range	(Notes 11, 14), Limited to 14V Operating		43		V
$SV_{IN-RB-ACC}$	Input Voltage Readback Accuracy	$READ\_VIN$ , $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 14\text{V}$	●	Within $\pm 2\%$ of Reading		
$t_{CONVERT-SVIN-RB}$	Input Voltage Readback Update Rate	$MFR\_ADC\_CONTROL = 0x00$ , (Notes 9, 14) $MFR\_ADC\_CONTROL = 0x01$ , (Notes 9, 14)		90 8		ms ms
<b>Channel <math>n</math> Output Current (<math>READ\_IOUTn</math>), Duty Cycle (<math>READ\_DUTY\_CYCLEn</math>) and Computed Input Current (<math>MFR\_READ\_IINn</math>) Readback</b>						
$N_{IO-RB}$	Output Current Readback Resolution and LSB Step Size	(Notes 10, 14)		10 34.1		Bits mA
$I_{OUT-F/S}$	Output Current Full-Scale Digitizable, Range	(Note 14), Utilizing $MFR\_PWM\_MODE[7] = 1$ , Using $IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT = 61\text{A}$ , Page 96		54		A
$I_{OUT-RB-ACC}$	Output Current, Readback Accuracy	$READ\_IOUTn$ , Channel 0 to Channel 3, $0 \leq I_{OUTn} \leq 25\text{A}$ , Forced Continuous Mode, $MFR\_PWM\_MODEn[0] = 1\text{b}$ See Histograms in Typical Performance Characteristics, (Note 12)	●	Within 1.5A of Reading		
$I_{OUT-RB} (31.25\text{A})$	Full Load Output Current Readback	(Note 12), See Histograms in Typical Performance Characteristics		31.25		A

**電氣的特性** ● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$  を  $0.5\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{\text{CONVERT-IO-RB}}$	Output Current Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL = 0x00, (Notes 9, 14) MFR_ADC_CONTROL = 0x06 (CH0,2 $I_{\text{OUT}}$ ) or 0x0A (CH1,3 $I_{\text{OUT}}$ ), (Notes 9, 14), See MFR_ADC_CONTROL SECTION		90 8		ms ms

#### Input Current Readback

N	Resolution	(Note 10)		10		Bits
$V_{\text{IINSTP}}$	LSB Step Size Full-Scale Range = 16mV LSB Step Size Full-Scale Range = 32mV LSB Step Size Full-Scale Range = 64mV	Gain = 8, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^-  \leq 5\text{mV}$ Gain = 4, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^-  \leq 20\text{mV}$ Gain = 2, $0\text{V} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^-  \leq 50\text{mV}$		15.26 30.52 61		$\mu\text{V}$ $\mu\text{V}$ $\mu\text{V}$
$I_{\text{IN\_TUE}}$	Total Unadjusted Error	Gain = 8, $2.5\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^- $ , (Note 7) Gain = 4, $4\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^- $ , (Note 7) Gain = 2, $6\text{mV} \leq  V_{\text{IIN}}^+ - V_{\text{IIN}}^- $ , (Note 7)		2 1.3 1.2		% % %
$V_{\text{OS}}$	Zero-Code Offset Voltage	(Note 14)			$\pm 50$	$\mu\text{V}$
$t_{\text{CONVERT}}$	Update Rate	(Notes 9,14), See MFR_ADC_CONTROL SECTION for Faster Update Rates		90		ms

#### Supply Current Readback (Note 15)

N	Resolution	(Note 10)		10		Bits
$V_{\text{ICHIPSTP}}$	LSB Step Size Full-Scale Range = 256mV	Onboard $1\Omega$ Resistor		244		$\mu\text{V}$
$I_{\text{CHIP\_RB}}$	$I_{\text{CHIP}}$ Readback	$SV_{\text{IN\_nn}}$ Current		50		mA
$t_{\text{CONVERT}}$	Update Rate	(Notes 9,14), See MFR_ADC_CONTROL SECTION for Faster Update Rates		90		ms

#### Temperature Readback (T0, T1)

$T_{\text{RES-RB}}$	Temperature Readback Resolution	Channel $n$ , and Controller, (Note 14)		0.25		$^\circ\text{C}$
$T0\_TUE$	External Temperature Total Unadjusted Readback Error	Supporting Only $\Delta V_{\text{BE}}$ Sensing		2.5		$^\circ\text{C}$
$T1\_TUE$	Internal TSNS TUE	$V_{\text{RUN}_n} = 0\text{V}$ , $f_{\text{SYNC}} = 0\text{kHz}$ , (Note 7)		$\pm 1$		$^\circ\text{C}$
$t_{\text{CONVERT}}$	Update Rate	(Note 9) MFR_ADC_CONTROL = 0x04, 0x0C, or 0x08 (Notes 9, 14)		90 8		ms ms

#### INTV<sub>CC</sub><sub>nn</sub> Regulator, V<sub>BIAS</sub>

$V_{\text{INTVCC\_nn}}$	Internal $V_{\text{CC}}$ Voltage No Load	$6\text{V} \leq SV_{\text{IN\_nn}} \leq 14\text{V}$	●	5.25	5.5	5.75	V
$V_{\text{LDO\_INT}}$	INTV <sub>CC</sub> Load Regulation	$I_{\text{CC}} = 0\text{mA}$ to $50\text{mA}$ , $6\text{V} \leq SV_{\text{IN\_nn}} \leq 14\text{V}$		0.5	$\pm 2$		%
$V_{\text{IN\_VBIAS}}$	Input Range for $V_{\text{IN\_VBIAS}}$			7		14	V
RUNP	V <sub>BIAS</sub> Enable	RUNP Rising		0.8	0.85		V
V <sub>BIAS</sub>	5.5V Internal Regulator	$7\text{V} \leq V_{\text{IN\_VBIAS}} \leq 14\text{V}$ , $V_{\text{SVIN\_nn}} > 7\text{V}$		5.25	5.5	5.75	V
$SV_{\text{IN\_THR}}$	$V_{\text{SVIN\_nn}}$ Threshold to Enable V <sub>BIAS</sub> Switchover	$SV_{\text{IN\_nn}}$ Rising		7	7.5		V
$SV_{\text{IN\_THF}}$	$V_{\text{SVIN\_nn}}$ Threshold to Disable V <sub>BIAS</sub> Switchover	$SV_{\text{IN\_nn}}$ Falling		6.5			V



**電気的特性** ● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUNn = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 12\text{V}$ 、 $FREQUENCY\_SWITCH = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$  を  $0.5\text{V}$  に指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>V<sub>DD33_nn</sub> Regulator</b>						
$V_{VDD33nn}$	Internal $V_{DD33}$ Voltage	$V_{INTVCC\_nn} > 4.5\text{V}$	3.2	3.3	3.4	V
$I_{LIM}$	$V_{DD33}$ Current Limit	$V_{DD33\_nn} = \text{GND}$ , $V_{IN\_nn} = \text{INTVCC\_nn} = 4.5\text{V}$		100		mA
$V_{VDD33\_OV}$	$V_{DD33}$ Overvoltage Threshold	(Note 14)		3.5		V
$V_{VDD33\_UV}$	$V_{DD33}$ Undervoltage Threshold	(Note 14)		3.1		V
<b>V<sub>DD25_nn</sub> Regulator</b>						
$V_{VDD25nn}$	Internal $V_{DD25}$ Voltage			2.5		V
$I_{LIM}$	$V_{DD25}$ Current Limit	$V_{DD25\_nn} = \text{GND}$ , $V_{IN\_nn} = \text{INTVCC\_nn} = 4.5\text{V}$		80		mA
<b>Oscillator and Phase-Locked Loop (PLL)</b>						
$f_{\text{RANGE}}$	PLL SYNC Range	Synchronized with Falling Edge of SYNC, $V_{IN} = 12\text{V}$	250		750	kHz
$f_{\text{OSC}}$	Oscillator Frequency Accuracy	Frequency Switch = 250kHz to 1000kHz, (Note 14)	●		$\pm 7.5$	%
$V_{\text{TH}}(\text{SYNC\_nn})$	SYNC Input Threshold (Note 14)	$V_{\text{SYNC}}$ Falling $V_{\text{SYNC}}$ Rising		1 1.5		V V
$V_{\text{OL}}(\text{SYNC\_nn})$	SYNC Low Output Voltage	$I_{\text{LOAD}} = 3\text{mA}$ , (Note 14)		0.2	0.4	V
$I_{\text{LEAK}}(\text{SYNC\_nn})$	SYNC Leakage Current in Subordinate Mode	$0\text{V} \leq V_{\text{SYNC\_nn}} \leq 3.6\text{V}$			$\pm 5$	$\mu\text{A}$
$\theta_{\text{SYNC-}\theta 0,\theta 2}$	SYNC to Ch0, Ch2 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of SW0, SW2	$\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 0,2,3$ (Note 14) $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 5$ $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 1$ $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 4,6$		0 60 90 120		Deg Deg Deg Deg
$\theta_{\text{SYNC-}\theta 1,\theta 3}$	SYNC to Ch1, Ch3 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of SW1, SW3	$\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 3$ (Note 14) $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 0$ $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 2,4,5$ $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 1$ $\text{MFR\_PWM\_CONFIG}[2:0] = 6$		120 180 240 270 300		Deg Deg Deg Deg Deg
<b>EEPROM Characteristics</b>						
Endurance	(Note 15)	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●	10,000		Cycles
Retention	(Note 15)	$T_J < 125^\circ\text{C}$	●	10		Years
Mass_Write	Mass Write Operation Time	STORE_USER_ALL, $0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operation		440	4100	ms
<b>Leakage Current <math>\text{SDA\_nn}</math>, <math>\text{SCL\_nn}</math>, <math>\text{ALERT\_nn}</math>, <math>\text{RUNn}</math></b>						
$I_{\text{OL}}$	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{\text{PIN}} \leq 5.5\text{V}$	●		$\pm 5$	$\mu\text{A}$
<b>Leakage Current <math>\text{FAULTn}</math>, <math>\text{PGOODn}</math></b>						
$I_{\text{GL}}$	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{\text{PIN}} \leq 3.6\text{V}$	●		$\pm 2$	$\mu\text{A}$
<b>Digital Inputs <math>\text{SCL\_nn}</math>, <math>\text{SDA\_nn}</math>, <math>\text{RUNn}</math></b>						
$V_{\text{IH}}$	Input High Threshold Voltage		●		1.35	V
$V_{\text{IL}}$	Input Low Threshold Voltage		●	0.8		V
$V_{\text{HYST}}$	Input Hysteresis	SCL, SDA		0.08		V
$C_{\text{PIN}}$	Input Capacitance			10		pF
<b>Digital Input <math>\text{WP\_nn}</math> (Note 14)</b>						
$I_{\text{PUWP}}$	Input Pull-Up Current	WP		10		$\mu\text{A}$



**電气的特性** ● は仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します (Note 2)。仕様は個々の出力チャンネルに対するものです (Note 4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 3.3\text{V}$ 、 $\text{RUNP} = 12\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY\_SWITCH} = 425\text{kHz}$ 、 $V_{OUTn}$ を0.5Vに指定します。特に指定のない限り、出荷時のデフォルトEEPROM設定を使用して設定し、テスト回路1に従います。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Open-Drain Outputs SCL<sub>nn</sub>, SDA<sub>nn</sub>, FAULT<sub>n</sub>, ALERT<sub>nn</sub>, RUN<sub>n</sub>, SHARE_CLK<sub>nn</sub>, PGOOD<sub>n</sub></b>						
$V_{OL}$	Output Low Voltage	$I_{SINK} = 3\text{mA}$			0.4	V
<b>Digital Inputs SHARE_CLK<sub>nn</sub>, WP<sub>nn</sub> (Note 14)</b>						
$V_{IH}$	Input High Threshold Voltage		●	1.5	1.8	V
$V_{IL}$	Input Low Threshold Voltage		●	0.6	1	V
<b>Digital Filtering of FAULT<sub>n</sub> (Note 14)</b>						
$I_{FLTg}$	Input Digital Filtering FAULT <sub>n</sub>			3		μs
<b>Digital Filtering of PGOOD<sub>n</sub> (Note 14)</b>						
$I_{FLTg}$	Output Digital Filtering PGOOD <sub>n</sub>			100		μs
<b>Digital Filtering of RUN<sub>n</sub> (Note 14)</b>						
$I_{FLTg}$	Input Digital Filtering RUN			10		μs
<b>PMBus Interface Timing Characteristics (Note 14)</b>						
$f_{SCL}$	Serial Bus Operating Frequency		●	10	400	kHz
$t_{BUF}$	Bus Free Time Between Stop and Start		●	1.3		μs
$t_{HD(STA)}$	Hold Time After Repeated Start Condition after This Period, the First Clock is Generated		●	0.6		μs
$t_{SU(STA)}$	Repeated Start Condition Setup Time		●	0.6	10000	μs
$t_{SU(STO)}$	Stop Condition Setup Time		●	0.6		μs
$t_{HD(DAT)}$	Date Hold Time Receiving Data Transmitting Data		● ●	0 0.3	0.9	μs μs
$t_{SU(DAT)}$	Data Setup Time Receiving Data		●	0.1		μs
$t_{TIMEOUT\_SMB}$	Stuck PMBus Timer Non-Block Reads Stuck PMBus Timer Block Reads	Measured from the Last PMBus Start Event		32 255		ms
$t_{LOW}$	Serial Clock Low Period		●	1.3	10000	μs
$t_{HIGH}$	Serial Clock High Period		●	0.6		μs

**Note 1** : 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

**Note 2** : LTM4683は $T_J \approx T_A$ となるようなパルス負荷条件下でテストされています。LTM4683Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲内で性能仕様を満たすよう設計されています。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲全体における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって裏付けられています。LTM4683Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲全域で仕様を満たすよう設計されています。 $T_J$ は、次式を使って周囲温度 $T_A$ と消費電力 $P_D$ から計算します：  
 $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$

これらの仕様と一致した最高周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因に加え、個々の動作条件によって決定されることに留意してください。

**Note 3** : デバイス・ピンに流れ込む電流はすべて正、デバイス・ピンから流れ出る電流はすべて負です。特に指定のない限り、すべての電圧はグラウンド基準です。

**Note 4** : 電源入力 ( $V_{IN01}$ および $V_{IN23}$ ) と、それらに対応する電源出力 ( $V_{OUT0}$ および $V_{OUT2,3}$ ) は、製造時に個別にテストされています。このデータシートでは、これらのパラメータを「 $V_{INnn}$ 」および「 $V_{OUTn}$ 」という略号で表記しています ( $n$ には0~3の値が入ります)。この「 $n$ 」を使った表記方法は、同様のピンの名前すべてにあてはまる他、チャンネル固有のデータ (ページ指定データ) を格納するレジスタの名前にも使われています。例えば、 $V_{OUT\_COMMAND_n}$ はページ0とページ1に置かれた $V_{OUT\_COMMAND}$ コマンド・コードのデータを表しており、更にそれらのページはチャンネル0、2 ( $V_{OUT0,2}$ ) およびチャンネル1、3 ( $V_{OUT1,3}$ ) に対応しています。ページ指定のないデータ、すなわちモジュールの「グローバル」なデータ (そのモジュールの全チャンネルに適用されるデータ) が格納されるレジスタには「 $n$ 」は付きません (例:  $\text{FREQUENCY\_SWITCH}$ )。

## 電気的特性

**Note 5 :**  $V_{OUTn}$  (DC)、ライン・レギュレーション、および負荷レギュレーションのテストは、デジタル・サーボが作動しない状態 ( $MFR\_PWM\_MODEn[6] = 0b$ ) で  $VOUTn$  に低電圧レンジを選択して ( $MFR\_PWM\_MODEn[1] = 1b$ )、製造時に行っています。デジタル・サーボ制御ループの動作確認も製造時に行われています。

( $MFR\_PWM\_MODEn[6] = 1b$  に設定)。ただし、出力電圧の最終的セトリング値への収束は必ずしも最終テストにおいて確認されているわけではありません (関係する時定数が大きい可能性があるため)。その代わりに、これは出力電圧のリードバック精度の仕様によって確保されています。また、性能はアプリケーションでの評価によって実証されています。代表的な性能特性のセクションを参照してください。

**Note 6 :** 他の  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$ 、 $T_A$  については、アプリケーション情報のセクションの出力電流ディレーティング曲線を参照してください。

**Note 7 :** このデバイスのテストは、パルス幅変調を無効化した状態で行っています。性能はアプリケーションでの評価によって実証されています。TUE(%) = A/Dコンバータ (ADC) のゲイン誤差 (%) + 100 (ゼロ・コード・オフセット + ADCの直線性誤差)/実際の値。

**Note 8 :** 最小オン時間のテストは、ウェーハ選別時に行っています。

**Note 9 :** データの変換は、デフォルトではラウンド・ロビン方式で行われます。すべての入力信号は、90ms (代表値) の遅延で連続的に変換されます。 $MFR\_ADC\_CONTRL$  の値を 0~12 に設定すると、LTM4683 はわずか 8ms~10ms で高速データ変換を行うことができます。PMBus コマンドの詳細のセクションを参照してください。

**Note 10 :** 以下の遠隔測定パラメータは、PMBus 定義の「リニア・データ・フォーマット」でフォーマットされます (このフォーマットでは、上位 5 ビット (2 の累乗の符号付き指数を表す) と下位 11 ビット (符号付き仮数部を表す) で構成されるワードが各レジスタに格納されます)。入力電圧 ( $SV_{IN\_nn}$ ) :  $READ\_VIN$  コマンド・コードを介してアクセス、出力電流 ( $I_{OUTn}$ ) :  $READ\_IOUTn$  コマンド・コードを介してアクセス、モジュール入力電流 ( $I_{VIN\_nn} + I_{VIN\_nn} + I_{SVIN\_nn}$ ) :  $READ\_IN$  コマンド・コードを介してアクセス、チャンネル入力電流 ( $I_{VIN\_nn} + 1/2 \cdot I_{SVIN\_nn}$ ) :  $MFR\_READ\_IINn$  コマンド・コードを介してアクセス、チャンネル 0 とチャンネル 1 のスイッチング電力段のデューティ・サイクル :  $READ\_DUTY\_CYCLEn$  コマンド・コードを介してアクセス。内部 ADC が 16 ビットで、LTM4683 の内部計算が 32 ビット・ワードを使用している場合でも、このデータ・フォーマットでは遠隔測定リードバック・データの分解能が 10 ビットに制限されます。

**Note 11 :**  $SV_{IN\_nn}$  ピンの絶対最大定格は 16V です。入力電圧の遠隔測定値 ( $READ\_VIN$ ) は、 $SV_{IN\_nn}$  ピンからスケール・ダウンした電圧をデジタル化することによって得られます。

**Note 12 :** これらの標準パラメータはベンチ測定に基づくもので、出荷時にはテストされていません。

**Note 13 :** チャンネル 0~チャンネル 3 の OV/UV コンパレータの閾値精度は、0.3V~0.7V の場合で 5% です。

**Note 14 :** IC レベルの自動試験装置 (ATE) でテストしています。

**Note 15 :** 書込みコマンドが有効となる LTM4683 の EEPROM 温度範囲は、0°C~85°C です。保証された EEPROM のデータ保持期間を実現するには、この温度範囲外で  $STORE\_USER\_ALL$  コマンドを実行 (つまり RAM の内容を不揮発性メモリ (NVM) にアップロード) することは推奨できません。ただし、LTM4683 の EEPROM 温度が 130°C 未満であれば、LTM4683 は  $STORE\_USER\_ALL$  コマンドに従います。

LTM4683 が  $STORE\_USER\_ALL$  トランザクションを実行しないのは、EEPROM 温度が 130°C を超えた場合に限られます。130°C を超えた場合、LTM4683 はシリアル・コマンドに対して NACK を返し、それに関連する CML (通信、メモリ、ロジック) フォルト・ビットをアサートします。EEPROM の温度は、 $STORE\_USER\_ALL$  コマンドの発行前にクエリして確認できます。アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**Note 16 :** LTM4683 は、一時的な過負荷状態からデバイスを保護するための過熱 (OT) 保護機能を内蔵しています。OT 保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 125°C を超えています。仕様規定の最高動作ジャンクション温度より上での連続動作はデバイスの信頼性を損なう可能性があります。

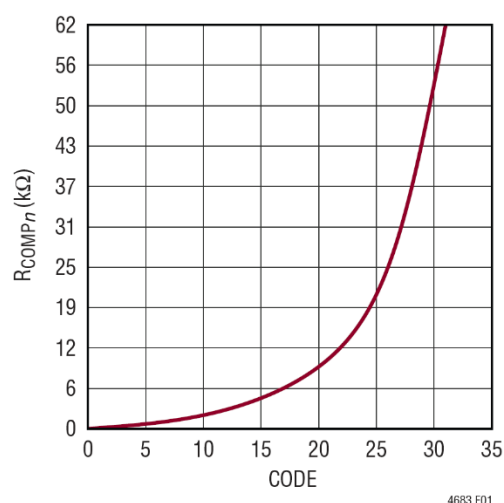
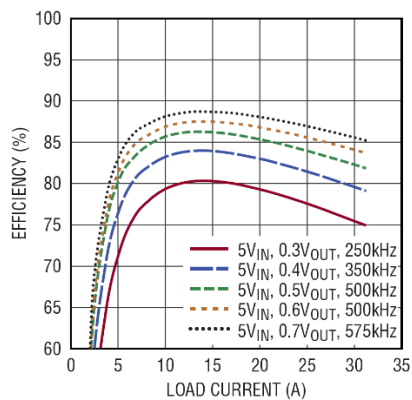


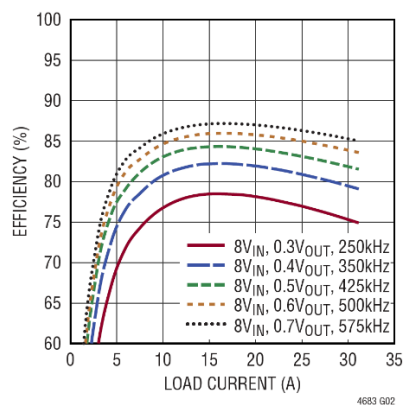
図1. プログラマブルな  $R_{COMPn}$

代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

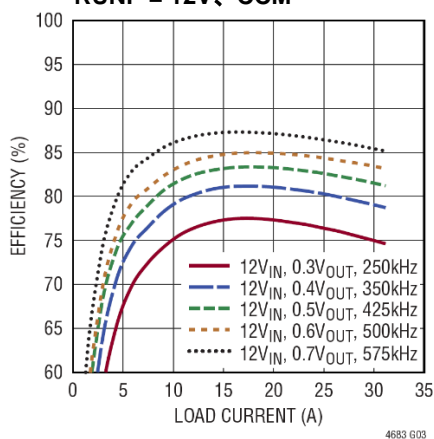
シングル・チャンネルの効率、 $5V_{IN}$ 、  
 $V_{IN} = SV_{IN} = INTV_{CC} = 5V$ 、  
 $RUNP = 0V$ 、連続導通モード (CCM)



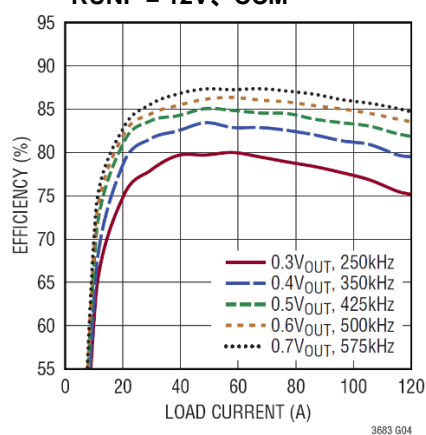
シングル・チャンネルの効率、 $8V_{IN}$ 、  
 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} = 8V$ 、  
 $RUNP = 8V$ 、CCM



シングル・チャンネルの効率、  
 $12V_{IN}$ 、 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} =$   
 $RUNP = 12V$ 、CCM



クワッド・チャンネル・シングル  
出力の効率、  
 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN\_VBIAS} =$   
 $RUNP = 12V$ 、CCM



## 代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

シングル・チャンネルの負荷過渡  
応答、0A~10A負荷ステップ、  
 $10\text{A}/\mu\text{s}$ 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、  
 $V_{\text{OUT}} = 0.3\text{V}$ 、 $f_{\text{sw}} = 250\text{kHz}$

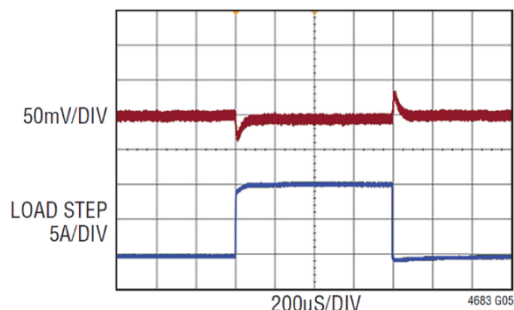


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 0.3V, FREQ = 250kHz  
 $C_{\text{OUT}} = 560\mu\text{F} \times 4$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 13\text{k}$ ,  $E A\text{-}g_m = 3.02\text{mS}$ ,  
 $\text{COMP}_{ra} = 4.7\text{nF}$ ,  $\text{COMP}_{rb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{OUT}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡  
応答、0A~10A負荷ステップ、  
 $10\text{A}/\mu\text{s}$ 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 0.6\text{V}$ 、  
 $f_{\text{sw}} = 500\text{kHz}$

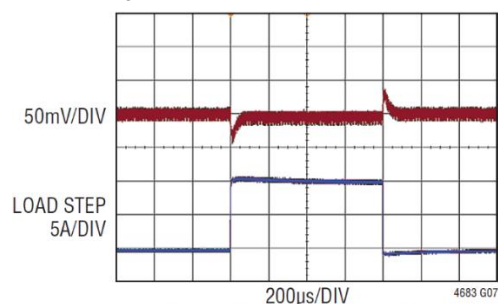


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 0.6V, FREQ = 500kHz  
 $C_{\text{OUT}} = 560\mu\text{F} \times 4$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 13\text{k}$ ,  $E A\text{-}g_m = 3.02\text{mS}$ ,  
 $\text{COMP}_{ra} = 4.7\text{nF}$ ,  $\text{COMP}_{rb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{OUT}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡  
応答、0A~10A負荷ステップ、  
 $10\text{A}/\mu\text{s}$ 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 0.4\text{V}$ 、  
 $f_{\text{sw}} = 350\text{kHz}$

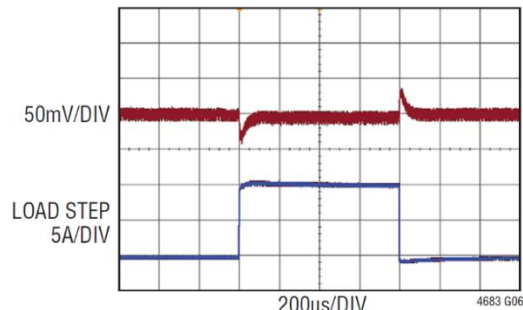


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 0.4V, FREQ = 350kHz  
 $C_{\text{OUT}} = 560\mu\text{F} \times 4$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 13\text{k}$ ,  $E A\text{-}g_m = 3.02\text{mS}$ ,  
 $\text{COMP}_{ra} = 4.7\text{nF}$ ,  $\text{COMP}_{rb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{OUT}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

シングル・チャンネルの負荷過渡  
応答、0A~10A負荷ステップ、  
 $10\text{A}/\mu\text{s}$ 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 0.7\text{V}$ 、  
 $f_{\text{sw}} = 575\text{kHz}$

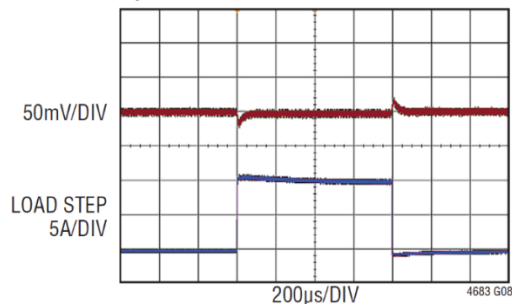


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 0.7V, FREQ = 575kHz  
 $C_{\text{OUT}} = 560\mu\text{F} \times 4$  POSCAP,  $100\mu\text{F} \times 4$  CERAMIC  
 $R_{\text{COMP}} = 13\text{k}$ ,  $E A\text{-}g_m = 3.02\text{mS}$ ,  
 $\text{COMP}_{ra} = 4.7\text{nF}$ ,  $\text{COMP}_{rb} = 150\text{pF}$   
 $I_{\text{OUT}} \text{ RANGE HIGH}$ ,  $V_{\text{OUT}} \text{ RANGE LOW}$

## 代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

クワッド出力並行レール、  
起動、プリバイアス

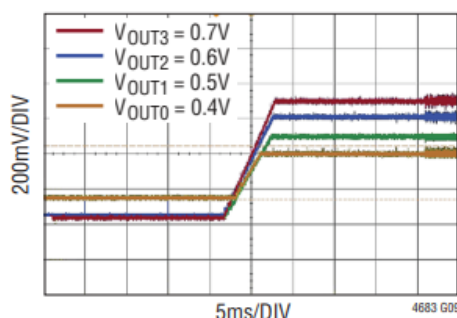


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V<sub>IN</sub>, 10A ON V<sub>OUT0</sub>  
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS AND  
180mV PRE-BIAS ON V<sub>OUT0</sub>

クワッド出力並行レール、  
起動、プリバイアス

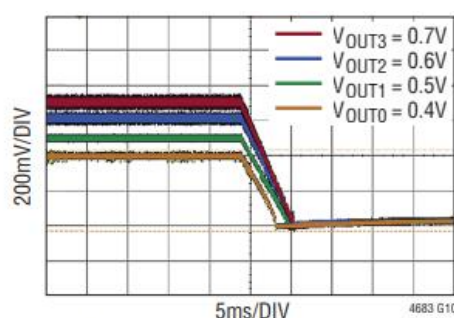


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V<sub>IN</sub>, 10A ON V<sub>OUT0</sub>  
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS AND  
180mV PRE-BIAS ON V<sub>OUT0</sub>

シングル・フェーズ・シングル出力、  
12V~0.5V、無負荷、  
短絡保護

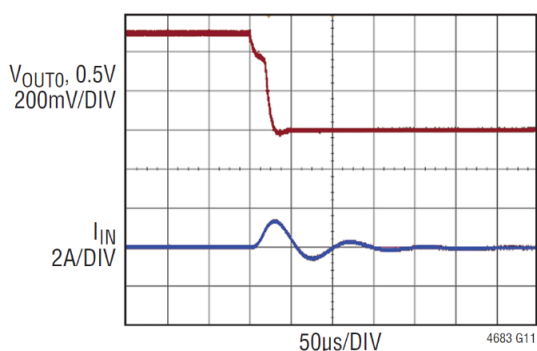


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V<sub>IN</sub>,  
NO LOAD ON V<sub>OUT0</sub>  
PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-CIRCUIT  
USE HIGH RANGE OF I<sub>OUT</sub> SYSTEM  
SHORT-CIRCUIT USING LOW IMPEDANCE  
COPPER ACROSS OUTPUT (HARD SHORT)

シングル・フェーズ・シングル出力、  
12V~0.5V、31.25Aの負荷、  
短絡保護

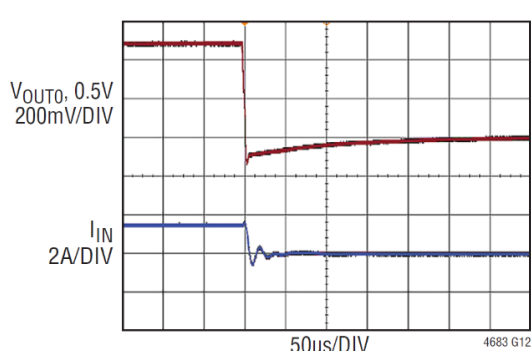
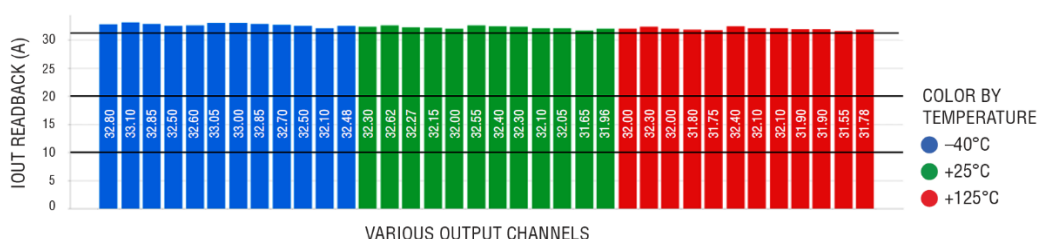
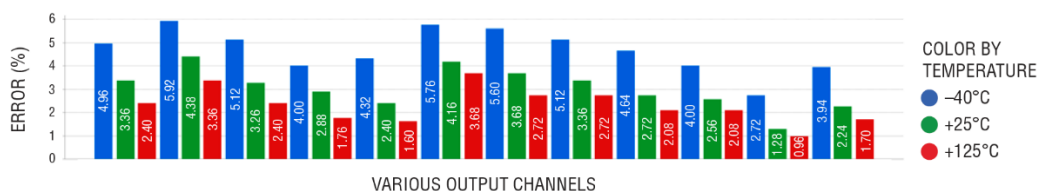


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V<sub>IN</sub>,  
31.25A LOAD ON V<sub>OUT0</sub>  
PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-CIRCUIT  
USE HIGH RANGE OF I<sub>OUT</sub> SYSTEM  
SHORT-CIRCUIT USING LOW IMPEDANCE  
COPPER ACROSS OUTPUT (HARD SHORT)

$V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 0.5V$ ,  $FREQ = 425kHz$ ,  $I_{OUT} = 31.25A$

I<sub>OUT</sub>のリードバック (31.25A)





## ピン機能



μModule製品では、パッケージの行と列のラベル表示が製品ごとに異なる場合があります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

**GND (A1-A4, A7, A12, B1-B4, B7, B12, C3-C4, C7, C12, D3-D4, D7, D12, E3-E4, E7, E12, F1-F4, F7, F12, G3-G4, G7, G12, H3-H4, H7, H12, J3-J4, J7, J12, K1-K4, K7-K12, L1-L15, M1-M15, N1-N4, N7-N8, N12, P3-P4, P7, P12, R3-R4, R7, R12, T3-T4, T7, T12, U1-U4, U7, U12, V3-V4, V7, V12, W3-W4, W7, W12, Y3-Y4, Y7, Y12, AA1-AA4, AA7, AA12, AB1-AB4, AB7, AB12) :** LTM4683の電源グラウンド。VIN01、VIN23、VOUT0、1およびVOUT2、3の電源リターンです。入力と出力のコンデンサはこのポイントに接続します。

**VIN01 (A5-A6, B5-B6, C5-C6, D5-D6, E5-E6, F5-F6, G5-G6, H5-H6, J5-J6, K5-K6) :** チャンネル0とチャンネル1のスイッチング段への正の電源入力。これらのピンは、多層セラミック・コンデンサ (MLCC) と低ESRの電解コンデンサ (または同等品) を使い、降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルに対処できるだけの十分なデカップリング容量を確保してください。MLCCは物理的にできるだけLTM4683へ近付けて接続します。詳細については、アプリケーション情報のレイアウトのチェックリスト／サンプルのセクションを参照してください。

**VOUT0\_CFG (A8) :** VOUT0の出力電圧選択ピン (粗設定)。VOUT0\_CFGピンとVTRIM0\_CFGピンが共にオープンのままの場合、またはLTM4683がピンストラップ抵抗 (RCONFIG) を無視するように設定されている場合 (つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合)、LTM4683の目標VOUT0出力電圧設定値 (VOUT\_COMMAND0) とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SVIN\_01のパワーアップ時にLTM4683のNVMの内容によって決まります。2.5VとSGNDに抵抗分圧器を接続し (表1参照)、これをVTRIM0\_CFGの抵抗ピン設定、および出荷時のデフォルトNVM設定値のMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせると、LTM4683のチャンネル0の出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値 (ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト検出閾値) になるように設定できます (アプリケーション情報のセクションを参照してください)。同じ要領でVOUT0\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM0\_CFGとSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4683を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールの

NVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。VOUT0\_CFG/VTRIM0\_CFGにRCONFIGを使用すると、VOUT0レンジ設定

(MFR\_PWM\_MODE0[1]) とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**FSWPH\_01\_CFG (A9) :** チャンネル0とチャンネル1のSYNC設定ピンに対するスイッチング周波数、チャンネル位相インターリーブ角、および位相関係。このピンをオープンのままにするか、またはピンストラップ抵抗 (RCONFIG) を無視するようにLTM4683を設定すると (つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1b)、LTM4683のスイッチング周波数 (FREQUENCY\_SWITCH) とチャンネル位相関係 (SYNCクロック基準 -

MFR\_PWM\_CONFIG[2:0]) は、SVIN\_01パワーアップ時にLTM4683のチャンネル0とチャンネル1のNVMの内容によって決まります。デフォルト値は、425kHz動作、チャンネル0が0°、チャンネル1が180°です (このデータシートでは、位相角が0°とは、チャンネルのスイッチ・ノードがSYNCパルスの立下がりエッジに合わせて立ち上がることを意味します)。2.5VとSGNDの間に抵抗分圧器を接続 (なおかつMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bの出荷時デフォルトNVM設定を使用) すると、モジュール内外の並列チャンネルの動作スイッチング周波数と位相インターリーブ角の設定値が異なる場合でも、同じNVM内容を使って複数のLTM4683を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません (アプリケーション情報のセクションを参照してください)。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください。

**FAULT0, FAULT1, FAULT2, FAULT3 (A11, A10, V10, W10) :** デジタル・プログラマブルFAULT入出力。オープンドレイン出力です。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**VOUT0 (A13-A15, B13-B15, C13-C15, D13-D15, E13-E15) :** チャンネル0の出力電圧。こことGNDの間に推奨される出力コンデンサを接続します。詳細については、レイアウトのチェックリスト／サンプルのセクションを参照してください。

## ピン機能

**VOUT2\_CFG (AA8) :** V<sub>OUT2</sub>の出力電圧選択ピン（粗設定）。VOUT2\_CFGピンとVTRIM2\_CFGピンが共にオープンの場合、またはLTM4683がピンストラップ抵抗（R<sub>CONFIG</sub>）を無視するように設定されている場合（つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合）、

LTM4683の目標V<sub>OUT2</sub>出力電圧設定値

（VOUT\_COMMAND2）とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_23</sub>のパワーアップ時にLTM4683のNVMの内容によって決まります。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、VTRIM2\_CFGの抵抗ピン設定、および出荷時のデフォルトNVM設定値の

MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4683のチャンネル2出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値（ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト検出閾値）になるように設定できます（アプリケーション情報のセクションを参照してください）。同じ要領でVOUT2\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM2\_CFGとSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4683を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンの場合、容量を最小限に抑えてください。

VOUT2\_CFG/VTRIM2\_CFGにR<sub>CONFIG</sub>を使用すると、V<sub>OUT2</sub>レンジ設定（MFR\_PWM\_MODE0[1]）とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**FSWPH\_23\_CFG (AA9) :** チャンネル2とチャンネル3のSYNC設定ピンに対するスイッチング周波数、チャンネル位相インターリーブ角、および位相関係。このピンをオープンの場合、またはピンストラップ抵抗（R<sub>CONFIG</sub>）を無視するようにLTM4683を設定すると（つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1b）、LTM4683のスイッチング周波数（FREQUENCY\_SWITCH）とチャンネル位相関係（SYNCクロック基準 -

MFR\_PWM\_CONFIG[2:0]）は、SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時にLTM4683のチャンネル2とチャンネル3のNVMの内容によって決まります。デフォルト値は、425kHz動作、チャンネル2が0°、チャンネル3が180°です（このデータシートでは、位相角が0°とは、チャンネルのスイッチ・ノードがSYNCパルスの立下がりエッジに合わせて立ち上がることを意味します）。2.5VとSGNDの間に抵抗分圧器を接続（なおかつMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bの出荷時デフォルトNVM設定を使用）すると、モジュール内外の並列チャンネルの動作スイッチング周波数と位相インターリーブ角の設定値が異なる場合でも、同じNVM内容を使って複数のLTM4683を容易に設定できます。

設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません（アプリケーション情報のセクションを参照してください）。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください（特に、ピンをオープンの場合）。

**ASEL\_23 (AA10) :** チャンネル2およびチャンネル3コントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、すべてのデバイスに独自のスレーブ・アドレスが必要です。このピンをオープンの場合、LTM4683はパワーアップ時に0x4F（16進数）、つまり1001111bのデフォルト・スレーブ・アドレスになります（このデータシートでは、すべて業界標準の規則である7ビット・スレーブ・アドレス指定を採用しています）。LTM4683のスレーブ・アドレスの下位4ビットは、このピンとSGNDの間に抵抗を接続することによって、上記のデフォルト値から変更できます。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください（特に、ピンをオープンの場合）。アドレスの設定には抵抗を使用することを推奨します。ASEL\_23アドレスはチャンネル2とチャンネル3のアドレス指定に使用し、チャンネル0とチャンネル1のアドレス指定には別のアドレスASEL\_01を使用します。指定されたASEL\_23アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。GUIではチャンネル2をU1:B0で表し、チャンネル3をU1:B1で表します。図32を参照してください。

**VOUT3\_CFG (AB8) :** V<sub>OUT3</sub>の出力電圧選択ピン（粗設定）。VOUT3\_CFGピンとVTRIM3\_CFGピンが共にオープンの場合、またはLTM4683がピンストラップ抵抗（R<sub>CONFIG</sub>）を無視するように設定されている場合（つまりMFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合）、

LTM4683の目標V<sub>OUT3</sub>出力電圧設定値

（VOUT\_COMMAND3）とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびにOV/UV警告およびフォルト閾値は、SV<sub>IN\_23</sub>のパワーアップ時にLTM4683のNVMの内容によって決まります。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、VTRIM3\_CFGの抵抗ピン設定、および出荷時のデフォルトNVM設定値の

MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4683のチャンネル3出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なるVOUT\_COMMAND値（ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト内容とは異なるVOUT\_COMMAND値（ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト検出閾値）になるように設定できます（アプリケーション情報のセクションを参照してください）。同じ要領でVOUT3\_CFGとSGNDの間、またはVTRIM3\_CFGと

## ピン機能

SGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4683を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。  
**VOUT3\_CFG/VTRIM3\_CFG**に**R<sub>CONFIG</sub>**を使用すると、**V<sub>OUT3</sub>**レンジ設定 (**MFR\_PWM\_MODE1[1]**) とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定された**ASEL\_23**アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。  
**PAGE**に関する説明のセクションを参照してください。

**VTRIM3\_CFG (AB9) : V<sub>OUT3</sub>の出力電圧選択ピン** (精密設定)。**VOUT3\_CFG**との組み合わせで機能し、**SV<sub>IN\_23</sub>**パワーアップ時のチャンネル3の**VOUT\_COMMAND** (ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値) に影響を与えます (**VOUT3\_CFG**およびアプリケーション情報のセクションを参照してください)。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、**TRIM**値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。  
**VOUT3\_CFG/VTRIM3\_CFG**に**R<sub>CONFIGS</sub>**を使用すると、**V<sub>OUT3</sub>**レンジ設定 (**MFR\_PWM\_MODE0[1]**) とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定された**ASEL\_23**アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。  
**PAGE**に関する説明のセクションを参照してください。

**VTRIM2\_CFG (AB10) : V<sub>OUT2</sub>の出力電圧選択ピン** (精密設定)。**VOUT2\_CFG**との組み合わせで機能し、**SV<sub>IN\_23</sub>**パワーアップ時のチャンネル2の**VOUT\_COMMAND** (ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値) に影響を与えます (**VOUT2\_CFG**およびアプリケーション情報のセクションを参照してください)。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、**TRIM**値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。  
**VOUT2\_CFG/VTRIM2\_CFG**に**R<sub>CONFIG</sub>**を使用すると、**V<sub>OUT2</sub>**レンジ設定 (**MFR\_PWM\_MODE0[1]**) とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定された**ASEL\_23**アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル2に対応し、ページ0x01はチャンネル3に対応しています。  
**PAGE**に関する説明のセクションを参照してください。

**VDD25\_23 (AB11) : チャンネル2とチャンネル3の回路**用に内部で生成される2.5V電源の出力ピン。このピンには外部電流による負荷をかけないでください。このピン

は内部ロジックにバイアスをかけるためと、構成設定ピンに接続された内部プルアップ抵抗に電流を供給するためにのみ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

**VOUT1\_CFG (B8) : V<sub>OUT1</sub>の出力電圧選択ピン** (粗設定)。**VOUT1\_CFG**ピンと**VTRIM1\_CFG**ピンが共にオープンのままの場合、またはLTM4683がピンストラップ抵抗 (**R<sub>CONFIG</sub>**) を無視するように設定されている場合 (つまり**MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1b**の場合)、  
**LTM4683の目標V<sub>OUT1</sub>出力電圧設定値**

(**VOUT\_COMMAND1**) とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびに**OV/UV**警告およびフォルト閾値は、**SV<sub>IN\_01</sub>**のパワーアップ時にLTM4683のNVMの内容によって決まります。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、**VTRIM1\_CFG**の抵抗ピン設定、および出荷時のデフォルトNVM設定値の**MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0b**と組み合わせると、LTM4683のチャンネル1出力がパワーアップ時にNVMの内容とは異なる**VOUT\_COMMAND**値 (ならびに、それに対応する出力電圧モニタリングおよび保護/フォルト検出閾値) になるように設定できます (アプリケーション情報のセクションを参照してください)。同じ要領で**VOUT1\_CFG**とSGNDの間、または**VTRIM1\_CFG**とSGNDの間、もしくはその両方に抵抗を接続すると、出力電圧設定値が異なる場合でも、同じNVMの内容で複数のLTM4683を容易に設定できます。設定時にGUIによる操作を行ったり、モジュールのNVMの内容をカスタム・プリプログラムしたりする必要はありません。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。  
**VOUT1\_CFG/VTRIM1\_CFG**に**R<sub>CONFIG</sub>**を使用すると、**V<sub>OUT1</sub>**レンジ設定 (**MFR\_PWM\_MODE1[1]**) とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定された**ASEL\_01**アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。  
**PAGE**に関する説明のセクションを参照してください。

**ASEL\_01 (B9) : チャンネル0およびチャンネル1**コントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI<sup>2</sup>C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、すべてのデバイスに独自のスレーブ・アドレスが必要です。このピンをオープンのままにすると、LTM4683はパワーアップ時に0x4E (16進数)、つまり1001110bのデフォルト・スレーブ・アドレスになります (このデータシートでは、すべて業界標準の規則である7ビット・スレーブ・アドレス指定を採用しています)。LTM4683のスレーブ・アドレスの下位4ビットは、このピンとSGNDの間に抵抗を接続することによって、上記のデフォルト値から変更できます。ピンの状態を正確に検出できるように、容量は最小限に抑えてください (特に、ピンをオープンのままにする場合)。アドレスの設定には抵抗を



## ピン機能

使用することを推奨します。ASEL\_01アドレスはチャンネル0とチャンネル1のアドレス指定に使用し、チャンネル2とチャンネル3のアドレス指定には別のアドレスASEL\_23を使用します。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。GUIではチャンネル0をU0:A0で表し、チャンネル1をU0:A1で表します。図32を参照してください。

**RUN0 (B10)、RUN1 (B11) :** RUN0はチャンネル0、RUN1はチャンネル1の動作をイネーブルする入力。オープンドレインの入出力です。これらのピンをロジック・ハイにすると、LTM4683の対応する出力がイネーブルされます。これらのオープンドレイン出力ピンは、LTM4683がリセット解除状態になるか、 $V_{IN\_ON}$ を超える $SV_{IN\_01}$ が検出されるまでローに保持されます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4683は、ラッチ・オフしてレギュレーションを停止するようにフォルト応答が設定されているグローバル・フォルトやチャンネル固有のフォルトが生じると、必要に応じてRUN0またはRUN1、もしくはその両方をローにします。この場合はI<sup>2</sup>Cを介してCLEAR\_FAULTSコマンドを発行するか、 $SV_{IN\_01}$ の電源を一度切った後で入れ直し、モジュールを再起動する必要があります。低インピーダンス源を使うときはRUNをロジック・ハイにしないでください。 $SV_{IN\_01}$ がUVLOより高いと、INTV<sub>CC</sub>がアクティブになります。この場合、 $V_{DD33}$ と $V_{DD25}$ に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

**SW0 (C1-C2、D1-D2、E1-E2) :** チャンネル0降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル0のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合には電氣的に絶縁されたまま（オープン）とします。

**V<sub>DD25\_01</sub> (C8) :** チャンネル0とチャンネル1の回路用に内部で生成される2.5V電源の出力ピン。このピンには外部電流による負荷をかけないでください。このピンは内部ロジックにバイアスをかけるためと、構成設定ピンに接続された内部プルアップ抵抗に電流を供給するためにのみ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

**V<sub>TRIM1\_CFG</sub> (C9) :**  $V_{OUT1}$ の出力電圧選択ピン（精密設定）。 $V_{OUT1\_CFG}$ との組み合わせで機能し、 $SV_{IN\_01}$ パワーアップ時のチャンネル1のVOUT\_COMMAND（ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト検出閾値）に影響を与えます（ $V_{OUT1\_CFG}$ およびアプリケーション情報のセクションを参照してください）。

2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。 $V_{OUT1\_CFG}/V_{TRIM1\_CFG}$ に $R_{CONFIG}$ を使用すると、 $V_{OUT1}$ レンジ設定（MFR\_PWM\_MODE1[1]）とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEに関する説明のセクションを参照してください。

**SDA\_01、SDA\_23 (C10、V8) :** シリアル・バス・データのオープンドレイン入出力。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。SDA\_01はチャンネル0とチャンネル1、SDA\_23はチャンネル2とチャンネル3用です。

**ALERT\_01、ALERT\_23 (C11、W8) :** オープンドレイン・デジタル出力。アプリケーションでは、そのSMBusシステムがSMBALERT割込み検出を実装している場合のみ、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**SHARE\_CLK\_01、SHARE\_CLK\_23 (D8、AA11) :** 共有クロックの双方向オープンドレイン・クロック共有ピン。公称100kHzです。複数のLTM4683（およびSHARE\_CLKピンを持つその他のアナログ・デバイス製品）のタイム・ベースを同期させるために使用し、適切に定義されたレールのシーケンシングとトラッキングを実現します。これらデバイスのSHARE\_CLKピンは、すべてまとめて接続してください。

SHARE\_CLKピンを持つすべてのデバイスは、最も高速のクロックに同期します。3.3Vへのプルアップ抵抗が必要になるのは、複数デバイスのタイム・ベースを同期させる場合に限られます。

**V<sub>TRIM0\_CFG</sub> (D9) :**  $V_{OUT0}$ の出力電圧選択ピン（精密設定）。 $V_{OUT0\_CFG}$ との組み合わせで機能し、 $SV_{IN\_01}$ パワーアップ時のチャンネル0のVOUT\_COMMAND

（ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護／フォルト検出閾値）に影響を与えます（ $V_{OUT0\_CFG}$ およびアプリケーション情報のセクションを参照してください）。2.5VとSGNDの間の抵抗分圧器をこのピンに接続すると、TRIM値が設定されます。表2を参照してください。ピンの状態を正確に検出できるように、ピンをオープンのままにする場合は、容量を最小限に抑えてください。 $V_{OUT0\_CFG}/V_{TRIM0\_CFG}$ に $R_{CONFIG}$ を使用すると、 $V_{OUT0}$ レンジ設定（MFR\_PWM\_MODE0[1]）とループ・ゲインに影響する可能性があります。指定されたASEL\_01アドレスにおいて、ページ0x00はチャンネル0に対応し、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。PAGEコマンドに関する説明のセクションを参照してください。

## ピン機能

**SCL\_01、SCL\_23 (D10、W9)** : シリアル・バス・クロックのオープンドレイン入力（クロック・ストレッチングをイネーブルした場合は、入出力が可能）。このクロックを形式上駆動しているSMBusマスタへのデジタル通信用アプリケーションでは、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4683では、シリアル・クロック・ライン（SCL）の通信速度が100kHzを超えない限り、クロック・ストレッチングを必要とするような状況になることはありません。また、そのような状況となった場合でも、LTM4683でクロック・ストレッチングを行うには、MFR\_CONFIG\_ALL[1] = 1bに設定してクロック・ストレッチングをイネーブルする必要があります。出荷時のデフォルトNVM設定はMFR\_CONFIG\_ALL[1] = 0bです。つまり、クロック・ストレッチングはディスエーブルされています。100kHzを超えるクロック速度でバス通信を行う必要がある場合は、確実なシリアル・バス通信を確保するために、ユーザのSMBusマスタがクロック・ストレッチングのサポートを実施していなければなりません。また、その場合はMFR\_CONFIG\_ALL[1]を1bに設定する必要があります。クロック・ストレッチングをイネーブルした場合、SCLはLTM4683の双方向オープンドレイン出力ピンになります。

**SYNC\_01、SYNC\_23 (D11、V9)** : 外部クロック同期入力およびオープンドレイン出力ピン。このピンに外部クロックを入力すると、スイッチング周波数はその外部クロックに同期されます。マスタのクロック・モードをイネーブルすると、このピンはパルス幅500nsのスイッチング周波数でロー（グラウンド）になります。LTM4683がマスタの場合、アプリケーションでは抵抗を使って3.3Vにプルアップする必要があります。

**VDD33\_01 (E8)** : チャンネル0とチャンネル1の回路用に内部で生成される3.3V電源の出力ピン。このピンは、FAULTn、SHARE\_CLK\_nn、およびSYNC\_nnに必要なプルアップ抵抗に外部電流を供給するためにのみ使用します。また、RUNn、SDA\_nn、SCL\_nn、ALERT\_nn、PGOODnの各プルアップ抵抗に外部電流を供給するために使用することもできます。ここで、nnは0、1または2、3チャンネル、nは実際のチャンネルを示します。外付けのデカップリングは必要ありません。VDD33\_01はVBIASから給電され、RUNnを設定することで効率が向上します。

**WP\_01、WP\_23 (E9、Y11)** : アクティブ・ハイの書き込み保護ピン。10μAの内部電流源がこのピンをVDD33まで引き上げます。WPがオープン・サーキットまたはロジック・ハイの場合は、PAGE、OPERATION、CLEAR\_FAULTS、MFR\_CLEAR\_PEAKS、およびMFR\_EE\_UNLOCKへのI<sup>2</sup>C書き込みのみがサポートされます。更に、個々のフォルトは、「STATUS」で始まるレジスタの対象ビットに1bを書き込むことによってクリアできます。WPがローの場合、I<sup>2</sup>C書き込みに制限はありません。

**TSNS0、TSNS1、TSNS2、TSNS3 (E11、E10、U8、U9)** : 4つのチャンネルの電力段の温度をモニタします。アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**VOSNS1<sup>-</sup> (F8)** : チャンネル1の負側差動電圧検出入力。VOSNS1<sup>+</sup>を参照してください。

**SGND01、SGND23 (F10-F11、U10-U11)** : SGNDは、LTM4683内部コントローラの信号グラウンド・リターン・パスです。SGNDは内部でGNDに接続されていません。SGNDはLTM4683の近くにあるGNDに接続してください。詳細については、レイアウトのチェックリスト／サンプルのセクションを参照してください。

**VOUT1 (F13-F15、G13-G15、H13-H15、J13-J15、K13-K15)** : チャンネル1の出力電圧。この出力銅箔とGNDの間に推奨出力コンデンサを接続します。詳細については、レイアウトのチェックリスト／サンプルのセクションを参照してください。

**SW1 (G1-G2、H1-H2、J1-J2)** : チャンネル1の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル1のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**VOSNS1<sup>+</sup> (G8)** : チャンネル1の正側差動電圧検出入力。VOSNS1<sup>+</sup>は、VOSNS1<sup>-</sup>と共に使用することで、VOUT1のPOL（Point of Load）におけるVOUT1出力電圧をケルビン検出して、チャンネル1の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。VOUT1の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SVIN\_01パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます（出荷時のデフォルト値：0.5V）。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます（オプション）。VOUT1\_CFG、VTRIM1\_CFG、およびアプリケーション情報のセクションを参照してください。

**COMP0b、COMP1b、COMP2b、COMP3b (G10、F9、T9、W11)** : 電流制御閾値およびエラー・アンプ補償ノード。それぞれに対応するチャンネルの電流コンパレータのトリップ閾値は、その補償電圧と共に増加します。各チャンネルとSGNDとの間には22pFのコンデンサが取り付けられています。



## ピン機能

**COMP0a、COMP1a、COMP2a、COMP3a (G11、G9、T8、V11) :** ループ補償ノード。LTM4683の内部PWMループ補償抵抗 $R_{COMPn}$ は、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[4:0]を使って調整できます。LTM4683のPWMエラー・アンプのトランスコンダクタンスは、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[7:5]を使って調整できます。これら2つのループ補償パラメータは、デバイスの動作中にプログラムできます。詳細については、アプリケーション情報のセクションにあるプログラマブル・ループ補償のサブセクションを参照してください。図1を参照してください。

**PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3 (H9、H8、R10、T10) :** パワー・グッド・インジケータ出力。このオープンドレイン・ロジック出力は、UVおよびOVのレギュレーション・ウィンドウを外れると、グラウンドに引き下げられます。出力は、100 $\mu$ sの内部フィルタによってデグリッチされます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

**I<sub>IN\_01</sub><sup>+</sup> (H10) :** 電流検出アンプの正側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_01</sub><sup>-</sup>ピンとSV<sub>IN\_01</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>-</sup> (H11) :** チャンネル0の負側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup>を参照してください。

**SV<sub>IN\_01</sub> (J8) :** LTM4683のチャンネル0およびチャンネル1の内部制御IC用入力電源。ほとんどのアプリケーションでは、SV<sub>IN\_01</sub>をV<sub>IN01</sub>に接続します。SV<sub>IN\_01</sub>をV<sub>IN01</sub>とは別の補助電源から動作させて、V<sub>IN01</sub>に6Vのような低電圧電源から電力を供給することもできます。実際の制御チップ電流を測定するには、SV<sub>IN\_23</sub>ピンに1 $\Omega$ の抵抗と1 $\mu$ Fのデカップリング・コンデンサが必要です。

MFR\_READ\_ICHIPコマンドとMFR\_ADC\_CONTROLコマンドのセクションを参照してください。補助バイアス電源を使わずに4.5V～5.75Vの範囲で動作させる場合は、マスタの入力電源をSV<sub>IN\_01</sub>とINTV<sub>CC\_01</sub>に接続します。例については、テスト回路2を参照してください。この構成では、INTV<sub>CC\_01</sub>をSV<sub>IN\_01</sub>に接続しているので、ICHIP電流は関係しません。低V<sub>IN</sub>の動作パラメータを更新するには、入力電圧と制限のセクションを参照してください。

**INTV<sub>CC\_01</sub> (J9) :** 内部レギュレータ、5.5V出力。5.75V  $\leq$  SV<sub>IN\_01</sub>  $\leq$  14Vの範囲でLTM4683を動作させる場合、内部低ドロップアウト (LDO) はSV<sub>IN\_01</sub>からINTV<sub>CC\_01</sub>を生成して、LTM4683のチャンネル0とチャンネル1の内部制御回路とMOSFETドライバにバイアスをかけます。4.7 $\mu$ Fのセラミック・デカップリング・コンデンサを外

付けする必要があります。INTV<sub>CC\_01</sub>は、RUNnピンの状態に関係なくレギュレーションが行われます。また、4.5V  $\leq$  SV<sub>IN\_01</sub>  $<$  5.75Vの範囲でLTM4683を動作させる場合は、INTV<sub>CC\_01</sub>をSV<sub>IN\_01</sub>に短絡させて、RUNPピンをGNDにプルダウンする必要があります。入力電圧が7Vを超える場合、起動後はV<sub>BIAS</sub>がこれを引継ぎます。

**I<sub>IN\_01</sub><sup>-</sup> (J10) :** 電流検出アンプの負側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_01</sub><sup>+</sup>ピンとSV<sub>IN\_01</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup> (J11) :** チャンネル0の正側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup>は、V<sub>OSNS0</sub><sup>-</sup>と共に使用することで、V<sub>OUT0</sub>のPOL (Point of Load) におけるV<sub>OUT0</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル0の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT0</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SV<sub>IN\_01</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます (出荷時のデフォルト値: 0.5V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます (オプション)。VOUT0\_CFG、VTRIM0\_CFG、およびアプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>IN23</sub> (N5-N6、P5-P6、R5-R6、T5-T6、U5-U6、V5-V6、W5-W6、Y5-Y6、AA5-AA6、AB5-AB6) :** チャンネル2とチャンネル3のスイッチング段への正の電源入力。MLCCと低ESRの電解コンデンサ (または同等品) を使い、降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルに対処できるだけの十分なデカップリング容量を確保してください。MLCCは物理的にできるだけLTM4683へ近付けて接続します。詳細については、アプリケーション情報のレイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**V<sub>IN\_VBIAS</sub> (N9) :** 内部降圧レギュレータへの入力ピン。内部降圧レギュレータは、起動後の消費電力を減らすために、5.5V (V<sub>BIAS</sub>ピン) を生成して両方の内部コントローラに電力を供給します。各内部コントローラはINTV<sub>CC\_01</sub>またはINTV<sub>CC\_23</sub>レギュレータを備えており、これらのレギュレータへの電力はSV<sub>IN\_01</sub>またはSV<sub>IN\_23</sub>から供給されます。これらのリニア電圧レギュレータによる電力損失をなくすために、V<sub>BIAS</sub>は極めて高い効率で両方に電力を供給します。

## ピン機能

**V<sub>BIAS</sub> (N10)** : 電力損失を減らすために両方の内部コントローラに電力を供給する5.5V降圧出力。このピンとGNDの間には22μFのセラミック・バイパス・コンデンサを接続します。このV<sub>BIAS</sub>からコントローラに電力を供給するには、SV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>を7Vより高い値にする必要があります。入力電圧が4.5V~5.75Vの場合はRUNPピンをGNDに引き下げて、SV<sub>IN\_01</sub>をINTV<sub>CC\_01</sub>に、SV<sub>IN\_23</sub>をINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。SV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>を7Vより高い値にしてV<sub>BIAS</sub>レギュレータを起動すると、V<sub>BIAS</sub>からINTV<sub>CC\_01</sub>、INTV<sub>CC\_02</sub>、V<sub>DD33\_01</sub>、V<sub>DD33\_23</sub>、V<sub>DD25\_01</sub>、およびV<sub>DD25\_23</sub>に電力が供給されます。それ以外の場合、これらのソースにはSV<sub>IN\_01</sub>とSV<sub>IN\_23</sub>から電力が供給されます。この場合は、オフ状態にある電源レギュレータ・チャンネルを使って各内部コントローラのEEPROMをプログラムすることができます。

**RUNP (N11)** : このピンは、内部5.5V V<sub>BIAS</sub>降圧レギュレータをイネーブルします。このピンを0.85Vより高い電圧にすると、内部レギュレータがイネーブルされます。このピンの定格値はV<sub>IN</sub>に設定されているので、イネーブルするにはV<sub>IN</sub>に接続し、ディスエーブルするにはGNDに接続します。入力電圧が4.5V~5.75Vの場合はRUNPピンをGNDに引き下げて、SV<sub>IN\_01</sub>をINTV<sub>CC\_01</sub>に、SV<sub>IN\_23</sub>をINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。

**V<sub>OUT2</sub> (N13-N15, P13-P15, R13-R15, T13-T15, U13-U15)** : チャンネル2の出力電圧。こことGNDの間に推奨される出力コンデンサを接続します。詳細については、レイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**SW2 (P1-P2, R1-R2, T1-T2)** : チャンネル2の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル2のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**V<sub>OSNS2+</sub> (P8)** : チャンネル2の正側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS2+</sub>は、V<sub>OSNS2-</sub>と共に使用することで、V<sub>OUT2</sub>のPOL (Point of Load) におけるV<sub>OUT2</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル2の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT2</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVM (不揮発性メモリ) の内容によって決定されます (出荷時のデフォルト値: 0.5V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます (オプション)。V<sub>OUT2\_CFG</sub>、V<sub>TRIM2\_CFG</sub>、およびアプリケーション情報のセクションを参照してください。

**I<sub>IN\_23-</sub> (P9)** : 電流検出アンプの負側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_23+</sub>ピンとSV<sub>IN\_23</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**INTV<sub>CC\_23</sub> (P10)** : 内部レギュレータ、5.5V出力。5.75V ≤ SV<sub>IN\_23</sub> ≤ 14Vの範囲でLTM4683を動作させる場合、内部LDOはSV<sub>IN\_23</sub>からINTV<sub>CC\_23</sub>を生成して、LTM4683のチャンネル2とチャンネル3の内部制御回路とMOSFETドライバにバイアスをかけます。4.7μFのセラミック・デカップリング・コンデンサを外付けする必要があります。INTV<sub>CC\_23</sub>は、RUNnピンの状態に関係なくレギュレーションされます。また、4.5V ≤ SV<sub>IN\_23</sub> < 5.75Vの範囲でLTM4683を動作させる場合は、INTV<sub>CC\_23</sub>をSV<sub>IN\_23</sub>に短絡させて、RUNPピンをGNDにプルダウンする必要があります。入力電圧が7Vを超える場合、起動後はV<sub>BIAS</sub>がこれを引継ぎます。

**SV<sub>IN\_23</sub> (P11)** : LTM4683のチャンネル2およびチャンネル3の内部制御IC用入力電源。ほとんどのアプリケーションでは、SV<sub>IN\_23</sub>をV<sub>IN\_23</sub>に接続します。SV<sub>IN\_23</sub>をV<sub>IN\_23</sub>とは別の補助電源から動作させて、V<sub>IN\_23</sub>に6Vのような低電圧電源から電力を供給することもできます。SV<sub>IN\_23</sub>ピンには、実際の制御チップ電流を測定するために、1Ωの抵抗と1μFのデカップリング・コンデンサが必要です。MFR\_READ\_ICHIPコマンドとMFR\_ADC\_CONTROLコマンドのセクションを参照してください。補助バイアス電源を使わずに4.5V~5.75Vの範囲で動作させる場合は、マスタの入力電源をSV<sub>IN\_23</sub>とINTV<sub>CC\_23</sub>に接続します。例については、テスト回路2を参照してください。この構成では、INTV<sub>CC\_23</sub>をSV<sub>IN\_23</sub>に接続しているため、ICHP電流は関係しません。低V<sub>IN</sub>の動作パラメータを更新するには、入力電圧と制限のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS2-</sub> (R8)** : チャンネル2の負側差動電圧検出入力。V<sub>OSNS2+</sub>を参照してください。

**I<sub>IN\_23+</sub> (R9)** : 電流検出アンプの正側入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンはI<sub>IN\_23-</sub>ピンとSV<sub>IN\_23</sub>ピンに短絡する必要があります。入力電流検出の詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

## ピン機能

**V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup> (R11)** : チャンネル3の正側差動電圧検出力。V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup>は、V<sub>OSNS3</sub><sup>-</sup>と共に使用することで、V<sub>OUT3</sub>のPOL (Point of Load) におけるV<sub>OUT3</sub>出力電圧をケルビン検出して、チャンネル3の帰還ループに差動帰還信号を直接供給します。V<sub>OUT3</sub>の目標レギュレーション電圧は、シリアル・バスによって指定します。SV<sub>IN\_23</sub>パワーアップ時におけるその初期コマンド値は、NVMの内容によって決定されます (出荷時のデフォルト値: 0.5V)。あるいは、設定抵抗によって指定することもできます (オプション)。VOUT3\_CFG、VTRIM3\_CFG、およびアプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS3</sub><sup>-</sup> (T11)** : チャンネル3の負側差動電圧検出力。V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup>を参照してください。

**SW3 (V1-V2, W1-W2, Y1-Y2)** : チャンネル3降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストまたはEMI吸収のために使用します。必要に応じ、デバイス近くのテスト・ポイントへ短距離で配線して、チャンネル3のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くには配線しないでください。それ以外の場合にはオープンのままとします。

**V<sub>OUT3</sub> (V13-V15, W13-W15, Y13-Y15, AA13-AA15, AB13-AB15)** : チャンネル3の出力電圧。この出力銅箔とGNDの間に推奨出力コンデンサを接続します。詳細については、レイアウトのチェックリスト/サンプルのセクションを参照してください。

**RUN2, RUN3 (Y9, Y8)** : RUN2はチャンネル2、RUN3はチャンネル3の起動/動作をイネーブルする入力。オープンドレイン入出力です。これらのピンをロジック・ハイにすると、LTM4683の対応する出力がイネーブルされます。これらのオープンドレイン出力ピンは、LTM4683がリセット解除状態になるか、V<sub>IN\_ON</sub>を超えるSV<sub>IN\_23</sub>が検出されるまでローに保持されます。アプリケーション内では3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4683は、ラッチ・オフしてレギュレーションを停止するようにフォルト応答が設定されているグローバル・フォルトやチャンネル固有のフォルトが生じると、必要に応じてRUN2またはRUN3、もしくはその両方をローにします。この場合はP<sub>C</sub>を介して

CLEAR\_FAULTSコマンドを発行するか、SV<sub>IN\_23</sub>の電源を一度切った後で入れ直し、モジュールを再起動する必要があります。低インピーダンス源を使うときはRUNをロジック・ハイにしないでください。SV<sub>IN\_23</sub>がUVLOより高いと、INTV<sub>CC</sub>がアクティブになります。この場合、V<sub>DD33</sub>とV<sub>DD25</sub>に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

**V<sub>DD33\_23</sub> (Y10)** : チャンネル2とチャンネル3の回路用に内部で生成される3.3V電源の出力ピン。このピンは、FAULT<sub>n</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、SYNC<sub>nn</sub>に必要なプルアップ抵抗に外部電流を供給するためにのみ使用します。また、RUN<sub>n</sub>、SDA<sub>nn</sub>、SCL<sub>nn</sub>、ALERT<sub>nn</sub>、PGOOD<sub>n</sub>の各プルアップ抵抗に外部電流を供給するために使用することもできます。ここで、nnは0、1または2、3チャンネル、nは実際のチャンネルを示します。外付けのデカップリングは必要ありません。RUN<sub>n</sub>をローにしてこのコントローラ2をプログラムできるように、V<sub>BIAS</sub>からV<sub>DD33\_23</sub>に電力を供給できます。

## 簡略ブロック図

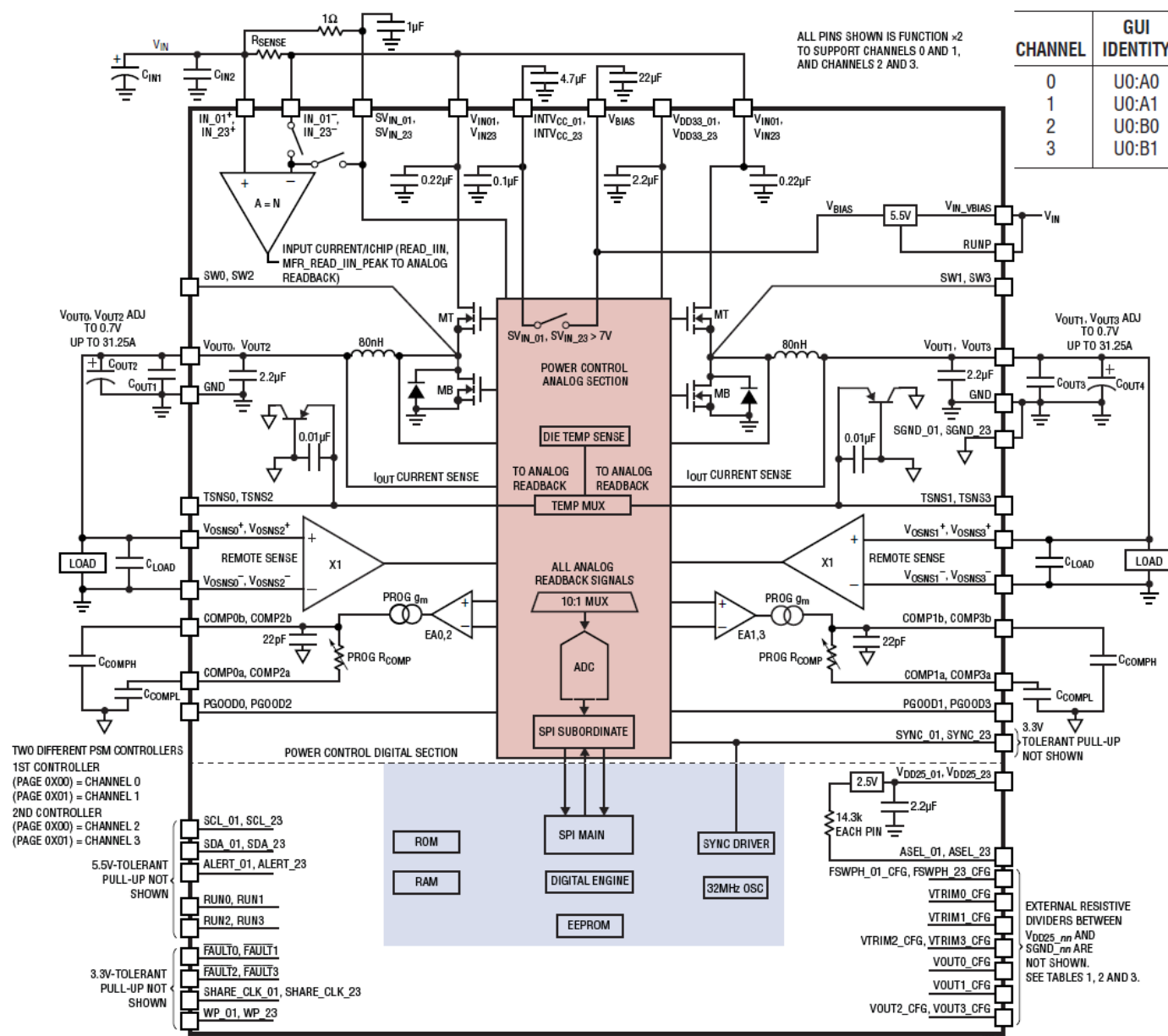


図2. LTM4683の1/2機能の簡略化したブロック図

## デカップリング条件

$T_A = 25^\circ\text{C}$ . 図2の構成を使用。

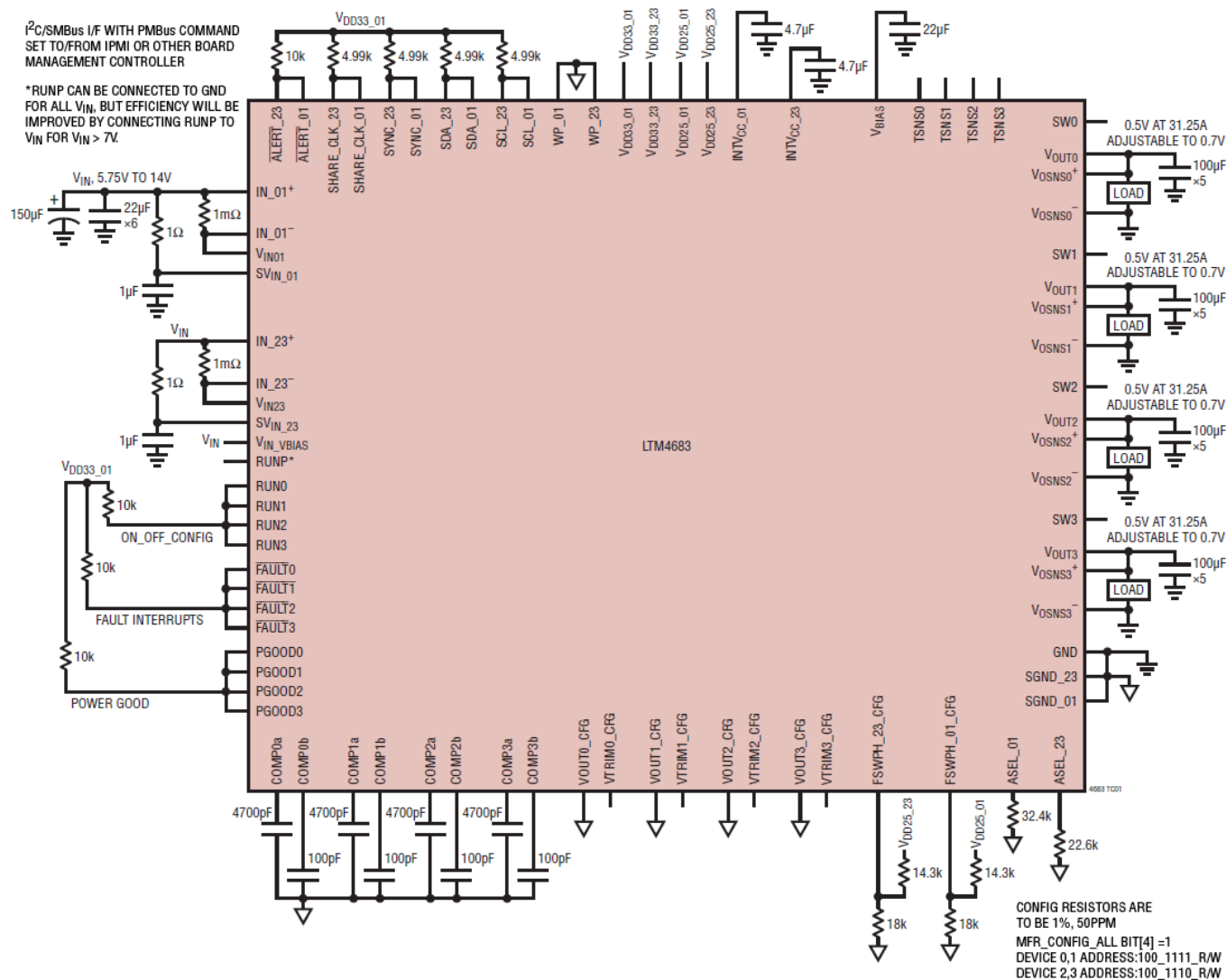
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{INH}$	External High-Frequency Input Capacitor Requirement ( $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 14\text{V}$ , $V_{OUTn}$ Commanded to 0.5V)	$I_{OUT0} = 31.25\text{A}$ $I_{OUT1} = 31.25\text{A}$		100 100		$\mu\text{F}$ $\mu\text{F}$
$C_{OUTn}$	External High-Frequency Output Capacitor Requirement ( $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 14\text{V}$ , $V_{OUTn}$ Commanded to 0.5V)	$I_{OUT0} = 31.25\text{A}$ $I_{OUT1} = 31.25\text{A}$		800 800		$\mu\text{F}$ $\mu\text{F}$



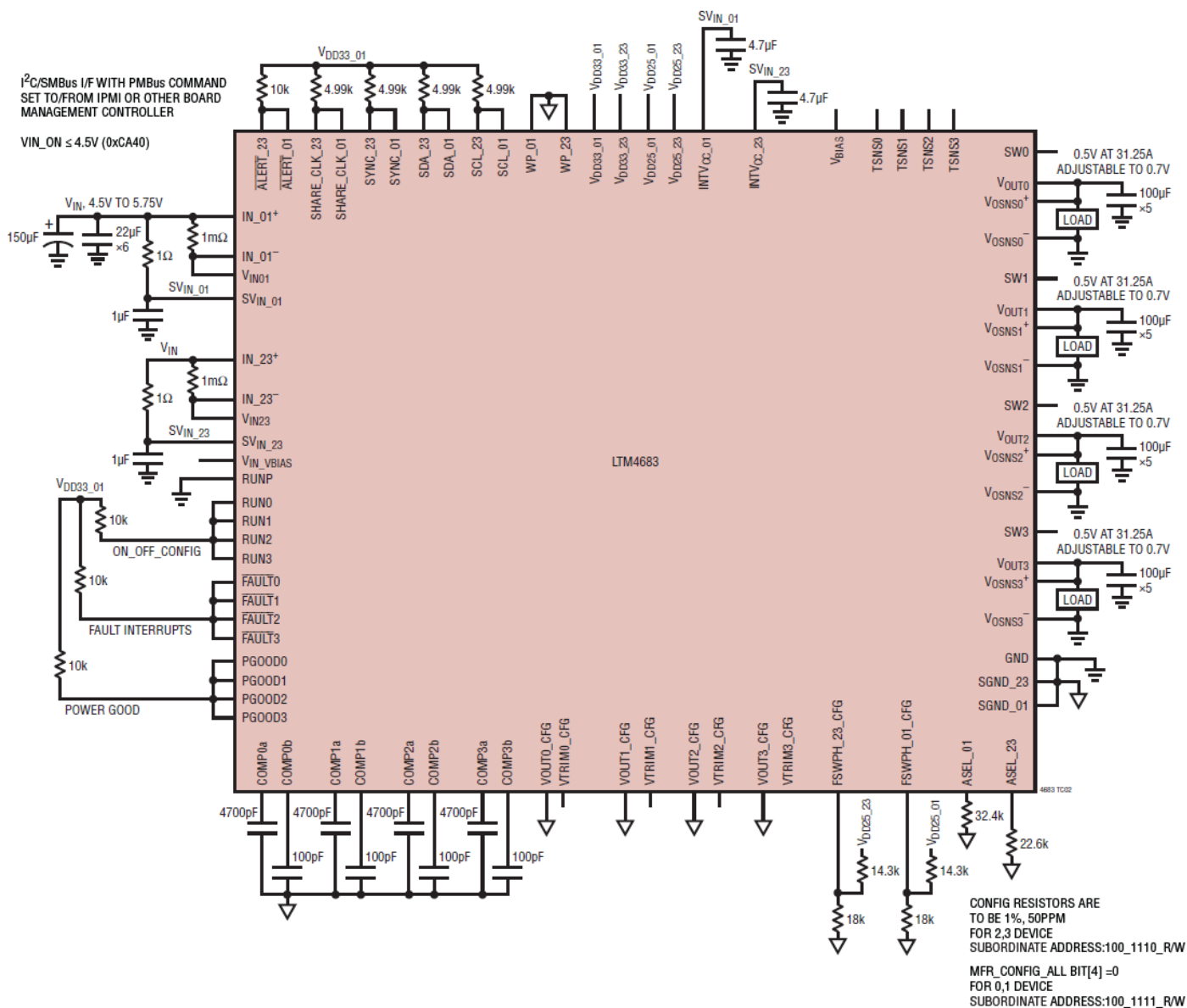




## テスト回路



テスト回路1



テスト回路2

## 動作

### パワー・モジュールの概説

LTM4683は、設定自由度が高くスタンドアロンで動作する、4つの31.25A出力を備えた非絶縁型スイッチング・モード降圧DC/DC電源です。ECC機能を備えたEEPROM NVMと、400kHzのSCLバス速度に対応できるI<sup>2</sup>CベースのPMBus/SMBus 2線式シリアル通信インターフェースを内蔵しています。いくつかの入力コンデンサと出力コンデンサ、およびプルアップ抵抗を外付けすることによって、4つの出力電圧（V<sub>OUT0</sub>、V<sub>OUT1</sub>、V<sub>OUT2</sub>、V<sub>OUT3</sub>）を安定化できます。入出力電圧、入出力電流、モジュール温度のリードバック遠隔測定データが、内蔵の16ビットADC（A/Dコンバータ）によって絶えず周期的にデジタル化されます。多くのフォルト閾値とフォルト応答はカスタマイズ可能です。フォルト発生時にデータを自動的にEEPROMに保存することができるので、得られたフォルト・ログを後でI<sup>2</sup>C経由で読み出し、分析に使うことができます。ブロック図については図2および図3を参照してください。1つのコントローラはチャンネル0および1用、もう1つのコントローラはチャンネル2および3用です。

### 電源モジュールの主要機能の概要

主な機能を以下に示します。

- 専用のパワー・グッド・インジケータ
- 入力電流とチップ電流の直接検出
- プログラマブルなループ補償パラメータ
- TINIT起動時間：30ms
- PWM同期回路（スイッチング周波数と位相のセクションを参照）
- MFR\_ADC\_CONTROLにより、1つのパラメータの高速ADCサンプリング（8ms）に対応（PMBusコマンドの詳細のセクションを参照）
- 4チャンネルすべての完全差動出力検出（V<sub>OUT0</sub>/V<sub>OUT1</sub>/V<sub>OUT2</sub>/V<sub>OUT3</sub>、すべて0.8Vまでプログラム可能）
- V<sub>BIAS</sub>によるEEPROMの起動とプログラム
- 最大入力電圧：14V
- ΔV<sub>BE</sub>による温度検出
- SYNC競合回路（詳細についてはスイッチング周波数と位相のセクションを参照）

- フォルト・ログ記録
- プログラマブルな出力電圧
- プログラマブルな入力電圧オン/オフ閾値電圧
- プログラマブルな電流制限
- プログラマブルなスイッチング周波数
- プログラマブルなOV/UV閾値電圧
- プログラマブルなオン/オフ遅延時間
- プログラマブルな出力立上がり/立下がり時間
- 同期PolyPhase動作フェーズ・ロック・ループ（2、3、4、または6フェーズ）
- ECC機能付きの不揮発性設定メモリ
- 主要動作パラメータ用の外付け設定抵抗（オプション）
- 複数のコントローラ間で同期を取るためのタイム・ベース・インターコネクト（オプション）
- 内部設定保護用のWPピン
- ユーザ別に工場設定後はスタンドアロンで動作
- PMBus、バージョン1.2、400kHz対応のインターフェース

PMBusインターフェースを介し、システム動作中に以下を含む重要なパワー・マネージメント・データへアクセスできます。

- 内部コントローラの温度
- 内部パワー・チャンネルの温度
- 平均出力電流
- 平均出力電圧
- 平均入力電圧
- 平均入力電流
- V<sub>IN</sub>からの平均チップ入力電流
- ラッチ状態および非ラッチ状態の個々のフォルトおよび警告のステータスを設定可能

個々のチャンネルへのアクセスは、PAGEコマンド（つまりPAGE 0またはPAGE 1）を使いPMBusを介して行います。

## 動作

フォルト・レポート動作とシャットダウン動作は自由に設定できます。FAULT0、FAULT1、FAULT2、FAULT3のそれぞれに対し出力が行われます。各FAULTnは個別にマスクできます。

ALERT\_01、ALERT\_23、PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3の各機能に対応する6つの専用ピンがあります。また、シャットダウン動作でもすべてのフォルトを個別にマスクすることができ、非ラッチ・モード（ヒカップ・モード）またはラッチ・モードのどちらでも動作させることができます。

個々のステータス・コマンドを使用すれば、シリアル・バスを介したフォルト・レポートによって具体的なフォルト・イベントを確認できます。フォルトまたは警告の検出には以下が含まれます。

- 出力低電圧／過電圧
- 入力低電圧／過電圧
- 入力および出力過電流
- 内部過熱
- 通信、メモリ、またはロジック（CML）のフォルト

## ECC機能付きEEPROM

LTM4683は、チャンネル0と1、およびチャンネル2と3のユーザ設定内容とフォルト・ログ情報を格納するために、誤り訂正符号化（ECC）機能を備えたEEPROMを内蔵しています。EEPROMの書き換え回数、データ保持期間、一括書込み動作時間の仕様は、電気的特性と絶対最大定格のセクションに規定されています。 $T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度でも書込みは可能ですが、電気的特性は確保されずEEPROMも劣化します。読出し動作については、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲内であればEEPROMが劣化することはありませんが、 $85^\circ\text{C}$ を超える温度でEEPROMへの書込みを行うとデータ保持特性が低下します。フォルト・ログ記録機能は、高温時に発生するシステムの問題をデバッグする際に有用ですが、書込み先はEEPROMのフォルト・ログ位置に限られます。これらのレジスタへの書込みを $85^\circ\text{C}$ を超える温度で行った場合でも、その頻度がそれほど高くなければ、フォルト・ログのデータ保持特性の劣化はわずかで、この機能の有用性が失われることはありません。

ダイ温度が $85^\circ\text{C}$ を超えた場合は、EEPROMへの書込みを行わないことを推奨します。ダイ温度が $130^\circ\text{C}$ を超えると、LTM4683はEEPROMへの書込み動作をディスエーブルします。ダイ温度が $125^\circ\text{C}$ 未満に低下すると、すべてのEEPROM書込み動作が再びイネーブルされます（ダイ温度が内部過熱フォルト制限の $160^\circ\text{C}$ を超えた場合、コントローラは $10^\circ\text{C}$ のヒステリシスを設けた上ですべてのスイッチングもディスエーブルします）。

$125^\circ\text{C}$ を超える温度でのEEPROM保持期間の劣化の程度は、式1を使って無次元の加速係数を計算することにより推定できます。

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

ここで、

AF = 加速係数

$E_a$  = 活性化エネルギー =  $1.4\text{eV}$

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

$T_{USE} = 125^\circ\text{C}$ に仕様規定されたジャンクション温度

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

例： $130^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で10時間動作させた場合のデータ保持期間への影響は、次のように計算できます。

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

$T_{USE} = 125^\circ\text{C}$ 、

$AF = e^{((1.4/8.617 \cdot 10^{-5}) \cdot (1/398 - 1/403))} = 1.66$

$125^\circ\text{C}$ での等価動作時間は、16.6時間となります。

したがって、 $130^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で10時間動作させた場合、EEPROMの総データ保持期間は6.6時間短くなります。 $125^\circ\text{C}$ の最高ジャンクション温度におけるEEPROMの総データ保持期間の定格値は87,600時間で、それと比較すると、この過負荷状態による影響はごくわずかです。

内蔵EEPROM全体の完全性は、パワーオン・リセット後やRESTORE\_USER\_ALLコマンドの実行後など、メモリのデータを読み込むごとにCRCを計算することによってチェックされます。CRCエラーが発生するとSTATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更にSTATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのEEPROM CRC Errorビットがセットされて、ALERTピンとRUNピンがローになります（PWMチャンネルはオフ）。その時点でデバイスは、無効なCRCが検出されたときだけアクティブになる特別なアドレス0x7Cでのみ応答します。デバイスは、グローバル・アドレス0x5Aと0x5Bでも応答しますが、CRCに関する問題からの回復を試みる場合にこれらのアドレスを使用することは推奨できません。無効なCRCをレポートしているデバイスのいずれかのPWMチャンネルに関連する電源レールはすべて、その問題が解決されるまでディスエーブルのままにしておく必要があります。LTM4683もサポートしているEEPROMの一括プログラミングを含め、効率的なシステム内EEPROMのプログラミングの詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照するか、アナログ・デバイスズへお問い合わせください。



## 動作

LTM4683は2つのデュアル固定周波数電流モード制御降圧レギュレータを内蔵しており（チャンネル0と1、およびチャンネル2と3）、そのパワーMOSFETは高速スイッチングが可能です。信号ピンはName<sub>nn</sub>（nは01または23）と呼ばれ、実際のチャンネルに関係する信号ピンを示す場合はNamenという名前が使われます。NVMの出荷時デフォルト・スイッチング周波数はSYNC<sub>nn</sub>に425kHzのクロックを使用しており、レギュレータのスイッチング周波数は、この周波数と同期します。チャンネル間のデフォルトの位相インターリーブ角は180°です。FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGのピンストラップ抵抗がSYNC<sub>nn</sub>クロックの周波数（スイッチング周波数）を設定し、更にSYNC<sub>nn</sub>信号の立下がりエッジを基準にしてチャンネル間の互いのチャンネル位相関係を設定します（スイッチング周波数と位相角割り当ての最も可能性の高い組み合わせは、抵抗によるピンのプログラミングで決定できます。表3を参照してください。抵抗とピンの接続（ストラップ）では行えない設定は、LTM4683のNVMを設定することによって行います）。FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGのピンストラップ抵抗でLTM4683のチャンネルの位相関係を設定した場合、そのモジュールがSYNC<sub>nn</sub>クロックを駆動することはありません。この場合、SYNC<sub>nn</sub>は完全な高インピーダンス入力になり、チャンネルのスイッチング周波数は外部で生成されたクロックによって供給されるSYNC<sub>nn</sub>か、V<sub>DD33</sub><sub>nn</sub>にプルアップ抵抗が接続された他のLTM4683によって供給されるSYNC<sub>nn</sub>に同期されます。スイッチング周波数と位相関係はPCインターフェースを介して変更できますが、変更できるのはスイッチング動作がオフのとき、つまりモジュールが出力のレギュレーションを行っていないときに限られます。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

チャンネル0からチャンネル3までのプログラム可能なアナログ帰還ループ補償は、COMPnaとSGNDの間、およびCOMPnbとSGNDの間にコンデンサを接続することで実行できます。COMPnbピンは高周波でゲインをロールオフするためのピンであり、範囲をプログラムできるgmアンプ出力です。また、COMPnaピンは抵抗の範囲がプログラム可能である他に、SGNDとの間にコンデンサを置くことで周波数補償を設定することができます。プログラマブル・ループ補償のセクションを参照してください。LTM4683モジュールは、オールセラミックMLCCを含む様々な出力コンデンサを使用することで、十分にマージンを持たせた安定性と良好なトランジェン

ト性能を実現します。多くの一般的動作条件に推奨される入力および出力コンデンサと、プログラマブルな補償設定に関するガイダンスを表13に示します。アナログ・デバイセズのLTpowerCAD®ツールは、トランジェント解析や安定性解析に利用できます。また、経験豊富なユーザーであれば、このツールでモジュールの帰還ループ補償パラメータを調整することも可能です。

## パワーアップと初期化

LTM4683は、スタンドアロンの電源シーケンシングと、制御されたターンオンおよびターンオフ動作を行えるように設計されています。このデバイスは1つの入力電源（4.5V～14V）で動作し、3つの内蔵リニア・レギュレータが、コントローラごとに2.5V、3.3V、5.5Vの内部電圧を生成します。V<sub>INnn</sub>が5.75Vを超えず、V<sub>BIAS</sub>ピンがオフになっている場合は、INTV<sub>CC</sub>ピン、V<sub>INnn</sub>ピン、およびSV<sub>IN</sub><sub>nn</sub>ピンを互いに接続する必要があります。コントローラの設定は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されます。この場合、V<sub>INnn</sub>を約4Vにする必要があります。5.5V、3.3V、2.5Vのリニア・レギュレータはレギュレーション電圧値の約20%以内でなくてはなりません。電源の他に、PMBusのRESTORE\_USER\_ALLコマンドまたはMFR\_RESETコマンドでもデバイスを初期化できます。

V<sub>BIAS</sub>ピンは内部5.5V降圧レギュレータの出力であり、LTM4683の回路効率を向上させ、電力損失を最小限に抑えます。V<sub>BIAS</sub>ピンによってINTV<sub>CC</sub> LDOを動作させる前には、V<sub>BIAS</sub>ピンが約4.8Vを超え、なおかつV<sub>IN</sub>が7Vを超えていなくてはなりません。V<sub>BIAS</sub>レギュレータはRUNPによってイネーブルされ、その電力はV<sub>IN</sub>-V<sub>BIAS</sub>から供給されます。

初期化時には、外付けの設定抵抗が識別されるかNVMの内容がコントローラのコマンドに読み込まれ、駆動系はオフに維持されます。RUNn、FAULTn、PGOODnはローに保持されます。LTM4683は表1から表5までの内容を使い、抵抗によって定義されるパラメータを決定します。詳細については、R<sub>CONFIG</sub>（抵抗設定）ピンのセクションを参照してください。これらの抵抗設定ピンが制御するのは、コントローラの一部のプリセット値だけです。残りの値は出荷時にNVMにプログラムされているか、ユーザーがNVMにプログラムします。

## 動作

設定抵抗が挿入されていない場合、またはRCONFIG無視ビット (MFR\_CONFIG\_ALL設定コマンドのビット6) がアサートされている場合、LTM4683はNVMの内容だけを使ってDC/DC特性を決定します。ピンがオープン状態の場合を除き、パワーアップ時またはリセット時に読み出されたASEL\_nnの値は常に有効です。ASEL\_nnは下位4ビットを設定し、上位ビットはNVMによって設定されます。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

デバイスの初期化後は、別のコンパレータがV<sub>IN</sub>ピンからSV<sub>IN\_nn</sub>ピンまでをモニタします。出力電源のシーケンシングを開始するには、VIN\_ONの閾値を超えている必要があります。V<sub>IN</sub>が初めて印加されてからデバイスがTON\_DELAYタイマーを初期化して始動させるまでに通常は30msかかり、電圧と電流のリードバックには更に0ms～90msかかることがあります。

## ソフトスタート

以下に示す起動シーケンシングの方式は時間基準です。デバイスは、ソフトスタート前に動作状態になっている必要があります。デバイスの初期化が完了してSV<sub>IN\_nn</sub>がVIN\_ON閾値を超えると、LTM4683はRUNピンを解放します。アプリケーションに複数のLTM4683が使われている場合は、すべてのデバイスが初期化され、それぞれのSV<sub>IN\_nn</sub>がVIN\_ONの閾値を超えるまで、各デバイスはそのRUNピンをローに保持します。SHARE\_CLK\_nnピンは、信号に接続されているすべてのデバイスが確実に同じタイム・ベースを使用するようにします。

SHARE\_CLK\_nnピンは、V<sub>IN</sub>が印加されてからデバイスの初期化が完了するまでローに保持されます。

SHARE\_CLK\_nnがローの場合は、LTM4683をターンオフに設定する（またはオフのままにする）ことができます (MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2を1に設定)。これにより、基板の制約によってRUNnピンを互いに接続できない場合でも、多数のアナログ・デバイセズのICを同期させることができます。一般に、チップ間の同期に注意を払う必要がある場合は、すべてのRUNnピンを互いに接続するだけでなく、それぞれのSHARE\_CLK\_nnピンもすべて互いに接続し、10kΩの抵抗でV<sub>DD33\_nn</sub>にプルアップするのが最善の方法です。これにより、すべてのデバイスがシーケンシングを同時に開始し、なおかつ同じタイム・ベースを使うことができます。

RUNnピンの解放後、一定の出力電圧レギュレーション状態に入る前に、LTM4683は単調な初期ランプ、つまりソフトスタートを実行します。ソフトスタートでは、負荷電圧を能動的に安定化しながら、デジタル処理によって対象電圧を0Vから指定電圧設定値まで増加させます。（パワーアップと初期化の完了後に）LTM4683の起動をコマンドすると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延 (TON\_DELAY) だけ待機してから、この出力電圧ランプを開始します。この電圧ランプの立上がり時間はTON\_RISEコマンドを使ってプログラムでき、起動時の電圧ランプに伴う突入電流を最小限に抑えることができます。ソフトスタート機能は、TON\_RISEの値を0.25ms未満に設定することでディスエーブルできます。LTM4683のPWMは、TON\_RISE動作時には常に不連続モードを使用します。不連続モードでは、インダクタに逆電流が流れていることが検出されると直ちに下側MOSFETがオフになります。これにより、プリバイアスされた負荷状態でレギュレータを起動することができます。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの時間が経過すると、デバイスは連続モードに遷移します（そのようにプログラムされている場合）。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITをゼロに設定すると時間制限は存在しなくなり、デバイスは、TON\_RISEが終了してV<sub>OUTn</sub>がVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITを超え、更にIOUT\_OCが存在しなくなると、目的の導通モードに遷移します。ただし、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの値を0に設定することは推奨しません。

## タイム・ベース・シーケンシング

出力のオンとオフのシーケンシングを行うデフォルトのモードは、タイム・ベースです。各出力がイネーブルされるのは、RUNピンがハイになる、PMBusコマンドによってターンオンされる、またはV<sub>IN</sub>が事前設定電圧を超える、のいずれかのイベントに続いて、TON\_DELAYの時間が経過した後になります。オフ・シーケンシングも同様の方法で処理されます。適切なシーケンシングを行うために、すべてのICのSHARE\_CLK\_nnピンとRUNnピンを互いに接続してください。何らかの理由でRUNnピンを互いに接続できない場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2を1にセットします。このビットをセットした場合、電源出力を開始する前にSHARE\_CLK\_nnピンにクロックを入力する必要があります。RUNnピンをローにすると、LTM4683はMFR\_RESTART\_DELAYが経過するまでこのピンをローに保持します。MFR\_RESTART\_DELAYの最小値はTOFF\_DELAY + TOFF\_FALL + 136msです。この遅延によって、すべてのレールが正しくシーケンシングされます。この遅延はLTM4683内部で計算され、これより短い遅延では処理は行われません。

## 動作

ただし、デバイスではこれより長い値に指定されたMFR\_RESTART\_DELAYを使用することができます。最大許容値は65.52秒です。

### 電圧ベース・シーケンシング

シーケンスは電圧ベースで行うこともできます。図4に示すように、各出力がUV閾値を超えるとPGOOD<sub>n</sub>ピンがアサートされます。1つのLTM4683チャンネルのPGOOD<sub>n</sub>ピンから、シーケンス内の次のLTM4683チャンネルのRUN<sub>n</sub>ピンに電力を供給することができ、特に複数のLTM4683間でも可能です。PGOOD<sub>n</sub>は100μsのフィルタを内蔵しています。V<sub>OUT<sub>n</sub></sub>の電圧がUV閾値の前後で長時間増減を繰り返すと、PGOOD<sub>n</sub>の出力が何度も切り替わることがあります。この問題を最小限に抑えるには、TON\_RISE時間を100ms未満に設定します。

一連のレールにフォルトが検出されると、フォルトが発生したレールと下流側のレールだけがオフになります。フォルトが発生したレールの上流側にある一連のデバイスのレールは、コマンドによってオフにしない限り、オンのままになります。

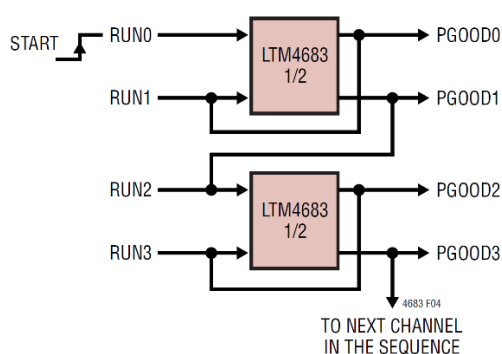


図4. イベント（電圧）ベースのシーケンシング

### シャットダウン

LTM4683は2つのシャットダウン・モードをサポートしています。1つめのモードはクローズドループ・シャットダウン応答で、ユーザが定義するターンオフ遅延（TOFF\_DELAY）とランプ・ダウン・レート（TOFF\_FALL）を使用します。コントローラは、TOFF\_FALLの間この動作モードを維持します。もう1つのモードは不連続導通モードで、コントローラは負荷からの電流を流さず、立下がり時間はTOFF\_FALLではなく出力容量と負荷電流によって設定されます。

シャットダウンは以下の状態に応答する形で行われます。すなわち、フォルト状態またはSHARE\_CLK<sub>nn</sub>が失われた状態（MFR\_CHAN\_CONFIGのビット2が1に設定されている場合）、またはV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>がVIN\_OFF閾値未満に低下した状態またはFAULTが外部的にローにされた状態（MFR\_FAULT\_RESPONSEが禁止に設定されている場合）です。これらの状態では、負荷へのエネルギー供給をできるだけ早く停止するために電力段がディスエーブルされます。シャットダウン状態へは、ソフトスタート状態またはアクティブ・レギュレーション状態から入ったり、手動操作で入ったりすることもできます。

フォルトに応答する方法には、再試行モードとラッチ・オフ・モードの2つがあります。再試行モードでは、コントローラが、プログラム可能な遅延時間

（MFR\_RETRY\_DELAY）内にシャットダウンして非アクティブ状態に入ることによってフォルトに応答します。出力をディスエーブルすればシャットダウンの原因となったフォルトが解消される場合は、この遅延が自動再試行に関連するデューティ・サイクルを最小限に抑えます。再試行遅延時間は、MFR\_RETRY\_DELAYコマンドにより指定された時間、またはレギュレーションされた出力がプログラム値の12.5%未満に減衰するのに必要な時間のうち、どちらか長い方によって決まります。同じFAULT<sub>n</sub>ピンを使って複数の出力を制御する場合は、フォルトが発生した出力の減衰時間が再試行遅延を決定します。出力の自然減衰時間が長すぎる場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット0をアサートすることによってMFR\_RETRY\_DELAYコマンドの電圧条件をなくすることができます。また、ラッチ・オフ・モードはフォルト発生後にコントローラがラッチ・オフ状態のままになることを意味します。これを解除するには、RUN<sub>n</sub>を切り替えたりデバイスを一度オフにしてからオンにするよう指示したりといった、ユーザによる操作が必要です。

### 軽負荷電流動作

LTM4683には、高効率の不連続導通モードと強制連続導通モードという2つの動作モードがあります。モード選択はMFR\_PWM\_MODEコマンドを使って行います（起動時のモードは常に不連続導通モードで、強制連続モードはデフォルトの実行モードです）。

コントローラが不連続動作でイネーブルされている場合、インダクタ電流を反転させることはできません。インダクタ電流がゼロになる直前に逆電流コンパレータの出力が下側MOSFETをオフにして、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。



## 動作

強制連続モード動作の場合は、軽負荷時または大きなトランジェント状態でインダクタ電流を反転できます。インダクタのピーク電流はCOMP<sub>n</sub>ピンの電圧だけで決まります。このモードでは、軽負荷時の効率が不連続モード動作の場合より低下します。連続モードは出力リップルが小さくオーディオ回路との干渉も少なくなります。ただし、インダクタ電流が反転して入力電源の電圧を上昇させることがあります。VIN\_OV\_FAULT\_LIMITはこれを検出して、フォルトの原因となるチャンネルをオフにすることができます。しかし、このフォルトはADCの読出しに基づいており、検出までに最大でt<sub>CONVERT</sub>の時間を要することがあります。入力電源の電圧上昇が懸念される場合は、デバイスを不連続導通モードに維持してください。

デバイスが不連続モード動作に設定されている場合でも、インダクタの平均電流が増加するのに合わせて、コントローラが不連続モードから連続モードへ自動的に動作を変更します。

## スイッチング周波数と位相

PWMのスイッチング周波数は、内部発振器または外部タイム・ベースを使って設定できます。内部フェーズ・ロック・ループ（PLL）は、内部クロックを使用するか外部クロックを使用するかに関わらず、適切な位相関係を維持しながら、PWM制御をこのタイミング・リファレンスに同期させます。また、表3に概要を示すように、PMBusコマンド、NVM設定、または外付け設定抵抗を通じて他のデバイスにマスタ・クロックを供給するようデバイスを設定することもできます。

クロック・マスタとして指定されたLTM4683は、選択されたレートと500nsのパルス幅でそのオープンドレインSYNC<sub>nn</sub>ピンを駆動します。この場合は、SYNC<sub>nn</sub>とV<sub>DD33\_nn</sub>の間に外付けのプルアップ抵抗が必要です。SYNC<sub>nn</sub>に接続されている1つのデバイスだけがピンを駆動するように指定してください。LTM4683は、プログラムされたSYNC<sub>nn</sub>周波数の80%よりも外部SYNC<sub>nn</sub>周波数の方が高い限り、自動的に外部SYNC<sub>nn</sub>入力に戻り、デバイス自体のSYNC<sub>nn</sub>をディスエーブルします。外部SYNC入力のデューティ・サイクルは20%~80%としてください。

その後に外部クロック信号が失われても、LTM4683は、SYNC<sub>nn</sub>を駆動するよう設定されているかどうかに関わらず、デバイス自体の内部発振器を使ってPWM動作を継続できます。

また、MFR\_CONFIG\_ALLのビット4を設定することにより、常に外部発振器を使ってPWM動作を行うようにプログラムすることも可能です。SYNCドライバ回路のステータスは、MFR\_PADSのビット10によって示されます。

MFR\_PWM\_CONFIGコマンドを使用すれば、各チャンネルの位相を設定できます。表3に概要を示すように、EEPROMまたは外付けの設定抵抗から目的の位相を設定することもできます。指定される位相は、SYNCの立下がりエッジと、PWMラッチを設定して上側パワー・スイッチをオンにする内部クロック・エッジとの関係です。PWM制御ピンには新たに小さい伝播遅延も生じます。FREQUENCY\_SWITCHコマンドとMFR\_PWM\_CONFIGコマンドをLTM4683に書き込む前には、両方のチャンネルをオフにしておく必要があります。

位相関係と周波数を変更することによって、様々なアプリケーション・オプションが可能です。複数のLTM4683モジュールを同期させて、PolyPhase配列を実現できます。この場合、位相は360/n度ずつ区切る必要があります。ここで、nは出力電圧レールを駆動する位相の数です。

## PWMループ補償

LTM4683の内部PWMループ補償抵抗R<sub>COMP</sub>は、各コントローラのMFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[4:0]を使って調整できます。

LTM4683のPWMエラー・アンプのトランスコンダクタンス（gm）は、MFR\_PWM\_COMPコマンドのビット[7:5]を使って調整できます。これら2つのループ補償パラメータは、デバイスの動作中にプログラムできます。詳細については、アプリケーション情報のセクションにあるプログラマブル・ループ補償のサブセクションを参照してください。

## 出力電圧の検出

LTM4683は4つのチャンネルすべてに差動アンプを内蔵しており、V<sup>+</sup>ピンとV<sup>-</sup>ピンの間の負荷電圧をリモート検出することができます。また、遠隔測定ADCも完全差動で、両方のチャンネルのV<sub>OSNSn</sub><sup>+</sup>とV<sub>OSNSn</sub><sup>-</sup>間の電圧を、それぞれV<sup>+</sup>ピンとV<sup>-</sup>ピンで測定します。最大許容電圧は1Vですが、LTM4683の設計は0.7Vに制限されています。



## 動作

### INTV<sub>CC</sub>/V<sub>BIAS</sub>の電力

内部の上側および下側MOSFETのドライバ、およびその他ほとんどの内部回路の電源は、INTV<sub>CC</sub>ピンから供給されます。RUNPピンがGNDに短絡されてV<sub>BIAS</sub>がオフになっている場合は、内部5.5Vリニア電圧レギュレータがINTV<sub>CC</sub>の電源電力をSV<sub>IN\_mn</sub>から供給します。V<sub>BIAS</sub>が5.5Vの出力でイネーブルされSV<sub>IN</sub>が7.0Vを超えると、内部スイッチがオンになり、電力はINTV<sub>CC</sub>レギュレータではなくV<sub>BIAS</sub>から供給されます。V<sub>BIAS</sub>を使用すると、高効率の内部電源からINTV<sub>CC</sub>に電力を供給できます。V<sub>BIAS</sub>は、SV<sub>IN</sub>を使用できる状態であれば内部3.3Vリニア・レギュレータに電力を供給できます。このため、チャンネルがオフになっていてもLTM4683のコントローラを初期化してプログラムすることができます。

INTV<sub>CC\_mn</sub>レギュレータへの電力はSV<sub>IN\_mn</sub>ピンから供給され、ICで消費される電力はSV<sub>IN\_mn</sub>・IINTV<sub>CC\_mn</sub>に等しくなります。ゲート充電電流は動作周波数によって異なります。LTM4683の標準的なINTV<sub>CC\_mn</sub>電流は約50mAです。12Vの入力電圧は内部コントローラ1つあたりで7Vの電圧降下に相当し、50mAを乗じると350mWの電力損失になります。この損失はV<sub>BIAS</sub>レギュレータを利用することによって解消できます。

LTM4683のINTV<sub>CC\_mn</sub>は外部電源に接続しないでください。接続すると、INTV<sub>CC\_mn</sub>が外部電源の電圧を上げようとして電流制限に達し、ダイ温度が大幅に上昇するおそれがあります。

V<sub>IN</sub>が5Vのアプリケーションでは、テスト回路2に示すように、SV<sub>IN\_mn</sub>ピンとINTV<sub>CC\_mn</sub>ピンを互いに接続した上で、1Ωの抵抗を介して5V入力に接続します。

### 出力電流検出と1mΩ未満のDCRによる電流検出

LTM4683は抵抗が1mΩ未満のインダクタを使用する独自の電流検出技術を採用しており、優れたS/N比を実現しながら、電流モード動作時に非常に小さい信号を検出します。これにより、1mΩ未満の内部インダクタを重負荷アプリケーションに使用して、変換効率の向上を実現できます。また、MFR\_PWM\_MODE[7]の大電流レンジと小電流レンジを用いることで、電流制限閾値を正確に設定できます（大電流レンジと小電流レンジについてはPMBusコマンドの詳細のセクションのIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを参照）。

内部直流抵抗（DCR）検出回路とその電流制限値の計算は、室温におけるインダクタのDCRに基づいて行います。インダクタのDCRの温度係数は大きく、約3900ppm/°Cです。このインダクタ温度係数はMFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCレジスタに書き込まれます。外部温度はインダクタの近くで検出し、内部電流制限回路を調整して、温度に影響されることのない、基本的に一定の電流制限を維持するために使用します。検出された電流は、LTM4683の遠隔測定ADCによってデジタル化されます。このADCは入力電圧範囲が±128mV、ノイズ・フロアが7μV<sub>RMS</sub>、ピークtoピーク・ノイズが約46.5μVです。LTM4683は、IOUT\_CAL\_GAINコマンドに格納されたDCR値と、MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCコマンドに格納された温度係数を使ってインダクタ電流を計算します。得られる電流値はREAD\_IOUTコマンドによって返されます。

### 入力電流の検出

LTM4683の電力段が消費する合計入力電流を検出するために、電源電圧と上側NチャンネルMOSFETのドレインの間に検出抵抗が配置されています。この検出抵抗にはI<sub>IN\_mn</sub><sup>+</sup>ピンとI<sub>IN\_mn</sub><sup>-</sup>ピンが接続されています。フィルタ処理された電圧は内部のハイサイド電流検出アンプによって増幅され、LTM4683の遠隔測定ADCによってデジタル化されます。入力電流検出アンプには3つのゲイン設定値（2×、4×、8×）があり、これはMFR\_PWM\_CONFIGコマンドのビット[6:5]によって設定します。これら3つのゲイン設定値に対応する最大入力検出電圧は、それぞれ50mV、25mV、10mVです。LTM4683は、IIN\_CAL\_GAINコマンドに格納された内部RSENSEの値を使用して入力電流を計算します。これにより得られる電力段の測定電流は、READ\_IINコマンドによって返されます。I<sub>IN\_01</sub><sup>+</sup>、I<sub>IN\_01</sub><sup>-</sup>はコントローラ1（チャンネル0とチャンネル1）用、I<sub>IN\_23</sub><sup>+</sup>、I<sub>IN\_23</sub><sup>-</sup>はコントローラ2（チャンネル2とチャンネル3）用です。

LTM4683は、1Ωの抵抗を使用して、それぞれのLTM4683内部コントローラが消費するSV<sub>IN\_mn</sub>ピンの電源電流を測定します。この値はMFR\_READ\_ICHIPコマンドによって返されます。デバイスの電流は、MFR\_ICHIP\_CAL\_GAINコマンドに格納された値（1Ω）を使って計算します。詳細は、アプリケーション情報のセクションにある入力電流検出アンプのサブセクションを参照してください。

## 動作

### PolyPhaseによる負荷分担

必要なピンをバスに接続することにより、複数のLTM4683をアレイ状に配置してバランスの取れた負荷分担ソリューションを実現できます。図50に、負荷分担に必要な8相設計の分担接続を示します。

外部発振器を接続しない場合は、いずれか1つのLTM4683コントローラのSYNC<sub>nn</sub>ピンだけをイネーブルします。他については、MFR\_CONFIG\_ALLのビット4を使って、SYNC<sub>nn</sub>コントローラをディスエーブルするようプログラムします。外部発振器が接続されている場合は、SYNC<sub>nn</sub>ピンをイネーブルにしたデバイスが外部クロックの存在を検出して、その出力をディスエーブルします。

複数チャンネルの場合、すべてのV<sub>OSNSn</sub><sup>+</sup>ピンとV<sub>OSNSn</sub><sup>-</sup>ピンを互いに接続する必要があります。また、COMP<sub>na</sub>ピンとCOMP<sub>nb</sub>ピンについても同様です。PolyPhase®アプリケーションの場合を除き、MFR\_CONFIG\_ALLのビット[4]はアサートしないでください。

これらのデバイスでは、SYNC<sub>nn</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、FAULT<sub>n</sub>、ALERT<sub>n</sub>の各ピンを共用する必要があります。SYNC<sub>nn</sub>、FAULT<sub>n</sub>、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>、ALERT<sub>n</sub>の各ピンにはプルアップ抵抗を使用します。代表的なアプリケーションの各図を参照してください。

### 内部温度の検出

温度は内部ダイオード接続PNPトランジスタを使って測定され、その出力はチャンネル0～3に対応するTSNS0～TSNS3ピンに接続されます。これらの出力はテストに使用します。ダイオードには2種類の異なる電流が流れ（公称2μAと32μA）、温度は、16ビットの内部モニタADCによって測定されるΔV<sub>BE</sub>の値から計算されます（図2の簡略ブロック図を参照）。

LTM4683はΔV<sub>BE</sub>温度の検出だけを行うので、MFR\_PWM\_MODEのビット[5]は予備です。

### RCONFIG（抵抗設定）ピン

入力ピンは12個あり、これらのピン間に1%抵抗を使用することで重要な動作パラメータを選択します。該当するピンはASEL\_01、ASEL\_23、FSWPH\_01\_CFG、FSWPH\_23\_CFG、VOUT0\_CFG、VOUT1\_CFG、VOUT2\_CFG、VOUT3\_CFG、VTRIM0\_CFG、VTRIM1\_CFG、VTRIM2\_CFG、VTRIM3\_CFGです。これらのピンがフロート状態になっている場合は、対応するNVMコマンドに格納された値が使われます。MFR\_CONFIG\_ALL設定コマンドのビット6がNVMでアサートされた場合、パワーアップ時には抵抗入力が無視

されます。ただしASELは例外で、これは常に有効なものとして扱われます。抵抗設定ピンの測定が行われるのは、パワーアップ・リセット時か、MFR\_RESETコマンドまたはRESTORE\_USER\_ALLコマンドの実行後に限られます。

VOUT<sub>n</sub>\_CFGピンの設定については表1を参照してください。これらのピンは、LTM4683のV<sub>OUT0</sub>～V<sub>OUT3</sub>の出力電圧の粗設定を行います。これらのピンがオープン状態の場合は、NVMからVOUT\_COMMANDコマンドがロードされます。電圧設定ピンが接続されている場合を除き、デフォルト設定ではスイッチャがオフになります。出力電圧の微調整には表2のVTRIM<sub>n</sub>\_CFGピンを使用します。両方を組み合わせることによって、複数の異なる出力電圧が得られます。

RCONFIGピンを使って出力電圧を決める場合は、以下のパラメータを出力電圧のパーセント値として設定します。

- VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT .....+10%
- VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT .....+7.5%
- VOUT\_MAX .....+7.5%
- VOUT\_MARGIN\_HIGH .....+5%
- VOUT\_MARGIN\_LOW .....-5%
- VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT .....-7%

FSWPH\_CFG<sub>nn</sub>ピンの設定については表3を参照してください。このピンは、各チャンネルのスイッチング周波数と位相を選択します。2つのチャンネルとSYNC<sub>nn</sub>ピンの位相関係は表3に示されています。外部クロックと同期するには、デバイスを外部クロック・モードにする必要があります（SYNC<sub>nn</sub>出力はディスエーブルされますが、周波数は公称値に設定されます）。外部クロックが入力されていない場合、デバイスはプログラムされた周波数のクロックを使用します。マルチフェーズ・アプリケーションでチップ間のSYNC<sub>nn</sub>信号が失われた場合は、それらのデバイスが同じ周波数にプログラムされて調整されていたとしても、設計どおりの位相では動作しません。これにより出力のリプル電圧が増加することがあり、場合によっては望ましくない動作が生じる可能性があります。外部SYNC<sub>nn</sub>信号が内部で生成されて、外部SYNC<sub>nn</sub>が選択されていない場合は、MFR\_PADSのビット10がアサートされます。周波数が選択されておらず、外部SYNC<sub>nn</sub>周波数が存在しない場合は、PLL\_FAULTが発生します。パワーアップ時に有効な同期信号がない場合でも、PLL\_FAULTによるALERTを発生させたくない場合は、PLL\_FAULTの

## 動作

ALERTマスクを書き込む必要があります。詳細については、SMBALERT\_MASKの説明を参照してください。複数デバイス間でSYNC<sub>nn</sub>ピンを接続する場合は、MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 0を使っていずれか1つのデバイスのSYNC<sub>nn</sub>ピンだけをイネーブルし、それ以外のすべてのデバイスではMFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1を使ってSYNCピンをディスエーブルに設定します。

ASEL<sub>nn</sub>ピンの設定については表4を参照してください。ASEL<sub>nn</sub>はLTM4683内部コントローラのスレーブ・アドレスを選択します。詳細については、表5を参照してください。

注：PMBusの仕様に従い、ピンでプログラムしたパラメータはデジタル・インターフェースからのコマンドでオーバーライドできます。ただしASEL<sub>nn</sub>は例外で、これは常に有効なものとして扱われます。0x5Aまたは0x5Bはグローバル・アドレスです。これらのアドレスにはすべてのデバイスが応答するので、デバイス・アドレスには使用しないでください。

**表1. LTM4683の出力電圧のVOUT<sub>n</sub>\_CFGピンストラップ参照表。粗設定（MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可）、上側抵抗 = 14.3kΩ**

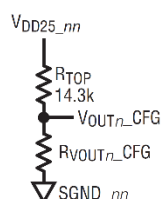
R <sub>VOUT<sub>n</sub>_CFG</sub> * (kΩ)	V <sub>OUT<sub>n</sub></sub> (V) SETTING COARSE	MFR_PWM_ MODE <sub>n</sub> [1] BIT
Open	NVM	NVM
32.4	NVM	NVM
0.787	0.7	1
0	0.5	1

\*表示されているR<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値は公称値です。

R<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気（湿度）、その他の要因（具体的なアプリケーションにより異なります）も、時間の経過と共にR<sub>VOUT<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続（ストラップ）による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN</sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETや

RESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに予想どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。RTOP = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例：



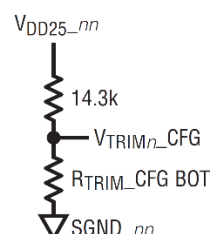
**表2. LTM4683の出力電圧のVTRIM<sub>n</sub>\_CFGピンストラップ参照表。微調整設定（MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可）、上側抵抗 = 14.3kΩ**

R <sub>VTRIM<sub>n</sub>_CFG</sub> * (kΩ)	V <sub>TRIM</sub> (mV) FINE ADJUSTMENT TO V <sub>OUT<sub>n</sub></sub> SETTING WHEN RESPECTIVE
Open	0
32.4	99
22.6	86.625
18.0	74.25
15.4	61.875
12.7	49.5
10.7	37.125
9.09	24.75
7.68	12.375
6.34	-12.375
5.23	-24.75
4.22	-37.125
3.24	-49.5
2.43	-61.875
1.65	-74.25
0.787	-86.625
0	-99

\*表示されているR<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値は公称値です。

R<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気（湿度）、その他の要因（具体的なアプリケーションにより異なります）も、時間の経過と共にR<sub>VTRIM<sub>n</sub>\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続（ストラップ）による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに予想どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。RTOP = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例：



## 動作

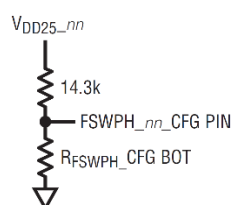
表3. LTM4683のスイッチング周波数とチャンネル位相インターリーブ角を設定するためのFSWPH\_nn\_CFGピンストラップ参照表 (MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)。nn = 01または23チャンネル、上側抵抗を14.3kΩに設定

R <sub>FSWPH_CFG</sub> * (kΩ)	SWITCHING FREQUENCY (kHz)	θ <sub>SYNC TO 00,2</sub>	θ <sub>SYNC TO 01,3</sub>	BITS [2:0] OF MFR_PWM_CONFIG	BIT [4] OF MFR_CONFIG_ALL
Open	NVM; LTM4683 Default = 425	NVM; LTM4683 Default = 0°	NVM; LTM4683 Default = 180°	NVM; LTM4683 Default = 000b	NVM; LTM4683 Default = 0b
32.4	250	0°	180°	000b	0b
22.6	350	0°	180°	000b	0b
18.0	425	0°	180°	000b	0b
15.4	575	0°	180°	000b	0b
12.7	650	0°	180°	000b	0b
10.7	750	0°	180°	000b	0b
7.68	500	120°	240°	100b	0b
6.34	500	90°	270°	001b	0b
5.23	External**	0°	240°	010b	1b
4.22	External**	0°	120°	011b	1b
3.24	External**	60°	240°	101b	1b
2.43	External**	120°	300°	110b	1b
1.65	External**	90°	270°	001b	1b
0.787	External**	0°	180°	000b	1b
0	External**	120°	240°	100b	1b

\*表示されているR<sub>FSWPH\_mn\_CFG</sub>の値は公称値です。R<sub>FSWPH\_mn\_CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱/IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃/サイクル、湿気(湿度)、その他の要因(具体的なアプリケーションにより異なります)も、時間の経過と共にR<sub>FSWPH\_mn\_CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続(ストラップ)による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN</sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに予想どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。

\*\*外部設定はFREQUENCY\_SWITCH（レジスタ0x33）の値を0x0000に設定することに相当します。デバイスは、そのスイッチング周波数をSYNC<sub>nn</sub>ピンに入力されているクロックの周波数に同期させます（MFR\_CONFIG\_ALL[4]=1bの場合）。R<sub>TOP</sub> = 14.3kΩは外付け抵抗です。

例：





## 動作

表4. LTM4683のスレーブ・アドレス設定のための  
ASEL<sub>nn</sub>ピンストラップ参照表 (MFR\_CONFIG\_ALL  
[6] の設定に関わらず使用可能)

R <sub>ASEL</sub> * (kΩ)	SUBORDINATE ADDRESS
Open	100_1111_R/W
32.4	100_1111_R/W
22.6	100_1110_R/W
18.0	100_1101_R/W
15.4	100_1100_R/W
12.7	100_1011_R/W
10.7	100_1010_R/W
9.09	100_1001_R/W
7.68	100_1000_R/W
6.34	100_0111_R/W
5.23	100_0110_R/W
4.22	100_0101_R/W
3.24	100_0100_R/W
2.43	100_0011_R/W
1.65	100_0010_R/W
0.787	100_0001_R/W
0	100_0000_R/W

R/W = 制御バイトの読出し／書込みビット

特に指定のない限り、仕様に記載されているすべてのPMBusデバイス・アドレスは7ビット幅です。

注：LTM4683は、NVMまたはASELの抵抗設定値に関わらずスレーブ・アドレス0x5Aと0x5Bには常に応答します。

\*表示されているR<sub>CFG</sub>の値は公称値です。R<sub>CFG</sub>には、その抵抗値が常に表の値の3%以内となるようなものを市販の抵抗から選択してください。抵抗の初期許容誤差、T.C.R.と抵抗の動作温度、ハンダ処理熱／IRリフロー、および抵抗の寿命期間全般にわたる耐久性を考慮してください。また、熱衝撃サイクル、湿気（湿度）、その他の要因（具体的なアプリケーションにより異なります）も、時間の経過と共にR<sub>CFG</sub>の値に影響する可能性があります。抵抗とピンの接続（ストラップ）による設定が、製品の全寿命期間にわたってSV<sub>IN</sub>のパワーアップごと、あるいはMFR\_RESETやRESTORE\_USER\_ALLの実行ごとに予想どおりの結果をもたらすようにするには、これらすべての影響を考慮する必要があります。

例：

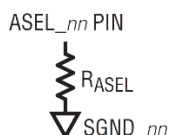


表5. 7ビットおよび8ビット・アドレス指定で表した  
LTM4683のMFR\_ADDRESSコマンドの例

DESCRIPTION	HEX DEVICE ADDRESS		BIT									
	7-BIT	8-BIT	7	6	5	4	3	2	1	0	R/W	
Rail <sup>4</sup>	0x5A	0xB4	0	1	0	1	1	0	1	0	0	
Global <sup>4</sup>	0x5B	0xB6	0	1	0	1	1	0	1	1	0	
Default	0x4F	0x9E	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
Example 1	0x40	0x80	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Example 2	0x41	0x82	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
Disabled <sup>2,3</sup>			1	0	0	0	0	0	0	0	0	

- この表はMFR\_RAIL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドには使用できますが、MFR\_ADDRESSコマンドには使用できません。
- あるコマンドに無効な値があってもそのデバイスはディスエーブルされず、グローバル・アドレスがディスエーブルされることはありません。
- あるコマンドに無効な値があっても、それによってそのデバイスが他のコマンドで指定されたデバイス・アドレスに応答できなくなることはありません。
- 値0x00、0x0C（7ビット）、0x5A（7ビット）、0x5B（7ビット）、または0x7C（7ビット）をMFR\_CHANNEL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドまたはMFR\_RAIL\_ADDRESS<sub>n</sub>コマンドに書き込むことは推奨しません。

## フォルトの検出と処理

以下に示すフォルトおよび警告検出機能を含む、フォルトおよび警告のレポートと処理のための様々なメカニズムを利用できます。

- 入力OVフォルト保護およびUV警告
- 平均入力過電流警告
- 出力OV/UVフォルトに対する保護および警告による保護
- 出力OCフォルトに対する保護および警告による保護
- 内部制御ダイと内部モジュールの過熱フォルトに対する保護および警告による保護
- 内部低温フォルトに対する保護および警告による保護
- CMLフォルト（通信、メモリ、またはロジック）
- 双方向FAULT<sub>n</sub>ピンを介した外部フォルト検出

以上に加えて、LTM4683は、FAULT<sub>n</sub>応答伝搬コマンドのMFR\_FAULT\_PROPAGATEを使って、フォルト・インジケータの任意の組み合わせを、それぞれのFAULT<sub>n</sub>ピンに対応付けることができます。FAULT<sub>n</sub>ピンは、外部クロバ・デバイスのドライバ、過熱アラート、過電圧（OV）アラートとして使用するか、マイクロコントローラにフォルト・コマンドへのポーリングを開始させるための割込みに使用するのが一般的です。その他にも、FAULT<sub>n</sub>ピンは、直ちに応答することが要求される

## 動作

コントローラの下流側で、外部フォルトを検出するための入力として使用することもできます。

フォルト・イベントや警告イベントが発生すると、これらのイベントがSMBALERT\_MASKによってマスクされない限り、必ずALERT<sub>nn</sub>ピンがローにアサートされます。このピンは、以下のいずれかの動作が実行されるまでローにアサートされたままになります。すなわち、CLEAR\_FAULTSコマンドを発行する、フォルト・ビットに1を書き込む、バイアス電源を一度オフにして再度オンにする、MFR\_RESETコマンドを発行する、RUN<sub>n</sub>ピンのオフ/オンを切り替える、PMBusを介してデバイスのオフ/オンを指定する、またはアラート応答アドレス (ARA) コマンド動作を実行する、のいずれかです。MFR\_FAULT\_PROPAGATEコマンドは、フォルト検出時にFAULT<sub>n</sub>ピンをローにするかどうかを決定します。

出力および入力フォルト・イベントの処理は、表17～表21に規定されているように、対応するフォルト応答バイトによって制御されます。これらのタイプのフォルトによるシャットダウンからの回復は、自律型またはラッチ型のどちらかとすることができます。自律型の回復ではフォルトがラッチされないの、再試行間隔経過後にフォルトが解消されている場合は、新しいソフトスタートが試みられます。

フォルトが解消されていない場合、コントローラは再試行を繰り返します。再試行間隔はMFR\_RETRY\_DELAYコマンドによって指定され、フォルト状態自体が直ちに破壊的な影響を及ぼすものではない場合に、電源の入れ直しを繰り返すことによってレギュレータ部品が損傷してしまうのを防止します。MFR\_RETRY\_DELAYは120msより長くなければなりません、83.88秒を超える値にすることはできません。

### ステータス・レジスタとALERTのマスクング

PMBusコマンドによってアクセス可能なLTM4683の内部ステータス・レジスタの概要を図5に示します。これらには、様々なフォルト、警告、その他の重要な動作状態の表示が含まれています。図に示すように、STATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドは他のステータス・レジスタの内容の概要も示します。具体的な情報についてはPMBusコマンドの詳細のセクションを参照してください。

このSTATUS\_BYTEのNONE OF THE ABOVEビットは、STATUS\_WORDの最上位ニブルのビットも1つ以上設定されていることを示します。

一般に、STATUS<sub>x</sub>レジスタのいずれかのビットがアサートされると、ALERT<sub>nn</sub>ピンもローになります。

ALERT<sub>nn</sub>ピンは、一度セットされると、次のいずれかの状態になるまでローのままになります。

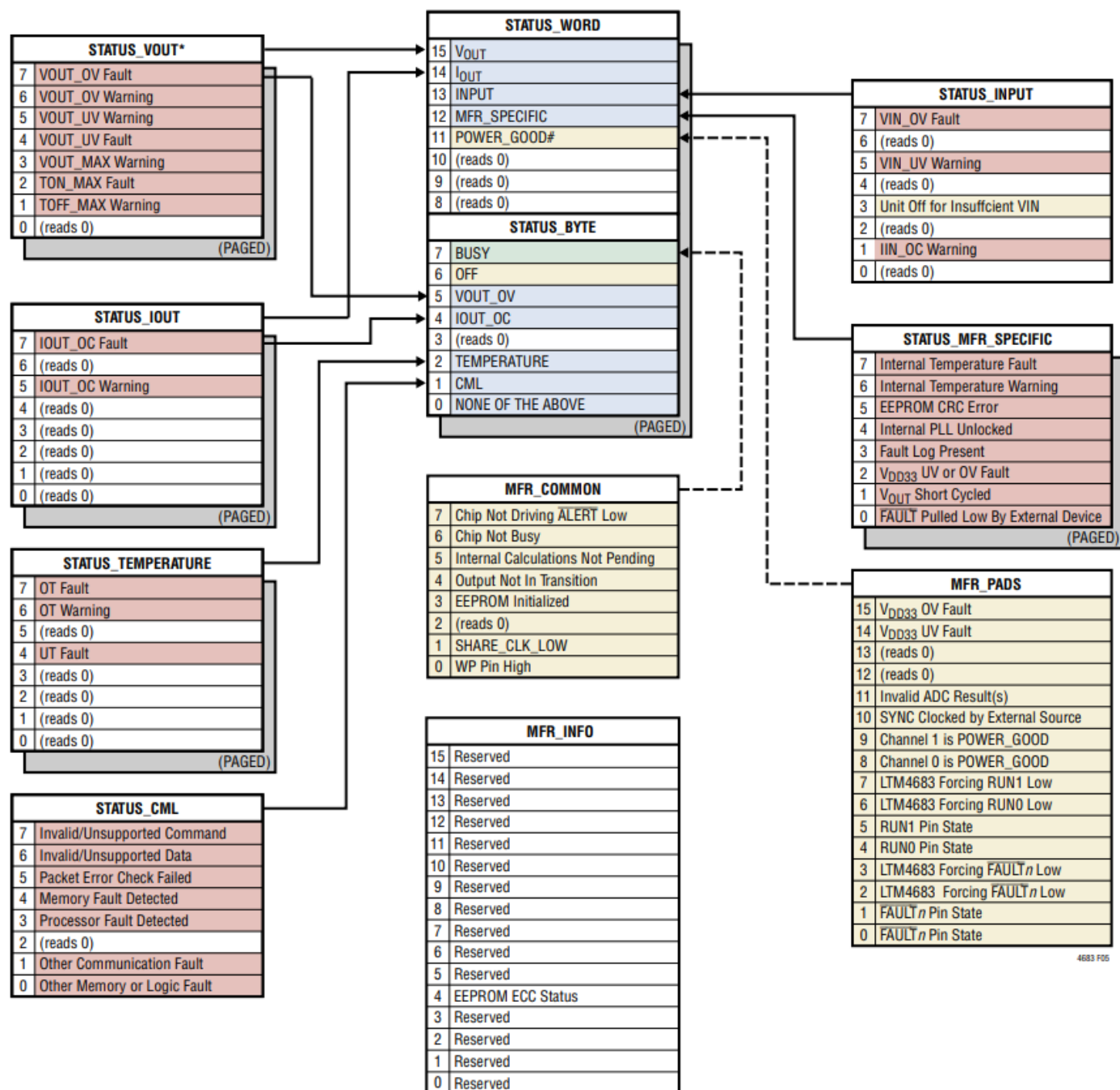
- CLEAR\_FAULTSまたはMFR\_RESETコマンドを発行する
- 関連するステータス・ビットに1が書き込まれる
- フォルト発生チャンネルのオフが正常に実行され、更にオンへの復帰が実行される
- LTM4683がPMBusアラート応答アドレス (ARA) 時にそのアドレスを正常に送信する
- バイアス電源を一度オフにして再度オンにする

いくつかの例外を除き、SMBALERT\_MASKコマンドを使用すれば、LTM4683がこれらのレジスタ内のビットに対してビット単位でALERT<sub>nn</sub>をアサートしないようにできます。これらのマスク設定は、ステータス・ビット自体と同じ方法でSTATUS\_WORDとSTATUS\_BYTEにも適用されます。例えば、チャンネル<sub>n</sub>のSTATUS\_VOUT内のすべてのビットについてALERT<sub>nn</sub>がマスクされる場合は、ページ<sub>n</sub>のSTATUS\_WORD内のVOUTビットについてもALERT<sub>nn</sub>が実質的にマスクされます。STATUS\_BYTEにBUSYビットがある場合もALERT<sub>nn</sub>がローにアサートされます。これはマスクできません。このビットは、PMBus通信との様々な内部的相互作用の結果としてセットされることがあります。このフォルトが発生するのは、1つまたは両方のチャンネルがイネーブルされた状態で安全に実行できないコマンドを受け取った場合です。アプリケーション情報のセクションで説明するように、BUSYフォルトは、いくつかのコマンドを実行する前にMFR\_COMMONをポーリングすることによって回避できます。

マスクされたフォルトがパワーアップ直後に発生した場合は、プログラムされたすべてのマスク情報をEEPROMから読み出すだけの時間がなかったために、ALERT<sub>nn</sub>がローのままになることがあります。

図に示すように、MFR\_COMMONとMFR\_PADSに格納されているステータス情報を使ってSTATUS\_BYTEまたはSTATUS\_WORDの内容をデバッグしたり明確にしたりすることができますが、これらのレジスタの内容はALERT<sub>nn</sub>ピンの状態には影響せず、通常はSTATUS\_BYTEやSTATUS\_WORD内のビットに直接影響しません。

## 動作



DESCRIPTION	MASKABLE	GENERATES ALERT	BIT CLEARABLE
General Fault or Warning Event	Yes	Yes	Yes
General Non-Maskable Event	No	Yes	Yes
Dynamic	No	No	No
Status Derived from Other Bits	No	Not Directly	No

図5. コントローラあたりのLTM4683のステータス・レジスタの概要

## 動作

### FAULTnピンへのフォルトのマッピング

FAULTnピンを互いに接続すれば、チャンネル間（複数のLTM4683のチャンネルを含む）でフォルトの依存関係を作り出すことができます。内部フォルトが発生した場合は、バスで接続されたFAULTnピンがローになるように1つ以上のチャンネルが設定されます。更に他のチャンネルは、FAULTnピンがローになるとシャットダウンされるように設定されます。自律的なグループ再試行の場合で、当初のフォルトが解消されている場合、フォルト発生チャンネルは、再試行間隔経過後にFAULTnピンを解放するように設定されます。その後、グループ内のすべてのチャンネルがソフトスタート・シーケンスを開始します。フォルト応答がLATCH\_OFFの場合は、RUNnピンのオフ/オンが切り替えられるかデバイスのオフ/オンがコマンドで指定されるまで、FAULTnピンはローにアサートされたままになります。RUNnピンの切替をピンまたはオフ/オン・コマンドによって行うと、そのチャンネルに関連するフォルトが解消されます。RUNnピンを切り替えたときにすべてのフォルトが解消されている必要がある場合は、MFR\_CONFIG\_ALLのビット0を1に設定します。

すべてのフォルトおよび警告のステータスの概要は、STATUS\_WORDコマンドとSTATUS\_BYTEコマンドで示されます。

追加のフォルト検出および処理機能としては、パワー・グッド・ピンおよび巡回冗長検査（CRC）があります。

### パワー・グッド・ピン

LTM4683のPGOODnピンは、内部MOSFETのオープンドレインに接続されています。チャンネルの出力電圧がそのチャンネルのUVおよびOV電圧閾値範囲内に入っていない場合は、MOSFETがオンになってPGOODnピンをローにします。TON\_DELAYとTON\_RISEのシーケンシング時には、PGOODnピンがローに保持されます。

PGOODnピンは、それぞれのRUNnピンがローになった場合にもローになります。PGOODnピンの応答は、内部100μsデジタル・フィルタによってデグリッチされます。PGOODnピンとPGOODステータスは、最大10μsの通信遅延が原因で異なることがあります。

### CRC保護

NVMメモリの完全性は、パワーオン・リセット後に検査されます。CRCエラーがある場合は、コントローラが非アクティブ状態のままになります。CRCエラーが発生すると、STATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更に

STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの該当ビットがセットされて、ALERT\_nピンがローになります。コントローラに必要な設定を書き込んで、STORE\_USER\_ALLコマンドを実行してからCLEAR\_FAULTSコマンドを実行することによって、NVMの修復を試みることができます。

LTM4683のNVMのマニファクチャリング・セクションはミラーリングされます。両方のコピーが壊れてしまった場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの「NVM CRCフォルト」ビットがセットされます。

CLEAR\_FAULTSを発行するか、このビットに1を書き込むことによってクリアした後も、このビットがセットされたままの場合は、回復不能な内部フォルトが発生しています。この場合は、その特定のデバイスに関連する両方の出力電源レールをディスエーブルするよう警告が生成されます。製造過程で発生したNVMフォルトを現場で修復する方法はありません。

## シリアル・インターフェース

LTM4683のシリアル・インターフェースはPMBus準拠のスレーブ・デバイスであり、10kHzから400kHzまでの任意の周波数で動作させることができます。アドレスはNVMまたは外付け抵抗を使って設定できます。更に、LTM4683はグローバル・ブロードキャスト・アドレスである0x5A（7ビット）または0x5B（7ビット）に対して常に応答します。

シリアル・インターフェースは、PMBus仕様に規定された以下のプロトコルをサポートしています。すなわち、1) コマンド送信、2) バイト書込み、3) ワード書込み、4) グループ、5) バイト読出し、6) ワード読出し、7) ブロック読出し、8) ブロック書込みです。PMBusマスタ・デバイスが要求した場合、すべての読出し動作は有効なPECを返します。MFR\_CONFIG\_ALLコマンドのPEC\_REQUIREDビットをセットした場合は、LTM4683が有効なPECを受け取るまでPMBus書込み動作は実行されません。

### 通信保護

PEC書込みエラー（PEC\_REQUIREDがアクティブな場合）、サポートされていないコマンドへのアクセス、またはサポートされているコマンドへの無効なデータの書込みは、CMLフォルトを発生させます。この場合はSTATUS\_BYTEコマンドとSTATUS\_WORDコマンドのCMLビットがセットされ、更にSTATUS\_CMLコマンドの該当ビットがセットされて、ALERTピンがローになります。



## 動作

### デバイスのアドレス指定

PMBusインターフェースを介したLTM4683のアドレス指定には次の5種類があります。1) グローバル・アドレス指定、2) デバイス・アドレス指定、3) レール・アドレス指定、4) アラート応答アドレス (ARA) です。

グローバル・アドレス指定は、PMBusマスタ・デバイスがバス上のすべてのLTM4683デバイスのアドレスを指定する手段を提供します。LTM4683のグローバル・アドレスは、0x5A (7ビット) または0xB4 (8ビット) に固定されており、ディスエーブルすることはできません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGEの値を0xFFに設定した場合と同じ働きをします。送信されたコマンドは両方のチャンネルに同時に書き込まれます。グローバル・コマンド0x5B (7ビット) または0xB6 (8ビット) はページ指定され、バス上にあるすべてのLTM4683デバイスについてチャンネルごとにコマンドを実行することができます。その他のアナログ・デバイス種のデバイスは、これらのグローバル・アドレスの一方または両方に応答できます。グローバル・アドレスからの読出しは行わないことを強く推奨します。

デバイス・アドレス指定は、PMBusマスタ・デバイスがLTM4683の単一インスタンスと通信する場合の標準的な手段を提供します。デバイス・アドレスの値は、ASEL<sub>nn</sub>の設定ピンとMFR\_ADDRESSコマンドの組み合わせによって設定します。このアドレス指定方法を使用する場合は、PAGEコマンドが対象のチャンネルを決定します。デバイスのアドレス指定は、MFR\_ADDRESSに0x80を書き込むことによってディスエーブルできます。

レール・アドレス指定は、バス・マスタ・デバイスが、単一出力電圧を生成するために相互接続されたすべてのチャンネルと同時に通信する方法を提供します

(PolyPhase)。これはグローバル・アドレス指定と似ていますが、ページ指定されたMFR\_RAIL\_ADDRESSコマンドをレール・アドレスに動的に割り当てることができるので、信頼できるシステム制御で必要になる可能性があるチャンネルの論理的グループ分けが可能です。レール・アドレスからの読出しも、行わないことを強く推奨します。

以上4つのPMBusアドレス指定方法は、アドレスの競合を防ぐために、しっかりとした計画に基づいて適用する必要があります。グローバル・アドレスおよびレール・アドレスでのLTM4683デバイスとの通信は、コマンド書き込み動作だけに限定してください。

### V<sub>OUT</sub>およびI<sub>IN</sub>/I<sub>OUT</sub>のフォルトに対する応答

V<sub>OUT</sub>のOV状態とUV状態は、コンパレータによってモニタされます。OVとUVの制限値は3つの方法で設定できます。

- 抵抗設定ピンを使用する場合はV<sub>OUT</sub>のパーセント値として設定
- 出荷時またはGUIを介してプログラムする場合はNVMで設定
- PMBusコマンドで設定

I<sub>IN</sub>とI<sub>OUT</sub>の過電流モニタはADC値の読出しと計算によって行います。したがって、これらの値は平均電流に基づくものであり、最大でt<sub>CONVERT</sub>の遅延が生じることがあります。I<sub>OUT</sub>の計算時には、DCRとその温度係数を考慮します。入力電流は、R<sub>SENSE</sub>抵抗にかかる電圧の測定値を、MFR\_IIN\_CAL\_GAINコマンドで設定した抵抗値で割った値に等しくなります。この入力電流計算値がIN\_OC\_WARN\_LIMITを超えると、ALERT<sub>nn</sub>ピンがローになって、STATUS\_INPUTコマンドのIIN\_OC\_WARNビットがアサートされます。

LTM4683内部のデジタル・プロセッサは、フォルトを無視する機能、シャットダウンしてラッチ・オフする機能、またはシャットダウンして無期限に再試行をする機能 (ヒカップ機能) を備えています。再試行間隔はMFR\_RETRY\_DELAYで設定され、120msから83.88秒まで10μs刻みで設定できます。OV/UVおよびOC時に行うシャットダウンは、直ちに実行することも、選択可能なデグリッチ時間の経過後に実行することも可能です。

#### ■ 出力過電圧フォルト応答

プログラマブルな過電圧 (OV) コンパレータは、出力の過渡的なオーバーシュートや長期的な過電圧からデバイスを保護します。このような場合は上側MOSFETがオフになり、下側MOSFETがオンになります。ただし、デバイスがOVフォルト状態の間は逆方向出力電流がモニタされます。この電流が制限値に達すると、上側MOSFETと下側MOSFETの両方がオフになります。上側および下側MOSFETは、PMBusの

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドのバイト値に関係なく、過電圧状態が解消されるまで、その状態を保持します。このハードウェア・レベルのフォルト応答遅延時間は、過電圧状態になってからBGがハイにアサートされるまでの2μs (代表値) です。

## 動作

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドを使用すると、次のいずれかの動作を選択できます。

- OVプルダウンのみ（OVを無視できない）
- 直ちにシャットダウン（スイッチング停止） - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行

ラッチ・オフまたは再試行のいずれのフォルト応答でも、 $(0\sim 7) \cdot 10\mu\text{s}$ 刻みでデグリッチできます。表17を参照してください。

### 出力低電圧応答

低電圧（UV）コンパレータ出力に対する応答は、以下のいずれかです。

- 無視
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

UV応答はデグリッチできます。表18を参照してください。

### ピーク出力過電流フォルト応答

電流モード制御アルゴリズムにより、インダクタを流れるピーク出力電流は常にサイクル単位で制限されます。ピーク電流制限の値は電気的特性の表に仕様規定されています。電流制限回路は、COMP<sub>n</sub>の最大電圧を制限することによって動作します。内部DCR検出方式を使用しているので、COMP<sub>n</sub>の最大電圧には温度依存性があり、インダクタのDCRのTCに正比例します。LTM4683は外部温度センサーを自動的にモニタし、COMP<sub>n</sub>の最大許容値を変更してこの項を補償します。I<sub>OUT</sub>の制限の詳細については、PMBusコマンドの詳細のセクションのIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを参照してください。

過電流フォルト処理回路は以下の動作を実行できます。

- 電流を無期限に制限
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

過電流応答は、 $(0\sim 7) \cdot 16\text{ms}$ 刻みでデグリッチできます。表19を参照してください。

## タイミング・フォルトに対する応答

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは、起動時にVOUTが立ち上がって安定するまでに許容される時間です。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの条件は、出力のSOFT\_STARTシーケンス時にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITが検出されることを前提にしています。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの時間計測は、TON\_DELAYが経過してSOFT\_STARTシーケンスが始まった後に開始されます。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの分解能は $10\mu\text{s}$ です。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITで指定される時間以内にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達しない場合、このフォルトの応答はTON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEコマンドの値によって決まります。この応答は以下のいずれかです。

- 無視
- 直ちにシャットダウン（スイッチング停止） - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

このフォルト応答はデグリッチされません。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの値を0にするということは、フォルトを無視することを意味します。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITはTON\_RISEより長い時間に設定する必要があります。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは常に0以外の値に設定することを推奨します。そうでないと出力電圧が上昇せず、何のフラグもセットされなくなることがあります。表21を参照してください。

## V<sub>IN</sub> OVフォルトに対する応答

V<sub>IN</sub>の過電圧はADCで測定します。この応答は、ADCの応答時間（代表値100ms）によって自然にデグリッチされます。フォルト応答は以下のとおりです。

- 無視
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。表21を参照してください。

## 動作

### OT/UTフォルトに対する応答

#### 内部過熱フォルト応答

内部温度センサーがNVMを損傷から保護します。85°Cを超える温度でのNVMへの書込みは推奨しません。130°Cより高い温度では内部過熱警告閾値を超えているので、デバイスはNVMをディスエーブルして、温度が125°Cに低下するまでイネーブルしません。ダイ温度が160°Cを超えると内部温度フォルト応答が有効になり、ダイ温度が150°C未満に低下するまでPWMは無効になります。温度はADCにより測定されます。内部温度フォルトを無視することはできません。また、内部温度制限値は調整できません。表20を参照してください。

#### 過熱フォルトと低温フォルトの応答

各チャンネルのインダクタやパワーMOSFETなどの重要回路素子の温度検出には、4個の内部温度センサーが使われます。また、過熱状態に対する応答の決定にはOT\_FAULT\_RESPONSEコマンドを、低温状態に対する応答の決定にはUT\_FAULT\_RESPONSEコマンドを使用します。外付けの検出素子を使用しない場合は（非推奨）、UT\_FAULT\_RESPONSEを無視に設定してUT\_FAULT\_LIMITを275°Cに設定します。フォルト応答は以下のとおりです。

- 無視
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。表21を参照してください。

### 入力過電流フォルトおよび出力低電流フォルトに対する応答

入力過電流と出力低電流はADCで測定します。フォルト応答は以下のとおりです。

- 無視
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行。

### 外部フォルトに対する応答

いずれかのFAULTnピンがローになると、STATUS\_WORDコマンドのOTHERビットとSTATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの該当ビットがセットされて、ALERTピンがローになります。応答はデグリッチされません。各チャンネルは、MFR\_FAULT\_RESPONSEコマンドを変更することにより、FAULTnピンがローになった場合の応答として、これを無視するか、あるいはシャットダウンしてから再試行をするように設定できます。FAULTがローになったときにALERT\_nnピンがローにアサートされないようにするには、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット1をアサートするか、SMBALERT\_MASKコマンドを使用してALERTをマスクします。

### フォルト・ログ記録

LTM4683はフォルト・ログ機能を備えています。データは表23に示す順でメモリに記録され、RAM内の常時更新されるバッファに格納されます。フォルト・イベントが発生すると、フォルト・ログ・バッファがRAMのバッファからNVMにコピーされます。フォルト・ログへの記録は85°Cを超える温度でも可能ですが、10年間のデータ保持期間は確保されません。ダイ温度が130°Cを超えると、フォルト・ログはダイ温度が125°C未満に低下するまで遅延されます。フォルト・ログ・データは、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドが発行されるまでNVM内に残ります。このコマンドを発行すると、フォルト・ログ機能が再度イネーブルされます。フォルト・ログを再度イネーブルする前に、フォルトが存在しないこと、およびCLEAR\_FAULTSコマンドが発行済みであることを確認してください。

LTM4683は、起動時またはリセット終了時にNVMをチェックして、有効なフォルト・ログの有無を確認します。NVM内に有効なフォルト・ログが存在する場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの「Valid Fault Log」（有効なフォルト・ログ）ビットがセットされて、ALERTイベントが生成されます。また、フォルト・ログはLTM4683がMFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドを受け取るまで遮断され、その後に再度有効になります。

いずれかのチャンネルのコントローラをディスエーブルするフォルトが発生した場合は、EEPROMに情報が格納されます。FAULTnを外部からローにした場合、フォルト・ログ・イベントはトリガされません。

## 動作

### バスのタイムアウト保護

シリアル・インターフェースのフォルトが解消されない状況を防ぐために、LTM4683はタイムアウト機能を実装しています。データ・パケット・タイマーは、デバイス・アドレスのバイト書込み前の最初のSTARTイベントから開始されます。データ・パケット情報は30ms以内に完了させる必要があります。この時間を超えると、LTM4683はバスをスリーステートにして、与えられたデータ・パケットを無視します。時間を延長する必要がある場合は、MFR\_CONFIG\_ALLのビット3をアサートして、バス・タイムアウト値を255ms（代表値）にします。データ・パケットの情報には、デバイス・アドレスのバイト書込み、コマンド・バイト、反復スタート・イベント（読出し動作の場合）、デバイス・アドレスのバイト読出し（読出し動作の場合）、すべてのデータ・バイト、およびPECバイト（該当する場合）が含まれます。

LTM4683では、ブロック読出しデータ・パケットに対するPMBusタイムアウトを延長できます。このタイムアウトはブロック読出しの長さに比例します。ブロック読出しの追加のタイムアウトは、主にMFR\_FAULT\_LOGコマンドに適用されます。タイムアウト時間のデフォルト値は32msです。

シリアル・バス・インターフェースを共有するすべてのデバイス間でデータ・パケット伝送を効率的に行うために、クロック・レートはできるだけ速い値を使用することを推奨します。LTM4683は、PMBus周波数範囲である10kHz～400kHzの全域をサポートしています。

### PMBus、SMBus、I<sup>2</sup>Cの2線式インターフェースにおける類似性

PMBus 2線式インターフェースはSMBusの拡張版です。SMBusはI<sup>2</sup>Cを基本に構築されたもので、タイミング、DCパラメータ、プロトコルがわずかに異なっています。PMBus/SMBusプロトコルは、永続的なバス・エラーを防ぐためのタイムアウトとデータの完全性を確保するためのオプションのパケット・エラー・チェック（PEC）機能を備えているため、単純なI<sup>2</sup>Cバイト・コマンドよりも堅牢です。一般に、I<sup>2</sup>C通信用に設定が可能なマスタ・デバイスは、ハードウェアやファームウェアにごくわずかな変更を加えるだけでPMBus通信にも使用することができ、場合によってはまったく変更が不要なこともあります。反復スタート（リスタート）は必ずしもすべてのI<sup>2</sup>Cコントローラでサポートされているわけではありませんが、SMBus/PMBusの読出しには必要です。汎用I<sup>2</sup>Cコントローラを使用する場合は、反復スタートをサポートしていることを確認してください。

LTM4683はSMBusクロックの最高速度である100kHzをサポートしており、MFR\_COMMONのポーリングまたはクロック・ストレッチングを有効にした場合は、より

高速のPMBus仕様（100kHz～400kHz）にも対応できます。信頼性の高い通信と動作については、PMBusコマンドの概要の表の注の部分を参照してください（表7参照）。クロック・ストレッチングは、MFR\_CONFIG\_ALLのビット1をアサートすることによって有効になります。

PMBusに適用されるSMBusの軽微な拡張と例外の説明については、PMBus Specification Part 1 Revision 1.2:

Paragraph 5: Transportを参照してください。

また、SMBusとI<sup>2</sup>Cの相違については、System

Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0:

Appendix B - Differences Between SMBus and I<sup>2</sup>Cを参照してください。

### PMBusシリアル・デジタル・インターフェース

LTM4683は、標準のPMBusシリアル・バス・インターフェースを使ってホスト（マスタ）デバイスと通信します。バス上の信号のタイミング関係をタイミング図（図6）に示します。バスを使用していないときは、2本のバス・ライン（SDAとSCL）をハイにする必要があります。これらのラインには、外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。LTM4683はスレーブ・デバイスです。マスタ・デバイスは、以下のフォーマットでLTM4683と通信できます。

- マスタ・トランスミッタ、スレーブ・レシーバー
- マスタ・レシーバー、スレーブ・トランスミッタ
- 以下のPMBusプロトコルがサポートされています。
- バイト書込み、ワード書込み、バイト送信
- バイト読出し、ワード読出し、ブロック読出し、ブロック書込み
- アラート応答アドレス

前述のPMBusプロトコルを図7～図24に示します。すべてのトランザクションはPECおよびGCP（グループ・コマンド・プロトコル）をサポートしています。ブロック読出しは255バイトの戻りデータに対応しています。したがって、フォルト・ログの読出し時にはPMBusのタイムアウトを延長できます。

このセクションに示すプロトコル図の重要点を図7に示します。PECはオプションです。

図7～図24のフィールドの下に示す値は、そのフィールドに必須の値です。



## 動作

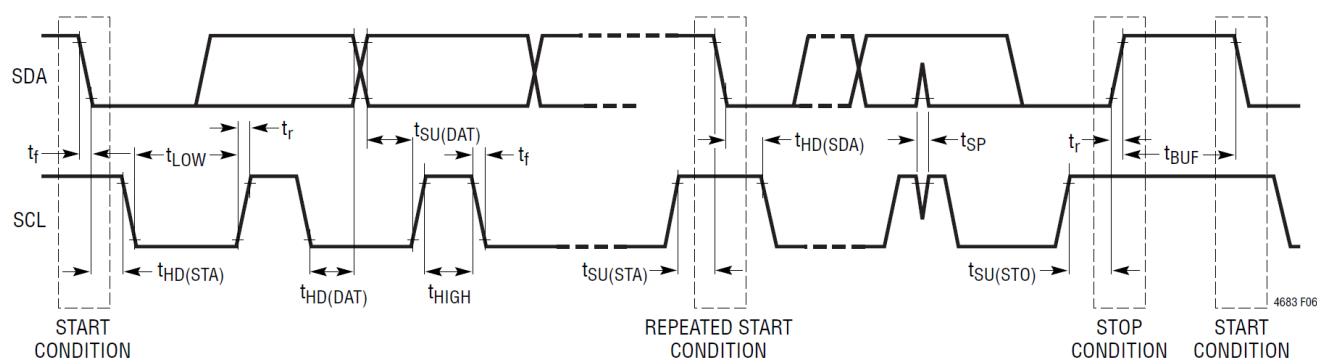


図6. PMBusのタイミング図

表6. サポートしているデータ・フォーマットを表す略号

	PMBus		See table 7		
	TERMINOLOGY	SPECIFICATION REFERENCE	ADI TERMINOLOGY	DEFINITION	EXAMPLE
L11	Linear	Part II ¶7.1	Linear_5s_1s	Floating point 16-bit data: value = $Y \cdot 2^N$ , where $N = b[15:11]$ and $Y = b[10:0]$ , both two's complement binary integers	$b[15:0] = 0x9807 = 10011\_000\_0000\_0111$ value = $7 \cdot 2^{-13} = 854E-6$
L16	Linear VOUT_MODE	Part II ¶8.2	Linear_16u	Floating point 16-bit data: value = $Y \cdot 2^{-12}$ , where $Y = b[15:0]$ , an unsigned integer	$b[15:0] = 0x4C00 = 0100\_1100\_0000\_0000$ value = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$
CF	DIRECT	Part II ¶7.2	Varies	16-bit data with a custom format defined in the detailed PMBus command description	Often an unsigned or two's complement integer
Reg	Register Bits	Part II ¶10.3	Reg	Per-bit meaning defined in detailed PMBus command description	PMBus STATUS_BYTE command
ASC	Text Characters	Part II ¶22.2.1	ASCII	ISO/IEC 8859-1 [A05]	LTC (0x4C5443)

PMBusでは次のデータ・フォーマットが実装されています。

- マスタ・トランスミッタがスレーブ・レシーバーに送信。この場合、伝送方向は変わりません。
- 最初のバイトの直後にマスタ・トランスミッタがスレーブ・レシーバーを読み出し。最初のアクノレッジ（スレーブ・レシーバーによる）の時点で、マスタ・トランスミッタがマスタ・レシーバーになり、スレーブ・レシーバーがスレーブ・トランスミッタになります。

- 複合フォーマット。マスタ・デバイスは、伝送中の方向転換時に開始条件とスレーブ・デバイスのアドレスの両方を繰り返しますが、その際にR/Wビットを反転させます。この場合、マスタ・レシーバーは、伝送の最後のバイトと停止条件に対してNACKを生成することによって伝送を終了します。

例については図7を参照してください。

信頼性の高いシステム通信を実現するために、ハンドシェイク機能が組み込まれています。詳細については、アプリケーション情報のセクションのPMBus通信とコマンド処理のサブセクションを参照してください。

## 図7～図24 PMBusプロトコル

S START CONDITION  
 Sr REPEATED START CONDITION  
 Rd READ (BIT VALUE OF 1)  
 Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)  
 A ACKNOWLEDGE (THIS BIT POSITION MAY BE 0 FOR AN ACK OR 1 FOR A NACK)  
 P STOP CONDITION  
 PEC PACKET ERROR CODE  
 □ MAIN TO SUBORDINATE  
 ■ SUBORDINATE TO MAIN  
 ... CONTINUATION OF PROTOCOL

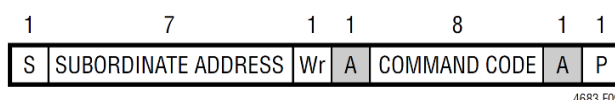
4683 F07

図7. PMBusパケット・プロトコル図の主要素



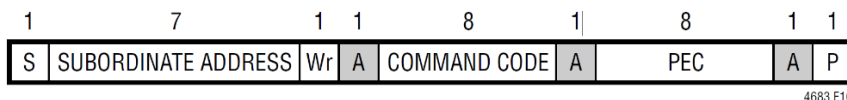
4683 F08

図8. クイック・コマンド・プロトコル



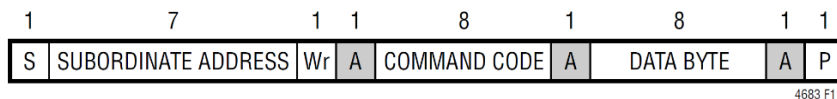
4683 F09

図9. バイト送信プロトコル



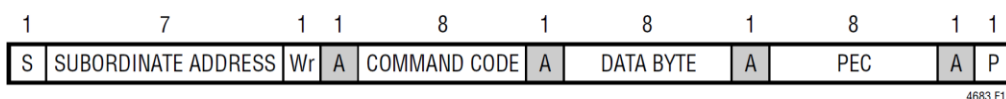
4683 F10

図10. PEC付きバイト送信プロトコル



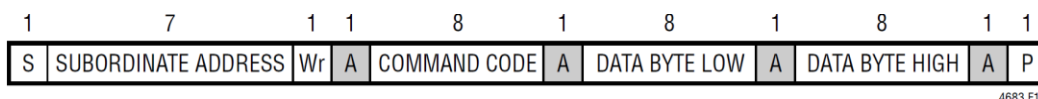
4683 F11

図11. バイト書込みプロトコル



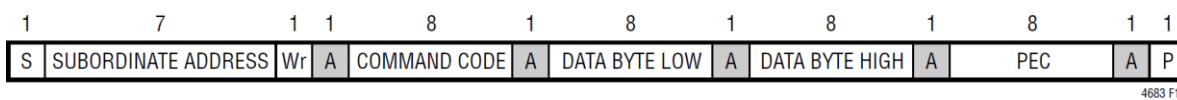
4683 F12

図12. PEC付きバイト書込みプロトコル



4683 F13

図13. ワード書込みプロトコル



4683 F14

図14. PEC付きワード書込みプロトコル

## 動作

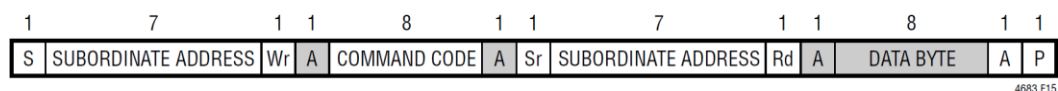


図15. バイト読出しプロトコル

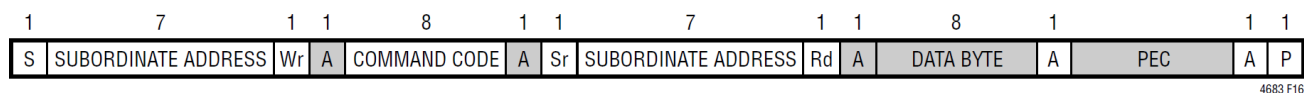


図16. PEC付きバイト読出しプロトコル

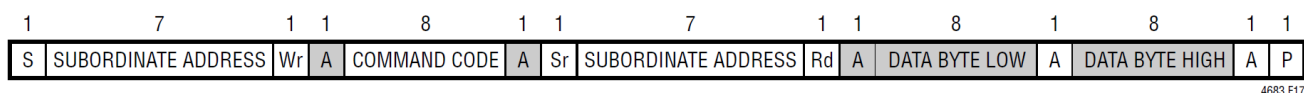


図17. ワード読出しプロトコル



図18. PEC付きワード読出しプロトコル

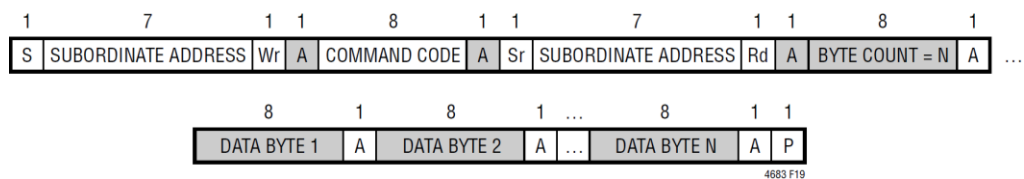


図19. ブロック読出しプロトコル

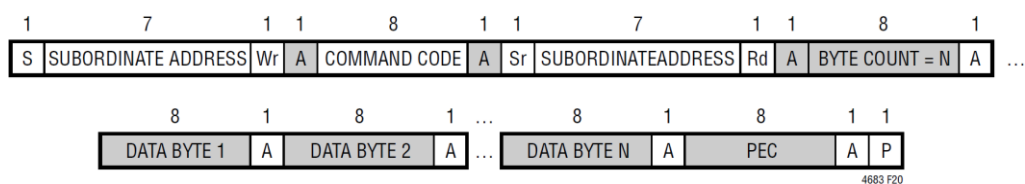


図20. PEC付きブロック読出しプロトコル

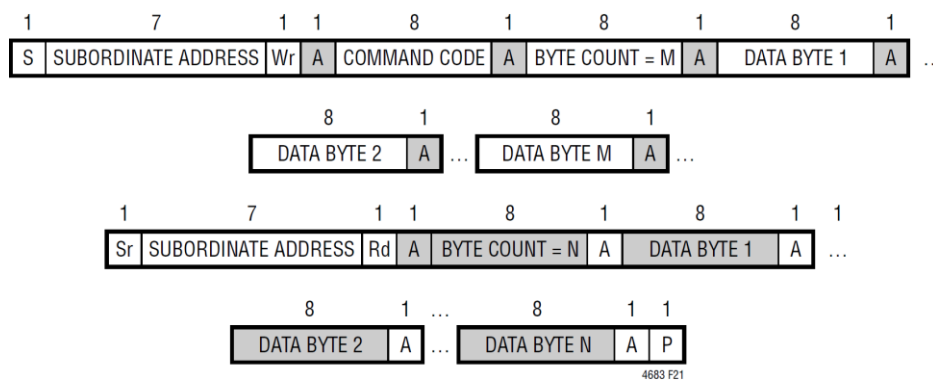


図21. ブロック書き込み - ブロック読出しプロセス呼び出し

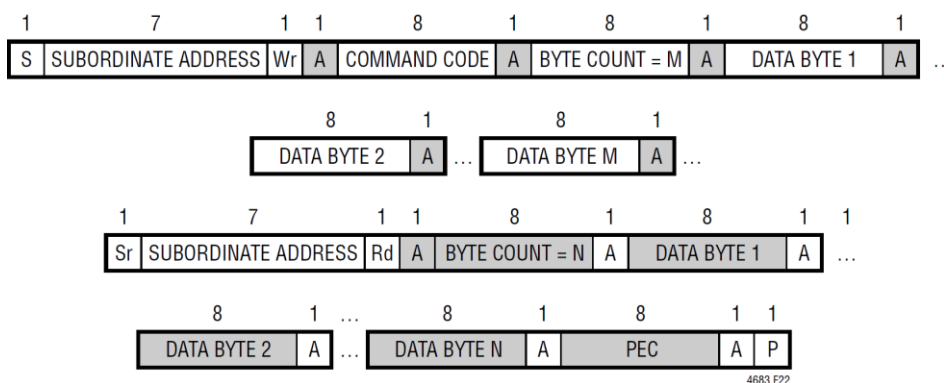


図22. ブロック書き込み - PEC付きブロック読出しプロセス呼び出し

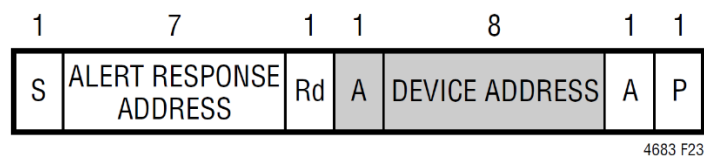


図23. アラート応答アドレス・プロトコル

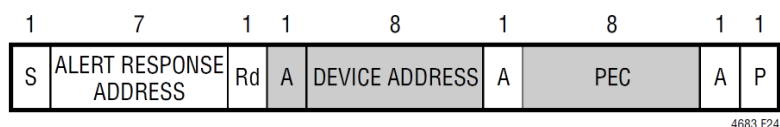


図24. PEC付きアラート応答アドレス・プロトコル



## PMBusコマンドの概要

### PMBusコマンド

表7は、サポートしているPMBusコマンドとメーカー固有コマンドの一覧です。これらのコマンドの詳細な説明は、PMBus Power System Management Protocol Specification - Part II - Revision 1.2に記載されています。できるだけこの仕様を参照してください。例外やメーカー固有の実装を表7に示します。「デフォルト値」の列に記載されている浮動小数値は、16ビット符号付きリニア・フォーマット（前述PMBus文献のセクション8.3.1）またはLinear\_5s\_11sフォーマット（同セクション7.1）のうち、そのコマンドの該当する方が使われます。0xD0から0xFFまでのコマンドで表7に記載されていないものがある場合、それらはすべてメーカーによって予約されていることを暗黙に示しています。これらのコマンド範囲内では、デバイスの望ましくない動作を回避するためにブラインド書き込みを行わないようにする必要があります。0x00から0xCFまでのコマンドで表7に記載されていないものがある場合、それらはすべてメーカーによ

るサポートがないことを暗黙に示しています。サポート対象外のコマンドや予約済みのコマンドにアクセスしようとすると、CMLコマンド・フォルトとなる可能性があります。出力電圧のすべての設定値と測定値は、VOUT\_MODE = 0x14の設定に基づいています。これは、指数で言うと $2^{-12}$ に相当します。

PMBusコマンドの受信に処理が追いつかなくなると、デバイスがビジー状態となって新たなコマンドを処理できなくなることがあります。この場合、デバイスは、PMBus Specification v1.2, Part II, Section 10.8.7に規定されたプロトコルに従って、ビジー状態であることを伝えます。このデバイスは、ビジー・エラーをなくしてエラー処理ソフトウェアを簡素化し、信頼性の高い通信とシステム動作を確保するためのハンドシェイク機能を備えています。詳細については、アプリケーション情報のセクションのPMBus通信とコマンド処理のサブセクションを参照してください。

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
PAGE	0x00	Provides integration with multi-page PMBus devices.	R/W Byte	N	Reg			0x00	83
OPERATION	0x01	Operating mode control. On/off, margin high and margin low.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	87
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN pin and PMBus bus on/off command configuration.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	87
CLEAR_FAULTS	0x03	Clear any fault bits that have been set.	Send Byte	N				NA	112
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	Write a command directly to a specified page.	W Block	N					83
PAGE_PLUS_READ	0x06	Read a command directly from a specified page.	Block R/W	N					83
WRITE_PROTECT	0x10	Level of protection provided by the device against accidental changes.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	84
STORE_USER_ALL	0x15	Store user operating memory to EEPROM.	Send Byte	N				NA	122
RESTORE_USER_ALL	0x16	Restore user operating memory from EEPROM.	Send Byte	N				NA	122
CAPABILITY	0x19	Summary of PMBus optional communication protocols supported by this device.	R Byte	N	Reg			0xB0	111
SMBALERT_MASK	0x1B	Mask ALERT activity	Block R/W	Y	Reg		Y	See CMD	112
VOUT_MODE	0x20	Output voltage format and exponent ( $2^{-12}$ ).	R Byte	Y	Reg			$2^{-12}$ 0x14	93
VOUT_COMMAND	0x21	Nominal output voltage set point.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.5 0x0800	94
VOUT_MAX	0x24	The upper limit on the commanded output voltage, including VOUT_MARGIN_HI.	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x119A	93

## PMBusコマンドの概要

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	Margin high output voltage set point. It must be greater than VOUT_COMMAND.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.525 0x0866	94
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	Margin low output voltage set point. It must be less than VOUT_COMMAND.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.475 0x079A	94
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	Rate the output changes when V <sub>OUT</sub> is commanded to a new value.	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.25 0xAA00	100
FREQUENCY_SWITCH	0x33	Switching frequency of the controller.	R/W Word	N	L11	kHz	Y	425kHz 0xFB52	91
VIN_ON (SVIN_XX)	0x35	Input voltage at which the unit should start power conversion.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.75 0xCA60	92
VIN_OFF (SVIN_XX)	0x36	Input voltage at which the unit should stop power conversion.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.5 0xCA40	92
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	Output overvoltage fault limit.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.55 0x08CD	93
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	Action to be taken by the device when an output overvoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	102
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	Output overvoltage warning limit.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.537 0x089A	93
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	Output undervoltage warning limit.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.462 0x0766	94
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	Output undervoltage fault limit.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.450 0x0733	94
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	Action to be taken by the device when an output undervoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	103
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	Output overcurrent fault limit.	R/W Word	Y	L11	A	Y	40.00 0xE280	96
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	Action to be taken by the device when an output overcurrent fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	105
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	Output overcurrent warning limit.	R/W Word	Y	L11	A	Y	34.0 0xE220	97
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	External overtemperature fault limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	128.0 0xF200	98
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	Action to be taken by the device when an external overtemperature fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	107
OT_WARN_LIMIT	0x51	External overtemperature warning limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	125.0 0xEBE8	98
UT_FAULT_LIMIT	0x53	External undertemperature fault limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	-45.0 0xE530	99
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	Action to be taken by the device when an external undertemperature fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	107
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	Input supply overvoltage fault limit.	R/W Word	N	L11	V	Y	15.5 0xD3E0	91
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	Action to be taken by the device when an input overvoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	102

## PMBusコマンドの概要

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	Input supply undervoltage warning limit.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.65 0xCA54	92
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	Input supply overcurrent warning limit.	R/W Word	N	L11	A	Y	10.0 0xD280	97
TON_DELAY	0x60	Time from RUN and/or operation on to output rail turn-on.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	99
TON_RISE	0x61	Time from when the output starts to rise until the output voltage reaches the $V_{OUT}$ commanded value.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300	99
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	Maximum time from the start of TON_RISE for $V_{OUT}$ to cross the $V_{OUT\_UV\_FAULT\_LIMIT}$ .	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80	100
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	Action to be taken by the device when a TON_MAX_FAULT event is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	105
TOFF_DELAY	0x64	Time from RUN and/or operation off to the start of TOFF_FALL ramp.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	100
TOFF_FALL	0x65	Time from when the output starts to fall until the output reaches zero volts.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300	100
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	Maximum allowed time, after TOFF_FALL is completed, for the unit to decay below 12.5%.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0 0x8000	101
STATUS_BYTE	0x78	One-byte summary of the unit's fault condition.	R/W Byte	Y	Reg			NA	113
STATUS_WORD	0x79	Two-byte summary of the unit's fault condition.	R/W Word	Y	Reg			NA	114
STATUS_VOUT	0x7A	Output voltage fault and warning status.	R/W Byte	Y	Reg			NA	114
STATUS_IOUT	0x7B	Output current fault and warning status.	R/W Byte	Y	Reg			NA	115
STATUS_INPUT	0x7C	Input supply fault and warning status.	R/W Byte	N	Reg			NA	115
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	External temperature fault and warning status for READ_TEMPERATURE_1.	R/W Byte	Y	Reg			NA	116
STATUS_CML	0x7E	Communication and memory fault and warning status.	R/W Byte	N	Reg			NA	116
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	Manufacturer-specific fault and state information.	R/W Byte	Y	Reg			NA	117
READ_VIN	0x88	Measured input supply voltage.	R Word	N	L11	V		NA	119
READ_IIN	0x89	Measured input supply current.	R Word	N	L11	A		NA	119
READ_VOUT	0x8B	Measured output voltage.	R Word	Y	L16	V		NA	119
READ_IOUT	0x8C	Measured output current.	R Word	Y	L11	A		NA	119
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	External temperature sensor temperature. This is the value used for all temperature-related processing, including IOUT_CAL_GAIN.	R Word	Y	L11	C		NA	119
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	Internal die junction temperature. Does not affect any other commands.	R Word	N	L11	C		NA	119

## PMBusコマンドの概要

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
READ_FREQUENCY	0x95	Measured PWM switching frequency.	R Word	Y	L11	Hz		NA	<a href="#">119</a>
READ_POUT	0x96	Measured output power.	R Word	Y	L11	W		N/A	<a href="#">119</a>
READ_PIN	0x97	Calculated input power.	R Word	Y	L11	W		N/A	<a href="#">120</a>
PMBus_REVISION	0x98	PMBus revision is supported by this device. The current revision is 1.2.	R Byte	N	Reg			0x22	<a href="#">111</a>
MFR_ID	0x99	The manufacturer ID of the LTM4683 in ASCII.	R String	N	ASC			LTC	<a href="#">111</a>
MFR_MODEL	0x9A	Manufacturer part number is in ASCII.	R String	N	ASC				<a href="#">111</a>
MFR_VOUT_MAX	0xA5	Maximum allowed output voltage including VOUT_OV_FAULT_LIMIT.	R Word	Y	L16	V		2.75 0x2C00	<a href="#">95</a>
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	Returns the accuracy of the READ_PIN command	R Byte	N	%			5.0%	<a href="#">120</a>
USER_DATA_00	0xB0	OEM RESERVED. Typically used for part serialization.	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">111</a>
USER_DATA_01	0xB1	Manufacturer reserved for LTpowerPlay.	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	<a href="#">111</a>
USER_DATA_02	0xB2	OEM RESERVED. Typically used for part serialization	R/W Word	N	Reg		Y	NA	<a href="#">111</a>
USER_DATA_03	0xB3	An NVM word available for the user.	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	<a href="#">111</a>
USER_DATA_04	0xB4	An NVM word available for the user.	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	<a href="#">111</a>
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	Contact factory.							<a href="#">127</a>
MFR_EE_ERASE	0xBE	Contact factory.							<a href="#">127</a>
MFR_EE_DATA	0xBF	Contact factory.							<a href="#">127</a>
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	The configuration bits that are channel-specific.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D	<a href="#">85</a>
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	General configuration bits.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21	<a href="#">86</a>
MFR_FAULT_PROPAGATE	0xD2	Configuration that determines which faults are propagated to the FAULT pin.	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993	<a href="#">108</a>
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWM loop compensation configuration.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x48	<a href="#">89</a>
MFR_PWM_MODE	0xD4	Configuration for the PWM engine.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC7	<a href="#">88</a>
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	Action to be taken by the device when the FAULT pin is externally asserted low.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0	<a href="#">110</a>
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	Action to be taken by the device when an internal overtemperature fault is detected.	R Byte	N	Reg			0xC0	<a href="#">106</a>
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	Report the maximum measured value of READ_IOUT since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L11	A		NA	<a href="#">120</a>
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	ADC telemetry parameter selected for repeated fast ADC read back	R/W Byte	N	Reg			0x00	<a href="#">121</a>
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	Retry interval during FAULT retry mode.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250.0 0xF3E8	<a href="#">101</a>
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	The minimum time the RUN pin is held low by the LTM4683.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	150.0 0xF258	<a href="#">101</a>



## PMBusコマンドの概要

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	The maximum measured value of READ_VOUT since last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L16	V		NA	120
MFR_VIN_PEAK	0xDE	The maximum measured value of READ_VIN since last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	N	L11	V		NA	120
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	The maximum measured value of external Temperature (READ_TEMPERATURE_1) since last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L11	C		NA	120
MFR_READ_IIN_PEAK	0xE1	The maximum measured value of READ_IIN command since last MFR_CLEAR_PEAKS	R Word	N	L11	A		NA	120
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	Clears all peak values.	Send Byte	N				NA	113
MFR_READ_ICHIP	0xE4	Measured supply current of the SV <sub>IN</sub> pin	R Word	N	L11	A		NA	121
MFR_PADS	0xE5	Digital status of the I/O pads.	R Word	N	Reg			NA	117
MFR_ADDRESS	0xE6	Sets the 7-bit I <sup>2</sup> C address byte, Ch 0 and 1	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F	85
MFR_ADDRESS	0xE6	Sets the 7-bit I <sup>2</sup> C address byte, Ch 2 and 3	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4E	85
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	Manufacturer code representing the LTM4683 and revision	R Word	N	Reg			0x4191	111
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	The resistance value of the input current sense element in mΩ.	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	2.0 0xC200	97
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	Command a transfer of the fault log from RAM to EEPROM.	Send Byte	N				NA	123
MFR_INFO	0x	Contact factory.							127
MFR_IOUT_CAL_GAIN	0xDA	SET AT FACTORY. Typical 0.36mΩ	R Word	Y	L11	mΩ		0.360 Typical 0xD017	95
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	Initialize the EEPROM block reserved for fault logging.	Send Byte	N				NA	127
MFR_FAULT_LOG	0xEE	Fault log data bytes.	R Block	N	Reg		Y	NA	123
MFR_COMMON	0xEF	Manufacturer status bits that are common across multiple ADI chips.	R Byte	N	Reg			NA	118
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	Compares current command contents with NVM.	Send Byte	N				NA	122
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	Peak internal die temperature since last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	N	L11	C		NA	121
MFR_PWM_CONFIG	0xF5	Set numerous parameters for the DC/DC controller, including phasing.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10	90
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	Temperature coefficient of the current sensing element.	R/W Word	Y	CF	ppm/ °C	Y	3900 0x0F3C	95
MFR_RVIN_CAL_GAIN	0xF7	The resistance value of the V <sub>IN</sub> pin filter element in mΩ.	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1000 0x03E8	92
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	Sets the slope of the external temperature sensor.	R/W Word	Y	CF		Y	0.995 0x3FAE	98

PMBusコマンドの概要

表7. PMBusコマンドの概要（注：データ・フォーマットを表す略号の詳細は表8に記載）

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE	PAGE
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	Sets the offset of the external temperature sensor with respect to -273.1°C	R/W Word	Y	L11	C	Y	0.0 0x8000	98
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	Common address for PolyPhase outputs to adjust common parameters.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	85
MFR_REAL_TIME	0xFB	48-bit share-clock counter value.	R Block	N	CF			NA	124
MFR_RESET	0xFD	Commanded reset without requiring a power down.	Send Byte	N				NA	87

注1：NVM列に「Y」と表示されているコマンドは、これらのコマンドがSTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して格納され、RESTORE\_USER\_ALLコマンドを使用して復元されることを示します。

注2：デフォルト値がNAのコマンドは「該当しない」ことを示し、デフォルト値がFSのコマンドは「デバイス単位で出荷時に設定」していることを示します。

注3：LTM4683には表7に記載されていない追加コマンドも含まれています。これらのコマンドを読み出ししてもICの動作に悪影響はありませんが、その内容と意味は予告なく変更されることがあります。

注4：一部の未公開コマンドは読み出し専用で、書き込みを行うとCMLビット6のフォルトが発生します。

注5：表7で公開されていないコマンドへ書き込みを行うことはできません。

注6：コマンド名に基づいて異なるデバイスとのコマンドの互換性を判断しないようにしてください。コマンド機能の詳細な定義については、必ず、メーカーが提供する各デバイスのデータシートを参照してください。アナログ・デバイセズのすべてのデバイス間でコマンドの機能に互換性を持たせるようアナログ・デバイセズは努めていますが、製品の具体的な条件によって違いが生じる場合があります。

表8. データ・フォーマットの略号

L11	Linear_5s_11s	PMBus data field b[15:0] Value = $Y \cdot 2^N$ where N = b[15:11] is a 5-bit two's complement integer and Y = b[10:0] is an 11-bit two's complement integer Example: For b[15:0] = 0x9807 = 'b10011_000_0000_0111 Value = $7 \cdot 2^{-13} = 854 \cdot 10^{-6}$ From "PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1"
L16	Linear_16u	PMBus data field b[15:0] Value = $Y \cdot 2^N$ where Y = b[15:0] is an unsigned integer and N = VOUT_MODE_PARAMETER is a 5-bit two's complement exponent that is hardwired to -12 decimal Example: For b[15:0] = 0x9800 = 'b1001_1000_0000_0000 Value = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$ From "PMBus Spec Part II: Paragraph 8.2"
Reg	Register	PMBus data field b[15:0] or b[7:0]. Bit field meaning is defined in detailed PMBus Command Description.
L16	Integer Word	PMBus data field b[15:0] Value = Y where Y = b[15:0] is a 16-bit unsigned integer Example: For b[15:0] = 0x9807 = 'b1001_1000_0000_0111 Value = 38919 (decimal)
CF	Custom Format	Value is defined in detailed PMBus Command Description. This is often an unsigned or two's complement integer scaled by an MFR specific constant.
ASC	ASCII Format	A variable length string of text characters conforming to ISO/IEC 8859-1 standard.

## アプリケーション情報

### V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比

V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への最大降圧比については、与えられた入力電圧に応じて実現可能な値が制限されます。

LTM4683の各出力は500kHz時に95%のデューティ・サイクルを実現できますが、V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への最小ドロップアウト電圧は負荷電流の関数なので、上側スイッチの高いデューティ・サイクルに関係する出力電流の供給能力が制限されます。

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、デバイスを特定の周波数で動作させながら指定されたデューティ・サイクルを維持させる必要がある場合に考慮しなければならない、もう1つの事項です。これは、 $t_{ON(MIN)} < D/f_{SW}$ （ここでDはデューティ・サイクル、 $f_{SW}$ はスイッチング周波数）であるためです。 $t_{ON(MIN)}$ は、電気的パラメータで85nsに規定されています。出力電流のガイドラインについては、電気的特性のセクションのNote 6を参照してください。

### 入力コンデンサ

LTM4683モジュールは、低ACインピーダンスのDC電源に接続する必要があります。レギュレータ入力については、4個の22μF入力セラミック・コンデンサを使って実効値リップル電流に対処します。入力バルク容量を増やすには、47μF～150μFの表面実装アルミ電解バルク・コンデンサを使用できます。このバルク入力コンデンサが必要になるのは、長い誘導性のリードやパターン、または電源の容量（キャパシタンス）不足によって入力ソース・インピーダンスが損なわれる場合に限られます。低インピーダンスの電源プレーンを使用する場合、このバルク・コンデンサは不要です。

降圧コンバータの場合、スイッチングのデューティ・サイクルは式2を用いて見積もることができます。

$$D_n = \frac{V_{OUTn}}{V_{INn}} \quad (2)$$

各出力のインダクタ電流リップルを考えなければ、入力コンデンサの実効値電流は式3を用いて概算できます。

$$I_{CINn(RMS)} = \frac{I_{OUTn(MAX)}}{\eta\%} \cdot \sqrt{D_n \cdot (1-D_n)} \quad (3)$$

式3において、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサには、スイッチャに使用できる定格値を備えたアルミ電解コンデンサやポリマー・コンデンサを使用できます。アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート77は、マルチフェーズ・アプリケーションにおけるリップル電流の相殺を計算する助けとなります。

### 出力コンデンサ

LTM4683は出力電圧リップル・ノイズを小さくし、優れた過渡応答が得られるように設計されています。C<sub>OUT</sub>で定義されるバルク出力コンデンサは、出力電圧リップルとトランジェントに関する条件を満たすために、等価直列抵抗（ESR）が十分に小さいものを選択します。

C<sub>OUT</sub>には、低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサ、またはセラミック・コンデンサを使用できます。各出力の標準的な出力容量範囲は400μF～1000μFです。出力リップルや動的トランジェント・スパイクを更に低減する必要がある場合は、システム設計者が出力フィルタを追加しなければならないことがあります。表13に、各チャンネルで10Aから20Aへのステップで10A/μsのトランジェントが発生した場合に電圧低下やオーバーシュートを最小限に抑えるための、様々な出力電圧と出力コンデンサの組み合わせを示します。表13では、最適なトランジェント性能を得るために、合計等価ESRと合計バルク容量が最適化されています。表13に示す一覧では、安定性に関する基準が考慮されています。安定性解析は、LTpowerCAD設計ツールを使って行うことができます。マルチフェーズ動作では、位相数に応じて実効出力リップルが減少します。アプリケーション・ノート77では、このノイズ低減と出力リップル電流相殺の関係について解説していますが、出力容量については、安定性や過渡応答との関係を慎重に検討する必要があります。LTpowerCAD設計ツールを使用すると、実装位相数をN倍に増加させたときの出力リップルの減少を計算できます。V<sub>OUTn</sub>ピンとV<sub>OSNS0+</sub>ピンの間に10Ωという小さい値の抵抗を直列に接続することで、ボード線図アナライザが制御ループに信号を注入して、レギュレータの安定性を検証することができるようになります。LTM4683の安定性補償は、2つの外付けコンデンサ（COMPna、COMPnb）とMFR\_PWM\_COMPコマンドを使って調整できます。

### 軽負荷電流動作

LTM4683には、高効率の不連続導通モード（DCM）と強制連続導通モード（FCM）という2つの動作モードがあります。この動作モードは、MFR\_PWM\_MODEnコマンドのビット0を使って設定します（起動時のモードは常に不連続導通モードで、強制連続モードはデフォルトの実行モードです）。

## アプリケーション情報

チャンネルが不連続導通モード動作中にイネーブルされている場合、インダクタ電流を反転させることはできません。インダクタ電流がゼロに達する直前に、逆電流コンパレータ ( $I_{REV}$ ) が下側MOSFET (MBn) をオフにし、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。したがって、コントローラは不連続 (パルススキッピング) モードで動作できます。強制連続モード動作の場合は、軽負荷時または大きなトランジェント状態でインダクタ電流を反転できます。インダクタのピーク電流はCOMPnピンの電圧だけで決まります。このモードでは、軽負荷時の効率が不連続モード動作の場合より低下します。ただし、連続モードは出力リップルが小さく、オーディオ回路との干渉が少なく済みます。強制連続モードでは逆方向のインダクタ電流が発生して、これが入力電源電圧を上昇させることがあります。

VIN\_OV\_FAULT\_LIMITはこれを検出して ( $SV_{IN\_nn}$  が  $V_{IN01}$  または  $V_{IN23}$ 、もしくはその両方に接続されている場合)、フォルトの原因となっているチャンネルをオフにすることができます。ただし、このフォルトはADCの読出しに基づいており、検出までに最大100ms (公称値) を要することがあります。入力電源の電圧上昇が懸念される場合は、デバイスを不連続導通動作に維持してください。

## スイッチング周波数と位相

LTM4683のチャンネルのスイッチング周波数は、モジュールのSYNC<sub>nn</sub>ピンに入力されるクロックにアナログ・フェーズ・ロック・ループ (PLL) を同期することによって確立されます。SYNC<sub>nn</sub>ピンのクロック波形はLTM4683の内部回路で生成できますが、外付けのプルアップ抵抗が3.3V (例えば $V_{DD33}$ ) に接続されていて、なおかつLTM4683制御ICのFREQUENCY\_SWITCHコマンドが、250kHz、350kHz、425kHz、500kHz、575kHz、650kHz、750kHzのいずれかのサポート値に設定されている必要があります。この設定の場合、モジュールは「同期マスタ」と呼ばれ (出荷時のデフォルト設定値であるMFR\_CONFIG\_ALL[4] = 0bを使用)、SYNC<sub>nn</sub>は双方向オープンドレイン・ピンになり、LTM4683はあらかじめ指定されたクロック・レートにおいて1回につき500ns (公称値) ずつSYNCをロジック・ローにします。SYNC信号は、システム内の複数のモジュールのスイッチング周波数を同期させるために、他のLTM4683モジュール (「同期スレーブ」に設定されたもの) にバスで接続することができます。ただし、「同期マスタ」として設定するのは1つのLTM4683の内部コントローラだけとし、他の (1つまたは複数の) LTM4683は「同期スレーブ」として設定する必要があります。

最も単純な方法は、そのFREQUENCY\_SWITCHコマンドを0x0000に設定して、MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1bとすることです。これは、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンで抵抗のピンストラップ設定を行うことにより、容易に実行できます (表3参照)。MFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1bを使用すると、LTM4683のSYNCピンは高インピーダンス入力のみになります。つまり、SYNCがローになることはありません。LTM4683モジュールは、その周波数を、SYNCピンに入力されるクロックの周波数に同期させます。この方法の唯一の欠点は、外部入力クロックがない場合、モジュールのスイッチング周波数がデフォルトでその周波数同期キャプチャ・レンジの下端 (約225kHz) になることです。

外部入力のSYNCクロックがない場合の耐フォルト性が要求される場合は、「同期スレーブ」のFREQUENCY\_SWITCHコマンドを、0x0000ではなくアプリケーションの公称目標スイッチング周波数のままにすることができます。ただし、その場合でもMFR\_CONFIG\_ALL[4] = 1bに設定する必要があります。この設定の組み合わせにより、LTM4683のSYNC<sub>nn</sub>ピンは高インピーダンス入力になり、モジュールはその周波数を外部入力クロックの周波数に同期させます。ただし、外部入力クロックの周波数が目標周波数

(FREQUENCY\_SWITCH) の約 $\frac{1}{2}$ を超えていることが前提です。SYNCクロックが入力されていない場合、モジュールは、その目標周波数で無期限に動作することによって対応します。SYNCクロックが復旧すると、モジュールは通常どおり自動的にSYNCクロックと位相同期します。この方法の唯一の欠点は、前述のガイダンスに従ってEEPROMを設定する必要があることです。

FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンの抵抗ピンストラップ・オプションだけでは、SYNCクロックが失われた場合の耐フォルト性を確保できません。

FREQUENCY\_SWITCHレジスタはI<sup>2</sup>Cコマンドを介して変更できますが、これはスイッチング動作が停止しているとき (つまりモジュールの出力がオフのとき) に限られます。FREQUENCY\_SWITCHコマンドは、 $SV_{IN}$ のパワーアップ時にNVMに格納されている値を取りますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うよう設定されている場合 (MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0b) に限り、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFGピンとSGNDの間に適用される抵抗ピンストラップに従ってオーバーライドされます。



## アプリケーション情報

使用可能な抵抗ピンストラップ、および対応する FREQUENCY\_SWITCH の設定値を表3に示しています。

PolyPhase レールのすべてのアクティブ・チャンネルの相対位相は、すべて最適な値に設定する必要があります。各レールの相対位相設定は  $360^\circ/n$  で、 $n$  はレール内での位相数です。MFR\_PWM\_CONFIG[2:0] は、SYNC<sub>nn</sub> ピンを基準にチャンネルの相対位相を設定します。位相関係値は、SYNC の立下がりエッジで上側 MOSFET がターンオンする場合に  $0^\circ$  と表示されます。

MFR\_PWM\_CONFIG コマンドは PC コマンドを介して変更できますが、これはスイッチング動作が停止しているとき（つまりモジュールの出力がオフのとき）に限られます。MFR\_PWM\_CONFIG コマンドは、S<sub>VIN,nn</sub> のパワーアップ時に NVM に格納されている値を取りますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うよう設定されている場合（MFR\_CONFIG\_ALL[6] = 0b）に限り、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG ピンと SGND の間に適用される抵抗ピンストラップに従ってオーバーライドされます。使用可能な抵抗ピンストラップ、および対応する

MFR\_PWM\_CONFIG[2:0] の設定値を表3に示しています。

FREQUENCY\_SWITCH と MFR\_PWM\_CONFIG[2:0] の組み合わせの中には、FSWPH<sub>nn</sub>\_CFG ピンの抵抗ピンストラップでは実現できないものもあります。

FREQUENCY\_SWITCH と MFR\_PWM\_CONFIG[2:0] でサポートされている値のすべての組み合わせは、NVM のプログラミング、すなわち PC トランザクションによって設定できます。ただし、スイッチング動作が停止している（つまりモジュールの出力がオフになっている）ことが前提です。

プルアップ抵抗とコンデンサ負荷の時定数が十分小さくなり、アプリケーションが「クリーンな」クロックを生成できるよう、SYNC の容量を最小限に抑えなければなりません（オープンドレイン・ピンのセクションを参照）。

LTM4683 を同期スレーブとして設定した場合は、プルアップ抵抗を使用するのではなく、電流制限された電流源（10mA 未満）を使用して、外部回路から SYNC<sub>nn</sub> ピンを駆動することができます。NVM の内容が RAM にダウンロードされるまでは、SYNC<sub>nn</sub> 出力が低インピーダンスになる可能性があるため、S<sub>VIN,nn</sub> のパワーアップ時には、どの外部回路も任意の値の低インピーダンスではハイに駆動してはなりません。

多くの一般的な V<sub>IN</sub>-V<sub>OUT</sub> アプリケーションでの動作において、LTM4683 に推奨されるスイッチング周波数を表9に示します。LTM4683 の2つのチャンネルが入力電圧から出力電圧への降圧を行う場合、その推奨スイッチング周波数の値が大幅に異なるときは、高い方の推奨スイッチング周波数での動作が望ましい選択ですが、最小オン時間を考慮する必要があります（最小オン時間に関する考慮事項のセクションを参照）。

**表9. 様々な V<sub>IN</sub>-V<sub>OUT</sub> 降圧シナリオにおける推奨スイッチング周波数**

	5V <sub>IN</sub>	8V <sub>IN</sub>	12V <sub>IN</sub>
0.3V <sub>OUT</sub>	350kHz	250kHz	250kHz
0.4V <sub>OUT</sub>	575kHz	350kHz	350kHz
0.5V <sub>OUT</sub>	650kHz	425kHz	425kHz
0.6V <sub>OUT</sub>	650kHz	500kHz	500kHz
0.7V <sub>OUT</sub>	650kHz	575kHz	575kHz

## 出力電流制限値のプログラミング

サイクルごとの電流制限値（= V<sub>ISENSE</sub>/DCR）は COMPn<sub>b</sub> に比例し、COMPn<sub>b</sub> の値は

PMBus コマンド IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT を使って 1.45V ~ 2.2V にプログラムできます。LTM4683 は、1mΩ 未満の検出抵抗のみを使って電流レベルを検出します。

PMBus コマンドの詳細のセクションの

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT の詳細を参照してください。

LTM4683 では2種類の電流制限範囲をプログラムできます。MFR\_PWM\_MODE[2] の値は指定済みであり、

MFR\_PWM\_MODE[7] と IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT は電流制限レベルの設定に使われます。PMBus コマンドのセクションを参照してください。デバイスは、通常動作時には IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT の値より小さいピーク電流で出力電圧を安定化できます。出力電流がこの電流制限値を超えた場合は、OC フォルトが生成されます。それぞれの IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT の範囲はループ・ゲインに影響し、更にはループ安定性にも影響するので、電流制限の範囲設定はループ設計の一部になります。

電流制限範囲を調整する場合は、LTPowerCAD 設計ツールを使ってループ安定性の変化を調べることができます。LTM4683 は、インダクタの温度変化に応じて電流制限を自動的に更新します。この動作はサイクル単位で行われますが、ピーク・インダクタ電流のみの関数であることに留意してください。平均インダクタ電流は ADC によってモニタされ、検出される平均出力電流が大きすぎる場合は警告を発することができます。

## アプリケーション情報

過電流フォルトは、COMPnb電圧が最大値に達した時点で検出されます。LTM4683内部のデジタル・プロセッサは、フォルトを無視する機能、シャットダウンしてラッチ・オフする機能、またはシャットダウンして無期限に再試行をする機能（ヒカップ機能）を備えています。詳細については、動作のセクションの過電流の部分参照してください。Read\_POUTは、出力電力計算値のフィードバックに使用できます。

### 最小オン時間に関する考慮事項

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、LTM4683が上側MOSFETをオンにする時間として可能な最小時間です。これは、内部タイミング遅延と上側MOSFETをオンするのに必要なゲート電荷の量によって決まります。低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、この最小オン時間の制限値に接近する可能性があるため、式4が成り立つように注意する必要があります。

$$t_{ON(MIN)} < \frac{V_{OUTn}}{V_{INn} \cdot f_{OSC}} \quad (4)$$

デューティ・サイクルが最小オン時間で対応できる値を下回ると、コントローラはサイクルのスキップを開始します。出力電圧のレギュレーションは引き続き行われますが、リップル電圧とリップル電流が増加します。

LTM4683の最小オン時間は85nsです。

### 可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ

LTM4683は、ソフトスタート前に動作状態になっている必要があります。RUNnピンが解放されるのは、デバイスの初期化が完了して、 $SV_{IN,nn}$ の電圧がVIN\_ON閾値を超えた後です。1つのアプリケーションに複数のLTM4683を使用する場合は、同じRUNnピンを共用するようデバイスを設定する必要があります。これらのデバイスは、すべてのデバイスが初期化されてその $SV_{IN}$ がVIN\_ON閾値を超えるまで、それぞれのRUNnピンをローに保持します。SHARE\_CLK\_nnピンは、信号に接続されているすべてのデバイスが確実に同じタイム・ベースを使用するようにします。

RUNnピンが解放されると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延（TON\_DELAYn）だけ待機した後、出力電圧のランプ・アップを開始します。複数のLTM4683と他のアナログ・デバイゼのデバイスを可変遅延時間で起動するように設定することもできます。正常に動作させるには、すべてのデバイスが同じタイミング・クロック（SHARE\_CLK）を使用した上に、すべてのデバイスがRUNnピンを共有する必要があります。

これにより、すべてのデバイスの相対遅延を同期させることが可能です。遅延時間の実際の変動は、SHARE\_CLKピンに接続されたデバイスの中の最も速いクロック・レートによって決まります（アナログ・デバイゼのすべてのICは、最も速いSHARE\_CLK信号ですべてのデバイスのタイミングを制御できるように設定されています）。SHARE\_CLK信号の周波数には±10%の幅がある可能性があります。そのため、実際の遅延時間にはある程度の差が生じます。

ソフトスタートでは、負荷電圧を能動的に安定化しながら、デジタル処理によって対象電圧を0Vから指定電圧設定値まで増加させます。この電圧ランプの立ち上がり時間はTON\_RISEnコマンドを使ってプログラムでき、起動時の電圧ランプに伴う突入電流を最小限に抑えることができます。ソフトスタート機能は、TON\_RISEnの値を0.250ms未満に設定することでディスエーブルできます。LTM4683は、電圧ランプを目的の勾配に確実に制御するために必要な計算を内部で行います。しかし、電圧勾配を、電力段の $V_{OUTn}$ の基本的な制限より大きくすることはできません。ランプの $t_{ON(MIN)}$ ステップの数はTON\_RISE/0.1msに等しくなります。そのため、TON\_RISEnの設定時間が短くなるほどソフトスタートのランプに生じる個々のステップは大きくなります。

LTM4683のPWMは、TON\_RISEn動作時には常に不連続導通モードで動作します。不連続導通モードでは、インダクタに逆電流が流れていることが検出されると直ちに下側MOSFET（MBn）がオフになります。これにより、プリバイアスされた負荷に対してレギュレータを起動できます。

LTM4683にはアナログ・トラッキング機能がありませんが、2つの出力には同じTON\_RISEn時間とTON\_DELAYn時間を設定できるので、レシオメトリックなレール・トラッキングを実現できます。RUNnピンは同時に解放され、どちらのユニットも同じタイム・ベース（SHARE\_CLK）を使用するので、出力トラッキングは非常に近いものになります。回路がPolyPhase構成になっている場合は、すべてのタイミング・パラメータを同じにする必要があります。

### デジタル・サーボ・モード

最大限のレギュレーション出力電圧精度を得るには、MFR\_PWM\_MODEコマンドのビット6をアサートして、デジタル・サーボ・ループをイネーブルします。デジタル・サーボ・モードのLTM4683は、ADCの電圧指示値に基づいてレギュレーション出力電圧を調整します。デジタル・サーボ・ループは、出力がADCの正しい指示

## アプリケーション情報

値になるまで、90msごとにDACのLSB（電圧範囲ビットに応じて1.375mVまたは0.6875mV（いずれも公称値））ずつ値を調整します。パワーアップ時は、制限が0（無制限）に設定されていない限り、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITの経過後にこのモードになります。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0（無制限）に設定されている場合は、TON\_RISEが完了してV<sub>OUT</sub>がVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITを超えた後にサーボ制御が開始されます。MFR\_PWM\_MODEのビット0の設定に従い、出力はこれと同じ時点で不連続モードから設定されたモードに切り替わります。タイム・ベースのシーケンシングにおけるV<sub>OUT</sub>波形の詳細については、図25を参照してください。TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0より大きい値に設定され、更にTON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEが「無視」（0x00）に設定されている場合、サーボ制御は以下の条件で開始されます。

1. TON\_RISEシーケンスの完了後
  2. TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT時間の経過後
  3. VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITを超えた後、または IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITが非アクティブになった後
- TON\_MAX\_FAULT\_LIMITが0より大きい値に設定され、TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEが「無視」（0x00）に設定されていない場合、サーボ制御は以下の条件で開始されます。
1. TON\_RISEシーケンスの完了後
  2. TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT時間が経過して、VOUT\_UV\_FAULTとIOUT\_OC\_FAULTがどちらも存在しない場合

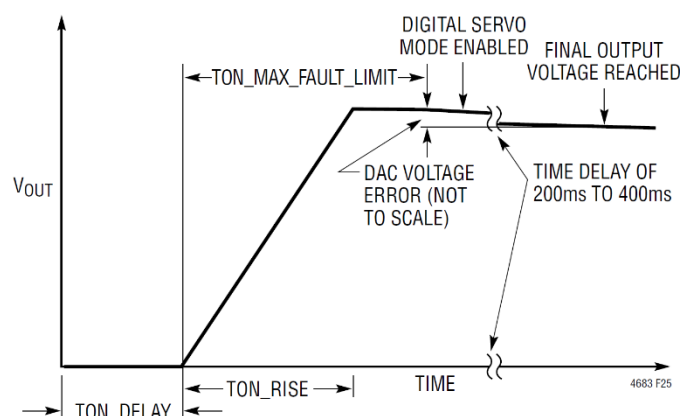


図25. タイミング制御によるV<sub>OUT</sub>の立上がり

最大立上がり時間は1.3秒に制限されています。

PolyPhase構成では、デジタル・サーボ・モードをイネーブルする制御ループを1つだけにする 것을推奨します。これにより、リファレンス回路のわずかな違いが原因で、個々のループが互いに相反する動作をしないようにすることができます。

## ソフトオフ（シーケンシングによるオフ）

LTM4683は制御された形での起動に加えて、制御されたターンオフもサポートしています。TOFF\_DELAYとTOFF\_FALLの機能を図26に示します。RUNnピンがローになったときや、デバイスがオフするようにコマンドで指定された場合は、TOFF\_FALLが処理されます。デバイスにフォルトが発生してオフになった場合やFAULTnを外部からローにしたときに、デバイスがこれに応答するようプログラムされている場合、出力は制御されたランピングを行わずにスリーステートになります。出力は負荷の関数として減衰していきます。デバイスが強制連続モードで、TOFF\_FALLの時間が十分に長く電力段が必要な勾配を実現できる場合、出力電圧は図26に示すように動作します。このTOFF\_FALL時間の条件を満たすことができるのは、電力段とコントローラが、立下がり時間終了までに出力電圧を0Vにできるだけの十分な電流をシンクできる場合に限られます。TOFF\_FALLが負荷容量を放電するのに必要な時間より短い値に設定されている場合、出力は必要な0V状態に達しません。TOFF\_FALLが終了するとコントローラは電流のシンクを停止し、V<sub>OUT</sub>は負荷インピーダンスによって決まる速度で自然に低下していきます。

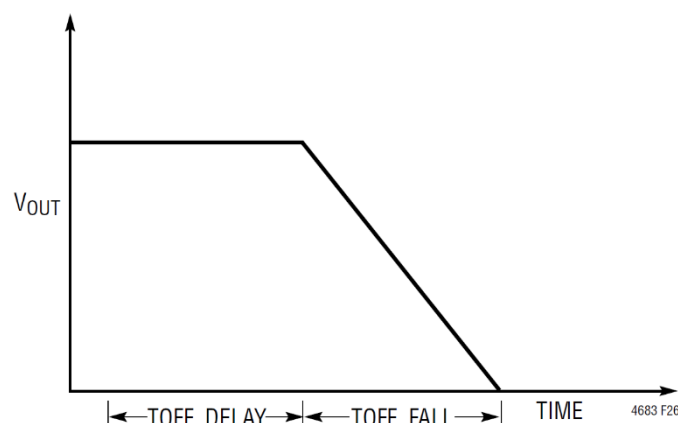


図26. TOFF\_DELAYとTOFF\_FALL



## アプリケーション情報

コントローラが不連続導通モードの場合、コントローラに負電流は流れ込まず、出力は電力段ではなく負荷によってローになります。最大立下がり時間は1.3秒に制限されています。TOFF\_FALLの設定時間が短くなるほどTOFF\_FALLランプに生じる個々のステップは大きくなります。ランプのステップ数はTOFF\_FALL/0.1msに等しくなります。

### 低電圧ロックアウト

LTM4683は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されますが、ここでは $V_{IN}$ を約4Vにする必要があります、INTV<sub>CC</sub><sub>nn</sub>、V<sub>DD33</sub><sub>nn</sub>、V<sub>DD25</sub><sub>nn</sub>はそれぞれのレギュレーション値の約20%以内にする必要があります。更に、V<sub>DD33</sub><sub>nn</sub>は、RUN<sub>n</sub>ピンが解放される前に目標値の約7%以内である必要があります。デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータが $V_{IN}$ をモニタします。電源シーケンシングを開始するには、その前にVIN\_ONの閾値を超えていなければなりません。 $V_{IN}$ がVIN\_OFF閾値を下回ると、SHARE\_CLK<sub>nn</sub>ピンがローになります。また、コントローラを再起動するには、その前に $V_{IN}$ がVIN\_ON閾値を超えている必要があります。通常の起動シーケンスを行うことができるのは、VIN\_ON閾値を超えた後になります。 $V_{IN}$ が印加されたときにFAULT<sub>n</sub>がローに保持されている場合は、FAULT<sub>n</sub>がローに保持されているときにALERT<sub>nn</sub>がアサートされないようデバイスがプログラムされていても、ALERT<sub>nn</sub>はローにアサートされます。LTM4683がリセット状態から復帰する前にI<sup>2</sup>C通信が行われて、デバイスがコマンドの一部しか認識できなかった場合は、CMLフォルトとみなされることがあります。CMLフォルトが検出されると、ALERT<sub>nn</sub>がローにアサートされます。

外部からV<sub>DD33</sub><sub>nn</sub>電源を直接V<sub>DD33</sub><sub>nn</sub>へ駆動するか、またはV<sub>BIAS</sub>を介して駆動する場合は、NVMの内容をアプリケーション内でプログラムすることができます。これによりLTM4683のデジタル部分がアクティブになりますが、高電圧セクションはイネーブルされません。この電源構成ではPMBus通信が有効です。LTM4683に $V_{IN}$ が印加されていない場合は、MFR\_COMMONのビット3

(NVMが初期化されていない) がローにアサートされます。この状態が検出された場合、デバイスはアドレス5Aと5Bに対してのみ応答します。デバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、

データ0x2Bを実行し、その後にグローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0xC4を実行します。これで、デバイスは正しいアドレスに응答するようになります。必要に応じてデバイスの設定を行ってから、STORE\_USER\_ALLを発行してください。 $V_{IN}$ を印加したら、MFR\_RESETコマンドを発行してPWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出せるようにする必要があります。

### フォルトの検出と処理

LTM4683のFAULT<sub>n</sub>ピンは、過電圧 (OV)、低電圧 (UV)、過電流 (OC)、過熱 (OT)、タイミング・フォルト、ピーク過電流フォルトなど、様々なフォルトを表示するように設定できます。更に、外部信号源によってFAULT<sub>n</sub>ピンをローにして、システムの他の部分でのフォルトを示すこともできます。フォルト応答は設定構成可能で、以下のオプションを選ぶことができます。

- 無視
- 直ちにシャットダウン - ラッチ・オフ
- 直ちにシャットダウン - MFR\_RETRY\_DELAYで指定した間隔で無期限に再試行

詳細については、PMBusコマンドの概要のセクションとPMBusコマンドの詳細のセクション、およびPMBusの仕様を参照してください。

OV応答は自動です。OV状態が検出されるとTG<sub>n</sub>がローになり、BG<sub>n</sub>がアサートされます。

LTM4683にはフォルト・ログ機能があります。フォルト・ログは、ユニットをオフにするようなフォルトの発生時にデータを自動的に格納するように設定できます。フォルト・ログの表のヘッダ部分にはピーク値が記載されています。これらの値はいつでも読み出すことができます。このデータはフォルトのトラブルシューティング時に役立ちます。

LTM4683の内部温度が85°Cを超えた場合、NVMへの書込みは(フォルト・ログ以外) 推奨できません。3.3V電源がUVLO閾値に達しない限り、データは引き続きRAM内に保持されます。ダイ温度が130°Cを超えると、NVMの通信はダイ温度が120°C未満に低下するまでディスエーブルされます。



## アプリケーション情報

### オープンドレイン・ピン

LTM4683には以下のオープンドレイン・ピンがあります。

3.3Vピン

1. FAULTn
2. SYNC\_nn
3. SHARE\_CLK\_nn
4. PGOODn

5.5Vピン (5.5Vピンは3.3Vに低下しても正しく動作します)

1. RUNn
2. ALERT\_nn
3. SCL\_nn
4. SDA\_nn

上記のオープンドレイン・ピンはすべて、0.4Vで3mAをシンクできる内蔵プルダウン・トランジスタに接続されています。これらのピンの下限閾値は0.8Vなので、電流3mAのデジタル信号には十分な余裕があります。3.3Vピンの場合、1.1kΩの抵抗を使用すれば電流は3mAになります。プルアップ抵抗とグラウンドまでの寄生容量のRC時定数に伴うトランジエント速度の問題が存在しない限り、一般的には10kΩ以上の抵抗が推奨されます。

SDA、SCL、SYNCのような高速信号では、これより小さい値の抵抗が必要になることがあります。タイミングの問題を避けるために、RC時定数は必要な立上がり時間の1/3～1/5に設定してください。負荷が100pFでPMBusの通信速度が400kHzの場合は、立上がり時間を300ns未満にする必要があります。時定数を立上がり時間の1/3に設定したSDA\_nnピンとSCL\_nnピンのプルアップ抵抗は、式5で与えられます。

$$R_{PULLUP} = \frac{t_{RISE}}{3 \cdot 100pF} = 1k \quad (5)$$

最も近い1%精度抵抗の値は1kΩです。通信上の問題を回避するために、SDAピンとSCLピンの寄生容量はできるだけ小さくするように注意してください。負荷容量を見積もるには、対象信号をモニタして、その信号が出力値の約63%に達するのにどれくらいの時間を要するかを測定します。これが時定数の1単位になります。

SYNC\_nnピンには内蔵プルダウン・トランジスタが接続されており、出力は500ns (公称値) の間ローに保持されます。内部発振器が500kHzに設定され、負荷が

100pFで3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は式6で与えられます。

$$R_{PULLUP} = \frac{2\mu s - 500ns}{3 \cdot 100pF} = 5k \quad (6)$$

最も近い1%抵抗の値は4.99kΩです。

タイミング誤差が発生する場合や、SYNCの周波数が要求速度に満たない場合は、波形をモニタして、RC時定数とそのアプリケーションにとって長すぎないかどうかを判断します。可能であれば寄生容量を減らしてください。あるいは、正常なタイミングを確保できるようになるまでプルアップ抵抗の値を減らします。

SHARE\_CLK\_nnプルアップ抵抗の式も同様ですが、周期が10μsでプルダウン時間が1μsです。RC時定数は約3μs以下としてください。

### フェーズ・ロック・ループと周波数同期

LTM4683は、内部電圧制御発振器 (VCO) と位相検出器で構成されるフェーズ・ロック・ループ (PLL) を内蔵しています。このPLLは、SYNC\_nnピンの立下がりエッジにロックされます。PWMコントローラとSYNCの立下がりエッジの間の位相関係は、MFR\_PWM\_CONFIGコマンドの下位3ビットによって制御されます。PolyPhaseアプリケーションでは、すべての位相の間隔を等しくすることを推奨します。したがって、2相システムでは信号の位相を180°ずらし、4相システムでは位相間隔を90°とします。

位相検出器はエッジ反応型のデジタル・タイプで、外部発振器と内部発振器の間の位相シフトを検出します。このタイプの位相検出器は、外部クロックの高調波に誤って同期するものではありません。

位相検出器の出力は、内部フィルタ・ネットワークの充放電を行う1対の相補型電流源です。PLLのロックが確保されている範囲は250kHz～1MHzです。公称デバイスの同期範囲は通常この範囲を超えていますが、この範囲を超えた周波数範囲での動作は必ずしも確保されてはいません。

PLLには同期検出回路があります。動作中にPLLのロックが失われた場合は、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのビット4がアサートされて、ALERT\_nnピンがローになります。このフォルトは、同じビットに1を書き込むことでクリアできます。PLL\_FAULT発生時にALERT\_nnピンがアサートされないようにする場合は、SMBALERT\_MASKコマンドを使ってアラートの生成を防止することができます。

## アプリケーション情報

SYNC信号がアプリケーションのクロックとして使われていない場合は、公称設定周波数がPWM回路を制御します。ただし、複数のデバイスがSYNC<sub>nn</sub>ピンを共用していてもその信号がクロックに使われていない場合、それらのデバイスは同期されず、出力に過剰な電圧リップルが生じることがあります。この状態になると、MFR\_PADSのビット10がローにアサートされます。

動作中のPWM信号の周波数が高すぎるように見える場合は、SYNC<sub>nn</sub>ピンをモニタしてください。立下がりエッジに余分な遷移があると、PLLは目的の信号ではなくノイズに同期しようとします。この問題を回避するには、デジタル制御信号の配線を見直してSYNC信号へのクロストークを最小限に抑えます。PolyPhase構成では、複数のLTM4683が1つのSYNC<sub>nn</sub>ピンを共有する必要があります。他の構成の場合は、複数のSYNC<sub>nn</sub>ピンを接続して単一のSYNC信号を生成するという方法もあります。複数のLTM4683間でSYNC<sub>nn</sub>ピンを共用する場合、周波数出力をプログラムできるLTM4683コントローラは1つだけです。それ以外のすべてのLTM4683は、SYNC<sub>nn</sub>出力をディスエーブルするようにプログラムする必要があります。ただし、その周波数は公称目標値にプログラムしてください。

### 入力電流検出アンプ

LTM4683の入力電流検出アンプは、図2の簡略ブロック図に示すように、外付けの検出抵抗を使用して、V<sub>IN01</sub>およびV<sub>IN23</sub>の電力段ピンに流れ込む電源電流を検出できます。R<sub>SENSEn</sub>の値は、MFR\_IIN\_CAL\_GAINコマンドを使ってプログラムできます。誤差をなくすために、RSENSE抵抗の両端でケルビン検出を行うことを推奨します。MFR\_PWM\_CONFIG [6:5]は、入力電流検出アンプのゲインを設定します。MFR\_PWM\_CONFIGのセクションを参照してください。IIN\_OC\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCによって測定される入力電流値に対し、入力過電流警告を発生させる入力電流値 (A) を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IINの値が使われます。READ\_IINコマンドは、入力電流検出抵抗を流れる入力電流の測定値 (A) を返します。

SV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンに流れ込む電流により、電源とSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンの間にはIR電圧降下が生じます。この電圧降下を補償するため、MFR\_RVINは、図2の簡略ブロック図に示す1Ωの内部検出抵抗に自動的に設定されます。LTM4683はMFR\_READ\_ICHIPの測定値にこの1Ω抵抗を乗じて、得られた電圧をSV<sub>IN<sub>nn</sub></sub>ピンの測定電圧に加算します。したがって、 $READ\_VIN = V_{SVIN\_PIN} + (MFR\_READ\_ICHIP \cdot 1\Omega)$ となります。

MFR\_READ\_ICHIPコマンドは内部コントローラの電流の測定に使用します。また、READ\_PINコマンドを使用すると、入力電力の計算値を読み出すことができます。

### プログラマブル・ループ補償

LTM4683は、ハードウェアを変更することなく過渡応答を最適化するプログラマブル・ループ補償機能を備えています。エラー・アンプのゲインg<sub>m</sub>は1.0mS~5.76mSの範囲で変化し、補償抵抗R<sub>COMPn</sub>はコントローラ内部で0kΩから62kΩまで変化します。この設計では2つの補償コンデンサCOMPnaとCOMPnbが必要で、COMPnaとCOMPnbの代表的な比率は10です。図2の簡略ブロック図および図27を合わせて参照してください。

LTM4683は、g<sub>m</sub>とR<sub>COMPn</sub>だけを調整することによって柔軟なタイプII補償ネットワークを提供し、様々な出力コンデンサに対してループを最適化できます。g<sub>m</sub>を調整すると、図28に示すように、ポールとゼロの位置を変えことなく周波数範囲全体にわたって補償ゲインを変化させることができます。

R<sub>COMP</sub>を調整すると、図29に示すようにポールとゼロの位置が変化します。LTpowerCADツールを使って、g<sub>m</sub>とR<sub>COMPn</sub>の適切な値を決定することを推奨します。

### 過渡応答の確認

レギュレータのループ応答は、負荷電流の過渡応答を調べることでチェックできます。スイッチング・レギュレータは、DC (抵抗性) 負荷電流のステップへの応答に数サイクルを要します。負荷ステップが発生すると、V<sub>OUT</sub>はΔI<sub>LOAD</sub>・ESRに等しい大きさだけシフトします。

## アプリケーション情報

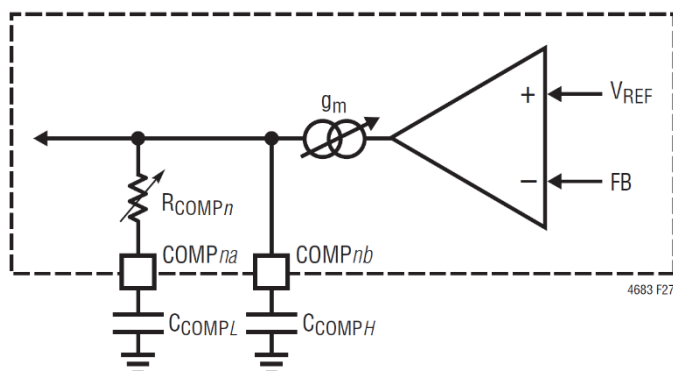
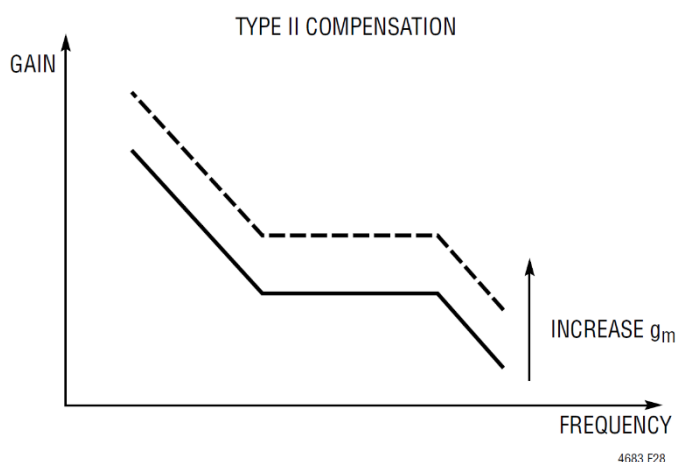
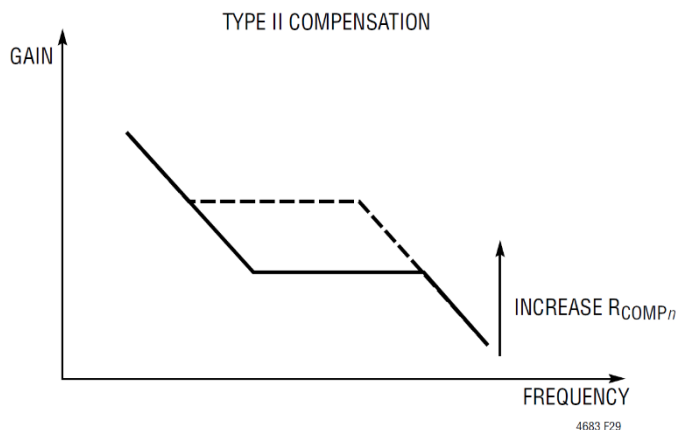


図27. プログラマブル・ループ補償

図28. エラー・アンプの $g_m$ 調整図29.  $R_{COMP}$ 調整

ここで、ESRは $C_{OUT}$ の等価直列抵抗です。更に、 $\Delta I_{LOAD}$ により $C_{OUT}$ の充放電が始まって帰還誤差信号が発生し、レギュレータを強制的に電流変化に適応させて $V_{OUT}$ を定常値に回復させます。この回復期間に、 $V_{OUT}$ をモニタし、安定性に問題があることを示す過度のオーバーシュートやリンギングが発生していないかをチェックできます。**COMP**ピンを使用すれば、制御ループの動作を最適化できるだけでなく、DC結合されたACフィルタ付き

クローズドループ応答テスト・ポイントを利用することもできます。このテスト・ポイントにおけるDCステップ、立上がり時間、およびセトリング時間は、クローズドループ応答を正確に反映します。2次特性が支配的なシステムの場合は、このピンに現れるオーバーシュートのパーセンテージを使って位相マージンや減衰係数を予想できます。ピンの立上がり時間を調べることによって、帯域幅を見積もることも可能です。代表的なアプリケーションの回路に示す**COMPna**の外付けコンデンサは、ほとんどのアプリケーションで妥当な初期値として使用できます。ループ・ゲインに影響するプログラマブルなパラメータは、**MFR\_PWM\_MODE**コマンドの出力電圧レンジ・ビット[1]、**MFR\_PWM\_MODE**コマンド電流レンジ・ビット[7]、**MFR\_PWM\_COMP**のチャンネル・アンプの $g_m$ ビット[7:5]、および**MFR\_PWM\_COMP**の内部**R<sub>COMP</sub>**補償抵抗ビット[4:0]です。補償計算を行う前に必ずこれらの設定を行ってください。

**COMPna**の内部直列**R<sub>COMPn</sub>**と外部**C<sub>COMPna</sub>**からなるフィルタは、主要なポールゼロ・ループ補償を設定します。内部**R<sub>COMPn</sub>**の値は、**MFR\_PWM\_COMP**コマンドのビット[4:0]を使って変更できます（ $0\Omega \sim 62k\Omega$ ）。最終的なPCBレイアウトが完了して、**C<sub>COMPnb</sub>**フィルタ・コンデンサと出力コンデンサの種類および値を具体的に決めたら、**R<sub>COMPn</sub>**の値を調整して過渡応答を最適化します。ループのゲインと位相は出力コンデンサの種類と値によって決まるので、適切な出力コンデンサを選択する必要があります。立上がり時間を $1\mu s \sim 10\mu s$ とした、全負荷電流の20%~80%の出力電流パルスを通すと、帰還ループを壊すことなく出力電圧と**COMP**ピンの波形が得られ、ループ全体の安定性を判断できます。グラウンドとの間に抵抗を取り付けたパワーMOSFETを出力コンデンサの両端に直接接続して、適切な信号発生器でゲートを駆動するのが、負荷ステップを生成する実用的な方法です。**MOSFET + R<sub>SERIES</sub>**により、 $V_{OUT}/R_{SERIES}$ にほぼ等しい出力電流が発生します。電流制限の設定とプログラムされた出力電圧によって異なりますが、**R<sub>SERIES</sub>**の値は $0.1\Omega \sim 2\Omega$ が妥当です。出力電流のステップ変化によって生じる初期出力電圧ステップは、帰還ループの帯域幅内にはない場合があるため、この信号を使って位相マージンを決定することはできません。**COMP**ピンの信号を調べる方が確実なのはこのためです。この信号は帰還ループ内にあり、フィルタを通した補償済みの制御ループ応答です。ループのゲインは**R<sub>COMP</sub>**を大きくすると増加し、ループの帯域幅は**C<sub>COMPna</sub>**を小さくすると広がります。**C<sub>COMP</sub>**を小さくするのと同じ比率で**R<sub>COMP</sub>**を大きくすると、ゼロの周波数は変化しないため、帰還ループの最も重要な周波数範囲で位相シフトが一定に保たれます。ループのゲインは、**MFR\_PWM\_COMP**コマンドのビット[7:5]を使って設定するエラー・アンプのトランスコンダクタンスに比例します。出力電圧のセトリング挙動はクローズドループ・システムの安定性に関係しており、実際の全体的な電源性能を表します。大容量の（ $>1\mu F$ ）電源バイパス・コンデンサを接続した状態で負荷の切替えを行

## アプリケーション情報

うと、更に大きなトランジェントがもう1つ発生します。放電したバイパス・コンデンサが実質的に $C_{OUT}$ と並列の状態になるため、 $V_{OUT}$ は急激に低下します。抵抗の小さい負荷スイッチを短時間で駆動した場合は、どのようなレギュレータも、この出力電圧の突然のステップ変化が生じないほどの速さで電流の供給を変更することはできません。 $C_{LOAD}$ と $C_{OUT}$ の比率が1:50より大きい場合は、スイッチの立上がり時間を制御して、負荷の立上がり時間を約 $25 \cdot C_{LOAD}$ に制限する必要があります。したがって、 $10\mu F$ のコンデンサの場合、 $250\mu s$ の立上がり時間が必要となり、充電電流は約 $200mA$ に制限されます。

## PolyPhase構成

複数のLTM4683を使用してPolyPhaseレールを構成する場合は、これらのデバイスの $\overline{SYNC}$ 、 $\overline{COMP}$ 、 $\overline{SHARE\_CLK}$ 、 $\overline{FAULT}$ 、および $\overline{ALERT}$ ピンを共用する必要があります。 $\overline{FAULT}$ 、 $\overline{SHARE\_CLK}$ 、および $\overline{ALERT}$ には必ずプルアップ抵抗を使用してください。いずれかのデバイスの $\overline{SYNC}$ ピンを目的のスイッチング周波数に設定し、それ以外のすべての $\overline{FREQUENCY\_SWITCH}$ コマンドを外部クロックに設定する必要があります。外部発振器を接続する場合は、すべてのデバイスについて $\overline{FREQUENCY\_SWITCH}$ コマンドを外部クロックに設定してください。すべてのチャン

ネルの相対位相は等間隔にします。また、すべてのデバイスの $\overline{MFR\_RAIL\_ADDRESS}$ を同じ値に設定する必要があります。

複数チャンネルのすべての $V_{SENSEn}^+$ ピンを互いに接続し、更にすべての $V_{SENSEn}^-$ ピンも互いに接続する必要があります。また、 $\overline{COMPna}$ ピンと $\overline{COMPnb}$ ピンについても同様です。PolyPhaseアプリケーションの場合を除き、 $\overline{MFR\_CONFIG\_ALL}$ のビット[4]はアサートしないでください。代表的なアプリケーションのセクション（図50）を参照してください。

USB - I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラとシステム内のLTM4683の接続

アナログ・デバイスズのUSB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタ（DC1613Aまたは同等品）は、基板上のLTM4683へのインターフェースとなり、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ことを可能にします。このアダプタは、LTpowerPlayと併用することで、電源システム全体をデバッグできる強力な手段を提供します。遠隔測定、フォルト・ステータス・コマンド、およびフォルト・ログを使って高速のフォルト診断が行われます。

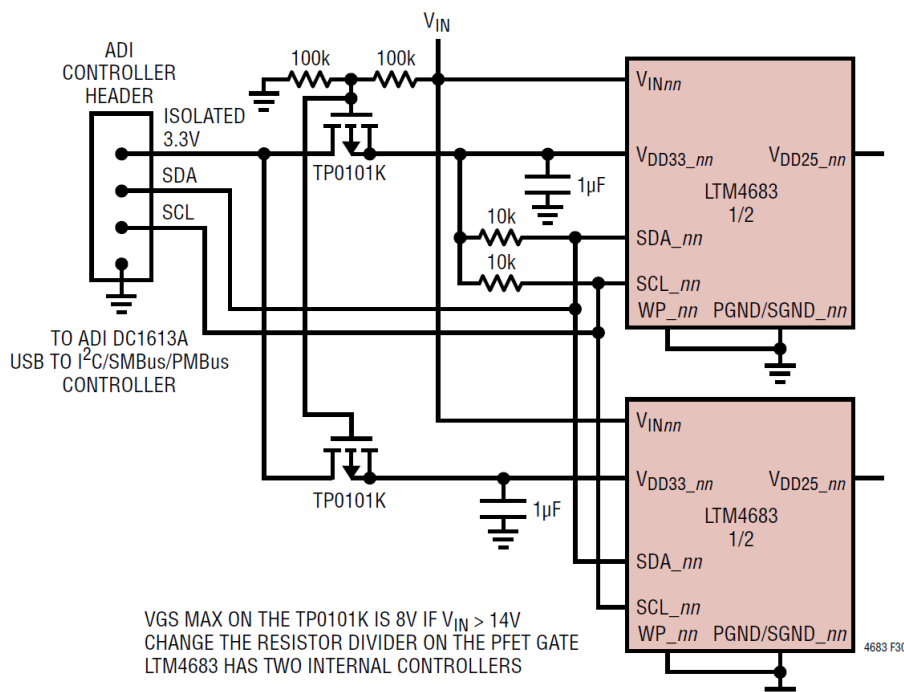


図30. コントローラの接続



## アプリケーション情報

最終的な構成は短時間で完了し、LTM4683のEEPROMに格納できます。システム電源の有無に関係なく、アナログ・デバイセズのI<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタを介して1つ以上のLTM4683に対する電力供給、プログラミング、および通信を行うためのアプリケーション回路図を、図30に示します。システム電源がない場合は、ドングルがV<sub>DD33\_mn</sub>電源ピンを介してLTM4683に給電します。V<sub>INmn</sub>が印加されておらず、V<sub>DD33\_mn</sub>ピンに電力が供給されているときにデバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2Bを使用し、その後にアドレス0x5B、コマンド0xBD、およびデータ0xC4を使用します。これでLTM4683は、内部のEEPROMと通信してプロジェクト・ファイルを読み出せるようになります。更新したプロジェクト・ファイルをNVMに書き込むには、STORE\_USER\_ALLコマンドを発行します。V<sub>IN</sub>を印加したら、MFR\_RESETを発行してPWM POWERをイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

アダプタの電流供給能力は限られているので、V<sub>DD33</sub>の3.3V電源から電力を供給するのは、LTM4683、それに付随するプルアップ抵抗、およびI<sup>2</sup>Cのプルアップ抵抗だけにしてください。更に、I<sup>2</sup>Cバス接続をLTM4683と共有しているデバイスでは、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する必要があります。ボディ・ダイオードが形成されると、システム電源が存在しない場合にバス通信に干渉するからです。V<sub>IN</sub>を印加すると、DC1613Aは基板上のLTM4683に電力を供給しなくなります。デバイスが完全に設定されるまで負荷に電力を供給できないようにするために、RUN<sub>n</sub>ピンをローに保持するか、電圧設定抵抗を挿入しないことを推奨します。

DC1613Aによって、LTM4683は完全にホストPCのグラウンドから絶縁されます。アダプタからの3.3VとLTM4683のV<sub>DD33\_mn</sub>ピンは、それぞれのLTM4683の内部コントローラに対し、別々のPFETを使用して駆動する必要があります。V<sub>IN</sub>とV<sub>BIAS</sub>の両方がオンになっているのでなければ、内蔵LDOがオフなので、V<sub>DD33\_mn</sub>ピンを並列にすることができます。コントローラの3.3Vの電流制限値は100mAですが、V<sub>DD33\_mn</sub>の電流の代表値は15mA以下です。V<sub>DD33\_mn</sub>はINTV<sub>CC</sub>/V<sub>BIAS</sub>ピンを逆駆動します。V<sub>IN</sub>がオープンの場合、通常このことは問題となりません。

### LTpowerPlay : デジタル電源用のインタラクティブGUI

LTpowerPlay (図31参照) はWindowsベースの強力な開発環境で、LTM4683を含むアナログ・デバイセズのデジタル・パワー・システム・マネージメントICをサポート

します。このソフトウェアは様々な作業をサポートします。LTpowerPlayは、デモ・ボードまたはユーザ・アプリケーションに接続することにより、アナログ・デバイセズ製ICを評価できます。また、LTpowerPlayは、複数のデバイス構成ファイルを作成するために、(ハードウェアを接続しない) オフライン・モードで 사용할ことも可能です。これらのファイルは、保存して後でロードし直すことができます。LTpowerPlayは従来にない診断機能とデバッグ機能を備えており、基板の機能確認時に電源システムのプログラムや調整を行ったり、レールの機能確認時にパワーに関する問題を診断したりする場合に、貴重な診断ツールとなります。LTpowerPlayは、アナログ・デバイセズのUSB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusアダプタを利用して、DC2924AおよびDC3082Aデモ・ボードやユーザ・ターゲット・システムを含む様々なターゲットと通信を行います。このソフトウェアは自動更新機能も備えており、最新のデバイス・ドライバと技術文書一式を備えた最新リビジョンの状態を常に維持します。

また、LTpowerPlayについて、いくつかのチュートリアル・デモを含む充実したコンテキスト・ヘルプを備えています。

### PMBus通信とコマンド処理

LTM4683の内部コントローラは、図32 (書込みコマンドのデータ処理) に示すように、処理前にサポート対象コマンドに書き込まれた最後のデータを保持するために深さ1のバッファを内蔵しています。デバイスは、新しいコマンドをバスから受信すると、そのデータを書込みコマンド・データ・バッファにコピーして、このコマンド・データを取り出す必要があることを内部プロセッサに示し、コマンドを実行できるように内部フォーマットに変換します。2つの異なる並列ブロックがコマンドのバッファリングとコマンド処理 (取り出し、変換、実行) を管理して、コマンドに最後に書き込まれたデータが失われないようにします。コマンド・データ・バッファリングは、コマンド・データを書込みコマンド・データ・バッファに格納し、将来の処理に備えてこれらのコマンドにマークを付けることによって、入ってくるPMBus書込みを処理します。内部プロセッサは並列で動作し、処理対象としてマークされたコマンドの取り出し、変換、実行といった低速になることのあるタスクを処理します。一部の計算集約型コマンドでは (例: タイミング・パラメータ、温度、電圧と電流)、内部プロセッサの処理時間がPMBusのタイミングより長くなる場合があります。

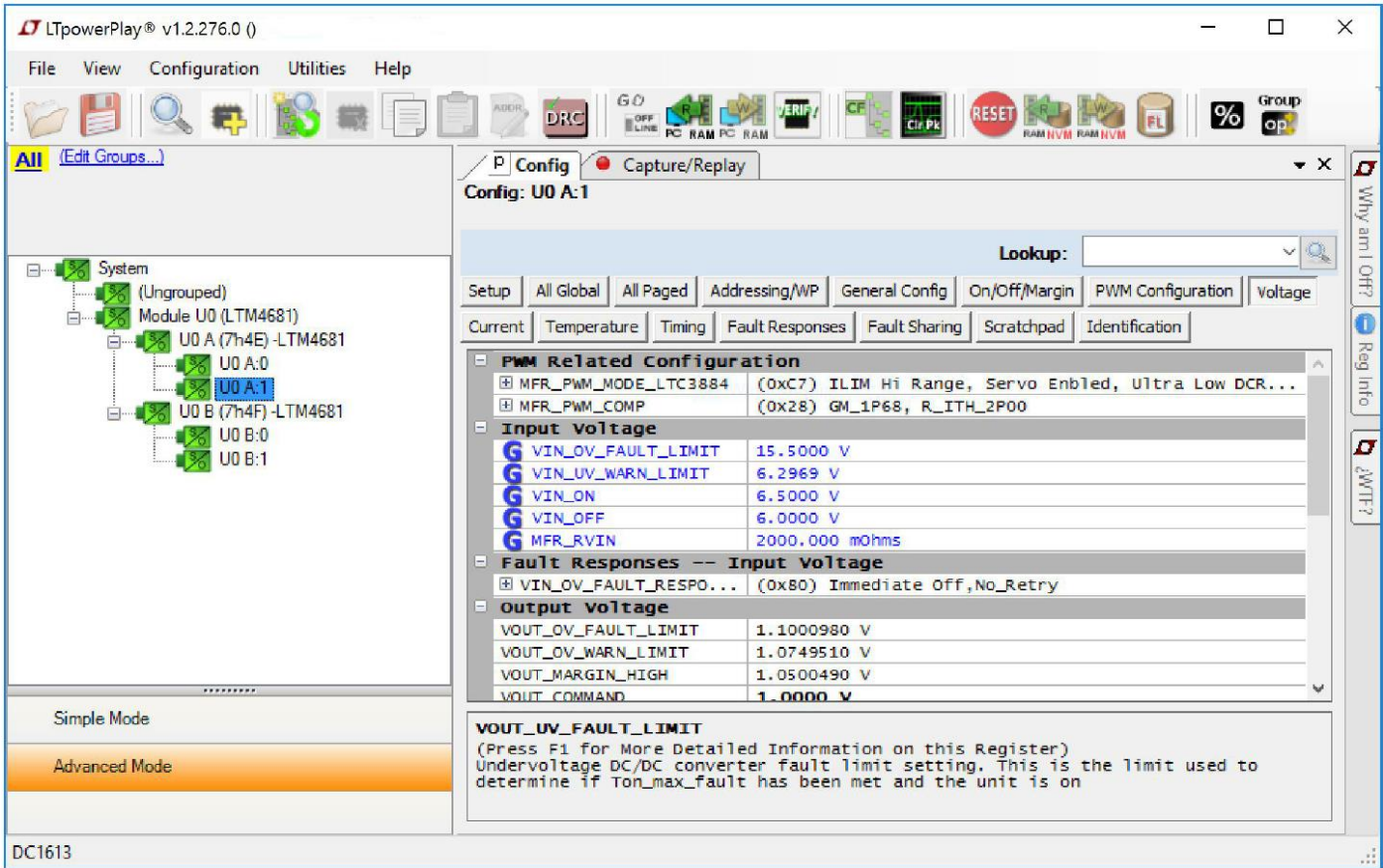


図31. LTpowerPlayのスクリーン・ショット

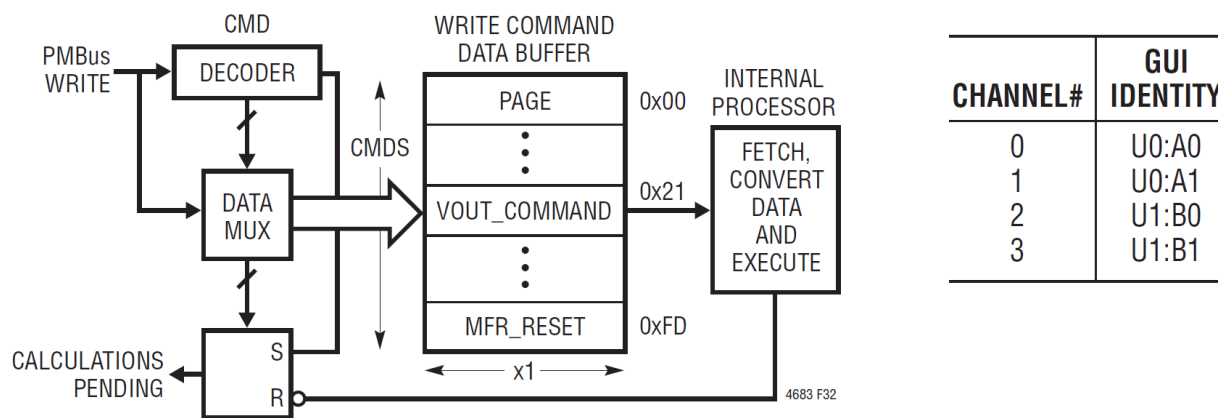


図32. 書き込みコマンドのデータ処理

## アプリケーション情報

デバイスのコマンド処理がビジー状態になっているとき新しいコマンドが届くと、実行が遅れたり、受信の順番とは異なる順番で実行されたりすることがあります。内部計算が進行中の場合、デバイスは、MFR\_COMMONのビット5（「計算は保留中ではない」）でこれを示します。デバイスが計算でビジー状態の場合、ビット5はクリアされます。このビットがセットされると、デバイスは別のコマンドを実行できるようになります。図33にポーリング・ループの例を示します。ポーリング・ループは、コマンドが順番に処理されるようにする一方で、エラー処理ルーチンを簡略化します。

```
// wait until chip is not busy
do
{
mfrCommonValue = PMBUS_READ_BYTE(0xEF);
partReady = (mfrCommonValue & 0x68) == 0x68;
}while(!partReady)
// now the part is ready to receive the next
command
PMBUS_WRITE_WORD(0x21, 0x2000); //write VOUT_
COMMAND to 2V
```

図33. VOUT\_COMMANDのコマンド書き込み例

デバイスは、ビジー状態のときに新しいコマンドを受信すると、標準PMBusプロトコルを使ってその状態を伝達します。デバイスはその設定に応じ、コマンドに対してNACKを返すか、すべて1 (0xFF) を返すことによって読出しに備えます。また、BUSYフォルトとALERT通知を生成したり、SCLクロックのロー時間を延長したりすることもあります。詳細については、PMBus Specification v1.1, Part II, Section 10.8.7と、SMBus v2.0 section 4.3.3を参照してください。クロック・ストレッチは、MFR\_CONFIG\_ALLのビット1をアサートすることによってイネーブルできます。クロック・ストレッチが行われるのは、この機能がイネーブルされ、なおかつバス通信速度が100kHzを超えている場合に限りです。

PMBusのビジー・プロトコルは広く受け入れられた規格ですが、書き込みのシステム・レベル・ソフトウェアの記述が少し複雑になることがあります。このデバイスには3つの「ハンドシェーキング」ステータス・ビットがあり、これによって複雑さが緩和され、同時に信頼性の高いシステム・レベルの通信が可能になります。

これら3つのハンドシェーキング・ステータス・ビットはMFR\_COMMONレジスタ内にあります。デバイスは、内部処理の実行でビジー状態の場合、MFR\_COMMONのビット6（「チップはビジーではない」）をクリアします。特に、V<sub>OUT</sub>が遷移状態（マージン・ハイ/ロー、電源オフ/オン、新しい出力電圧設定値への移行など）にあるためにデバイスがビジー状態になっている場合、デバイスはMFR\_COMMONのビット4（「出力は遷移中でない」）をクリアします。内部計算が進行中の場合、デバイスはMFR\_COMMONのビット5（「計算は保留されていない」）をクリアしま

す。これら3つのステータス・ビットは、3つのビットすべてがセットされるまで、MFR\_COMMONレジスタのPMBus読出しバイトによってポーリングできます。これらのすべてのステータス・ビットがセットされた直後のコマンドは、NACK応答が返されたりBUSYフォルトまたはALERT通知が生成されたりすることなく、受け付けられます。ただし、PMBus仕様値が要求する他の理由（例えば無効なコマンドやデータなど）によって、デバイスがコマンドにNACK応答を返すことがあります。VOUT\_COMMANDレジスタへの信頼性の高いコマンド書き込みアルゴリズムの例を図33に示します。

ビジー動作や不要なALERT通知を扱うことによって処理が複雑化するのを避けるために、すべてのコマンド書き込み（バイト書き込み、ワード書き込みなど）の前にはポーリング・ループを入れることを推奨します。これを実現する簡単な方法は、SAFE\_WRITE\_BYTE()サブルーチンとSAFE\_WRITE\_WORD()サブルーチンを作成することです。前述のポーリング・メカニズムを使用することで、ソフトウェアをクリーンかつシンプルに保ちながら、デバイスとの信頼性の高い通信を実現することができます。これらのトピックや、その他個々のケースに関する詳細な検討については、アナログ・デバイセズの[アプリケーション・ノート](#)のセクションを参照してください。

100kHz以下のバス速度で通信する場合、ここに示すポーリング・メカニズムは、クロック・ストレッチなしで信頼性の高い通信を実現するシンプルなソリューションを提供します。バス速度が100kHzを超える場合は、クロック・ストレッチをイネーブルできるようにデバイスを設定することを強く推奨します。そのためには、クロック・ストレッチをサポートするPMBus マスタ・デバイスが必要です。通信には、PMBus Specification v1.1, Part II, Section 10.8.7に記載された方法で標準のPMBus NACK/BUSYフォルトを検出し、正常に回復できるシステム・ソフトウェアが必要です。LTM4683は、バス速度が400kHzを超えるアプリケーションには推奨できません。

## 熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング

このデータシートのピン配置のセクションに記載されている熱抵抗は、JESD51-12に定義されたパラメータと一致しています。これらのパラメータは、有限要素解析（FEA）ソフトウェアのモデリング・ツールでの使用を意図したものです。これらのモデリング・ツールは、JESD 51-9（Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements）によって定義されたハードウェア・テストボードにμModuleパッケージを実装して行われた、熱的モデリング、シミュレーション、およびハードウェア評価との相関付けから得られた結果を利用します。これらの熱係数を提供する理由は、



## アプリケーション情報

JESD51-12 (Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information) に記載されています。

多くの設計者は、実験装置やデモ・ボードなどのテスト環境を使用して、アプリケーションに使用する $\mu$ Moduleレギュレータの熱性能を電気的および環境的に様々な動作条件で予測し、それによってFEA作業を補足するという方法を選択します。FEAソフトウェアを使用しない場合、ピン配置のセクションに記載した熱抵抗だけでは、熱性能を示す目安になりません。しかし、このデータシートの後半に記載されているディレーティング曲線を各アプリケーションの用途に関する見通しやガイダンスを得られるような方法で使用すれば、それらのディレーティング曲線に修正を加えて、熱性能を個々のアプリケーションに対応させることができます。

ピン配置のセクションには、JESD51-12に明確に定義された4つの熱係数が記載されています。これらの係数を、以下に引用または解説します。

1.  $\theta_{JA}$ はジャンクションと周囲空気との熱抵抗であり、1立方フィートの密閉エンクロージャ内で測定された、自然対流によるジャンクションと周囲空気との熱抵抗です。この環境は「静止空気」と呼ばれることもありますが、実際には自然対流により空気の動きが生じます。この値はデバイスをJESD51-9定義のテスト基板にマウントして得られたものであり、実際のアプリケーションや現実的な動作条件を反映したものではありません。

2.  $\theta_{JCbottom}$ はジャンクションと製品ケース底部の間の熱抵抗であり、素子の消費電力がすべてパッケージの底部を通るものとして求められます。標準的な $\mu$ Moduleレギュレータでは熱の大半がパッケージの底面から放出されますが、周囲環境への熱の放出も必ず発生します。その結果、この熱抵抗の値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものではありません。
3.  $\theta_{JTop}$ はジャンクションから製品ケース上面への熱抵抗であり、部品からの熱放散のほぼすべてがパッケージ上面を通じて行われるものとして決定されます。標準的な $\mu$ Moduleレギュレータの電気的接続はパッケージの底面で行われるので、熱の大半がジャンクションからデバイス上面へ流れるような形でアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottom}$ の場合のように、この値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものではありません。
4.  $\theta_{JB}$ はジャンクションからプリント基板への熱抵抗であり、熱のほぼすべてが $\mu$ Moduleレギュレータから基板へ流れる場合のジャンクションから基板への熱抵抗であり、実際には $\theta_{JCbottom}$ とハンダ接合および基板の一部を経由するデバイス底部での熱抵抗の合計値です。基板の温度は両面、二層の基板を使い、パッケージから一定の距離において測定されます。この基板はJESD51-9に記載されています。

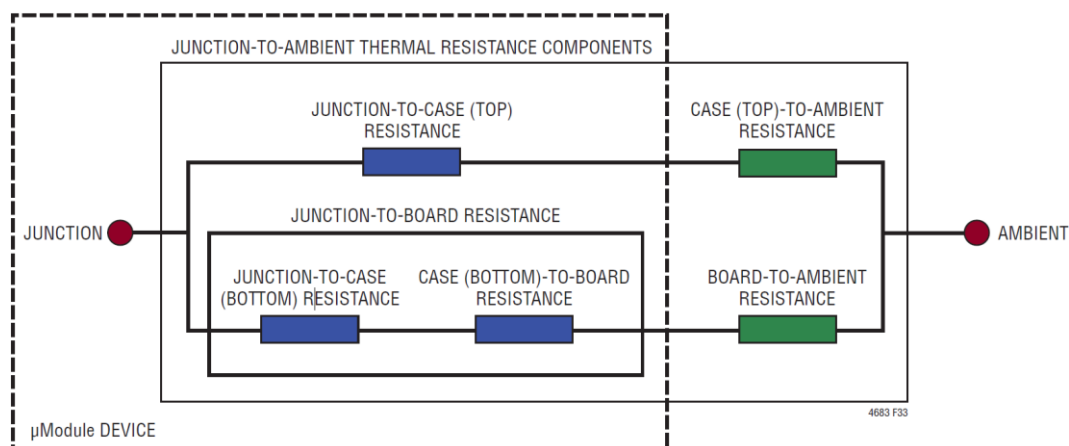


図34. JESD51-12の熱係数の図解



## アプリケーション情報

前述の熱抵抗を視覚的に表したものが図34です。青色の部分が $\mu$ Moduleレギュレータ内部の熱抵抗で、緑色の部分は $\mu$ Module外部の熱抵抗です。

実際には、JESD51-12が定義した（あるいはピン配置のセクションに示した）これら4種類の熱抵抗パラメータは、個別でも、あるいはいくつかを組み合わせただけでも、 $\mu$ Moduleレギュレータの通常の動作条件を反映するものではありません。例えば、通常の基板実装アプリケーションでは、デバイスの総電力損失（熱）の100%が $\mu$ Moduleパッケージの上部のみを通して、または底部のみを通して（上記の規格がそれぞれ $\theta_{JCTop}$ および $\theta_{JCBottom}$ について定義しているように）熱伝導することは決してありません。実際には電力損失はパッケージから両方の方向に熱として放散され、ヒート・シンクと空気流がない場合は熱の大半は基板へと流れます。

LTM4683の内部には電力損失を生じるパワー・デバイスや部品が複数存在するので、結果として、各種の部品やダイの様々なジャンクションを基準にした熱抵抗は、パッケージの全電力損失に対して正確には線形になっていないという点に留意する必要があります。モデリングのシンプルさを犠牲にすることなく、ただし実際の状況も無視することなく、この問題を解決するため、以下に示すように、FEAソフトウェアによるモデリングを環境制御チャンバーでの実験室テストと組み合わせることにより、このデータシートに示す熱抵抗値は合理的に定義および関連付けされています。(1) 最初に、FEAソフトウェアを使用し、正しい材料係数と高精度の電力損失源定義に基づいて、LTM4683と指定PCBの正確な機械的形狀モデルを作成します。(2) このモデルを使い、JESD51-9およびJESD51-12に適合するソフトウェア定義のJEDEC環境をシミュレーションして、様々な接合面における電力損失による熱の流れと温度値を予測します。これで、JEDEC定義の熱抵抗値を計算することができます。(3) このモデルとFEAソフトウェアを使用して、ヒート・シンクと空気流がある場合のLTM4683の熱性能を評価します。(4) これらの熱抵抗値を計算して分析し、ソフトウェア・モデルで様々な動作条件によるシミュレーションを行った上で、徹底した実験室評価を実施してシミュレーションで得た状態を再現します。具体的には恒温槽を使い、シミュレーションと同じ電力損失で

デバイスを動作させながら、熱電対を使用して温度を測定します。このプロセスの結果を適切に評価することで、このデータシートの後半に示す一連のディレーティング曲線と、ピン配置のセクションに示す十分に相関付けされたJESD51-12定義の $\theta$ 値が得られます。

図35、図36、図37に示す5V、8V、12Vの電力損失曲線と、図41～図46の負荷電流ディレーティング曲線を組み合わせて使用することにより、様々な空気流条件下におけるヒート・シンクなしの場合のLTM4683の熱抵抗 $\theta_{JA}$ の概算値を求めることができます。これらの熱抵抗は、ハードウェア（寸法が215mm × 160mm × 1.6mmで、すべての層に2オンスの銅箔を使用した8層FR4 PCB）上で実証されたLTM4683の性能を表しています。電力損失曲線は室温で測定し、ジャンクション温度が125°Cに達した場合は係数1.35を乗じています。ディレーティング曲線は、周囲温度25°Cで最大120Aの初期電流を供給するLTM4683の並列出力を使ってプロットしています。出力電圧は0.4V、0.6V、および0.7Vです。これらは熱抵抗との相関を検証するため、低めの出力電圧範囲と高めの出力電圧範囲を含めるよう選択されています。熱モデルは、温度制御チャンバー内のいくつかの温度測定と熱モデリング解析から導出されます。空気流のある場合とならない場合について周囲温度が上昇する間、ジャンクション温度がモニタされます。

ディレーティング曲線には、周囲温度の変化に伴う電力損失の増加が加味されます。周囲温度を増加させる間、ジャンクション温度は、出力電流または電力を低下させながら最大約125°Cに維持されます。この出力電流の低下により、周囲温度が上昇すると共にモジュール内部の損失が低下します。モニタされた125°Cのジャンクション温度から周囲動作温度を差し引いた値により、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定できます。図43の例に示すように、周囲温度約76°Cで空気流もヒート・シンクもなしの条件では、負荷電流が約84Aにディレーティングされ、室温（25°C）での電力損失は、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 0.6V$ 、 $I_{OUT} = 84A$ の条件で約9.3Wになります。 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 0.6V$ の電力損失曲線（図37）の84A時の値から得られる室温での損失約9.3Wに倍率1.35を乗じると、損失は12.56Wと計算できます。

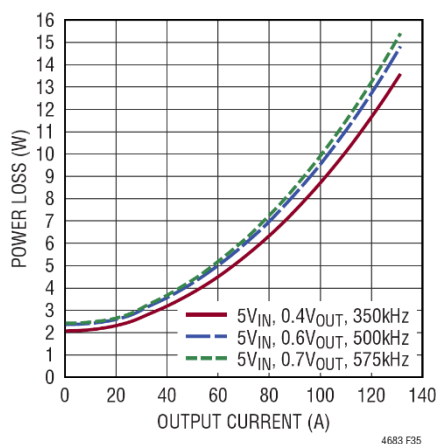


図35. 5V入力時の電力損失曲線

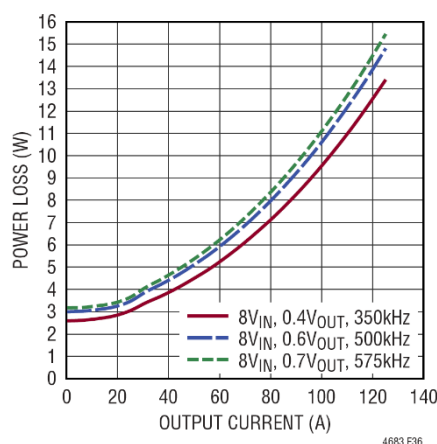


図36. 8V入力時の電力損失曲線

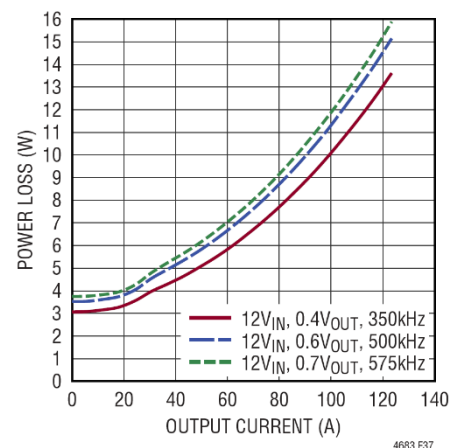


図37. 12V入力時の電力損失曲線

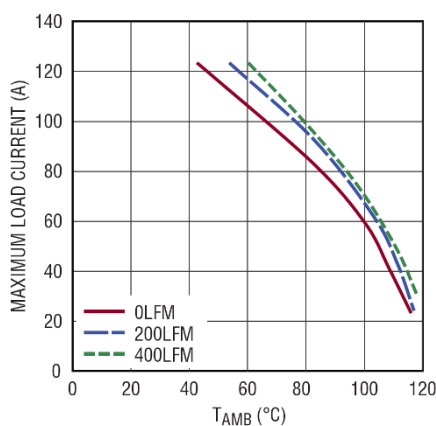


図38. 5V入力、0.4V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

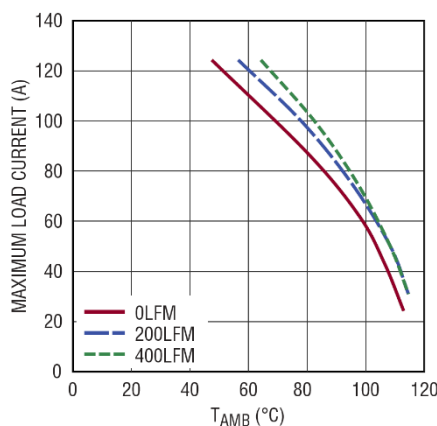


図39. 8V入力、0.4V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

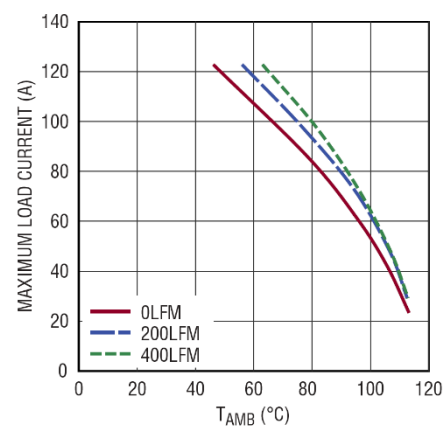


図40. 12V入力、0.4V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

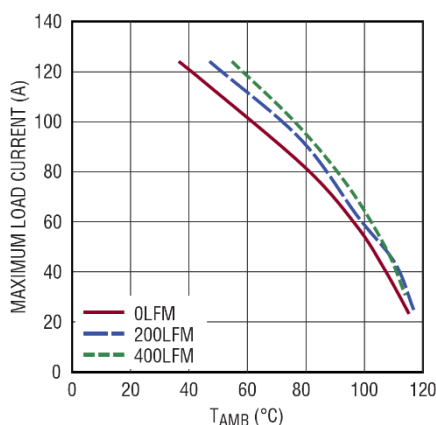


図41. 5V入力、0.6V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

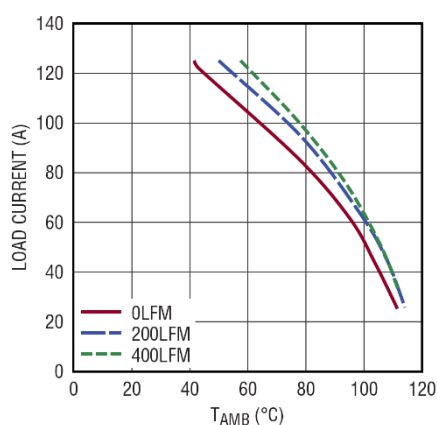


図42. 8V入力、0.6V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

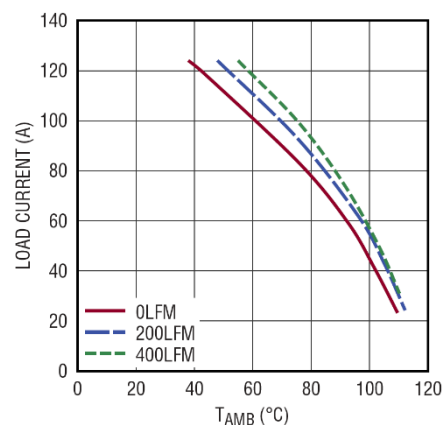


図43. 12V入力、0.6V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

## アプリケーション情報

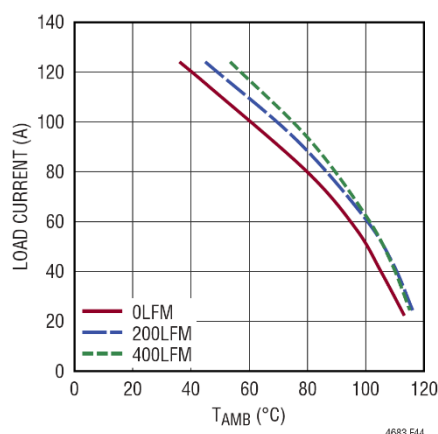


図44. 5V入力、0.7V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

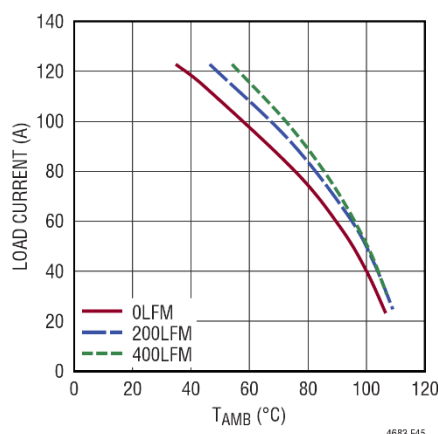


図45. 8V入力、0.7V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

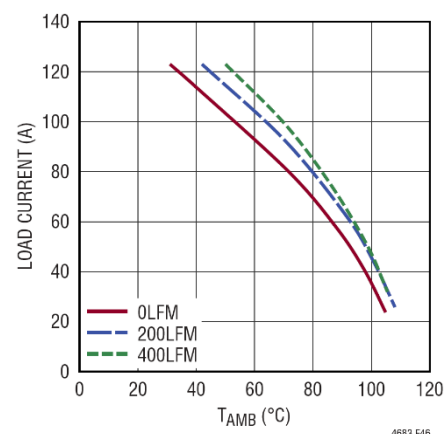


図46. 12V入力、0.7V出力でのディレーティング曲線（ヒート・シンクなし）

125°Cのジャンクション温度から76°Cの周囲温度を差し引き、その差を12.56Wで割ると、約4°C/Wという熱抵抗 $\theta_{JA}$ が得られます。この値は、ピン配置のセクションに示す熱シミュレーションから得られた値とほぼ一致します。空気流がある場合とない場合の0.4V、0.6V、0.7V出力の等価熱抵抗を、表10～表12に示します。

様々な条件に対する表10～表12の熱抵抗に、周囲温度の関数として算出した電力損失を乗じると、周囲温度からの温度上昇値が得られ、これから最高ジャンクション温度が得られます。室温での電力損失は代表的な性能特性のセクションに示す効率曲線から求めることができ、更に前述の周囲温度の倍率で調整することができます。

表10. 0.4V出力

DERATING CURVE	$V_{IN}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 38 to Figure 40	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	0	None	4.25
Figure 38 to Figure 40	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	200	None	4
Figure 38 to Figure 40	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	400	None	3

表11. 0.6V出力

DERATING CURVE	$V_{IN}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 41 to Figure 43	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	0	None	4.25
Figure 41 to Figure 43	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	200	None	4
Figure 41 to Figure 43	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	400	None	3

表12. 0.7V出力

DERATING CURVE	$V_{IN}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 44 to Figure 46	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	0	None	4.25
Figure 44 to Figure 46	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	200	None	4
Figure 44 to Figure 46	5, 8, 12	Figure 35 to Figure 37	400	None	3

表13. 1チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択：負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/μs

V <sub>IN</sub> (V)	V <sub>OUT</sub> (V)	I <sub>UM</sub> RANGE	V <sub>OUT</sub> RANGE	C <sub>OUT</sub> (CER CAP)	C <sub>OUT</sub> (BULK CAP)	C <sub>COMPb</sub> (pF)	C <sub>COMPa</sub> (nF)	R <sub>COMP</sub> (kΩ)	EA-g <sub>m</sub> (mS)	f <sub>sw</sub> (kHz)	LOAD STEP (A)	V <sub>OUT</sub> DROOP (mV)	PK-PK DEVIATION (mV)	RECOVERY TIME (μs)	PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz)	PHASE MARGIN (DEG)	GAIN MARGIN (dB)	GAIN MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz)
5	0.3	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×4	150	4.7	15	3.02	250	10 to 20	15	30	35	35	64	-16	173
12	0.3	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×4	150	4.7	9	3.02	250	10 to 20	15	30	50	30	60	-15	112
5	0.4	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×4	150	4.7	15	3.02	425	10 to 20	15	30	35	41	58	-15	170
12	0.4	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×4	150	4.7	13	3.02	250	10 to 20	20	40	45	28	62	-14	112
5	0.5	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×3	150	4.7	13	3.02	575	10 to 20	16	32	30	45	65	-16	212
12	0.5	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×3	150	4.7	13	3.02	425	10 to 20	15	30	40	45	60	-15	169
5	0.6	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×2	150	4.7	13	3.02	575	10 to 20	20	40	30	56	60	-12	210
12	0.6	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×2	150	4.7	13	3.02	425	10 to 20	13	26	35	54	56	-12	157
5	0.7	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×2	150	4.7	13	3.02	650	10 to 20	20	40	30	57	60	-14	230
12	0.7	High	Low	*100μF ×4	**560μF ×2	150	4.7	13	3.02	575	10 to 20	20	40	30	57	57	-14	198

\*TDK C3225X5R0J107M、100 μF、6.3V、X5R。  
\*\*パナソニックEEFGX0D561R、560μF、2.0V、3mΩ。  
これらの値は、BODE Analyzerでチェックする必要があります。



## アプリケーション情報

表14.1 チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択：オールセラミック構成、負荷ステップ10Aから20A、スルー・レート10A/μs

$V_{IN}$ (V)	$V_{OUT}$ (V)	$I_{LIM}$ RANGE	$V_{OUT}$ RANGE	$C_{OUT}$ (CER CAP)	$C_{OUT}$ (BULK CAP)	$C_{COMPPh}$ (pF)	$C_{COMPPh}$ (nF)	$R_{COMP}$ (kΩ)	$EA-g_m$ (mS)	$f_{SW}$ (kHz)	LOAD STEP (A)	$V_{OUT}$ DROOP (mV)	PK-PK DEVIATION (mV)	RECOVERY TIME (μs)	PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz)	PHASE MARGIN (DEG)	GAIN MARGIN (dB)	GAIN CROSS OVER FREQ (kHz)
5	0.3	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	8	3.02	350	10 to 20	22	44	50	22	56	-14	85
12	0.3	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	8	3.02	250	10 to 20	22	44	50	22	56	-14	85
5	0.4	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	9	3.02	350	10 to 20	20	40	40	26	58	-15	108
12	0.4	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	8	3.02	250	10 to 20	15	30	50	22	56	-14	84
5	0.5	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	500	10 to 20	15	30	40	35	51	-15	121
12	0.5	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	425	10 to 20	15	30	35	35	50	-13.5	102
5	0.6	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	500	10 to 20	15	30	35	35	52	-15	123
12	0.6	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	500	10 to 20	15	30	35	35	50	-14	106
5	0.7	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	500	10 to 20	20	40	30	57	60	-14	230
12	0.7	High	Low	*220μF x12	None	150	4.7	13	3.02	500	10 to 20	15	30	40	35	52	-16	125

\*村田製作所GRM32EC80E227ME05L、220 μF、2.5V、X6S。  
これらの値は、BODE Analyzerでチェックする必要があります。

表15. デュアル接続チャネルの出力電圧とコンデンサの選択：パルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、負荷ステップ10Aから30A、スルー・レート20A/μs

V <sub>IN</sub>	V <sub>OUT</sub> (V)	I <sub>LIM</sub> RANGE	V <sub>OUT</sub> RANGE	C <sub>OUT</sub> (CER CAP)	C <sub>OUT</sub> (BULK CAP)	C <sub>COMPb</sub> (pF)	C <sub>COMPa</sub> (nF)	R <sub>COMP</sub> (kΩ)	EA-g <sub>m</sub> (mS)	f <sub>sw</sub> (kHz)	LOAD STEP (A)	V <sub>OUT</sub> DROOP (mV)	PK-PK DEVIATION (mV)	RECOVERY TIME (μs)	PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz)	PHASE MARGIN (DEG)	GAIN MARGIN (dB)	GAIN CROSS OVER FREQ (kHz)
12	0.3	High	Low	*100μF x8	**560μF x4	150	4.7	8	2.35	250	10 to 30	22	44	30	28	78	-15	137
12	0.4	High	Low	*100μF x8	**560μF x4	150	4.7	11	2.35	350	10 to 30	18	36	30	39	76	-10	169
12	0.5	High	Low	*100μF x8	**560μF x4	150	4.7	11	2.35	425	10 to 30	20	40	25	40	78	-13	196
12	0.6	High	Low	*100μF x8	**560μF x4	150	4.7	15	2.35	525	10 to 30	15	30	20	56	72	-12	211
12	0.7	High	Low	*100μF x8	**560μF x4	150	4.7	15	2.35	575	10 to 30	15	30	20	56	72	-12	227

\*TDK C3225X5R0J107M, 100 μF, 6.3V, X5R。  
\*\*パナソニックEEFGXD561R, 560μF, 2.0V, 3mΩ。  
これらの値は、BODE Analyzerでチェックする必要があります。

## アプリケーション情報

表16. クワッド接続チャネルの出力電圧とコンデンサの選択：パルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサ構成、負荷ステップ10Aから40A、スルー・レート15A/ $\mu$ s

$V_{IN}$ (V)	$I_{LIM}$ RANGE	$V_{OUT}$ RANGE	$C_{OUT}$ (CER CAP)	$C_{OUT}$ (BULK CAP)	$C_{COMPb}$ (pF)	$C_{COMPa}$ (nF)	$R_{COMP}$ (k $\Omega$ )	EA-gm (mS)	$f_{SW}$ (kHz)	LOAD STEP (A)	$V_{OUT}$ DROOP (mV)	PK-PK DEVIATION (mV)	RECOVERY TIME ( $\mu$ s)	PHASE MARGIN CROSS OVER FREQ (kHz)	PHASE MARGIN (DEG)	GAIN MARGIN (dB)	GAIN CROSS OVER FREQ (kHz)
12	0.5	High	Low	*100 $\mu$ F x12	**560 $\mu$ F x4	220	2.7	11	2.35	425	10 to 40	14	20	55	64	-10	207
12	0.6	High	Low	*100 $\mu$ F x12	**560 $\mu$ F x4	220	2.7	11	2.35	500	10 to 40	13	20	56	66	-11	231
12	0.7	High	Low	*100 $\mu$ F x12	**560 $\mu$ F x4	220	2.7	13	2.35	575	10 to 40	13	20	70	68	-10	249

\*TDK C3225X3R0J107M, 100  $\mu$ F, 6.3V, X5R.\*\* EEFGX0D561R, 560  $\mu$ F, 2.0V, 3m $\Omega$ .

これらの値は、BODE Analyzerでチェックする必要があります。

## アプリケーション情報

## EMI性能

SW<sub>n</sub>ピンは、LTM4683の電力段にあるパワーMOSFETの中間点に接続されています。

SW<sub>n</sub>とGNDの間にオプシオンの直列RCネットワークを接続すると、切替え電流経路の寄生インダクタンスと寄生容量によって発生する高周波（約30MHz以上）のスイッチ・ノード・リングングを減衰させることができます。このRCネットワークは寄生成分による共振を減衰させる（抑制する）のでスナバ（抑制）回路と呼ばれますが、電力損失が大きくなります。スナバ回路を使用するには、まず、この動作に割り当てる電力とスナバ回路の実装に利用できるPCBの面積を決定します。例えば、低インダクタンスの0.5W抵抗を使用できるスペースがPCB上にある場合、スナバ回路のコンデンサ（C<sub>SW</sub>）は式7で計算されます。

$$C_{SW} = \frac{P_{SNUB}}{V_{INn(MAX)}^2 \cdot f_{SW}} \quad (7)$$

ここで、V<sub>INn(MAX)</sub>はそのアプリケーションにおける電力段への入力電圧（V<sub>INn</sub>）の最大値、f<sub>SW</sub>はDC/DCコンバータ動作時のスイッチング周波数です。C<sub>SW</sub>は、NPO、C0G、またはX7Rタイプ（もしくはそれ以上のもの）とする必要があります。

スナバ抵抗（R<sub>SW</sub>）の値は式8で与えられます。

$$R_{SW} = \sqrt{\frac{5nH}{C_{SW}}} \quad (8)$$

スナバ抵抗は、低ESLでスナバ回路に生じるパルス電流に耐えられるものにします。通常は0.7Ω～4.2Ωの範囲です。

初期値としては、2.2nFのスナバ・コンデンサをスナバ抵抗と直列にグラウンドに接続するのが妥当です。様々なRC直列スナバ部品を選択する際には、無負荷時の入力自己消費電流をモニタすれば、電力損失の増加量とスイッチ・ノードのリングング減衰量の関係を知ることができます。

## 安全に関する考慮事項

LTM4683モジュールのV<sub>IN</sub>とV<sub>OUT</sub>は、電氣的に絶縁されていません。また、内部ヒューズもありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格値を持つ低速溶断ヒューズを使って、各ユニットを致命的損傷から保護してください。

内部上側MOSFETのフォルトによって過電圧状態が生じた場合にレギュレータへの電流を制限できる、ヒューズまたは回路ブレーカを選択する必要があります。内部上側MOSFETにフォルトが発生した場合、これをオフするだけでは過電圧は解消されません。したがって、内部下側MOSFETがオンのままになって負荷を保護しようとしめます。このようなフォルト状態では、フォルトが発生した内部上側MOSFETとイネーブルされた内部下側MOSFETを通り、入力電圧源からグラウンドに非常に大きな電流が流れます。この電流は、入力電圧源がこのシステムに供給できる電力量に応じて、過度の熱を発生させたり基板に損傷を与えたりするおそれがあります。ヒューズまたは回路ブレーカは、このような状況に対する2次的なフォルト保護策として使用できます。デバイスは、過電流保護機能と過熱保護機能をサポートしています。

## レイアウトのチェックリスト／サンプル

LTM4683は高度に集積化されているので、PCB基板のレイアウトが極めて容易です。ただし、電氣的性能と熱的性能を最適化するには、以下に示すレイアウト上の配慮がある程度必要になります。

- V<sub>INn</sub>、GNDおよびV<sub>OUTn</sub>を含む大電流パスでは、PCBの銅箔面積を広くします。これは、PCBの導通損失と熱ストレスを最小限に抑える助けとなります。
- 高周波ノイズを最小限に抑えるため、高周波の入出力セラミック・コンデンサをV<sub>INn</sub>ピン、GNDピンおよびV<sub>OUTn</sub>ピンの近くに配置します。
- モジュールの下に専用の電源グラウンド層を配置します。
- ビアの伝導損失を最小限に抑え、モジュールの熱ストレスを低減するため、最上層と他の電源層の接続には複数のビアを使用します。



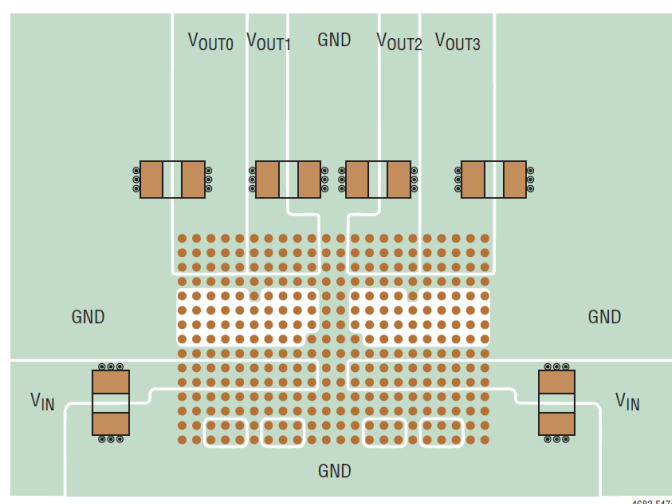
## アプリケーション情報

- ピアはキャップまたはメッキされていない限り、パッド上には直接配置しないでください。
- 信号ピンに接続されている部品には、他とは別のSGND銅箔プレーンを使用します。SGNDはLTM4683の近くにあるGNDに接続してください。
- 入力電流のモニタリングを使用する場合は、入力  $R_{SENSE}$  抵抗の両端にケルビン検出回路を接続します。

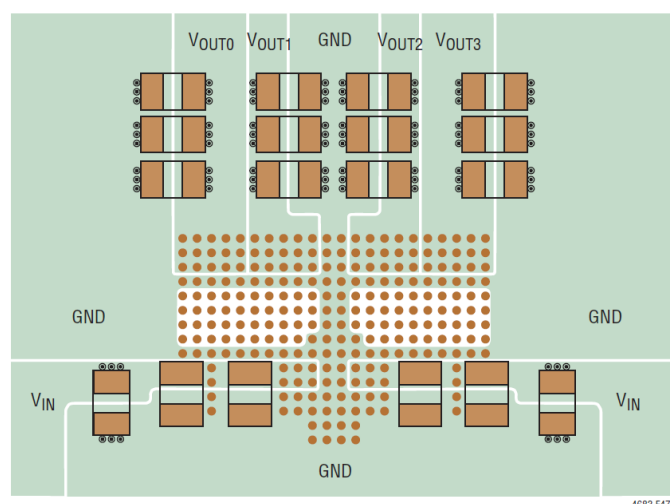
並列モジュールの場合、 $V_{OUTn}$ 、 $V_{OSNSn}^+/V_{OSNSn}^-$ 電圧検出  
差動ペア線、 $RUNn$ 、 $COMPna$ 、 $COMPnb$ ピンを互いに  
接続します。

- これらのデバイスでは、SYNC\_nn、SHARE\_CLK\_nn、FAULTn、ALERT\_nnの各ピンを共用する必要があります。FAULTn、SHARE\_CLK\_nn、ALERT\_nnには必ずプルアップ抵抗を使用してください。
- モニタリングのため、信号ピンからテスト・ポイントを引き出します。

推奨レイアウトの例を図47に示します。



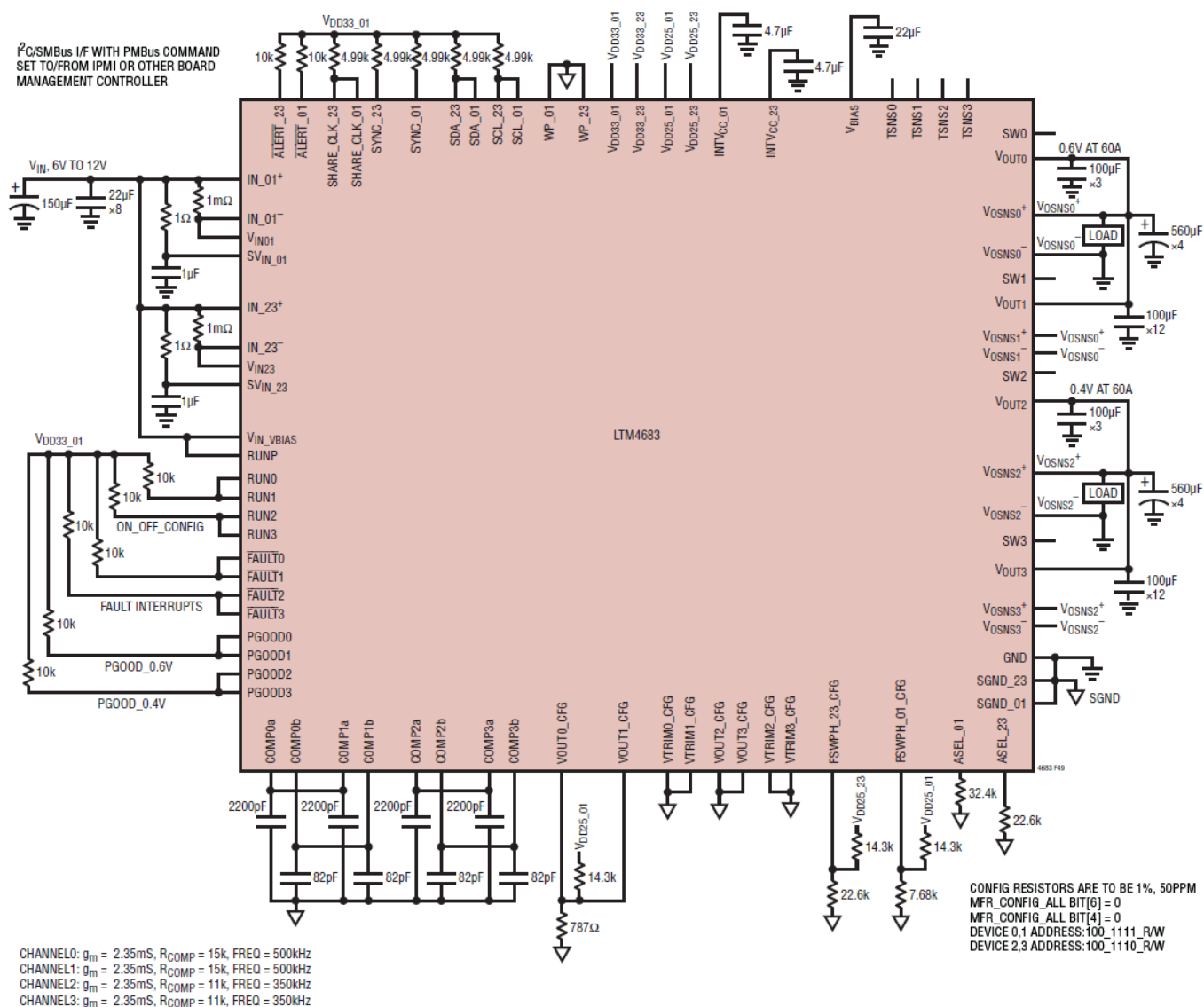
(a) LTM4683の最上層



(b) LTM4683の最下層

図47. 推奨PCBレイアウト・パッケージ、上面図





**図49. I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを備えた0.6Vおよび0.4V出力（60A）構成**

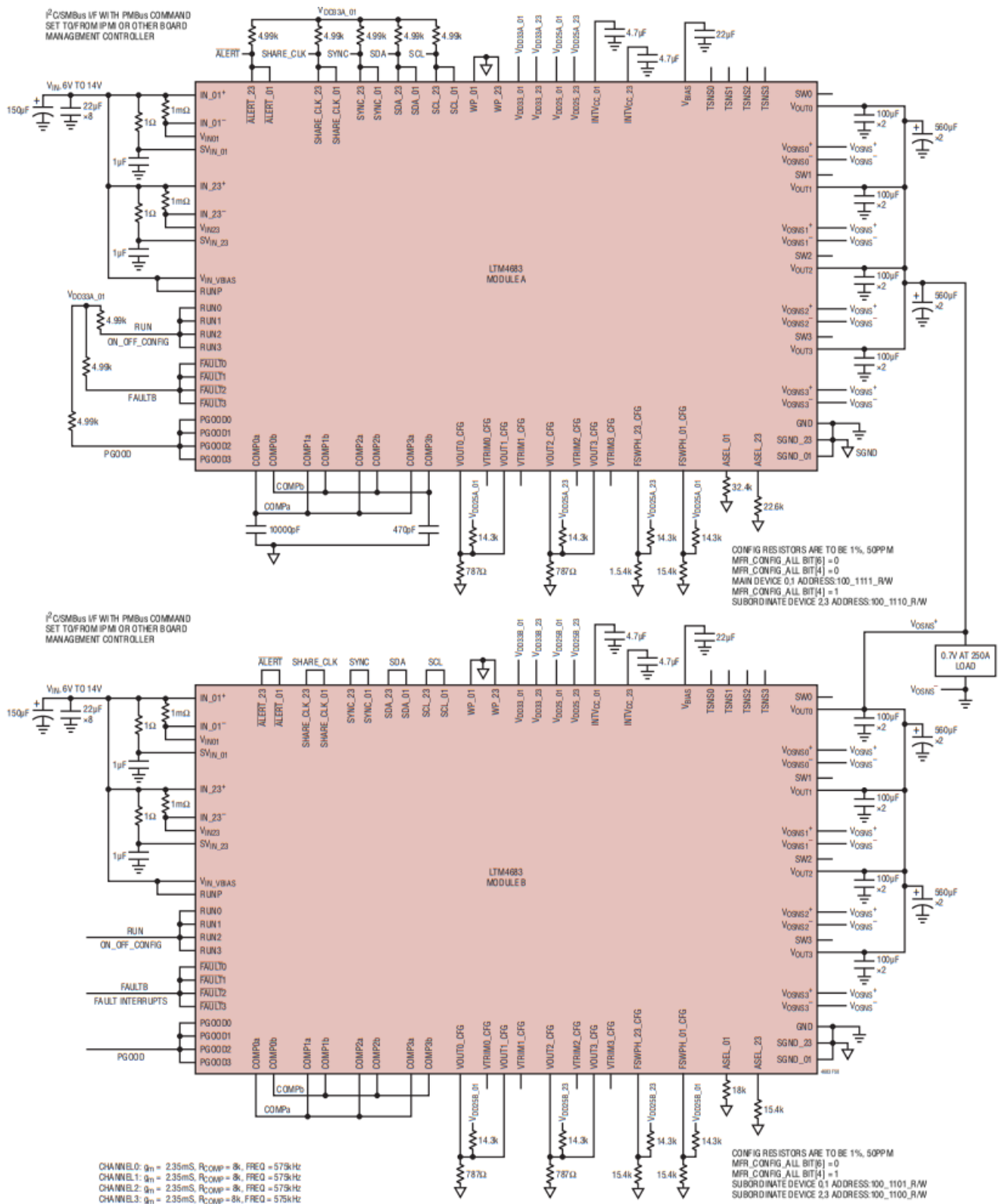
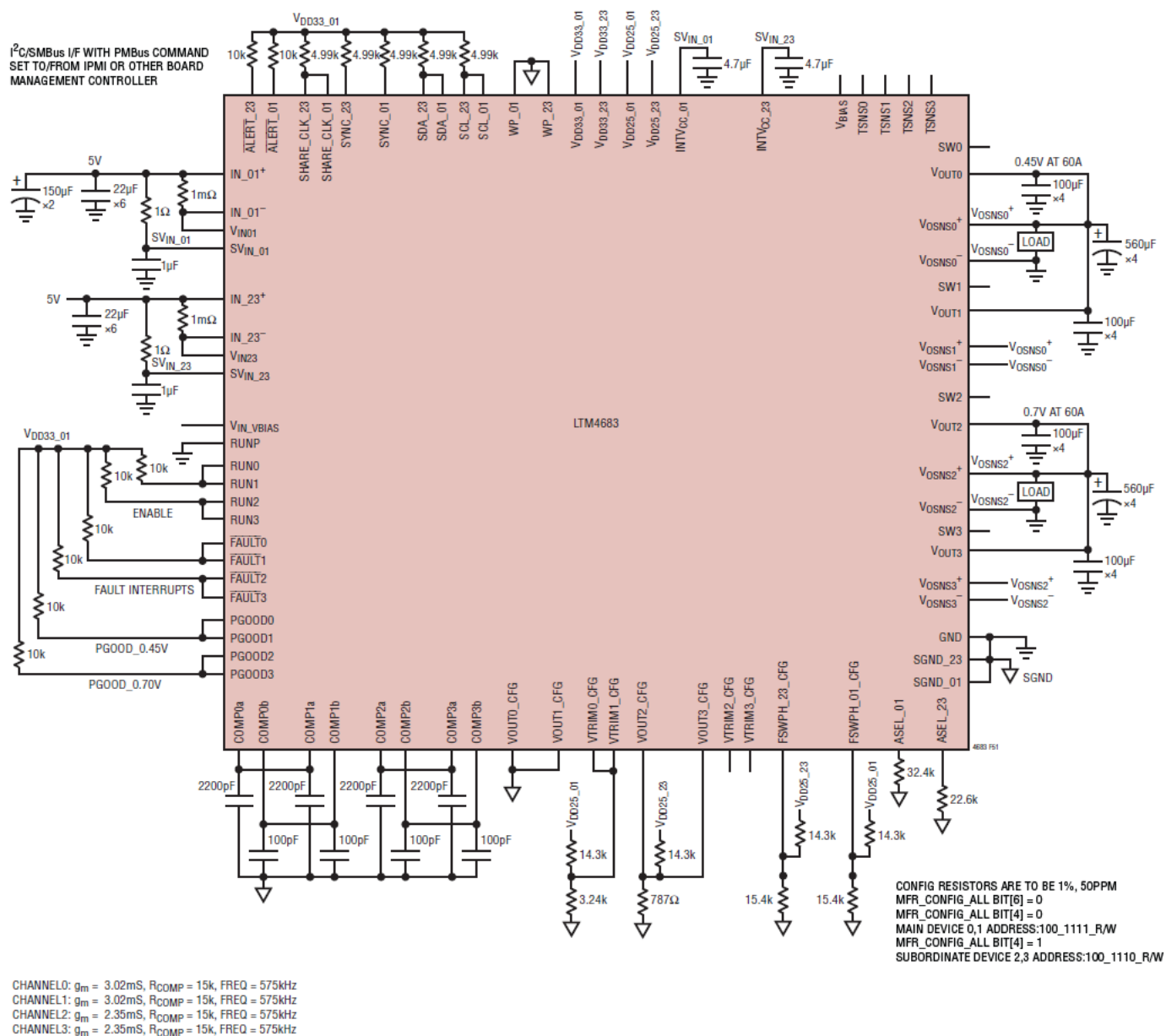


図50. 0.7V/250Aを出力する2つのLTM4683の並列接続。2線式I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを介して使用可能なパワー・システム・マネージメント機能を内蔵



## 代表的なアプリケーション

図51. I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを備えた5V電源入力の0.45V/60Aおよび0.7V/60A出力構成

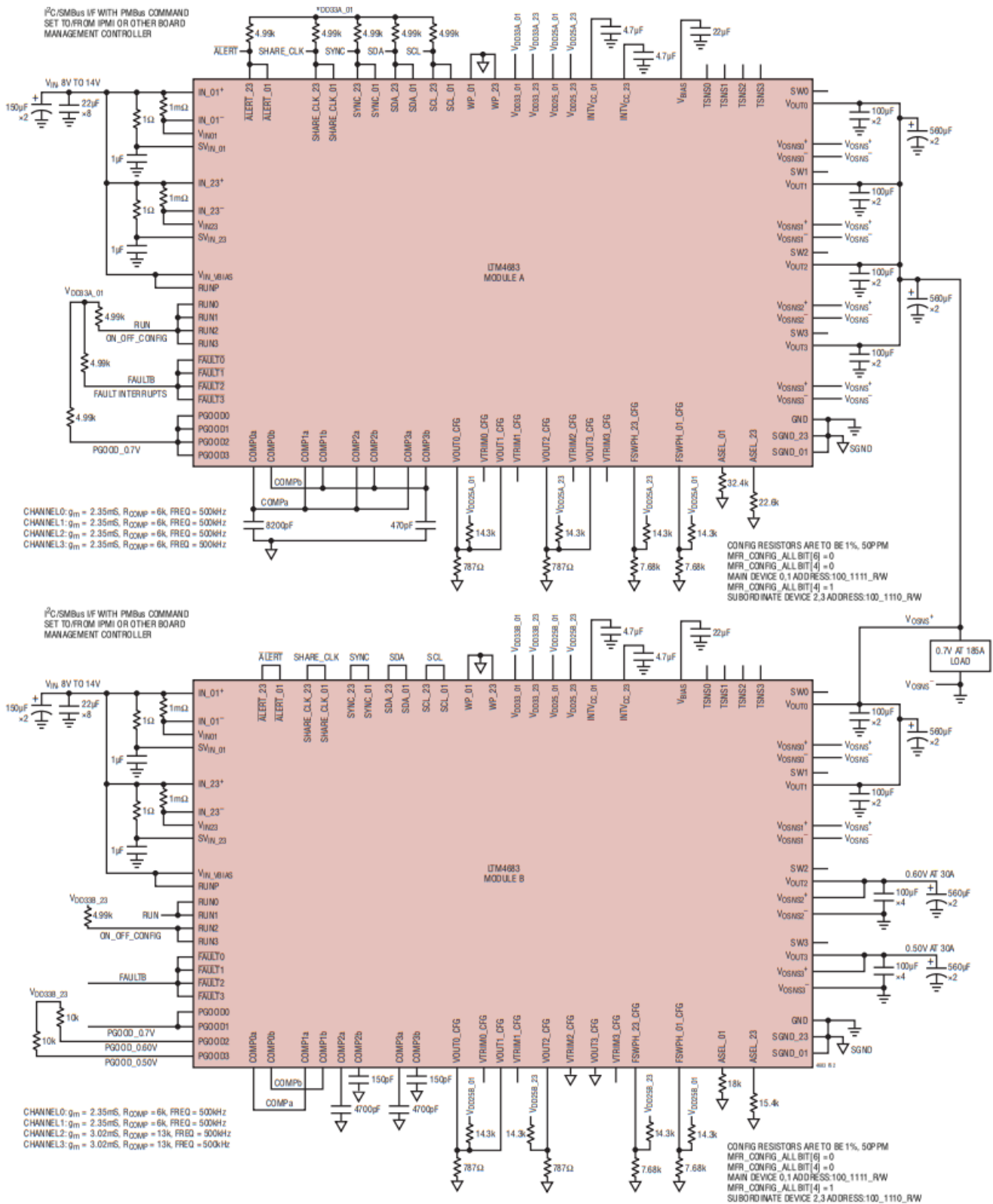


図52. 0.7V/185A、0.6V/30A、0.5V/30Aを生成する6フェーズ動作。パワー・システム・マネージメント機能がLTM4683の2線式I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを介して使用可能

## PMBusコマンドの詳細

### アドレス指定と書き込み保護

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
PAGE	0x00	Provides integration with multi-page PMBus devices.	R/W Byte	N	Reg			0x00
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	Write a supported command directly to a PWM channel.	W Block	N				
PAGE_PLUS_READ	0x06	Read a supported command directly from a PWM channel.	Block R/W	N				
WRITE_PROTECT	0x10	Level of protection provided by the device against accidental changes.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00
MFR_ADDRESS	0xE6	Sets the 7-bit I <sup>2</sup> C address byte.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	Common address for PolyPhase outputs to adjust common parameters.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80

#### PAGE

PAGEコマンドは、MFR\_ADDRESSまたはグローバル・デバイス・アドレスのいずれか一方の物理アドレスだけで、両方のPWMチャンネルの設定、制御、およびモニタを行います。各PAGEには、1つのPWMチャンネルの動作コマンドが格納されます。

ページ0x00はチャンネル0に、ページ0x01はチャンネル1に対応しています。

ASEL\_01はチャンネル0とチャンネル1のアドレス、ASEL\_23はチャンネル2とチャンネル3のアドレスを設定します。それぞれのASELピンには異なるアドレスが設定されます。

PAGEを0xFFに設定すると、以下のいずれのページ指定されたコマンドも両方の出力に適用されます。PAGEを0xFFに設定すると、LTM4683は、PAGEを0x00（チャンネル0の結果）に設定した場合と同じように読出しコマンドに応答します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

#### PAGE\_PLUS\_WRITE

PAGE\_PLUS\_WRITEコマンドは、デバイス内のページ指定、コマンドの送信、そのコマンドのデータの送信を、すべて1つの通信パケットで実行します。現在の書き込み保護レベルによって許可されているコマンドは、PAGE\_PLUS\_WRITEを使用して送信できます。

PAGEコマンドで保存された値は、PAGE\_PLUS\_WRITEの影響を受けません。PAGE\_PLUS\_WRITEを使用してページ指定されていないコマンドを送信した場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドはブロック書き込みプロトコルを使用します。2データ・バイトを伴うコマンドを送信するPEC付きPAGE\_PLUS\_WRITEコマンドの例を図53に示します。

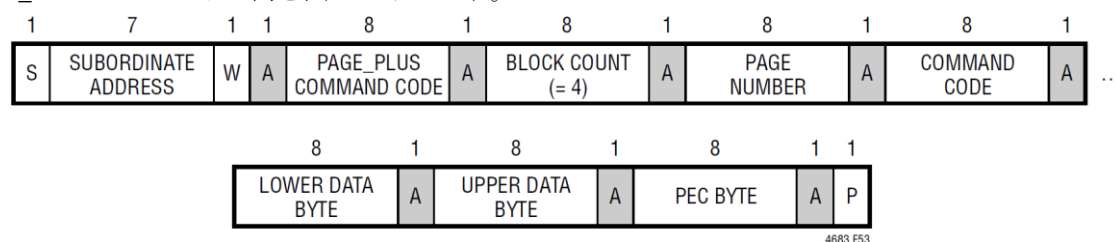


図53. PAGE\_PLUS\_WRITEの例

#### PAGE\_PLUS\_READ

PAGE\_PLUS\_READコマンドは、デバイス内のページ指定、コマンドの送信、そのコマンドによって返されたデータの読出しを、すべて1つの通信パケットで実行します。

PMBusコマンドの詳細

PAGEコマンドで保存された値は、PAGE\_PLUS\_READの影響を受けません。PAGE\_PLUS\_READを使用してページ指定されていないコマンドにアクセスした場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドはプロセス呼び出しプロトコルを使用します。PEC付きPAGE\_PLUS\_READコマンドの例を図54に示します。

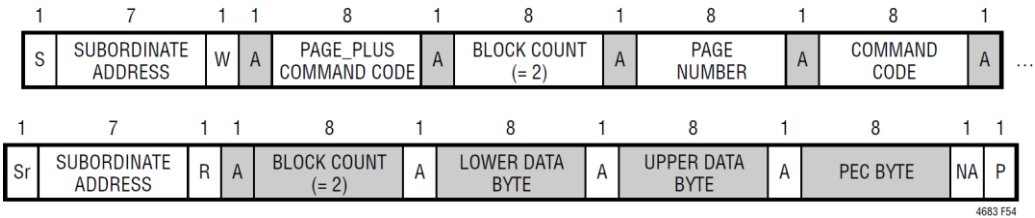


図54. PAGE\_PLUS\_READの例

注：PAGE\_PLUSコマンドをネストすることはできません。PAGE\_PLUSコマンドを使って、別のPAGE\_PLUSコマンドの読出しや書き込みを行うことはできません。このような処理を行おうとすると、LTM4683はPAGE\_PLUSパケット全体に対してNACKを返し、無効なデータやサポートされていないデータに対するCMLフォルトを生成します。

WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECTコマンドは、LTM4683デバイスへの書き込みを制御するために使用します。このコマンドは、MFR\_COMMONコマンドで定義されるWPピンの状態は表示しません。WPピンはこのコマンドの値より優先されます。

BYTE	MEANING
0x80	Disable all writes except to the WRITE_PROTECT, PAGE, MFR_EE_UNLOCK, and STORE_USER_ALL commands.
0x40	Disable all writes except to the WRITE_PROTECT, PAGE, MFR_EE_UNLOCK, MFR_CLEAR_PEAKS, STORE_USER_ALL, OPERATION and CLEAR_FAULTS command. Individual fault bits can be cleared by writing a 1 to the respective bits in the STATUS commands.
0x20	Disable all writes except to the WRITE_PROTECT, OPERATION, MFR_EE_UNLOCK, MFR_CLEAR_PEAKS, CLEAR_FAULTS, PAGE, ON_OFF_CONFIG, VOUT_COMMAND and STORE_USER_ALL. Individual fault bits can be cleared by writing a 1 to the respective bits in the STATUS commands.
0x10	Reserved, must be 0
0x08	Reserved, must be 0
0x04	Reserved, must be 0
0x02	Reserved, must be 0
0x01	Reserved, must be 0

WRITE\_PROTECTを0x00に設定すると、すべてのコマンドへの書き込みがイネーブルされます。

WPピンがハイの場合は、PAGE、OPERATION、MFR\_CLEAR\_PEAKS、MFR\_EE\_UNLOCK、WRITE\_PROTECT、CLEAR\_FAULTSの各コマンドが使用できます。個々のフォルト・ビットは、STATUSコマンドの該当ビットに1を書き込むことによってクリアできます。



## PMBusコマンドの詳細

### MFR\_ADDRESS

MFR\_ADDRESSコマンド・バイトは、このデバイスのPMBusスレーブ・アドレスを構成する7個のビットを設定します。

このコマンドの値を0x80に設定すると、デバイスのアドレス指定がディスエーブルされます。グローバル・デバイス・アドレスの0x5Aと0x5Bを非アクティブにすることはできません。R\_CONFIGを無視するように設定した場合でも、引き続きASEL\_nnピンを使ってチャンネル・アドレスのLSBが決定されます。ASEL\_01ピンとASEL\_23ピンの両方がオープンの場合、LTM4683はNVMに保存されたアドレス値を使用します。ASEL\_nnピンがオープンの場合、LTM4683はNVMに保存されたMFR\_ADDRESS値の下位4ビットを使って、デバイスの有効なアドレスを設定します。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_RAIL\_ADDRESS

MFR\_RAIL\_ADDRESSコマンドを使用すると、デバイス・アドレスを使い、PAGEコマンドでアクティブにしたチャンネルへ直接アクセスすることができます。このコマンドの値は、1つの電源レールに接続されたすべてデバイスで共通にする必要があります。

このアドレスにはコマンド書込みだけを実行してください。このアドレスから読出しを行うと、レール接続デバイスが完全に同じ値で応答しない限り、LTM4683はバス競合を検出してCML通信フォルトを生成します。

このコマンドの値を0x80に設定すると、そのチャンネルのレール・デバイス・アドレス指定がディスエーブルされます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## 汎用設定コマンド

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	Configuration bits that are channel-specific	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	General configuration bits	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21

### MFR\_CHAN\_CONFIG

複数のアナログ・デバイセズ製品に共通の汎用設定コマンド。

BIT	MEANING
7	Reserved
6	Reserved
5	Reserved
4	Disable RUN Low. When asserted, the RUN pin is not pulsed low if commanded Off.
3	Enable Short Cycle recognition if this bit is set to a 1.
2	SHARE_CLOCK control. If SHARE_CLOCK is held low, the output is disabled.
1	No FAULT ALERT, ALERT is not pulled low if FAULT is pulled low externally. Assert this bit if either POWER_GOOD or VOUT_UVUF are propagated on FAULT.
0	Disables the V <sub>OUT</sub> decay value requirement for MFR_RETRY_TIME and t <sub>OFF(MIN)</sub> processing. When this bit is set to a 0, the output must decay to less than 12.5% of the programmed value for any action that turns off the rail, including a fault, an Off/On command, or a toggle of RUN from high to low to high.

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

PMBusコマンドの詳細

デバイスがオフにされTOFF\_DELAY状態またはTOFF\_FALL状態を処理している場合、PWMチャンネルをオンに戻す（つまり再びアクティブにする）よう指示すると、必ずShortCycleイベントが発生します。PWMチャンネルは、RUNピンまたはPMBusのOPERATIONコマンドを使ってオン／オフすることができます。

TOFF\_DELAYの間にPWMチャンネルが再びアクティブになると、デバイスは以下のように動作します。

- 1. PWMチャンネル出力を直ちにスリーステートにします。
- 2. tOFF(MIN)で指定された再試行遅延タイマーを始動します。
- 3. tOFF(MIN)で指定された時間が経過するとPWMチャンネルがTON\_DELAY状態へ移行し、STATUS\_MFR\_SPECIFICのビット#1がアサートされます。

TOFF\_FALLの間にPWMチャンネルが再びアクティブになると、デバイスは以下のように動作します。

- 1. PWMチャンネル出力のランプ・ダウンを停止します。
- 2. PWMチャンネル出力を直ちにスリーステートにします。
- 3. tOFF(MIN)で指定された再試行遅延タイマーを始動します。
- 4. tOFF(MIN)で指定された時間が経過するとPWMチャンネルがTON\_DELAY状態へ移行し、STATUS\_MFR\_SPECIFICのビット#1がアサートされます。

ShortCycleイベントが発生して、MFR\_CHAN\_CONFIGのShortCycleに関連するビットがセットされていない場合、PWMチャンネルのステート・マシンは、それ以前にユーザが指定した内容に従って、そのTOFF\_DELAYとTOFF\_FALLの動作を完了させます。

MFR\_CONFIG\_ALL

複数のアナログ・デバイス製品に共通の汎用設定コマンド。

BIT	MEANING
7	Enable fault logging
6	Ignore resistor configuration pins
5	Mask PMBus, Part II, Section 10.9.1 Violations
4	Disable SYNC output
3	Enable 255ms PMBus timeout
2	A valid PEC is required for PMBus writes to be accepted. If this bit is not set, the part will accept commands with invalid PEC.
1	Enable the use of PMBus clock stretching
0	Execute CLEAR_FAULTS on the rising edge of either RUN pin

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

オン／オフ／マージン

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN pin and PMBus bus on/off command configuration.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E
OPERATION	0x01	Operating mode control. On/off, margin high, and margin low.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80
MFR_RESET	0xFD	Commanded reset without requiring a power-down.	Send Byte	N				NA

## PMBusコマンドの詳細

### ON\_OFF\_CONFIG

ON\_OFF\_CONFIGコマンドは、PWMチャンネルをオン／オフするために必要なRUN<sub>n</sub>ピン入力状態とPMBusコマンドの組み合わせを指定します。

#### サポートされている値

VALUE	MEANING
0x1F	OPERATION value and RUN <sub>n</sub> pin must both command the device to start/run. The device executes immediate off when commanded off.
0x1E	OPERATION value and RUN <sub>n</sub> pin must both command the device to start/run. The device uses TOFF_COMMAND values when commanded off.
0x17	RUN <sub>n</sub> pin control with immediate off when commanded off. OPERATION on/off control ignored.
0x16	RUN <sub>n</sub> pin control using TOFF_COMMAND values when commanded off. OPERATION on/off control ignored.

サポートされていないON\_OFF\_CONFIG値を設定するとCMLフォルトが生成され、コマンドは無視されます。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### OPERATION

OPERATIONコマンドは、ユニットをオン／オフするためにRUN<sub>n</sub>ピンからの入力と組み合わせて使用します。また、ユニットの出力電圧をマージン電圧の上限または下限に設定する場合にも使用します。ユニットは、新たなOPERATIONコマンドやRUN<sub>n</sub>ピン状態の変化によってデバイスが別のモードに変化するように指示されるまで、指定された動作モードを維持します。デバイスがMARGIN\_LOW/HIGH状態で保存された場合は、次のRESETまたはPOWER\_ONサイクル時にその状態までランピングします。OPERATIONコマンドを変更すると（例えばオンをMARGIN\_LOWに変更すると）、出力はVOUT\_TRANSITION\_RATEによって設定された固定の勾配で変化します。デフォルトの動作コマンドはシーケンス・オフです。出荷時のデフォルト・プログラミング状態でデバイスにV<sub>IN</sub>を印加した場合は、VOUT\_CONFIG抵抗設定ピンを配線しないと、出力オフが指定されます。

デフォルトでは、デバイスはシーケンス・オフ状態になります。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

#### サポートされている値

VALUE	MEANING
0xA8	Margin high
0x98	Margin low
0x80	On (V <sub>OUT</sub> back to nominal even if bit 3 of ON_OFF_CONFIG is not set).
0x40*	Soft off (with sequencing)
0x00*	Immediate off (no sequencing)

\* ON\_OFF\_CONFIGのビット3がセットされていない場合、デバイスはこれらのコマンドに応答しません。

サポートされていないOPERATION値を設定するとCMLフォルトが生成され、コマンドは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_RESET

このコマンドは、シリアル・バスからLTM4683をリセットします。これにより、LTM4683は両方のPWMチャンネルをオフにして、内部EEPROMから動作メモリをロードします。更にすべてのフォルトをクリアし、PWMチャンネルがイネーブルされている場合はその両方をソフトスタートします。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

PMBusコマンドの詳細

PWM設定

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWM loop compensation configuration	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x48
MFR_PWM_MODE	0xD4	Configuration for the PWM engine.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC7
MFR_PWM_CONFIG	0xF5	Set numerous parameters for the DC/DC controller, including phasing.	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10
FREQUENCY_SWITCH	0x33	Switching frequency of the controller.	R/W Word	N	L11	kHz	Y	425 0xFB52

MFR\_PWM\_MODE

MFR\_PWM\_MODEコマンドは、重要なPWM制御をチャンネルごとに設定します。  
MFR\_PWM\_MODEコマンドを使用すると、PWMコントローラが不連続導通モード（パルス・スキッピング・モード）と強制連続導通モードのどちらを使用するかをプログラムできます。

BIT	MEANING
7	Use high range of I <sub>LIMIT</sub>
0b	Low current range
1b	High current range
6	Enable servo mode
5	External temperature sense: 0: ΔV <sub>BE</sub> measurement. Now reserved, ΔV <sub>BE</sub> only supported.
4	Page 0 Only: Use of TSNS <sub>n</sub> -Sensed Temperature Telemetry 0 – Temperature sensed through TSNS1,3 is used to temperature-correct the current-sense information digitized by Channel 1,3's power stage. 1 – Temperature sensed through TSNS0,2 is used to temperature-correct the current-sense information digitized by Channel 0,2's power stage.
3	Reserved
2	Reserved
1	V <sub>OUT</sub> range
1b	The maximum output voltage is 2.75V.
0b	The maximum output voltage is 3.6V, NOT NEEDED.
Bit[0]	Mode
0b	Discontinuous-conduction mode
1b	Forced continuous mode

このコマンドのビット[7]は、デバイスがIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITコマンドの高電流レンジと低電流レンジのどちらで動作するかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループのゲインと補償が変化します。このビット値は、チャンネル出力がアクティブなときには変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込みを行うと、CMLフォルトとなります。

ビット[6]：LTM4683は、デバイスがオフのとき、電源電圧のランピング・オン、またはランピング・オフのときにはサーボ制御を行いません。1に設定すると出力サーボがイネーブルされます。出力設定点DACは、READ\_VOUT\_ADCとVOUT\_COMMANDの差を最小限に抑えるように（つまりマージンが適切な値となるように）徐々に調整されます。

LTM4683は、次式のように、ADCがTSNS<sub>n</sub>ピンで測定したΔVBEから温度（℃）を計算します。

$$T = (G \cdot \Delta V_{BE} \cdot q / (K \cdot \ln(16))) - 273.15 + 0$$

この式において、



## PMBusコマンドの詳細

$$G = \text{MFR\_TEMP\_1\_GAIN} \cdot 2^{-14}$$

$$O = \text{MFR\_TEMP\_1\_OFFSET}$$

このコマンドのビット[1]は、デバイスが高電圧レンジと低電圧レンジのどちらで動作するかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループのゲインと補償が変化します。このビット値は、チャンネル出力がアクティブなときには変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込みを行うと、CMLフォルトとなります。

ビット[0]は、PWMの動作モードを不連続導通モード（パルス・スキッピング・モード）にするか強制連続導通モードにするかを決定します。チャンネルのランピング・オン中は、このビットの値に関係なくPWMは不連続になります。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_PWM\_COMP

MFR\_PWM\_COMPコマンドは、PWMチャンネルのエラー・アンプの $g_m$ と内部補償抵抗 $R_{COMPn}$ の値を設定します。このコマンドはPWM出力のループ・ゲインに影響し、場合によっては外部補償ネットワークの変更が必要になります。

BIT	MEANING
BIT [7:5]	Error Amplifier $g_m$ Adjust (mS)
000b	1.00
001b	1.68
010b	2.35
011b	3.02
100b	3.69
101b	4.36
110b	5.04
111b	5.76
BIT [4:0]	$R_{COMP}$ (k $\Omega$ )
00000b	0
00001b	0.25
00010b	0.5
00011b	0.75
00100b	1
00101b	1.25
00110b	1.5
00111b	1.75
01000b	2
01001b	2.5
01010b	3
01011b	3.5
01100b	4
01101b	4.5
01110b	5
01111b	5.5
10000b	6
10001b	7

## PMBusコマンドの詳細

BIT	MEANING
10010b	8
10011b	9
10100b	11
10101b	13
10110b	15
10111b	17
11000b	20
11001b	24
11010b	28
11011b	32
11100b	38
11101b	46
11110b	54
11111b	62

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

**MFR\_PWM\_CONFIG**

MFR\_PWM\_CONFIGコマンドは、SYNC信号の立下がりエッジを基準に、スイッチング周波数の位相オフセットを設定します。このコマンドを処理するには、デバイスがオフ状態になっている必要があります。RUNピンをローにするか、コマンドでチャンネルをオフにしてください。いずれかのチャンネルがRUN状態のときにこのコマンドを書き込むと、コマンドにはNACKが返され、BUSYフォルト信号がアサートされます。

BIT	MEANING	
7	Reserved	
[6:5]	Input current sense gain	
00b	2x gain. 0mV to 50mV range	
01b	4x gain. 0mV to 25mV range	
10b	8x gain. 0mV to 10mV range	
11b	Reserved	
4	Share Clock Enable : If this bit is 1, the SHARE_CLK pin will not be released until $V_{IN} > V_{IN\_ON}$ . The SHARE_CLK pin will be pulled low when $V_{IN} < V_{IN\_OFF}$ . If this bit is 0, the SHARE_CLK pin will not be pulled low when $V_{IN} < V_{IN\_OFF}$ except for the initial application of $V_{IN}$ .	
3	Reserved	
BIT [2:0]	CHANNEL 0 (DEGREES)	CHANNEL 1 (DEGREES)
000b	0	180
001b	90	270
010b	0	240
011b	0	120
100b	120	240
101b	60	240
110b	120	300

## PMBusコマンドの詳細

### FREQUENCY\_SWITCH

FREQUENCY\_SWITCH コマンドはLTM4683のスイッチング周波数（kHz）を設定します。

#### サポートされている周波数

VALUE [15:0]	RESULTING FREQUENCY (TYP) (kHz)
0x0000	External Oscillator
0xF3E8	250
0xFABC	350
0xFB52	425
0xFBE8	500
0x023F	575
0x028A	650
0x02EE	750
0x03E8	1000

このコマンドを処理するには、デバイスがオフ状態になっている必要があります。RUNピンをローにするか、コマンドで両方のチャンネルをオフにしてください。デバイスがRUN状態のときにこのコマンドを書き込むとNACKが返され、BUSYフォルトがアサートされます。デバイス・オフが指示されたときに周波数が変更されると、PLLが新しい周波数に同期するので、PLL\_UNLOCKステータスが検出されることがあります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## 電圧

### 入力電圧と制限値

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	Input supply overvoltage fault limit.	R/W Word	N	L11	V	Y	15.5 0xD3E0
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	Input supply undervoltage warning limit.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.65 0xCA54
VIN_ON	0x35	Input voltage at which the unit should start power conversion.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.75 0xCA60
VIN_OFF	0x36	Input voltage at which the unit should stop power conversion.	R/W Word	N	L11	V	Y	4.50 0xCA40
MFR_ICHIP_CAL_GAIN	0xF7	The resistance value of the V <sub>IN</sub> pin filter element in milliohms	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1000 0x03E8

### VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT

VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT コマンドは、ADCが測定する入力電圧値に対し、入力過電圧フォルトを発生させる入力電圧値（V）を設定します。

このコマンドのデータは2バイトです（Linear\_5s\_11sフォーマット）。

## PMBusコマンドの詳細

### VIN\_UV\_WARN\_LIMIT

VIN\_UV\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCが測定する入力電圧値に対し、入力低電圧警告を発生させる入力電圧値を設定します。この警告は、入力がVIN\_ONコマンドで設定された起動閾値を超え、ユニットがイネーブルされるまで、ディスエーブルされたままになります。VIN電圧がVIN\_UV\_WARN\_LIMIT未満に低下すると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_WORDのINPUTビットをセット
- ・ STATUS\_INPUTコマンドのVIN低電圧警告ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTをアサートすることによってホストに通知

### VIN\_ON

VIN\_ONコマンドは、ユニットが電力変換を開始する入力電圧（V）を設定します。  
このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### VIN\_OFF

VIN\_OFFコマンドは、ユニットが電力変換を停止する入力電圧（V）を設定します。  
このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_ICHIP\_CAL\_GAIN

MFR\_ICHIP\_CAL\_GAINコマンドは、VINピンのフィルタ素子の抵抗値（mΩ）を設定するために使用します（READ\_VINも合わせて参照してください）。フィルタ素子を使わない場合はMFR\_RVINを0に設定します。  
このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## 出力電圧と制限値

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
VOUT_MODE	0x20	Output voltage format and exponent (2 <sup>-12</sup> )	R Byte	Y	Reg			2 <sup>-12</sup> 0x14
VOUT_MAX	0x24	The upper limit on the output voltage the unit can command regardless of any other commands.	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1V 0x119A
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	Output overvoltage fault limit	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.55V 0x08CD
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	Output overvoltage warning limit	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.538 0x089A
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	Margin high output voltage set point. It must be greater than VOUT_COMMAND.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.525 0x0866
VOUT_COMMAND	0x21	Nominal output voltage set point	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.5 0x0800
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	Margin low output voltage set point. It must be less than VOUT_COMMAND.	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.475 0x079A
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	Output undervoltage warning limit	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.462 0x0766
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	Output undervoltage fault limit	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.45 0x0733
MFR_VOUT_MAX	0xA5	Maximum allowed output voltage	R Word	Y	L16	V		2.75 0x2C00



## PMBusコマンドの詳細

### VOUT\_MODE

VOUT\_MODEコマンドのデータ・バイトは出力電圧の指定および読出しに使われ、3ビット・モードと5ビット・パラメータで構成されます。3ビット・モードはリニア・フォーマットのみをサポートしており、5ビット・パラメータは出力電圧の読出し／書込みコマンドで使われる指数を表します。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### VOUT\_MAX

VOUT\_MAXコマンドは、VOUT\_MARGIN\_HIGHを含む、任意の電圧の上限を設定します。ユニットは他のコマンドや組み合わせに関係なく指示できます。このコマンドの最大許容値は1.0Vです。LTM4683が生成できる最大出力電圧は、VOUT\_MARGIN\_HIGHを含めて0.8Vです。ただし、VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITは0.85Vまで指定できます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITコマンドは、過電圧監視回路コンパレータが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力過電圧フォルトを発生させる出力電圧値 (V) を設定します。

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITを変更した場合で、デバイスがRUN状態の場合は、コマンド変更後10msの時間を置いて新しい値が確実に認識されるようにします。デバイスが計算の実行でビジー状態になっている場合は、その旨が示されます。MFR\_COMMONのビット5と6をモニタしてください。デバイスがビジー状態の場合は、これらのどちらかのビットがローになります。この待ち時間を置かずにVOUT\_COMMANDを変更して元の過電圧制限より高い値にした場合は、一時的に過電圧状態が検出されて望ましくない動作を招き、スイッチャが損傷するおそれもあります。

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEをOV\_PULLDOWNまたは0x00に設定すると、VOUT\_OV\_FAULTが伝搬されてもFAULTピンはアサートされません。LTM4683はTGをローにして、過電圧状態が検出されるとすぐにBGビットをアサートします。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT

VOUT\_OV\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力過電圧警告を発生させる出力電圧値 (V) を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定には、MFR\_VOUT\_PEAKの値を使用できます。

測定値がVOUT\_OV\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのV<sub>OUT</sub>ビットをセット
- ・ STATUS\_V<sub>OUT</sub>コマンドのV<sub>OUT</sub>過電圧警告ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

この状態はADCによって検出されるので、応答時間は最大でt<sub>CONVERT</sub>となります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

### VOUT\_MARGIN\_HIGH

VOUT\_MARGIN\_HIGHコマンドは、OPERATIONコマンドが「マージン・ハイ」に設定されている場合、出力変更後の電圧 (V) をユニットにロードします。この値はVOUT\_COMMANDより大きくする必要があります。

VOUT\_MARGIN\_HIGHの最大仕様値は0.55Vです。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_COMMAND

VOUT\_COMMANDは2バイトで構成され、出力電圧 (V) を設定するために使われます。V<sub>OUT</sub>の最大仕様値は0.8Vです。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_MARGIN\_LOW

VOUT\_MARGIN\_LOWコマンドは、OPERATIONコマンドが「マージン・ロー」に設定されている場合、出力変更後の電圧 (V) をユニットにロードします。この値はVOUT\_COMMANDより小さくなければなりません。

このコマンドは、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの出力シーケンシング時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT\_TRANSITION\_RATEが使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT

VOUT\_UV\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力低電圧警告を発生させる出力電圧値 (V) を示します。

測定値がVOUT\_UV\_WARN\_LIMITを下回ると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのV<sub>OUT</sub>ビットをセット
- ・ STATUS\_VOUTコマンドのV<sub>OUT</sub>低電圧警告ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT

VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITコマンドは、UV監視回路コンパレータが検出ピンで測定した出力電圧に対し、出力低電圧フォルトを発生させる出力電圧値 (V) を示します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

### MFR\_VOUT\_MAX

MFR\_VOUT\_MAXコマンドは、VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITを含む各チャンネルの最大出力電圧（V）です。出力電圧を高電圧レンジに設定（MFR\_PWM\_MODEのビット1を0に設定）した場合、MFR\_VOUT\_MAXは3.6Vになります。3.6VのMFR\_VOUT\_MAXは（MFR\_PWM\_CONFIGのビット6を0に設定）、出力が0.7Vに制限されているため、使用しません。出力電圧を低電圧レンジに設定（MFR\_PWM\_MODEのビット1を1に設定）した場合、MFR\_VOUT\_MAXは2.75Vになります。VOUT\_COMMANDの値をこれより大きくするとCMLフォルトが発生し、出力電圧設定値は最大レベルにクランプされます。また、これによってSTATUS\_VOUTコマンドのビット3（VOUT\_MAX\_Warning）がセットされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

## 出力電流と制限値

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_IOUT_CAL_GAIN	0xDA	The ratio of the voltage at the current sense pins to the sensed current. For devices using a fixed current sense resistor, it is the resistance value in mΩ.	R Word	Y	L11	mΩ	Factory Only NVM	0.360 0xD017
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	Temperature coefficient of the current sensing element	R/W Word	Y	CF		Y	3900 0x0F3C
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	Output overcurrent fault limit	R/W Word	Y	L11	A	Y	40.0 0xE280
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	Output overcurrent warning limit	R/W Word	Y	L11	A	Y	34.0 0xE220

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN

MFR\_IOUT\_CAL\_GAINコマンドは、電流検出抵抗の抵抗値（mΩ）を設定するために使用します（MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCも合わせて参照）。デフォルト代表値は0.360mΩです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

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

MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCコマンドを使用すると、IOUT\_CAL\_GAIN検出抵抗またはインダクタDCRの温度係数（ppm/°C）をプログラムすることができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、16ビットの2の補数形式の整数ppmでフォーマットが設定されています。N = -32768 ~ 32767 · 10<sup>-6</sup>です。

公称温度は27°Cです。IOUT\_CAL\_GAINには以下に示す項を乗じます。

$[1.0 + \text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC} \cdot (\text{READ\_TEMPERATURE}_1 - 27)]$ .

DCR検出の代表値は3900です。

IOUT\_CAL\_GAINとMFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCは、READ\_IOUT、MFR\_IOUT\_PEAK、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT、IOUT\_OC\_WARN\_LIMITを含むすべての電流パラメータに影響を与えます。

## PMBusコマンドの詳細

## IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITコマンドは、ピーク出力電流制限 (A) を設定します。コントローラが電流制限状態になると、過電流検出器が過電流フォルト状態であることを示します。下の表に、 $I_{SENSE}^+$ と $I_{SENSE}^-$ 間のプログラマブルなピーク出力電流制限値 (mV) を示します。電流制限の実際の値は、 $(I_{SENSE}^+ - I_{SENSE}^-)/IOUT\_CAL\_GAIN$  (A) です。

これらの値は、ピークtoピーク・インダクタ電流を最も厳しい条件における電流値30Aの50%とし、それに基づいて計算した概算値です。したがって、ガードバンドを使って確認する必要があります。

MFR_PWM_MODE[7] = 1 HIGH CURRENT RANGE (mV)	~ $I_L$ PEAK (A)	~ $I_{OUT}$ (A)	MFR_PWM_MODE[7] = 0 LOW CURRENT RANGE (mV)	~ $I_L$ PEAK (A)	~ $I_{OUT}$ (A)
17.73	49.95	41.75	9.85	27.36	19.50
18.86	52.38	44.88	10.48	29.11	21.61
20.42	NA	NA	11.34	31.5	24
21.14	NA	NA	11.74	32.61	25.11
22.27	NA	NA	12.37	34.36	28.86
23.41	NA	NA	13.01	36.13	28.63
24.55	NA	NA	13.64	37.88	30.38

注：これは電流波形のピークです。READ\_IOUTコマンドは平均電流を返します。ピーク出力電流制限は、次式を使用してMFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCに基づく温度で調整されます。

$$\text{Peak Current Limit} = IOUT\_CAL\_GAIN \cdot (1 + MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC \cdot (READ\_TEMPERATURE\_1 - 27.0)).$$

LTM4683は、電流を適切な内部ビット値に自動的に変換します。

$I_{OUT}$ の範囲は、MFR\_PWM\_MODEコマンドのビット7で設定されます。

TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの間、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITは無視されます。

測定値がIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_WORDのIOUTビットをセット
- ・ STATUS\_IOUTのIOUT過電流フォルト・ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、**ALERT**をアサートすることによってホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。



## PMBusコマンドの詳細

### IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT

このコマンドは、ADCによって測定される出力電流値に対し、出力過電流警告を発生させる出力電流測定値（A）を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IOUTの値が使われます。

測定値がIOUT\_OC\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのIOUTビットをセット
- ・ STATUS\_IOUTコマンドのIOUT過電流警告ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

TON\_RISEおよびTOFF\_FALLの間、IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITは無視されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### 入力電流と制限値

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	The resistance value of the input current sense element in mΩ.	R/W Word	L11	mΩ	Y	1.000 0xE010

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN

MFR\_IIN\_CAL\_GAINコマンドは、入力電流検出抵抗の抵抗値（mΩ）を設定するために使用します（READ\_IINも合わせて参照）。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	Input overcurrent warning limit	R/W Word	N	L11	A	Y	10.0 0xD280

### IIN\_OC\_WARN\_LIMIT

IIN\_OC\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCによって測定される入力電流値に対し、入力過電流警告を発生させる入力電流値（A）を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_IINの値が使われます。

測定値がIIN\_OC\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_BYTEのOTHERビットをセット
- ・ STATUS\_WORDの上位バイトのINPUTビットをセット
- ・ STATUS\_INPUTコマンドのI<sub>IN</sub>過電流警告ビット[1]をセット
- ・ ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

## 温度

## 電力段DCRの温度キャリブレーション

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	Sets the slope of the external temperature sensor.	R/W Word	Y	CF		Y	0.995 0x3FAE
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	Sets the offset of the external temperature sensor.	R/W Word	Y	L11	C	Y	0.0 0x8000

*MFR\_TEMP\_1\_GAIN*

MFR\_TEMP\_1\_GAINコマンドは、素子の非理想特性とインダクタ温度のリモート検出に伴う誤差を考慮するために、電力段センサーの勾配に変更を加えます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、16ビットの2の補数形式の整数でフォーマットが設定されています。実質的なゲイン調整は $N \cdot 2^{-14}$ で、公称値は1、 $N = 8192 \sim 32767$ です。

*MFR\_TEMP\_1\_OFFSET*

MFR\_TEMP\_1\_OFFSETコマンドは、素子の非理想特性とインダクタ温度のリモート検出に伴う誤差を考慮するために、電力段温度センサーのオフセットに変更を加えます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。デバイスは-273.15でキャリブレーションを開始するので、デフォルトの調整はゼロです。

## 電力段の温度制限値

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	Power stage overtemperature fault limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	128.0 0xF200
OT_WARN_LIMIT	0x51	Power stage overtemperature warning limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	125.0 0xEBE8
UT_FAULT_LIMIT	0x53	Power stage undertemperature fault limit.	R/W Word	Y	L11	C	Y	-45.0 0xE530

*OT\_FAULT\_LIMIT*

OT\_FAULT\_LIMITコマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、過熱フォルトを発生させる温度測定値（°C）を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

*OT\_WARN\_LIMIT*

OT\_WARN\_LIMITコマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、過熱警告を発生させる温度測定値（°C）を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

## PMBusコマンドの詳細

測定値がOT\_WARN\_LIMITを超えると、デバイスは以下のように動作します。

- ・ STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセット
- ・ STATUS\_TEMPERATUREコマンドの過熱警告ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### UT\_FAULT\_LIMIT

UT\_FAULT\_LIMITコマンドは、ADCが測定する電力段温度に対し、低温フォルトを発生させる温度測定値 (°C) を設定します。この制限値を超えたかどうかの判定にはREAD\_TEMPERATURE\_1の値が使われます。

注：温度センサーを取り付けない場合は、UT\_FAULT\_LIMITを-275°Cに設定してUT\_FAULT\_LIMIT応答を無視するよう設定し、ALERTがアサートされないようにできます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## タイミング

### タイミング — オン・シーケンス/ランプ

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
TON_DELAY	0x60	Time from RUN and/or Operation on to output rail turn-on.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TON_RISE	0x61	Time from when the output starts to rise until the output voltage reaches the V <sub>OUT</sub> commanded value.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	Maximum time from the start of TON_RISE for V <sub>OUT</sub> to cross the VOUT_UV_FAULT_LIMIT.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	Rate the output changes when V <sub>OUT</sub> is commanded to a new value.	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.250 0xAA00

### TON\_DELAY

TON\_DELAYコマンドは、開始条件を受け取ってから出力電圧が上昇し始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0ms～83秒までの範囲が有効な値です。最終的なターンオン遅延はTON\_DELAY = 0のときに代表値270μsとなり、TON\_DELAYのすべての値に対して±50μsの不確かさがあります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### TON\_RISE

TON\_RISEコマンドは、出力が上昇し始めてから出力がレギュレーション範囲内に入るまでの時間を、ミリ秒単位で設定します。0～1.3秒までの範囲が有効な値です。TON\_RISEイベントの間、デバイスは不連続モードになります。TON\_RISEが0.25ms未満の場合、LTM4683のデジタル勾配はバイパスされて、出力電圧の遷移はPWMスイッチャのアナログ性能によってのみ制御されます。TON\_RISEのステップ数はTON\_RISE (ms) /0.1msに等しく、その不確かさは±0.1msです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

PMBusコマンドの詳細

TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITコマンドは、出力低電圧フォルトの制限値に達することなくユニットが出力のパワーアップを試みることのできる時間を、ミリ秒単位で設定します。

データ値が0msの場合は制限がないことを意味し、デバイスは特別な条件を設けずに出力電圧を立ち上げようとします。最大制限値は83秒です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

VOUT\_TRANSITION\_RATE

出力電圧を変化させるVOUT\_COMMANDまたはOPERATION（マージン・ハイ、マージン・ロー）をPMBusデバイスが受け取った場合、このコマンドは出力電圧の変化率（V/ms）を設定します。ユニットのオンまたはオフが指示された場合、このコマンドで指定した変化率は適用されません。最大許容勾配は4V/msです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

タイミング — オフ・シーケンス／ランプ

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
TOFF_DELAY	0x64	Time from RUN and/or Operation off to the start of TOFF_FALL ramp.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TOFF_FALL	0x65	Time from when the output starts to fall until the output reaches zero volts.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	Maximum allowed time, after TOFF_FALL completed, for the unit to decay below 12.5%.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0 0x8000

TOFF\_DELAY

TOFF\_DELAYコマンドは、停止条件を受け取ってから出力電圧が低下し始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0～83秒までの範囲が有効な値です。最終的なターンオフ遅延はTOFF\_DELAY = 0のときに代表値270μsとなり、TOFF\_DELAYのすべての値に対して±50μsの不確かさがあります。フォルト・イベントが発生した場合、TOFF\_DELAYは適用されません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

TOFF\_FALL

TOFF\_FALLコマンドは、ターンオフ遅延時間が終了してから出力電圧を0にするようコマンドで指定するまでの時間を、ミリ秒単位で設定します。これはDACのVOUTのランプ時間です。DACのVOUTが0のときは、PWM出力が高インピーダンス状態に設定されます。

デバイスはプログラムされた動作モードを維持します。TOFF\_FALL時間が定義されている場合は、デバイスを連続導通モードに設定する必要があります。最大値をロードすると、デバイスの電圧は可能な限り低速でランプ・ダウンします。サポートされている最小立下がり時間は0.25msで、値を0.25ms未満にしても立下がり時間は0.25msになります。最大立下がり時間は1.3秒です。TOFF\_FALLのステップ数はTOFF\_FALL（ms）/0.1msに等しく、その不確かさは±0.1msです。

不連続導通モードではコントローラは負荷からの電流を流さず、立下がり時間は出力容量と負荷電流によって設定されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

### TOFF\_MAX\_WARN\_LIMIT

TOFF\_MAX\_WARN\_LIMITコマンドは、出力電圧が設定電圧の12.5%を超えてから警告がアサートされるまでの時間を、ミリ秒単位で設定します。V<sub>OUT</sub>の電圧値がVOUT\_COMMAND設定値の12.5%未満になると、出力はオフとみなされます。計算はTOFF\_FALLの経過後に始まります。

0msというデータ値は、制限がないこと、つまり出力電圧が設定電圧の12.5%を超えてからの時間が無制限であることを意味します。0以外で有効な値は120ms～524秒です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### 再起動の前提条件

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	Minimum time the RUN pin is held low by the LTM4683.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	150 0xF258

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドは、RUNの最小オフ時間をミリ秒単位で指定します。このデバイスは、RUNの立下がりエッジを検出すると、この指定時間にわたってRUNピンをローに保持します。最小推奨値は136msです。

注：再起動遅延と再試行遅延は異なります。再起動遅延は指定された時間だけRUNをローにして、その後に標準起動シーケンスを開始します。最小再起動遅延は、TOFF\_DELAY + TOFF\_FALL + 136msと同じにする必要があります。

有効な値は136ms～65.52秒の範囲で16ms刻みに設定できます。最小オフ時間を確保するために、MFR\_RESTART\_DELAYは必要時間より16ms長く設定してください。MFR\_CHAN\_CONFIGの出力減衰ビット0をイネーブルし、出力が設定値の12.5%未満になるまでに時間がかかる場合は、RUNピンがハイになった後、MFR\_RESTART\_DELAYより長く出力レールをオフにすることができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## フォルト応答

### すべてのフォルトに対するフォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	Retry interval during FAULT retry mode.	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250 0xF3E8

### MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、フォルト応答がコントローラに指定の間隔で再試行をさせることである場合に、その再試行の間隔をミリ秒単位で設定します。このコマンド値は、再試行を必要とするすべてのフォルト応答に使われます。再試行時間は、対象チャンネルがフォルトを検出すると開始されます。有効な値は120ms～83.88秒の範囲で10μs刻みに設定できます。

注：再試行遅延時間は、MFR\_RETRY\_DELAYコマンドにより指定された時間、または安定化された出力がプログラム値の12.5%未満に減衰するのに必要な時間によって決まります。出力の自然減衰時間が長すぎる場合は、MFR\_CHAN\_CONFIGのビット0をアサートすることによってMFR\_RETRY\_DELAYコマンドの電圧条件をなくすことができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。



## PMBusコマンドの詳細

## 入力電圧フォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	Action to be taken by the device when an input supply overvoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80

## VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE

VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、入力過電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表21に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_WORDの上位バイトのINPUTビットをセット
- ・ STATUS\_INPUTコマンドのVIN過電圧フォルト・ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## 出力電圧フォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	Action to be taken by the device when an output overvoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	Action to be taken by the device when an output undervoltage fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	Action to be taken by the device when a TON_MAX_FAULT event is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

## VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE

VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、出力過電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表17に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- ・ STATUS\_BYTEのVOUT\_OVビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのVOUTビットをセット
- ・ STATUS\_VOUTコマンドのVOUT過電圧フォルト・ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知。

このコマンドで認識される値は以下に限られます。

0x00 デバイスはOVプルダウン（OV\_PULLDOWN）のみを実行します。

0x80 デバイスはシャットダウン（出力をディスエーブル）し、ユニットは再試行を試みません（PMBus, Part II, Section 10.7）。

## PMBusコマンドの詳細

- 0xB8** デバイスはシャットダウン（出力をディスエーブル）し、（RUNピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって）オフするよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャットダウンするまで、無期限に再試行を継続します。
- 0x4n** デバイスはシャットダウンし、ユニットは再試行をしません。一度オフしてから再度オンするようデバイスが指示されるか、RUNピンが一度ローにアサートされてから再度ハイにアサートされるか、コマンドによりリセットが行われるか、 $V_{IN}$ が遮断されるまで、出力はディスエーブルのままになります。過電圧フォルト状態は、 $n \cdot 10\mu s$ （ $n$ は0～7）にわたってアクティブ状態になっている必要があります。
- 0x78n** デバイスはシャットダウンし、その後、フォルト状態がクリアされるか、一度オフしてから再度オンするようデバイスが指示されるか、RUNピンが一度ローにアサートされてから再度ハイにアサートされるか、コマンドによりリセットが行われるか、 $V_{IN}$ が遮断されるまで、ユニットは再試行を継続します。過電圧フォルト状態は、 $n \cdot 10\mu s$ （ $n$ は0～7）にわたってアクティブ状態になっている必要があります。

上記以外の値にするとCMLフォルトが発生して、書込みは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

**表17. VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEのデータ・バイトの内容**

BITS	DESCRIPTION	VALUE	MEANING
7:6	Response For all values of bits [7:6], the LTM4683: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sets the corresponding fault bit in the status commands and</li> <li>Notifies the host by asserting <math>\overline{ALERT}</math> pin, unless masked.</li> </ul> The fault bit, once set, is cleared only when one or more of the following events occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>The device receives a CLEAR_FAULTS command,</li> <li>The output is commanded through the RUN pin, the OPERATION command, or the combined action of the RUN pin and OPERATION command, to turn off and then to turn back on, or</li> <li>Bias power is removed and reapplied to the LTM4683.</li> </ul>	00	Part performs OV pull-down only or OV_PULLDOWN. (i.e., turns off the top MOSFET and turns on lower MOSFET while $V_{OUT}$ is $> V_{OUT\_OV\_FAULT}$ ).
		01	The PMBus device continues operation for the delay time specified by bits [2:0] and the delay time unit specified for that particular fault. If the fault condition is still present at the end of the delay time, the unit responds as programmed in the Retry Setting (bits [5:3]).
		10	The device shuts down immediately (disables the output) and responds according to the retry setting in bits [5:3].
		11	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
5:3	Retry Setting	000	The unit does not attempt to restart. The output remains disabled until the fault is cleared until the device is commanded OFF bias power is removed.
		111	The PMBus device attempts to restart continuously, without limitation, until it is commanded OFF (by the RUN pin or OPERATION command or both), bias power is removed, or another fault condition causes the unit to shut down without retry. NOTE: The retry interval is set by the MFR_RETRY_DELAY command.
2:0	Delay Time	000-111	The delay time in $10\mu s$ increments. This delay time determines how long the controller continues operating after a fault is detected. Only valid for deglitched off state.

### VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE

VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、出力低電圧フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表18に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- STATUS\_WORDのVOUTビットをセット
- STATUS\_VOUTコマンドのVOUT低電圧フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{ALERT}$ ピンをアサートすることによってホストに通知

## PMBusコマンドの詳細

UVフォルトおよび警告は、以下の基準を満たすまでマスクされます。

1. TON\_MAX\_FAULT\_LIMITに達した
2. TON\_DELAYシーケンスが完了した
3. TON\_RISEシーケンスが完了した
4. VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT閾値に達した
5. IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITが存在しない

UVフォルトおよび警告は、チャンネルがアクティブになっていないときは必ずマスクされます。

UVフォルトおよび警告は、TON\_RISEおよびTOFF\_FALLシーケンシング中はマスクされます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

**表18. VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEのデータ・バイトの内容**

BITS	DESCRIPTION	VALUE	MEANING
7:6	Response For all values of bits [7:6], the LTM4683: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sets the corresponding fault bit in the status commands and</li> <li>• Notifies the host by asserting <math>\overline{\text{ALERT}}</math> pin, unless masked.</li> </ul> The fault bit, once set, is cleared only when one or more of the following events occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>• The device receives a CLEAR_FAULTS command,</li> <li>• The output is commanded through the RUN pin, the OPERATION command, or the combined action of the RUN pin and OPERATION command, to turn off and then to turn back on, or</li> <li>• The device receives a RESTORE_USER_ALL command,</li> <li>• The device receives a MFR_RESET command,</li> <li>• The device supply power is cycled.</li> </ul>	00	The PMBus device continues operation without interruption. (Ignores the fault functionally)
		01	The PMBus device continues operation for the delay time specified by bits [2:0] and the delay time unit specified for that particular fault. If the fault condition is still present at the end of the delay time, the unit responds as programmed in the Retry Setting (bits [5:3]).
		10	The device shuts down (disables the output) and responds according to the retry setting in bits [5:3].
		11	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
5:3	Retry Setting	000	The unit does not attempt to restart. The output remains disabled until the fault is cleared until the device is commanded OFF bias power is removed.
		111	The PMBus device attempts to restart continuously, without limitation, until it is commanded OFF (by the RUN pin or OPERATION command or both), bias power is removed, or another fault condition causes the unit to shut down without retry. NOTE: The retry interval is set by the MFR_RETRY_DELAY command.
2:0	Delay Time	000-111	The delay time in 10 $\mu$ s increments. This delay time determines how long the controller continues operating after a fault is detected. Only valid for deglitched off state.

## PMBusコマンドの詳細

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、TON\_MAXフォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表21に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのVOUTビットをセット
- ・ STATUS\_VOUTコマンドのTON\_MAX\_FAULTビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

値を0にすると、TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSEがディスエーブルされます。0の使用は推奨できません。

注：PWMチャンネルは、TON\_MAX\_FAULT\_LIMITで指定された時間が経過するまで不連続導通モードのままです。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### 出力電流フォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	Action to be taken by the device when an output overcurrent fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

### IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE

IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、出力過電流フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表19に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- ・ STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- ・ STATUS\_BYTEのIOUT\_OCビットをセット
- ・ STATUS\_WORDのIOUTビットをセット
- ・ STATUS\_IOUTコマンドのIOUT過電流フォルト・ビットをセット
- ・ マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## PMBusコマンドの詳細

表19. IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSEのデータ・バイトの内容

BITS	DESCRIPTION	VALUE	MEANING
7:6	Response For all values of bits [7:6], the LTM4683: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sets the corresponding fault bit in the status commands and</li> <li>Notifies the host by asserting <u>ALERT</u> pin, unless masked.</li> </ul> The fault bit, once set, is cleared only when one or more of the following events occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>The device receives a CLEAR_FAULTS command,</li> <li>The output is commanded through the RUN pin, the OPERATION command, or the combined action of the RUN pin and OPERATION command, to turn off and then to turn back on, or</li> <li>The device receives a RESTORE_USER_ALL command,</li> <li>The device receives a MFR_RESET command,</li> <li>The device supply power is cycled.</li> </ul>	00	The LTM4683 continues to operate indefinitely while maintaining the output current at the value set by IOUT_OC_FAULT_LIMIT without regard to the output voltage (known as constant-current or brick-wall limiting).
		01	Not supported.
		10	The LTM4683 continues to operate, maintaining the output current at the value set by IOUT_OC_FAULT_LIMIT without regard to the output voltage, for the delay time set by bits [2:0]. If the device is still operating in the current limit at the end of the delay time, the device responds as programmed by the Retry Setting in bits [5:3].
		11	The LTM4683 shuts down immediately and responds as programmed by the Retry Setting in bits [5:3].
5:3	Retry Setting	000	The unit does not attempt to restart. The output remains disabled until the fault is cleared by cycling the RUN pin or removing bias power.
		111	The device attempts to restart continuously, without limitation, until it is commanded OFF (by the RUN pin or OPERATION command or both), bias power is removed, or another fault condition causes the unit to shut down. NOTE: The retry interval is set by the MFR_RETRY_DELAY command.
2:0	Delay Time	000-111	The number of delay time units in 16ms increments. This delay time is used to determine the amount of time a unit is to continue operating after a fault is detected before shutting down. Only valid for deglitched off response.

## デバイス温度フォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	Action to be taken by the device when an internal overtemperature fault is detected.	R Byte	N	Reg			0xC0

## MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSE

MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSEコマンド・バイトは、内部過熱フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表20に示すとおりです。

更に、LTM4683は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTEのNONE\_OF\_THE\_ABOVEビットをセット
- STATUS\_WORDのMFRビットをセット
- STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドの過熱フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、ALERTピンをアサートすることによってホストに通知

このコマンドは1バイトのデータを伴います。



## PMBusコマンドの詳細

表20. MFR\_OT\_FAULT\_RESPONSEのデータ・バイトの内容

BITS	DESCRIPTION	VALUE	MEANING
7:6	Response For all values of bits [7:6], the LTM4683: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sets the corresponding fault bit in the status commands and</li> <li>Notifies the host by asserting <math>\overline{\text{ALERT}}</math> pin, unless masked.</li> </ul> The fault bit, once set, is cleared only when one or more of the following events occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>The device receives a CLEAR_FAULTS command,</li> <li>The output is commanded through the RUN pin, the OPERATION command, or the combined action of the RUN pin and OPERATION command, to turn off and then to turn back on, or</li> <li>Bias power is removed and reapplied to the LTM4683.</li> </ul>	00	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
		01	Not supported. Writing this value will generate a CML fault
		10	The device shuts down immediately (disables the output) and responds according to the retry setting in bits [5:3].
		11	The device's output is disabled while the fault is present. Operation resumes and the output is enabled when the fault condition no longer exists.
5:3	Retry Setting	000	The unit does not attempt to restart. The output remains disabled until the fault is cleared.
		001-111	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
2:0	Delay Time	XXX	Not supported. Value ignored

### 外部温度フォルト応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	Action to be taken by the device when an external overtemperature fault is detected,	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	Action to be taken by the device when an external undertemperature fault is detected.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

### OT\_FAULT\_RESPONSE

OT\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、外部温度センサーの過熱フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表21に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセット
- STATUS\_TEMPERATUREコマンドの過熱フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることによってホストに通知。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### UT\_FAULT\_RESPONSE

UT\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、外部温度センサーの低温フォルトに対する応答動作をデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは表15に示すとおりです。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセット
- STATUS\_TEMPERATUREコマンドの低温フォルト・ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることによってホストに通知

## PMBusコマンドの詳細

この状態はADCによって検出されるので、応答時間は最大で $t_{CONVERT}$ となります。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

**表21. データ・バイトの内容 : TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE、OT\_FAULT\_RESPONSE、UT\_FAULT\_RESPONSE**

BITS	DESCRIPTION	VALUE	MEANING
7:6	Response For all values of bits [7:6], the LTM4683: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sets the corresponding fault bit in the status commands, and</li> <li>Notifies the host by asserting <math>\overline{ALERT}</math> pin, unless masked.</li> </ul> The fault bit, once set, is cleared only when one or more of the following events occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>The device receives a CLEAR_FAULTS command,</li> <li>The output is commanded through the RUN pin, the OPERATION command, or the combined action of the RUN pin and OPERATION command, to turn off and then to turn back on, or</li> <li>The device receives a RESTORE_USER_ALL command,</li> <li>The device receives a MFR_RESET command,</li> <li>The device supply power is cycled.</li> </ul>	00	The PMBus device continues operation without interruption.
		01	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
		10	The device shuts down immediately (disables the output) and responds according to the retry setting in bits [5:3].
		11	Not supported. Writing this value will generate a CML fault.
5:3	Retry Setting	000	The unit does not attempt to restart. The output remains disabled until the fault is cleared until the device is commanded OFF bias power is removed.
		111	The PMBus device attempts to restart continuously, without limitation, until it is commanded OFF (by the RUN pin or OPERATION command or both), bias power is removed, or another fault condition causes the unit to shut down without retry. NOTE: The retry interval is set by the MFR_RETRY_DELAY command.
2:0	Delay Time	XXX	Not supported. Values ignored

## フォルトの共有

### フォルト共有のための伝搬

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_FAULT_PROPAGATE	0xD2	Configuration that determines which faults are propagated to the FAULT pins.	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993

### MFR\_FAULT\_PROPAGATE

MFR\_FAULT\_PROPAGATEコマンドは、 $\overline{FAULTn}$ ピンがローにアサートされる原因となるフォルトをイネーブルします。このコマンドのフォーマットは表22に示すとおりです。フォルトを $\overline{FAULTn}$ ピンに伝搬できるのは、それらのピンがフォルトに応答するようにプログラムされている場合に限りです。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

## PMBusコマンドの詳細

**表22. FAULTnのフォルト伝搬設定**

FAULT0ピンとFAULT1ピンは、選択されたイベントを電氣的に通知するように設計されています。これらのイベントのいくつかは両方の出力チャンネルに共通のもので、その他は出力チャンネルに固有のものです。また、複数のチャンネル間でフォルトを共有するために使用することもできます。

BIT(S)	SYMBOL	OPERATION
B[15]	V <sub>OUT</sub> disabled while not decayed.	This is used in a PolyPhase configuration when bit 0 of the MFR_CHAN_CONFIG_LTM4683 is a zero. If the channel is turned off, by toggling the RUN pin, or commanding the part OFF, and then the RUN is reasserted, or the part is commanded back on before the output has decayed, V <sub>OUT</sub> will not restart until the 12.5% decay is honored. The FAULT pin is asserted during this condition if bit 15 is asserted.
B[14]	Mfr_fault_propagate_short_CMD_cycle	0: No action 1: Asserts low if commanded off then on before the output has sequenced off. Re-asserts high t <sub>OFF(MIN)</sub> after sequence off.
b[13]	Mfr_fault_propagate_ton_max_fault	0: No action if a TON_MAX_FAULT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if a TON_MAX_FAULT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 TON_MAX_FAULT faults FAULT1 is associated with page 1 TON_MAX_FAULT faults
b[12]	Reserved	
b[11]	Mfr_fault0_propagate_int_ot, Mfr_fault1_propagate_int_ot	0: No action if the MFR_OT_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the MFR_OT_FAULT_LIMIT fault is asserted
b[10]	Reserved	
b[9]	Reserved	
b[8]	Mfr_fault0_propagate_ut, Mfr_fault1_propagate_ut	0: No action if the UT_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the UT_FAULT_LIMIT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 UT faults FAULT1 is associated with page 1 UT faults
b[7]	Mfr_fault0_propagate_ot, Mfr_fault1_propagate_ot	0: No action if the OT_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the OT_FAULT_LIMIT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 OT faults FAULT1 is associated with page 1 OT faults
b[6]	Reserved	
b[5]	Reserved	
b[4]	Mfr_fault0_propagate_input_ov, Mfr_fault1_propagate_input_ov	0: No action if the VIN_OV_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the VIN_OV_FAULT_LIMIT fault is asserted
b[3]	Reserved	
b[2]	Mfr_fault0_propagate_iout_oc, Mfr_fault1_propagate_iout_oc	0: No action if the IOUT_OC_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the IOUT_OC_FAULT_LIMIT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 OC faults FAULT1 is associated with page 1 OC faults
b[1]	Mfr_fault0_propagate_vout_uv, Mfr_fault1_propagate_vout_uv	0: No action if the VOUT_UV_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the VOUT_UV_FAULT_LIMIT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 UV faults FAULT1 is associated with page 1 UV faults
b[0]	Mfr_fault0_propagate_vout_ov, Mfr_fault1_propagate_vout_ov	0: No action if the VOUT_OV_FAULT_LIMIT fault is asserted 1: Associated output will be asserted low if the VOUT_OV_FAULT_LIMIT fault is asserted FAULT0 is associated with page 0 OV faults FAULT1 is associated with page 1 OV faults

## PMBusコマンドの詳細

## フォルト共有のための応答

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	Action to be taken by the device when the FAULT pin is asserted low.	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0

## MFR\_FAULT\_RESPONSE

MFR\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、 $\overline{\text{FAULTn}}$ ピンが外部信号源によってローにされた場合にデバイスが取るべきアクションをデバイスに指示します。

## サポートされている値

VALUE	MEANING
0xC0	FAULT_INHIBIT The LTM4683 will three-state the output in response to the $\overline{\text{FAULT}}$ pin pulled low.
0x00	FAULT_IGNORE The LTM4683 continues operation without interruption.

デバイスは以下の動作も行います。

- ・ STATUS\_WORDのMFRビットをセット
- ・  $\overline{\text{FAULTn}}$ がローになっていることを示すためにSTATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのビット0をセット
- ・ マスクされている場合を除き、**ALERT**をアサートすることによってホストに通知

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## スクラッチパッド

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
USER_DATA_00	0xB0	OEM reserved. Typically used for part serialization.	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_01	0xB1	Manufacturer reserved for LTpowerPlay.	R/W Word	Y	Reg		Y	NA
USER_DATA_02	0xB2	OEM reserved. Typically used for part serialization.	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_03	0xB3	A NVM word available for the user.	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000
USER_DATA_04	0xB4	A NVM word available for the user.	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000

## PMBusコマンドの詳細

### USER\_DATA\_00からUSER\_DATA\_04まで

これらのコマンドは、ユーザ用ストレージの不揮発性メモリ位置です。USER\_DATA\_nnには任意の時点で任意の値を書き込むことができます。ただし、LTpowerPlayソフトウェアと契約メーカーは、これらのコマンドの一部を在庫管理のために使用します。予約済みのUSER\_DATA\_nnコマンドを変更すると、在庫管理が不適切なものになったり、これらの製品との互換性が失われたりする可能性があります。

これらのコマンドは2バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットに設定されています。

## 識別情報

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
PMBus_REVISION	0x98	PMBus revision is supported by this device. The current revision is 1.2.	R Byte	N	Reg		FS	0x22
CAPABILITY	0x19	Summary of PMBus optional communication protocols supported by this device.	R Byte	N	Reg			0xB0
MFR_ID	0x99	The manufacturer ID of the LTM4683 is in ASCII.	R String	N	ASC			LTC
MFR_MODEL	0x9A	Manufacturer part number is in ASCII.	R String	N	ASC			LTM4683
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	Manufacturer code representing the LTM4683.	R Word	N	Reg			0x900X

### PMBus\_REVISION

PMBUS\_REVISIONコマンドは、デバイスが準拠するPMBusのレビジョンを示します。LTM4683は、PMBus Version 1.2のPart IとPart II.の両方に準拠しています。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### CAPABILITY

このコマンドは、ホスト・システムがPMBusデバイスのいくつかの重要な機能を決定する方法を提供します。

LTM4683は、パケット・エラー・チェック、400kHzのバス・スピード、およびALERTピンをサポートしています。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_ID

MFR\_IDコマンドはASCII文字を使ってLTM4683のメーカーIDを示します。

この読出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

### MFR\_MODEL

MFR\_MODELコマンドは、ASCII文字を使ってLTM4683のメーカー製品番号を示します。

この読出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

### MFR\_SPECIAL\_ID

デバイスの名称とレビジョンを表す16ビットのワードです。0x414はデバイスがLTM4683であることを示し、Xはメーカーが調整できます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。



## PMBusコマンドの詳細

## フォルト、警告、およびステータス

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
CLEAR_FAULTS	0x03	Clear any fault bits that have been set	Send Byte	N				NA
SMBALERT_MASK	0x1B	Mask activity	Block R/W	Y	Reg		Y	See CMD Details
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	Clears all peak values	Send Byte	Y				NA
STATUS_BYTE	0x78	One-byte summary of the unit's fault condition.	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_WORD	0x79	Two-byte summary of the unit's fault condition.	R/W Word	Y	Reg			NA
STATUS_VOUT	0x7A	Output voltage fault and warning status.	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_IOUT	0x7B	Output current fault and warning status.	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_INPUT	0x7C	Input supply fault and warning status.	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	External temperature fault and warning status for READ_TEMPERATURE_1.	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_CML	0x7E	Communication and memory fault and warning status.	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	Manufacturer-specific fault and state information.	R/W Byte	Y	Reg			NA
MFR_PADS	0xE5	Digital status of the I/O pads	R Word	N	Reg			NA
MFR_COMMON	0xEF	Manufacturer status bits that are common across multiple ADI chips.	R Byte	N	Reg			NA

## CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTSコマンドは、セットされたフォルト・ビットをクリアするために使用します。このコマンドは、すべてのステータス・コマンドのすべてのビットを同時にクリアします。同時に、デバイスがALERTピン信号をアサートしている場合、デバイスはそのALERTピンの信号出力を無効に（クリア、解放）します。ビットがクリアされてもフォルトがまだ解消されていない場合はフォルト・ビットがセットされたままになり、ALERTピンをローにアサートすることによってホストへ通知されます。CLEAR\_FAULTSの処理には最大で10 $\mu$ sを要します。この時間枠内にフォルトが発生すると、ステータス・レジスタが設定される前にクリアされる場合があります。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

CLEAR\_FAULTSが、フォルト状態によってラッチ・オフされたユニットを再起動することはありません。フォルト状態によってシャットダウンされたユニットは、以下の場合に再起動されます。

- ・ RUNピン、OPERATIONコマンド、またはRUNピンとOPERATIONコマンドの複合動作によって、出力を一度オフにしてから再度オンにするよう指示する。または、
- ・ MFR\_RESETコマンドが発行される。
- ・ このICのバイアス電源を一度遮断してから再び印加する。

## SMBALERT\_MASK

SMBALERT\_MASKコマンドを使用すると、特定のステータス・ビットが1つまたは複数アサートされたときに、それらのビットによってALERTがアサートされないようにすることができます。

ALERTマスクを設定するために使用するワード書込みフォーマットの例を図55に示します。この場合はPECなしです。マスク・バイト内のビットは、指定ステータス・レジスタ内のビットと一致します。例えば、

STATUS\_TEMPERATUREコマンド・コードが最初のデータ・バイトで送られ、マスク・バイトに0x40が含まれている場合、その後が続く外部過熱警告は引き続きSTATUS\_TEMPERATUREのビット6をセットしますが、ALERTはアサートしません。サポートされているその他のSTATUS\_TEMPERATUREビットがセットされている場合、それらすべてのビットによって引き続きALERTがアサートされます。

## PMBusコマンドの詳細

「ブロック書込み - ブロック読出しプロセス呼び出し」プロトコルの例を図55および図56に示します。この場合もPECなしです。このプロトコルは、サポートされている任意のステータス・レジスタの現在の状態をリードバックするときに使用します。

SMBALERT\_MASKは、STATUS\_BYTE、STATUS\_WORD、MFR\_COMMON、MFR\_PADS LTM4683には適用できません。該当レジスタの出荷時のデフォルト・マスキング設定を以下に示します。サポートされていないコマンド・コードをSMBALERT\_MASKに設定すると、無効なデータまたはサポートされていないデータに対するCMLが生成されます。

**SMBALERT\_MASKのデフォルト設定：（図2も参照）**

STATUS RESISTER	ALERT MASK VALUE	MASKED BITS
STATUS_VOUT	0x00	None
STATUS_IOUT	0x00	None
STATUS_TEMPERATURE	0x00	None
STATUS_CML	0x00	None
STATUS_INPUT	0x00	None
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x11	Bit 4 (internal PLL unlocked), bit 0 (FAULT pulled low by external device)

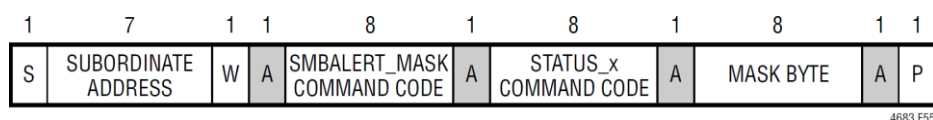


図55. SMBALERT\_MASKの書込み例

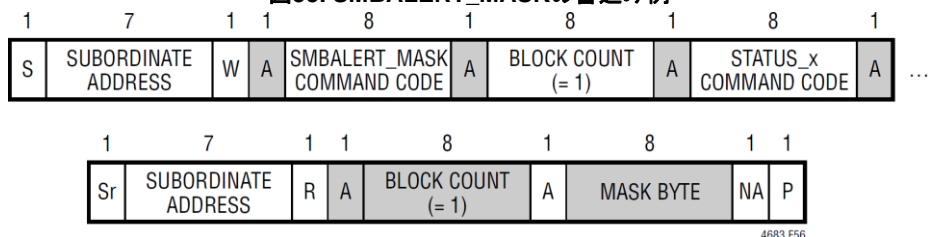


図56. SMBALERT\_MASKの読出し例

### MFR\_CLEAR\_PEAKS

MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドは、MFR\_\*\_PEAKのデータ値をクリアします。また、MFR\_RESETコマンドもMFR\_\*\_PEAKのデータ値をクリアします。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

### STATUS\_BYTE

STATUS\_BYTEコマンドは、最も重要なフォルトの概要を1バイトの情報で返します。これはステータス・ワードの下位バイトです。

## PMBusコマンドの詳細

### STATUS\_BYTEのメッセージ内容

BIT	STATUS BIT NAME	MEANING
7*	BUSY	A fault was declared because the LTM4683 was unable to respond.
6	OFF	This bit is set if the channel is not providing power to its output, regardless of the reason, including simply not being enabled.
5	VOUT_OV	An output overvoltage fault has occurred.
4	IOUT_OC	An output overcurrent fault has occurred.
3	VIN_UV	Not supported (LTM4683 returns 0)
2	TEMPERATURE	A temperature fault or warning has occurred.
1	CML	A communications, memory or logic fault has occurred.
0*	NONE OF THE ABOVE	A fault Not listed in bits[7:1] has occurred.

\*これらのビットのいずれかがセットされている場合は`ALERT`をアサートできます。これらのビットは、`CLEAR_FAULTS`コマンドを使う代わりに、`STATUS_BYTE`の該当ビット位置に1を書き込むことによってクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_WORD

`STATUS_WORD`コマンドは、チャンネルのフォルト状態の概要を2バイトの情報で返します。`STATUS_WORD`コマンドの下位バイトは`STATUS_BYTE`コマンドと同じです。

### STATUS\_WORDの上位バイトのメッセージ内容

BIT	STATUS BIT NAME	MEANING
15	V <sub>OUT</sub>	An output voltage fault or warning has occurred.
14	I <sub>OUT</sub>	An output current fault or warning has occurred.
13	INPUT	An input voltage fault or warning has occurred.
12	MFR_SPECIFIC	A fault or warning specific to the LTM4683 has occurred.
11	POWER_GOOD#	The POWER_GOOD state is false if this bit is set.
10	FANS	Not supported (LTM4683 returns 0)
9	OTHER	Not supported (LTM4683 returns 0)
8	UNKNOWN	Not supported (LTM4683 returns 0)

上位バイトのいずれかのビットがセットされると、`NONE_OF_THE_ABOVE`がアサートされます。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

### STATUS\_VOUT

`STATUS_VOUT`コマンドは、1バイトのV<sub>OUT</sub>ステータス情報を返します。

### STATUS\_VOUTのメッセージ内容 :

BIT	MEANING
7	V <sub>OUT</sub> overvoltage fault
6	V <sub>OUT</sub> overvoltage warning
5	V <sub>OUT</sub> undervoltage warning
4	V <sub>OUT</sub> undervoltage fault
3	V <sub>OUT</sub> max warning
2	TON max fault
1	TOFF max fault
0	Not supported (LTM4683 returns 0)

## PMBusコマンドの詳細

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、**CLEAR\_FAULTS**コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは**ALERT**イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_IOUT

STATUS\_IOUTコマンドは、1バイトのI<sub>OUT</sub>ステータス情報を返します。

#### STATUS\_IOUTのメッセージ内容：

BIT	MEANING
7	I <sub>OUT</sub> overcurrent fault
6	Not supported (LTM4683 returns 0)
5	I <sub>OUT</sub> overcurrent warning
4:0	Not supported (LTM4683 returns 0)

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、**CLEAR\_FAULTS**コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは**ALERT**イベントを起動します。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_INPUT

STATUS\_INPUTコマンドは、1バイトのV<sub>IN</sub>ステータス情報を返します。

#### STATUS\_INPUTのメッセージ内容：

BIT	MEANING
7	V <sub>IN</sub> overvoltage fault
6	Not supported (LTM4683 returns 0)
5	V <sub>IN</sub> undervoltage warning
4	Not supported (LTM4683 returns 0)
3	Unit off for insufficient V <sub>IN</sub>
2	Not supported (LTM4683 returns 0)
1	I <sub>IN</sub> overcurrent warning
0	Not supported (LTM4683 returns 0)

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、**CLEAR\_FAULTS**コマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは**ALERT**イベントを起動します。このコマンドのビット3はラッチされず、セットされた場合も**ALERT**を発生させません。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

## PMBusコマンドの詳細

### STATUS\_TEMPERATURE

STATUS\_TEMPERATUREコマンドは、温度に関する1バイトのステータス情報を返します。これはページ指定されたコマンドで、それぞれのREAD\_TEMPERATURE\_1の値に関係しています。

#### STATUS\_TEMPERATUREのメッセージ内容：

BIT	MEANING
7	External overtemperature fault
6	External overtemperature warning
5	Not supported (LTM4683 returns 0)
4	External undertemperature fault
3:0	Not supported (LTM4683 returns 0)

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTSコマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### STATUS\_CML

STATUS\_CMLコマンドは、受信したコマンド、内部メモリ、およびロジックに関する1バイトの情報を返します。

#### STATUS\_CMLのメッセージ内容：

BIT	MEANING
7	Invalid or unsupported command received
6	Invalid or unsupported data received
5	The packet error check failed
4	Memory fault detected
3	Processor fault detected
2	Reserved (LTM4683 returns 0)
1	Other communication faults
0	Other memory or logic faults

このコマンドのビット3またはビット4がセットされている場合は、深刻かつ重大な内部エラーが検出されています。これらのビットが継続的にセットされる場合、デバイスをそのまま使用し続けることは推奨できません。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTSコマンドを使用せずにステータスをクリアできます。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットはALERTイベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。



## PMBusコマンドの詳細

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドは、メーカー固有ステータスに関する1バイトの情報を返します。このバイトのフォーマットを以下に示します。

BIT	MEANING
7	Internal Temperature Fault Limit Exceeded
6	Internal Temperature Warn Limit Exceeded
5	Factory Trim Area NVM CRC Fault
4	PLL is Unlocked
3	Fault Log Present
2	V <sub>DD33</sub> UV or OV Fault
1	ShortCycle Event Detected
0	FAULT Pin Asserted Low by External Device

これらいずれかのビットがセットされると、STATUS\_WORDのMFRビットがセットされて $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされます。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定のフォルト・ビットをクリアできます。これにより、CLEAR\_FAULTSコマンドを使用せずにステータスをクリアできます。ただし、フォルト・ログ存在ビットをクリアするには、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドを発行するしか方法がありません。

このコマンドがサポートしているフォルト・ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

### MFR\_PADS

このコマンドを使用すると、デバイスのI/Oピンのデジタル・ステータスを直接読み出すことができます。このコマンドのビット割り当ては以下のとおりです。

BIT	ASSIGNED DIGITAL PIN
15	V <sub>DD33</sub> OV Fault
14	V <sub>DD33</sub> UV Fault
13	Reserved
12	Reserved
11	ADC values invalid, occurs during start-up. May occur briefly on current measurement channels during normal operation.
10	SYNC clocked by an external device (when LTM4683 configured to drive SYNC pin).
9	Channel 1 Power Good
8	Channel 0 Power Good
7	LTM4683 Driving RUN1 Low
6	LTM4683 Driving RUN0 Low
5	RUN1 Pin State
4	RUN0 Pin State
3	LTM4683 Driving $\overline{\text{FAULT1}}$ Low
2	LTM4683 Driving $\overline{\text{FAULT0}}$ Low
1	$\overline{\text{FAULT1}}$ Pin State
0	$\overline{\text{FAULT0}}$ Pin State

「1」は条件が真 (true) であることを示します。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

# LTM4683

## PMBusコマンドの詳細

### MFR\_COMMON

MFR\_COMMONコマンドは、アナログ・デバイセズのすべてのデジタル電源および遠隔測定製品に共通するビットを内蔵しています。

BIT	MEANING
7	Module Not Driving $\overline{\text{ALERT}}$ Low
6	LTM4683 Not Busy
5	Calculations Not Pending
4	LTM4683 Outputs Not in Transition
3	NVM Initialized
2	Reserved
1	SHARE_CLK Timeout
0	WP Pin Status

この読み出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

### 遠隔測定

CMD NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
READ_VIN	0x88	Measured input supply voltage	R Word	N	L11	V		NA
READ_IIN	0x89	Measured input supply current	R Word	N	L11	A		NA
READ_VOUT	0x8B	Measured output voltage	R Word	Y	L16	V		NA
READ_IOUT	0x8C	Measured output current	R Word	Y	L11	A		NA
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	Power stage temperature sensor. This is the value used for all temperature-related processing, including IOUT_CAL_GAIN.	R Word	Y	L11	C		NA
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	Internal junction temperature. Does not affect any other controller commands.	R Word	N	L11	C		NA
READ_FREQUENCY	0x95	Measured PWM switching frequency.	R Word	Y	L11	Hz		NA
READ_POUT	0x96	Calculated output power	R Word	Y	L11	W		NA
READ_PIN	0x97	Calculated input power	R Word	N	L11	W		NA
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	Returns the accuracy of the READ_PIN command	R Byte	N		%		5.0%
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	Report the maximum measured value of READ_IOUT since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L11	A		NA
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	The maximum measured value of READ_VOUT since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L16	V		NA
MFR_VIN_PEAK	0xDE	The maximum measured value of READ_VIN since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	N	L11	V		NA
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	The maximum measured value of external Temperature (READ_TEMPERATURE_1) since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	Y	L11	C		NA
MFR_READ_IIN_PEAK	0xE1	The maximum measured value of the READ_IIN command since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	N	L11	A		NA
MFR_READ_ICHIP	0xE4	Measured current used by the LTM4683.	R Word	N	L11	A		NA
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	Peak internal die temperature since the last MFR_CLEAR_PEAKS.	R Word	N	L11	C		NA
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	ADC telemetry parameter selected for repeated fast ADC read back.	R/W Byte	N	N	Reg		NA

## PMBusコマンドの詳細

### READ\_VIN

READ\_VINコマンドは、 $V_{IN}$ ピンの測定電圧に $READ\_ICHIP \cdot MFR\_RVIN$ を加算した値 (V) を返します。これは、LTM4683の電源電流により生じる $V_{IN}$ フィルタ素子で生じるIR電圧降下を補償します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_VOUT

READ\_VOUTコマンドは、VOUT\_MODEコマンドによって測定された出力電圧値を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### READ\_IIN

READ\_IINコマンドは、入力電流検出抵抗の両端で測定された入力電流の値 (A) を返します (MFR\_IIN\_CAL\_GAINも合わせて参照)。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_IOUT

READ\_IOUTコマンドは平均出力電流 (A) を返します。IOUTの値は以下の値の関数です。

1.  $I_{SENSE}$ ピン両端の差動電圧の測定値。
2. IOUT\_CAL\_GAINの値。
3. MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCの値。
4. READ\_TEMPERATURE\_1の値。
5. MFR\_TEMP\_1\_GAINとMFR\_TEMP\_1\_OFFSET。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_TEMPERATURE\_1

READ\_TEMPERATURE\_1コマンドは、電力段検出素子の温度 (°C) を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_TEMPERATURE\_2

READ\_TEMPERATURE\_2コマンドは、内部検出素子が検出したLTM4683のダイ温度 (°C) を返します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_FREQUENCY

READ\_FREQUENCYコマンドはPWMスイッチング周波数の指示値 (kHz) です。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### READ\_POUT

READ\_POUTコマンドは、DC/DCコンバータの出力電力指示値 (W) です。P<sub>OUT</sub>は、最新の出力電圧指示値とそれに対応する出力電流指示値に基づいて計算されます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

### READ\_PIN

READ\_PINコマンドは、DC/DCコンバータの入力電力指示値（W）です。PINは、最新の入力電圧指示値と入力電流指示値に基づいて計算されます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_PIN\_ACCURACY

MFR\_PIN\_ACCURACYコマンドは、READ\_PINコマンドによって返された値の精度（%）を返します。

データは1バイトです。値は1ビットにつき0.1%で、範囲は±0.0%～±25.5%になります。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴い、符号なし整数フォーマットに設定されています。

### MFR\_IOUT\_PEAK

MFR\_IOUT\_PEAKコマンドは、READ\_IOUT測定によってレポートされる電流の最大値（A）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_VOUT\_PEAK

MFR\_VOUT\_PEAKコマンドは、READ\_VOUT測定による電圧の最大値（V）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_16uフォーマットに設定されています。

### MFR\_VIN\_PEAK

MFR\_VIN\_PEAKコマンドは、READ\_VIN測定による電圧の最大値（V）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAK

MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAKコマンドは、READ\_TEMPERATURE\_1測定による温度の最大値（°C）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_READ\_IIN\_PEAK

MFR\_READ\_IIN\_PEAKコマンドは、READ\_IIN測定による電流の最大値（A）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

## PMBusコマンドの詳細

### MFR\_READ\_ICHIP

MFR\_READ\_ICHIPコマンドは、LTM4683が使用した入力電流の測定値（A）を返します。  
このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_TEMPERATURE\_2\_PEAK

MFR\_TEMPERATURE\_2\_PEAKコマンドは、READ\_TEMPERATURE\_2測定による温度の最大値（°C）をレポートします。

このコマンドは、MFR\_CLEAR\_PEAKSコマンドを使ってクリアされます。  
この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear\_5s\_11sフォーマットに設定されています。

### MFR\_ADC\_CONTROL

MFR\_ADC\_CONTROLコマンドは、ADCのリードバックの選択肢を決定します。このコマンドのデフォルト値は0で、標準の遠隔測定ループを実行します。すべてのパラメータはラウンド・ロビン方式で更新され、標準的な遅延時間はtCONVERTです。0以外の値を指定し、約8msの更新レートで1つのパラメータをモニタすることも可能です。このコマンドの最大遅延はA/D変換2回分で、これは約16msに相当します（外部温度変換の最大遅延はA/D変換3回分で、これは約24msに相当します）。ADCを使い1つのパラメータを高速で更新する必要があるような特殊な場合を除き、デバイスは標準の遠隔測定モードのままにすることを推奨します。目的のパラメータを限られた時間（1秒未満）だけモニタするようデバイスに指示して、その後に標準のラウンド・ロビン方式に戻るようコマンドを設定する必要があります。このコマンドを標準のラウンド・ロビン遠隔測定（0）以外の値に設定した場合は、選択したパラメータ以外の遠隔測定に関連するすべての警告とフォルトが実質的にディスエーブルされ、電圧のサーボ制御もディスエーブルされます。ラウンド・ロビン方式が再度アサートされると、すべての警告とフォルトおよびサーボ・モードが再度イネーブルされます。

COMMANDED VALUE	TELEMETRY COMMAND NAME	DESCRIPTION
0x0F		Reserved
0x0E		Reserved
0x0D		Reserved
0x0C	READ_TEMPERATURE_1	Channel 1 external temperature
0x0B		Reserved
0x0A	READ_IOUT	Channel 1 measured output current
0x09	READ_VOUT	Channel 1 measured output voltage
0x08	READ_TEMPERATURE_1	Channel 0 external temperature
0x07		Reserved
0x06	READ_IOUT	Channel 0 measured output current
0x05	READ_VOUT	Channel 0 measured output voltage
0x04	READ_TEMPERATURE_2	Internal junction temperature
0x03	READ_IIN	Measured input supply current
0x02	MFR_READ_ICHIP	Measured supply current of the LTM4683
0x01	READ_VIN	Measured input supply voltage
0x00		Standard ADC Round-Robin Telemetry

予約済みのコマンド値を入力すると、遠隔測定はデフォルトで内部IC温度になり、CMLフォルトが出力されます。LTM4683は、有効なコマンド値が入力されるまでCMLフォルトを出力し続けます。測定入力電源電圧の精度が確保されるのは、MFR\_ADC\_CONTROLコマンドが標準のラウンド・ロビン遠隔測定に設定されている場合に限りです。この書込み専用コマンドは1バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットでフォーマットされています。



PMBusコマンドの詳細

NVMメモリ・コマンド

格納／復元

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
STORE_USER_ALL	0x15	Store user operating memory to EEPROM.	Send Byte	N				NA
RESTORE_USER_ALL	0x16	Restore user operating memory from EEPROM.	Send Byte	N				NA
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	Compares current command contents with NVM.	Send Byte	N				NA

STORE\_USER\_ALL

STORE\_USER\_ALLコマンドは、保存しておく必要のある動作メモリ内容を不揮発性NVMメモリの対応する位置にコピーするよう、PMBusデバイスに指示します。

ダイ温度が0°C～85°Cの範囲外でこのコマンドを実行することは推奨できません。この場合、10年間のデータ保持期間は確保できません。ダイ温度が130°Cを超えると、STORE\_USER\_ALLコマンドはディスエーブルされます。デバイス温度が125°C未満に低下すると、コマンドは再度イネーブルされます。

LTM4683との通信およびNVMのプログラミングを開始できるのは、EXTV<sub>CC</sub>またはV<sub>DD33</sub>が供給されていて、V<sub>IN</sub>が印加されていない場合に限られます。この状態でデバイスをイネーブルするには、グローバル・アドレス0x5Bを使ってMFR\_EE\_UNLOCKに0x2Bを書き込み、続いて0xC4を書き込みます。これによりLTM4683が正常な通信を開始し、プロジェクト・ファイルを更新できるようになります。更新したプロジェクト・ファイルをNVMに書き込むには、STORE\_USER\_ALLコマンドを発行します。V<sub>IN</sub>を印加したら、MFR\_RESETを発行してPWMをイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

RESTORE\_USER\_ALL

RESTORE\_USER\_ALLコマンドは、不揮発性ユーザ・メモリの内容を動作メモリの対応する位置にコピーするようLTM4683に指示します。動作メモリの値はユーザ・コマンドで取得した値によって上書きされます。LTM4683は、両方のチャンネルがオフであることを確認して内部EEPROMから動作メモリをロードし、すべてのフォルトをクリアして、抵抗設定ピンを読み取り、更にPWMチャンネルのソフトスタートが設定されている場合は両方のチャンネルについてそれを実行します。

STORE\_USER\_ALL、MFR\_COMPARE\_USER\_ALL、およびRESTORE\_USER\_ALLコマンドはダイ温度が130°Cを超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が125°C未満に下がるまでイネーブルされません。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

MFR\_COMPARE\_USER\_ALL

MFR\_COMPARE\_USER\_ALLコマンドは、現在のコマンド内容と不揮発性メモリに格納されている内容を比較するようPMBusデバイスに指示します。この比較によって差が検出された場合は、CMLビット0フォルトが生成されます。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

## PMBusコマンドの詳細

### フォルト・ログ記録

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_FAULT_LOG	0xEE	Fault log data bytes.	R Block	N	CF		Y	NA
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	Command a transfer of the fault log from RAM to EEPROM.	Send Byte	N				NA
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	Initialize the EEPROM block reserved for fault logging.	Send Byte	N				NA

#### MFR\_FAULT\_LOG

MFR\_FAULT\_LOGコマンドを使用すると、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドが最後に書き込まれて以降、初めてフォルトが発生した後に、FAULT\_LOGの内容を読み出すことができます。このコマンドの内容は不揮発性メモリに格納され、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドによってクリアされます。このコマンドの長さと内容を表15に示します。MFR\_FAULT\_LOGコマンドにアクセスしてもフォルト・ログが存在しない場合、コマンドはデータ長0を返します。フォルト・ログが存在する場合、MFR\_FAULT\_LOGは147バイト長のデータ・ブロックを返します。電源オン後の最初の1秒以内にフォルトが発生した場合は、フォルト・ログの最初の方のページには有効なデータが格納されないことがあります。

注：このコマンドの転送時間は、400kHzクロックを使用した場合で約3.4msです。

この読出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

#### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

MFR\_FAULT\_LOG\_STOREコマンドは、フォルトが発生した場合と同じようにフォルト・ログ動作を強制的にNVMへ書き込みます。MFR\_CONFIG\_ALLコマンドのビット7「フォルト・ログを有効にする」がセットされている場合、このコマンドはSTATUS\_MFR\_SPECIFICフォルトのビット3をセットします。

ダイ温度が130°Cを超えた場合は、125°C未満に低下するまでMFR\_FAULT\_LOG\_STOREコマンドはディスエーブルされます。

この書き込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

## PMBusコマンドの詳細

**表23. フォルト・ログ記録**

この表は、MFR\_FAULT\_LOGコマンドの読出しブロック・データ・フォーマットの概要を示しています。

<b>Data Format Definitions</b>				LIN 11 = PMBus = Rev 1.2, Part 2, section 7.1
				LIN 16 = PMBus Rev 1.2, Part 2, section 8. Mantissa portion only
				BYTE = 8 bits interpreted per definition of this command
<b>DATA</b>	<b>BITS</b>	<b>DATA FORMAT</b>	<b>BYTE NUM</b>	<b>BLOCK READ COMMAND</b>
Block Length		BYTE	147	The MFR_FAULT_LOG command is a fixed length of 147 bytes. The block length will be zero if a data log event has not been captured.
<b>HEADER INFORMATION</b>				
Fault Log Preface	[7:0]	ASC	0	Returns LTxx beginning at byte 0 if a partial or complete fault log exists. Word xx is a factory identifier that may vary from part to part.
	[7:0]		1	
	[15:8]	Reg	2	
	[7:0]		3	
Fault Source	[7:0]	Reg	4	See Table 19.
MFR_REAL_TIME	[7:0]	Reg	5	48-bit share-clock counter value when the fault occurred (200µs resolution).
	[15:8]		6	
	[23:16]		7	
	[31:24]		8	
	[39:32]		9	
	[47:40]		10	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L16	11	Peak READ_VOUT on Channel 0 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.
	[7:0]		12	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L16	13	Peak READ_VOUT on Channel 1 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.
	[7:0]		14	
MFR_IOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L11	15	Peak READ_IOUT on Channel 0 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.
	[7:0]		16	
MFR_IOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L11	17	Peak READ_IOUT on Channel 1 since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.
	[7:0]		18	
MFR_VIN_PEAK	[15:8]	L11	19	Peak READ_VIN since the last power-on or CLEAR_PEAKS command.
	[7:0]		20	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 0)	[15:8]	L11	21	Power stage temperature sensor 0 during the last event.
	[7:0]		22	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1)	[15:8]	L11	23	Power stage temperature sensor 1 during the last event.
	[7:0]		24	
READ_TEMPERATURE2	[15:8]	L11	25	LTM4683 die temperature sensor during the last event.
	[7:0]		26	

## PMBusコマンドの詳細

**表23. フォルト・ログ記録**

この表は、MFR\_FAULT\_LOGコマンドの読出しブロック・データ・フォーマットの概要を示しています。

CYCLICAL DATA				
EVENT n (Data at Which Fault Occurred, Most Recent Data)				Event “n” represents one complete cycle of ADC reads through the MUX at the time of the fault. Example: If the fault occurs when the ADC is processing step 15, it will continue to take readings through step 25 and then store the header and all 6-event pages to EEPROM
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	27	
	[7:0]	LIN 16	28	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	29	
	[7:0]	LIN 16	30	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	31	
	[7:0]	LIN 11	32	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	33	
	[7:0]	LIN 11	34	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	35	
	[7:0]	LIN 11	36	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	37	
	[7:0]	LIN 11	38	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	39	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	40	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	41	
	[7:0]	WORD	42	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	43	
	[7:0]	WORD	44	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	45	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	46	

## PMBusコマンドの詳細

表23. フォルト・ログ記録

この表は、MFR\_FAULT\_LOGコマンドの読出しブロック・データ・フォーマットの概要を示しています。

EVENT n-1 (Data Measured before Fault Was Detected)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	47	
	[7:0]	LIN 16	48	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	49	
	[7:0]	LIN 16	50	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	51	
	[7:0]	LIN 11	52	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	53	
	[7:0]	LIN 11	54	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	55	
	[7:0]	LIN 11	56	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	57	
	[7:0]	LIN 11	58	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	59	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	60	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	61	
	[7:0]	WORD	62	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	63	
	[7:0]	WORD	64	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	65	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	66	
EVENT n-5 (Oldest Recorded Data)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	127	
	[7:0]	LIN 16	128	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	129	
	[7:0]	LIN 16	130	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	131	
	[7:0]	LIN 11	132	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	133	
	[7:0]	LIN 11	134	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	135	
	[7:0]	LIN 11	136	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	137	
	[7:0]	LIN 11	138	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	139	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	140	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	141	
	[7:0]	WORD	142	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	143	
	[7:0]	WORD	144	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	145	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	146	



## PMBusコマンドの詳細

表24. Position\_Fault値の説明

POSITION_FAULT VALUE	SOURCE OF FAULT LOG
0xFF	MFR_FAULT_LOG_STORE
0x00	TON_MAX_FAULT
0x01	VOUT_OV_FAULT
0x02	VOUT_UV_FAULT
0x03	IOUT_OC_FAULT
0x05	TEMP_OT_FAULT
0x06	TEMP_UT_FAULT
0x07	VIN_OV_FAULT
0x0A	MFR_TEMP_2_OT_FAULT

### MFR\_INFO

詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN

詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

### MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR

MFR\_FAULT\_LOG\_CLEARコマンドは、フォルト・ログ・ファイルに格納された値を消去します。また、STATUS\_MFR\_SPECIFICコマンドのビット3も消去します。クリアの実行後にステータスをクリアするまでに、最大8msかかることがあります。

この書き込み専用コマンドはバイト送信を行います。

## ブロック・メモリの書き込み／読出し

COMMAND NAME	CMD CODE	DESCRIPTION	TYPE	PAGED	DATA FORMAT	UNITS	NVM	DEFAULT VALUE
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	Unlock user EEPROM for access by MFR_EE_ERASE and MFR_EE_DATA commands.	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_ERASE	0xBE	Initialize user EEPROM for bulk programming by MFR_EE_DATA.	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_DATA	0xBF	Data transferred to and from EEPROM using sequential PMBus word reads or writes. Supports bulk programming.	R/W Word	N	Reg			NA

すべてのNVMコマンドはダイ温度が130°Cを超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が125°C未満に下がるまでイネーブルされません。

### MFR\_EE\_xxxx

MFR\_EE\_xxxxコマンドは、LTM4683の内部EEPROMの一括プログラミングを容易にします。詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

# LTM4683

## パッケージの説明



μModule製品では、パッケージの行と列のラベル表示が製品ごとに異なることがあります。各パッケージのレイアウトをよくご確認ください。

表25. LTM4683のBGAピン配置

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
A1	GND	B1	GND	C1	SW0	D1	SW0	E1	SW0	F1	GND
A2	GND	B2	GND	C2	SW0	D2	SW0	E2	SW0	F2	GND
A3	GND	B3	GND	C3	GND	D3	GND	E3	GND	F3	GND
A4	GND	B4	GND	C4	GND	D4	GND	E4	GND	F4	GND
A5	V <sub>IN01</sub>	B5	V <sub>IN01</sub>	C5	V <sub>IN01</sub>	D5	V <sub>IN01</sub>	E5	V <sub>IN01</sub>	F5	V <sub>IN01</sub>
A6	V <sub>IN01</sub>	B6	V <sub>IN01</sub>	C6	V <sub>IN01</sub>	D6	V <sub>IN01</sub>	E6	V <sub>IN01</sub>	F6	V <sub>IN01</sub>
A7	GND	B7	GND	C7	GND	D7	GND	E7	GND	F7	GND
A8	V <sub>OUT0_CFG</sub>	B8	V <sub>OUT1_CFG</sub>	C8	V <sub>DD25_01</sub>	D8	SHARE_CLK_01	E8	V <sub>DD33_01</sub>	F8	V <sub>OSNS1</sub> <sup>-</sup>
A9	FSWPH_01_CFG	B9	ASEL_01	C9	VTRIM1_CFG	D9	VTRIM0_CFG	E9	WP_01	F9	COMP1b
A10	FAULT1	B10	RUN0	C10	SDA_01	D10	SCL_01	E10	TSNS1	F10	SGND01
A11	FAULT0	B11	RUN1	C11	ALERT_01	D11	SYNC_01	E11	TSNS0	F11	SGND01
A12	GND	B12	GND	C12	GND	D12	GND	E12	GND	F12	GND
A13	V <sub>OUT0</sub>	B13	V <sub>OUT0</sub>	C13	V <sub>OUT0</sub>	D13	V <sub>OUT0</sub>	E13	V <sub>OUT0</sub>	F13	V <sub>OUT1</sub>
A14	V <sub>OUT0</sub>	B14	V <sub>OUT0</sub>	C14	V <sub>OUT0</sub>	D14	V <sub>OUT0</sub>	E14	V <sub>OUT0</sub>	F14	V <sub>OUT1</sub>
A15	V <sub>OUT0</sub>	B15	V <sub>OUT0</sub>	C15	V <sub>OUT0</sub>	D15	V <sub>OUT0</sub>	E15	V <sub>OUT0</sub>	F15	V <sub>OUT1</sub>

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
G1	SW1	H1	SW1	J1	SW1	K1	GND	L1	GND	M1	GND
G2	SW1	H2	SW1	J2	SW1	K2	GND	L2	GND	M2	GND
G3	GND	H3	GND	J3	GND	K3	GND	L3	GND	M3	GND
G4	GND	H4	GND	J4	GND	K4	GND	L4	GND	M4	GND
G5	V <sub>IN01</sub>	H5	V <sub>IN01</sub>	J5	V <sub>IN01</sub>	K5	V <sub>IN01</sub>	L5	GND	M5	GND
G6	V <sub>IN01</sub>	H6	V <sub>IN01</sub>	J6	V <sub>IN01</sub>	K6	V <sub>IN01</sub>	L6	GND	M6	GND
G7	GND	H7	GND	J7	GND	K7	GND	L7	GND	M7	GND
G8	V <sub>OSNS1</sub> <sup>+</sup>	H8	PGOOD1	J8	SV <sub>IN_01</sub>	K8	GND	L8	GND	M8	GND
G9	COMP1a	H9	PGOOD0	J9	INTV <sub>CC_01</sub>	K9	GND	L9	GND	M9	GND
G10	COMP0b	H10	I <sub>IN_01</sub> <sup>+</sup>	J10	I <sub>IN_01</sub> <sup>-</sup>	K10	GND	L10	GND	M10	GND
G11	COMP0a	H11	V <sub>OSNS0</sub> <sup>-</sup>	J11	V <sub>OSNS0</sub> <sup>+</sup>	K11	GND	L11	GND	M11	GND
G12	GND	H12	GND	J12	GND	K12	GND	L12	GND	M12	GND
G13	V <sub>OUT1</sub>	H13	V <sub>OUT1</sub>	J13	V <sub>OUT1</sub>	K13	V <sub>OUT1</sub>	L13	GND	M13	GND
G14	V <sub>OUT1</sub>	H14	V <sub>OUT1</sub>	J14	V <sub>OUT1</sub>	K14	V <sub>OUT1</sub>	L14	GND	M14	GND
G15	V <sub>OUT1</sub>	H15	V <sub>OUT1</sub>	J15	V <sub>OUT1</sub>	K15	V <sub>OUT1</sub>	L15	GND	M15	GND

## パッケージの説明

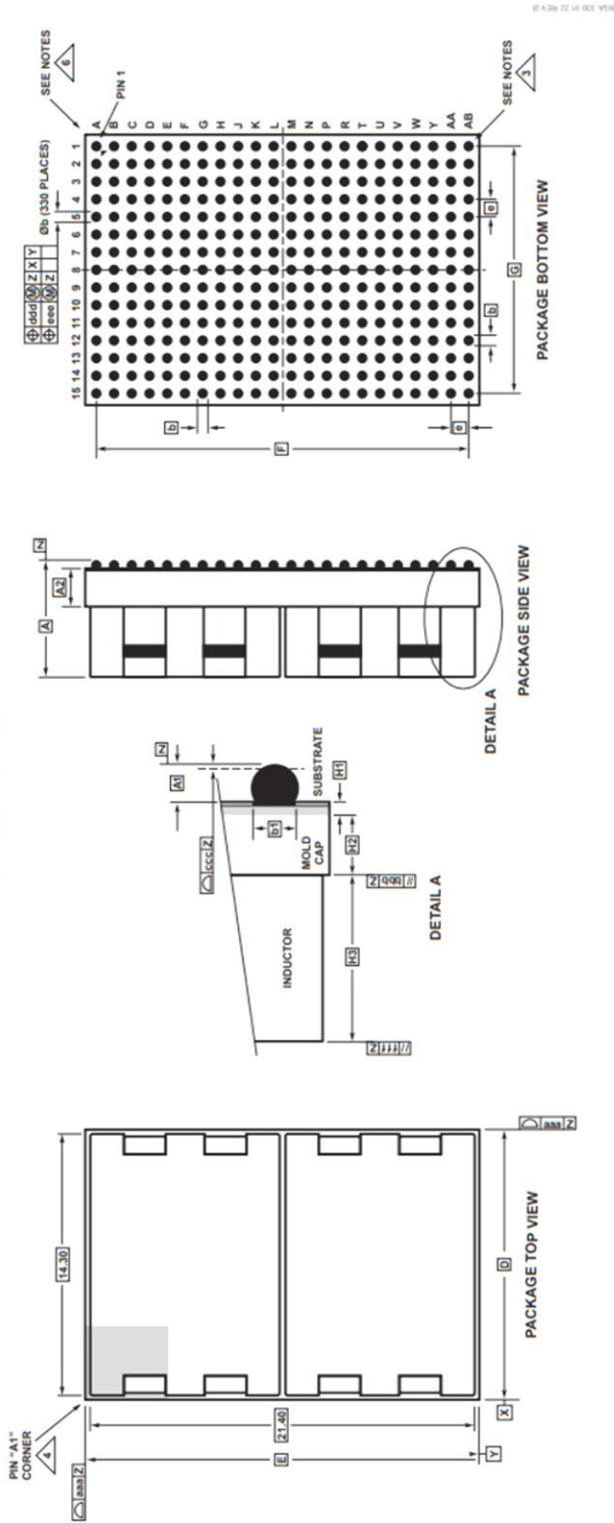
表25. LTM4683のBGAピン配置

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
N1	GND	P1	SW2	R1	SW2	T1	SW2	U1	GND	V1	SW3
N2	GND	P2	SW2	R2	SW2	T2	SW2	U2	GND	V2	SW3
N3	GND	P3	GND	R3	GND	T3	GND	U3	GND	V3	GND
N4	GND	P4	GND	R4	GND	T4	GND	U4	GND	V4	GND
N5	V <sub>IN23</sub>	P5	V <sub>IN23</sub>	R5	V <sub>IN23</sub>	T5	V <sub>IN23</sub>	U5	V <sub>IN23</sub>	V5	V <sub>IN23</sub>
N6	V <sub>IN23</sub>	P6	V <sub>IN23</sub>	R6	V <sub>IN23</sub>	T6	V <sub>IN23</sub>	U6	V <sub>IN23</sub>	V6	V <sub>IN23</sub>
N7	GND	P7	GND	R7	GND	T7	GND	U7	GND	V7	GND
N8	GND	P8	V <sub>OSNS2</sub> <sup>+</sup>	R8	V <sub>OSNS2</sub> <sup>-</sup>	T8	COMP2a	U8	TSNS2	V8	SDA_23
N9	V <sub>IN_VBIAS</sub>	P9	I <sub>IN_23</sub> <sup>-</sup>	R9	I <sub>IN_23</sub> <sup>+</sup>	T9	COMP2b	U9	TSNS3	V9	SYNC_23
N10	V <sub>BIAS</sub>	P10	INTV <sub>CC_23</sub>	R10	PGOOD2	T10	PGOOD3	U10	SGND23	V10	FAULT2
N11	RUNP	P11	SV <sub>IN_23</sub>	R11	V <sub>OSNS3</sub> <sup>+</sup>	T11	V <sub>OSNS3</sub> <sup>-</sup>	U11	SGND23	V11	COMP3a
N12	GND	P12	GND	R12	GND	T12	GND	U12	GND	V12	GND
N13	V <sub>OUT2</sub>	P13	V <sub>OUT2</sub>	R13	V <sub>OUT2</sub>	T13	V <sub>OUT2</sub>	U13	V <sub>OUT2</sub>	V13	V <sub>OUT3</sub>
N14	V <sub>OUT2</sub>	P14	V <sub>OUT2</sub>	R14	V <sub>OUT2</sub>	T14	V <sub>OUT2</sub>	U14	V <sub>OUT2</sub>	V14	V <sub>OUT3</sub>
N15	V <sub>OUT2</sub>	P15	V <sub>OUT2</sub>	R15	V <sub>OUT2</sub>	T15	V <sub>OUT2</sub>	U15	V <sub>OUT2</sub>	V15	V <sub>OUT3</sub>

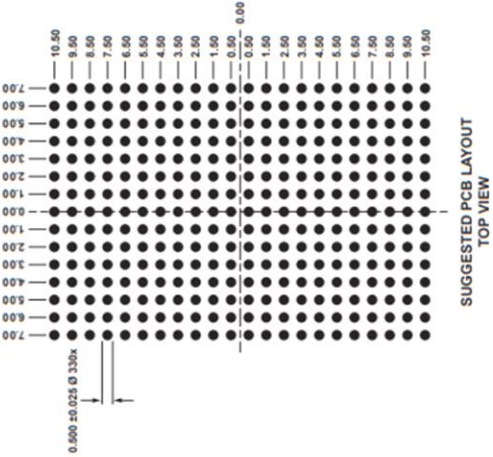
PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
W1	SW3	Y1	SW3	AA1	GND	AB1	GND
W2	SW3	Y2	SW3	AA2	GND	AB2	GND
W3	GND	Y3	GND	AA3	GND	AB3	GND
W4	GND	Y4	GND	AA4	GND	AB4	GND
W5	V <sub>IN23</sub>	Y5	V <sub>IN23</sub>	AA5	V <sub>IN23</sub>	AB5	V <sub>IN23</sub>
W6	V <sub>IN23</sub>	Y6	V <sub>IN23</sub>	AA6	V <sub>IN23</sub>	AB6	V <sub>IN23</sub>
W7	GND	Y7	GND	AA7	GND	AB7	GND
W8	ALERT_23	Y8	RUN3	AA8	VOUT2_CFG	AB8	VOUT3_CFG
W9	SCL_23	Y9	RUN2	AA9	FSWPH_23_CFG	AB9	VTRIM3_CFG
W10	FAULT3	Y10	V <sub>DD33_23</sub>	AA10	ASEL_23	AB10	VTRIM2_CFG
W11	COMP3b	Y11	WP_23	AA11	SHARE_CLK_23	AB11	V <sub>DD25_23</sub>
W12	GND	Y12	GND	AA12	GND	AB12	GND
W13	V <sub>OUT3</sub>	Y13	V <sub>OUT3</sub>	AA13	V <sub>OUT3</sub>	AB13	V <sub>OUT3</sub>
W14	V <sub>OUT3</sub>	Y14	V <sub>OUT3</sub>	AA14	V <sub>OUT3</sub>	AB14	V <sub>OUT3</sub>
W15	V <sub>OUT3</sub>	Y15	V <sub>OUT3</sub>	AA15	V <sub>OUT3</sub>	AB15	V <sub>OUT3</sub>

ANALOG DEVICES | ADI Power by Linear

BGA Package  
330-Lead (22mm x 15mm x 5.71mm)  
(Reference DWG # BC-330-2 Rev 0)



DIMENSIONS					NOTES
SYMBOL	MIN	NOM	MAX		
A	5.58	5.71	6.00		
A1	0.40	0.50	0.60		BALL HT
A2	1.72	1.82	1.92		
b	0.50	0.60	0.70		BALL DIMENSION
b1	0.47	0.50	0.53		PAD DIMENSION
D		15.00			
E		22.00			
e		1.00			
F		21.00			
G		14.00			
H1	0.27	0.32	0.37		SUBSTRATE THK
H2	1.45	1.50	1.55		MOLD CAP HT
H3			3.50		INDUCTOR HT
aaa			0.15		
bbb			0.10		
ccc			0.20		
ddd			0.25		
eee			0.10		
fff			0.35		
TOTAL NUMBER OF BALLS: 330					



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
  2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  3. BALL DESIGNATION PER JEDEC MS-028 AND JEP95
  4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
  5. PRIMARY DATUM -Z- IS SEATING PLANE
  6. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG  $\mu$ Module PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

改訂履歴

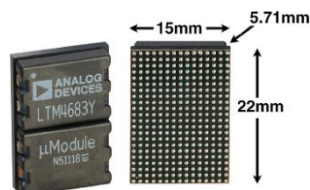
版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	10/23	初版発行	-



# LTM4683

## パッケージ写真

製品マーキングはインク・マーキングまたはレーザ・マーキングです



## 設計リソース

SUBJECT	DESCRIPTION
<a href="#">μModule Design and Manufacturing Resources</a>	<div>Design:<ul style="list-style-type: none"><li>• Selector Guides</li><li>• Demo Boards and Gerber Files</li><li>• Free Simulation Tools</li></ul></div> <div>Manufacturing:<ul style="list-style-type: none"><li>• Quick Start Guide</li><li>• PCB Design, Assembly and Manufacturing Guidelines</li><li>• Package and Board Level Reliability</li></ul></div>
<a href="#">μModule Regulator Products Search</a>	<div>1. Sort table of products by parameters and download the result as a spread sheet.</div> <div>2. Search using the Quick Power Search parametric table.</div> <div><div>Quick Power Search</div><div><div>INPUT  </div><div>OUTPUT  </div><div>FEATURES  </div></div><div><div><math>V_{in}(Min)</math></div><div><math>V_{in}(Max)</math></div><div><math>V_{out}</math></div><div><math>I_{out}</math></div></div><div><div><input type="checkbox"/> Low EMI</div><div><input type="checkbox"/> Ultrathin</div><div><input type="checkbox"/> Internal Heat Sink</div></div><div>Multiple Outputs</div><div>Search</div></div>

## 関連製品

製品番号	概要	注釈
<a href="#">LTM4675</a>	デジタル・パワー・システム・マネージメント (PSM) 機能を備えたデュアル9Aまたはシングル18A降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 11.9mm × 16mm × 3.51mm BGA
<a href="#">LTM4673</a>	デジタルPSM機能を備えた、デュアル12Aおよびデュアル5AクワッドμModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ または $5.5V$ , 16mm × 16mm × 4.72mm BGA
<a href="#">LTM4686/</a> <a href="#">LTM4686-1</a>	デジタルPSM機能を備えた超薄型デュアル10Aまたはシングル20A μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.6V$ (LTM4686)、 $2.375V \leq V_{IN} \leq 17V$ (LTM4686-1)、11.9mm × 16mm × 1.82mm LGA
<a href="#">LTM4686B</a>	デジタルPSM機能を備えた低 $V_{OUT}$ 、超薄型のデュアル14Aまたはシングル28A μModuleレギュレータ、LTM4686/LTM4686-1の大 $I_{OUT}$ バージョン	$4.5V \leq V_{IN} \leq 5.75V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.6V$ , 11.9mm × 16mm × 1.82mm LGA
<a href="#">LTM4676A</a>	デジタルPSM機能を備えたデュアル13Aまたはシングル26A降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 26.5V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 16mm × 16mm × 5.01mm BGA
<a href="#">LTM4677</a>	デジタルPSM機能を備えたデュアル18Aまたはシングル36A降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$ , 16mm × 16mm × 5.01mm BGA
<a href="#">LTM4678</a>	デジタルPSM機能を備えたデュアル25Aまたはシングル50AのμModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.4V$ , 16mm × 16mm × 5.86mm BGA
<a href="#">LTM4664</a>	デジタルPSM機能を備えた54VINのデュアル25Aまたはシングル50A μModuleレギュレータ	$30V \leq V_{IN} \leq 58V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.5V$ , 16mm × 16mm × 7.72mm BGA
<a href="#">LTM4680</a>	デジタルPSM機能を備えたデュアル30Aまたはシングル60AのμModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ , 16mm × 16mm × 7.82mm BGA
<a href="#">LTM4681</a>	デジタルPSM機能を備えたクワッド31.25Aまたはシングル125A μModuleレギュレータ、LTM4683の高 $V_{OUT}$ バージョン	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ , 15mm × 22mm × 8.17mm BGA
<a href="#">LTM4700</a>	デジタルPSM機能を備えたデュアル50Aまたはシングル100AのμModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$ , 15mm × 22mm × 7.87mm BGA

Rev. 0

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2024 年 7 月 17 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2024 年 7 月 17 日

製品名：LTM4683

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev. 0

訂正箇所：

P.14

英文データシート、当該ページの右上のグラフのタイトルにおいて、Quad Output Concurrent Rail, Start-Up, Pre-Bias と記述があります。このうち Start-Up は間違いで、正しくは Shutdown となります。

日本語データシートの当該部分は英語の原文に合わせて、スタートアップと訳しておりますが、シャットダウンと読み替えてください。

P.41

英文データシートの左コラム、本文 1 行目の開始部分で、The LTM4683 offers five different types of addressing …と記述があります。このうち five は間違いで、このセンテンスの以降の 4 つの列挙をご覧いただいてもわかるように、正しくは four となります。

日本語データシートの当該部分は英語の原文に合わせて、「5 つ」と訳しておりますが、「4 つ」と読み替えてください。

P.95

英文データシート、当該ページの MFR\_VOUT\_MAX の項、本文 2 行目最後から以下の記載があります。

The (Bit 6 of MFR\_PWM\_CONFIG set to a 0) MFR\_VOUT\_MAX of 3.6V is not used since the outputs are limited to 0.7V.

このうち、カッコの中の部分は不要で、その部分を切除した以下が正しい表現となります。

The MFR\_VOUT\_MAX of 3.6V is not used since the outputs are limited to 0.7V.

日本語データシートの当該部分は英語の原文にあわせてカッコの中の部分は訳しておりますが、その部分は無視してください。

**アナログ・デバイセズ株式会社**

本	社／〒105-7323	東京都港区東新橋 1-9-1 東京汐留ビルディング 23F
大	阪営業所／〒532-0003	大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
名古屋営業所／〒451-6038		愛知県名古屋市西区牛島 6-1 名古屋ルーセントタワー 40F