

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、2021年7月26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：2021年7月26日

製品名：LTM4681

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.6 表中 $V_{OUT-RNGH}$ の項、3列目

英文データシートでは $MFR_PWM_MODE_n[0] = 1b$ とありますが、これは $0b$ の誤りです。日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

P.56 右欄 (英文データシートでは14行目)

英文データシートでは *to minimize the voltage droop and overshoot during a 15A to 30A step* とありますが、これは *10A to 20A step* の誤りです。日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

P.78 右欄箇条書き部分

英文データシートでは *For parallel modules, tie the V_{OUT}_n , $V_{OSNS}_n^+/V_{OSNS}_n^-$ voltage-sense differential pair lines, RUN_n , $COMP_n$, の部分と $COMP_n$ pin together.* が分離していますが、これが一文 (箇条書きの1行) となり、

- *For parallel modules, tie the V_{OUT}_n , $V_{OSNS}_n^+/V_{OSNS}_n^-$ voltage-sense differential pair lines, RUN_n , $COMP_n$, $COMP_n$ pin together.*

が正しい表現になります。日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

P.93 $VIN_UV_WARN_LIMIT$ の節、説明文の最後

英文データシートでは *If the VIN Voltage drops below the $VIN_OV_WARN_LIMIT$ the device:* とありますが、これは $VIN_UV_WARN_LIMIT$ の誤りです。日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

P.96 MFR_VOUT_MAX の節

英文データシートでは If the output voltages are set to high range (Bit 6 of MFR_PWM_CONFIG set to a 0) MFR_VOUT_MAX is 3.6V. If the output voltage is set to low range (Bit 6 of MFR_PWM_CONFIG set to a 1) the MFR_VOUT_MAX is 2.75V とありますが、このうち 2 箇所 Bit 6 of MFR_PWM_CONFIG と説明されています。これは Bit 1 of MFR_PWM_MODE の誤りです。日本語データシートは原文のまま翻訳してありますので、ご注意ください。

デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えたクワッド 31.25A/シングル 125A μ 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~16V
- 出力電圧範囲: 0.5V~3.3V
- 温度変化に対する最大DC出力誤差: $\pm 0.5\%$
- 電流リードバック精度: $\pm 4\%$ ($0^\circ\text{C}\sim 125^\circ\text{C}$)
- 入力電流検出アンプを内蔵
- 400kHz、PMBus準拠のI²C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・レートをサポート
- 16ビット・シグマ・デルタ ($\Sigma\Delta$) 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 × 8.17mm BGAパッケージ

読み出し可能なデータ:

- 入力および出力電圧、電流、温度
- 動作時ピーク値、動作時間、障害、警告
- 内蔵EEPROMの障害ログ記録

書き込み可能なデータと設定可能なパラメータ:

- 出力電圧、電圧のシーケンシングとマーゼニング
- デジタル・ソフトスタート/ストップ・ランプ、アナログ・ループのプログラム
- 0V/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

説明

LTM[®]4681はクワッド31.25Aまたはシングル125A降圧 μ Module[®] (パワー・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。LTM4681は、デジタルでプログラム可能なアナログ制御ループ、高精度ミックスド・シグナル回路、EEPROM、パワーMOSFET、インダクタ、その他のサポート部品で構成されています。

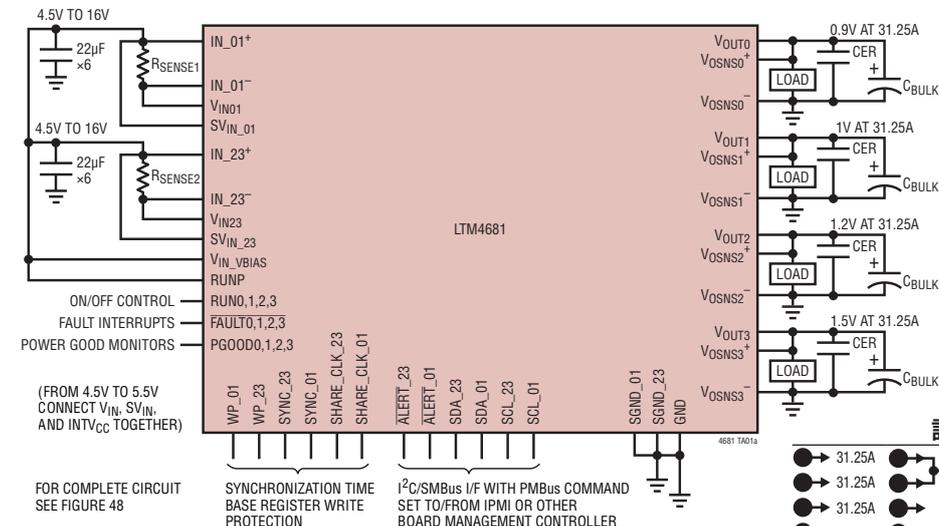
LTM4681は2線式シリアル・インターフェースを備えており、出力のマーゼニング、チューニング、ランプ・アップおよびランプ・ダウンを行うことができます。ランピングのスルー・レートはプログラム可能で、遅延時間のシーケンシングも可能です。また、真の入力電流検出、出力電流および電圧、出力電力、温度、動作時間、およびピーク値を読み出すことができます。EEPROM内容のカスタム設定は必要ありません。起動時の出力電圧、スイッチング周波数、およびチャンネル位相角割り当ては、ピンストラップ抵抗によって設定できます。LTpowerPlay[®] GUI、DC1613 USB/PMBusコンバータ、およびデモ・キットが提供されています。

LTM4681は15mm × 22mm × 8.17mm BGAパッケージで提供され、SnPb仕上げまたはRoHSに準拠した仕上げの端子を選択できます。

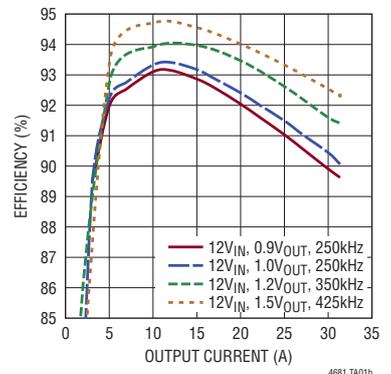
本紙記載の登録商標および商標は、全て各社の所有に属します。5408150、5481178、5705919、5929620、6144194、6177787、6580258、7420359、8163643を含む米国特許により保護されています。米国特許7000125、および世界のその他の関連特許に基づいてライセンスされています。

代表的なアプリケーション

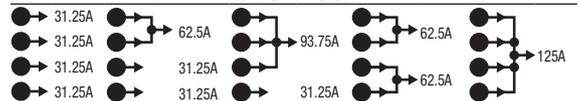
制御および監視用のデジタル・インターフェースを備えたクワッド 31.25A μ Module レギュレータ



チャンネル効率と負荷電流の関係



設定変更可能な出力アレイ



目次

特長	1	表3. LTM4681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 = 0、1または2、3チャンネル、上側抵抗を 14.3kに設定	37
アプリケーション	1	表4. LTM4681のスレーブ・アドレス設定のためのASEL _{nn} 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)	38
説明	1	表5. 7ビットおよび8ビット・アドレス指定で表した LTM4681のMFR_ADDRESSコマンドの例	38
代表的なアプリケーション	1	障害の検出と処理	38
目次	2	ステータス・レジスタと $\overline{\text{ALERT}}$ のマスキング	39
絶対最大定格	4	図5. LTM4681のステータス・レジスタの概要(コントロー ラあたり)	40
ピン配置	4	$\overline{\text{FAULTn}}$ ピンへの障害のマッピング	41
オーダー情報	4	パワーグッド・ピン	41
電気的特性	5	CRC保護	41
代表的な性能特性	12	シリアル・インターフェース	41
ピン機能	16	通信保護	41
簡略化したブロック図	24	デバイスのアドレス指定	41
デカップリング条件	24	V _{OUT} およびI _{IN} /I _{OUT} の障害に対する応答	42
機能図	25	出力過電圧障害の応答	42
テスト回路	26	出力低電圧の応答	43
動作	28	ピーク出力過電流障害の応答	43
パワー・モジュールの概説	28	タイミング障害に対する応答	43
パワー・モジュールの概要と主な機能	28	V _{IN} 0V障害に対する応答	43
ECC機能付きEEPROM	29	OT/UT障害に対する応答	43
パワーアップと初期化	30	内部過熱障害応答	43
ソフトスタート	31	過熱障害と低温障害の応答	44
時間基準のシーケンシング	31	入力過電流障害および出力低電流障害に対する応答	44
電圧基準のシーケンシング	32	外部障害に対する応答	44
シャットダウン	32	障害ログ	44
軽負荷電流動作	32	バスのタイムアウト保護	44
スイッチング周波数と位相	33	PMBus、SMBus、I ² C 2線式インターフェースの類似点	45
PWMループ補償	33	PMBusシリアル・デジタル・インターフェース	45
出力電圧の検出	33	図6. PMBus タイミング図	46
INTV _{CC} /V _{BIAS} 電源	33	表6. サポートしているデータ・フォーマットを表す略号	46
出力電流検出と1mΩ未満のDCRによる電流検出	34	図7～図24. PMBus プロトコル	47
入力電流の検出	34	PMBus コマンドの概要	50
PolyPhase負荷分担	34	PMBusコマンド	50
内部温度の検出	35		
RCONFIG (抵抗設定) ピン	35		
表1. LTM4681の出力電圧のVOUT _n _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	36		
表2. LTM4681の出力電圧のVTRIM _n _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	36		

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)	50	レイアウトのチェックリスト/例	77
表8. データ・フォーマットの略号	55	代表的なアプリケーション	79
アプリケーション情報	56	PMBusコマンドの詳細	84
V_{IN} から V_{OUT} への降圧比	56	アドレス指定と書込み保護	84
入力コンデンサ	56	汎用設定コマンド	86
出力コンデンサ	56	オン/オフ/マージン	87
軽負荷電流動作	56	PWMの設定	89
スイッチング周波数と位相	57	電圧	92
出力電流リミットのプログラミング	58	入力電圧とリミット	92
最小オン時間に関する検討事項	59	出力電圧とリミット	93
可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ	59	出力電流とリミット	96
デジタル・サーボ・モード	59	入力電流とリミット	98
ソフトオフ(シーケンシングによるオフ)	60	温度	99
低電圧ロックアウト	61	パワー一段DCRの温度キャリブレーション	99
障害の検出と処理	61	パワー一段の温度リミット	99
オープンドレイン・ピン	61	タイミング	100
フェーズ・ロック・ループと周波数同期	62	タイミング — オン・シーケンス/ランプ	100
入力電流検出アンプ	63	タイミング — オフ・シーケンス/ランプ	101
プログラマブルなループ補償	63	再起動の前提条件	102
過渡応答のチェック	64	障害応答	102
PolyPhase構成	65	全ての障害に対する障害応答	102
USB- I^2C /SMBus/PMBusコントローラとシステム内のLTM4681の接続	65	入力電圧障害応答	103
LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI	66	出力電圧障害応答	103
PMBus通信とコマンド処理	66	出力電流障害応答	106
熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング	68	デバイス温度障害応答	107
表10~表12: 出力電流のディレーティング	71	外部温度障害応答	108
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/ μ s	72	障害の共有	109
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/ μ s	73	障害共有の伝搬	109
表15. デュアル接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: バルク・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/ μ s	74	障害共有の応答	111
表16. クワッド接続チャンネルの出力電圧とコンデンサの選択: バルク・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/ μ s	74	スクラッチパッド	111
ディレーティング曲線	75	識別情報	112
EMI性能	77	障害、警告、およびステータス	113
安全性に関する検討事項	77	遠隔測定	119
		NVMメモリ・コマンド	123
		格納/復元	123
		障害ログ	124
		ブロック・メモリの書込み/読み出し	128
		パッケージの説明	129
		表25. LTM4681のBGAピン配置	129
		パッケージの外観	132
		設計リソース	132
		関連製品	132

LTM4681

絶対最大定格

(注1)

端子電圧:

V_{INnn} (注4)、 SV_{IN_nn} 、 $I_{IN_nn}^+$ 、 $I_{IN_nn}^-$ 、
 V_{IN_VBIAS} 、 $RUNP$-0.3V~18V
 $(SV_{IN_nn} - I_{IN_nn}^+)$ 、 $(I_{IN_nn}^+ - I_{IN_nn}^-)$-0.3V~0.3V
 SWn-1V~18V、トランジエント時は-5V~18V
 $INTV_{CC_nn}$ 、 V_{BIAS}-0.3V~6V
 V_{OUTn}-0.3V~3.6V
 V_{OSNSn}^+-0.3V~6V
 V_{OSNSn}^--0.3V~0.3V
 $RUNn$ 、 SDA_nn 、 SCL_nn 、 $ALERT_nn$-0.3V~5.5V
 $FSWPH_nn_CFG$ 、 V_{OUTn_CFG} 、
 $VTRIMn_CFG$ 、 $ASEL_nn$-0.3V~2.75V
 $FAULTn$ 、 $SYNC_nn$ 、 $SHARE_CLK_nn$ 、
 WP_nn 、 $PGOODn$-0.3V~3.6V
 $COMPna$ 、 $COMPnb$-0.3V~2.7V
 $TSNSn$-0.3V~0.8V
 $n = 0, 1, 2, 3$ 、および $nn = 01, 23$
 V_{DD33_nn} 出力と V_{DD25_nn} 出力は駆動されません。

温度

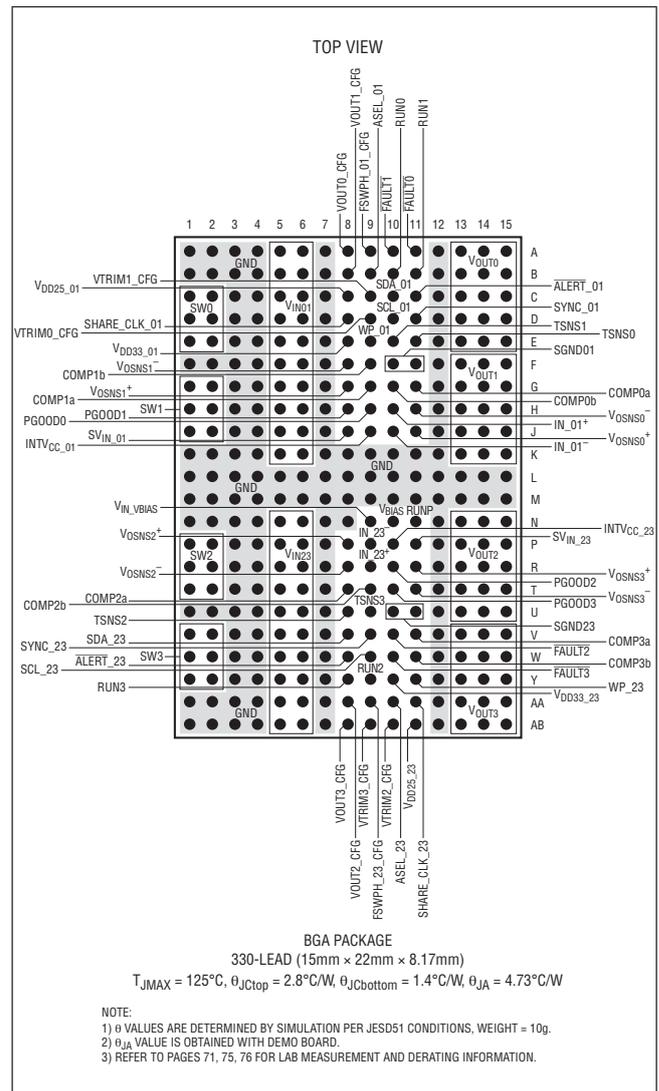
内部動作温度範囲

(注2、13、16、17).....-40°C~125°C

保管温度範囲.....-55°C~125°C

ハンダ・リフロー時の最大パッケージ・ボディ温度... 245°C

ピン配置



オーダー情報

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を参照)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4681EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4681Y	e1	BGA	4	-40°C~+125°C
LTM4681IY#PBF		LTM4681Y				
LTM4681IY	SnPb (63/37)	LTM4681Y	e0			

- 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に準拠しています。
- 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

電气的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 3.3\text{V}$ 、 $\text{RUNP} = 0$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUTn} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
V_{INn}	入力DC電圧	テスト回路1	● 5.75		16	V
		テスト回路2; $V_{IN_OFF} < V_{IN_ON} = 4\text{V}$	● 4.5		5.75	V
V_{OUTn}	各チャンネルの出力電圧レギュレーションの範囲	V_{OSNSn^+}/V_{OSNSn^-} ピン・ペアで差動検出される V_{OUTn} シリアル・バスにより指定されるか、起動時に V_{OUTn_CFG} に接続されている抵抗により指定されます。	● 0.5		3.34	V V
$V_{OUTn(DC)}$	出力電圧、各チャンネルのラインと負荷に伴う合計変動	デジタル・サーボが作動する状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1\text{b}$)	● 0.995	1.000	1.005	V
		デジタル・サーボが作動しない状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0\text{b}$) V_{OUTn} を1.000Vに指定、 V_{OUTn} は低電圧レンジ ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1\text{b}$) (注5、6)	● 0.985	1.000	1.015	V
V_{UVLO}	低電圧ロックアウト閾値、 $V_{IN} < 4.3\text{V}$ のとき	V_{INTVCC_n} 低下		3.55		V
		V_{INTVCC_n} 上昇		3.90		V

入力仕様

$I_{INRUSH}(V_{INn})$	起動時の入力突入電流	テスト回路1、 $V_{OUTn} = 1\text{V}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。コンデンサの他に負荷なし。 $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$		400		mA
$I_Q(SV_{IN})$	入力電源バイアス電流	強制連続モード、 $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 1\text{b}$ $\text{RUN}_n = 3.3\text{V}$ シャットダウン、 $\text{RUN}_0 = \text{RUN}_1 = 0\text{V}$		25 23		mA mA
$I_S(V_{INn}, \text{PSM})$	パルス・スキッピング・モード動作時の入力電源電流	パルス・スキッピング・モード、 $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 0\text{b}$ 、 $I_{OUTn} = 100\text{mA}$		20		mA
$I_S(V_{INn}, \text{FCM})$	強制連続モード動作時の入力電源電流	強制連続モード、 $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 1\text{b}$ 12V~1V $I_{OUTn} = 31.25\text{A}$		2.89		A
$I_S(V_{INn}, \text{SHUTDOWN})$	シャットダウン時の入力電源電流	シャットダウン、 $\text{RUN}_n = 0\text{V}$		50		μA

出力仕様

I_{OUTn}	各チャンネルの出力連続電流レンジ	(注6) $\text{MFR_PWM_MODE}_n[7] = 1$ を利用し、 $I_{OUT_OC_FAULT_LIMIT}$ で $I_{OUT} = \text{約}40$ を使用(97ページ)		0	31.25	A	
$\frac{\Delta V_{OUTn}(\text{LINE})}{V_{OUTn}}$	各チャンネルのライン・レギュレーション精度	デジタル・サーボが作動する状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1\text{b}$) デジタル・サーボが作動しない状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0\text{b}$) SV_{IN} と V_{INn} を電氣的に短絡させてINTVCCはオープン・サーキット。 $I_{OUTn} = 0\text{A}$ 、 $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$ 、 V_{OUT} は低電圧レンジ ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1\text{b}$)、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 350\text{kHz}$ (注5)	●	0.03 0.03	± 0.2	%V %V	
$\frac{\Delta V_{OUTn}(\text{LOAD})}{V_{OUTn}}$	各チャンネルの負荷レギュレーション精度	デジタル・サーボが作動する状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1\text{b}$) デジタル・サーボが作動しない状態 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0\text{b}$) $0\text{A} \leq I_{OUTn} \leq 31.25\text{A}$ 、 V_{OUT} は低電圧レンジ、 ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1\text{b}$) (注5、6)	●	0.03 0.2	0.5	% %	
$V_{OUTn(AC)}$	出力電圧リップル			10		mVp-p	
f_S (各チャンネル)	V_{OUTn} リップル周波数	FREQUENCY_SWITCH を350kHz (0xABC) に設定	●	320	350	370	kHz
$\Delta V_{OUTn}(\text{START})$	ターンオン・オーバーシュート	$\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$ (注12)		8		mV	
t_{START}	ターンオン起動時間	V_{IN} を0Vから12Vへ切り替えてからPGOOD $_n$ の立上がりエッジまでの時間。 $\text{TON_DELAY}_n = 0\text{ms}$ 、 $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$	●	30		ms	
$t_{\text{DELAY}}(0\text{ms})$	ターンオン遅延時間	RUN_n の最初の立上がりエッジからPGOOD $_n$ の立上がりエッジまでの時間。 $\text{TON_DELAY}_n = 0\text{ms}$ 、 $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$ 、 V_{IN} が確立されてから少なくとも70ms経過している	●	2.75	3.3	3.8	ms
$\Delta V_{OUTn}(\text{LS})$	動的負荷ステップに対する最大出力電圧変動	負荷: 10A/ μs で10Aから20Aおよび20Aから10A、 $V_{OUTn} = 1.2\text{V}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ (注12)、トランジェントのグラフを参照		50		mV	
t_{SETTLE}	チャンネルごとの動的負荷ステップに対するセトリング時間	負荷: 10A/ μs で10Aから20Aおよび20Aから10A、 $V_{OUTn} = 1.2\text{V}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ (注12)、トランジェントのグラフを参照		25		μs	

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 0$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUT_n} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
$I_{OUT_n}(OCL_PK)$	出力電流リミット、チャンネルごとのピーク高電流レンジ	サイクルごとのインダクタ・ピーク電流リミットの開始値、MFR_PWM_MODE[7] = 1を利用し、IOUT_OC_FAULT_LIMITで $I_{OUT} = \text{約}34\text{A}$ を使用(97ページ)		46		A
$I_{OUT_n}(OCL_AVG)$	出力電流リミット、チャンネルごとの時間平均	時間平均した出力インダクタ電流リミットの開始閾値、IOUT_OC_FAULT_LIMIT _n により指定(注12) MFR_PWM_MODE[7] = 1を利用し、 $I_{OUT} = \text{約}40\text{A}$ を使用(97ページ)		40、 $I_{O-RB-ACC}$ 仕様を参照 (出力電流リードバック精度)		

制御セクション

V_{FBCM_n}	チャンネル0~3の帰還入力コモンモード範囲	$V_{OSNS_n^-}$ 有効入力範囲(SGND基準) $V_{OSNS_n^+}$ 有効入力範囲(SGND基準)	● ●	-0.1 0.3	0.3 3.6	V V
$V_{OUT-RNGL}$	フルスケール指定電圧、低電圧レンジ(0.5V~2.75V、注15)、チャンネルごと	V_{OUT_n} を2.750Vに指定、MFR_PWM_MODE _n [1] = 1b 設定点精度 分解能 LSBステップ・サイズ		-0.5	2.75 12 0.688	V % ビット mV
$V_{OUT-RNGH}$	フルスケール指定電圧、高電圧レンジ(0.5V~3.6V、注15)、チャンネルごと	V_{OUT_n} を3.6Vに指定、MFR_PWM_MODE _n [0] = 1b モジュールの設計を3.6V動作に制限 設定点精度 分解能 LSBステップ・サイズ		-0.5	3.6 12 1.375	V % ビット mV
$R_{VSNs_n^+}$	SGNDへの $V_{OSNS_n^+}$ インピーダンス	$0.05\text{V} \leq V_{OSNS_n^+} - V_{SGND} \leq 3.3\text{V}$			50	k Ω
$t_{ON(MIN)}$	最小オン時間	(注8)チャンネルごと			60	ns
R_{COMP_n}	分解能 補償抵抗 $R_{TH(MAX)}$ 補償抵抗 $R_{TH(MIN)}$	MFR_PWM_CONFIG[4:0] = 0~31 (図1の注記部分を参照)			5 62 0.5	ビット k Ω k Ω
g_{mn}	分解能 エラー・アンプ $g_{m(MAX)}$ エラー・アンプ $g_{m(MIN)}$ LSBステップ・サイズ	COMP _n = 1.35V、MFR_PWM_CONFIG[7:5] = 0~7			3 5.76 1 0.68	ビット mmho mmho mmho

アナログOV/UV(過電圧/低電圧)出力電圧監視回路コンパレータ(VOUT_OV/UV_FAULT_LIMITモニタとVOUT_OV/UV_WARN_LIMITモニタ)

N_{OV/UV_COMP}	分解能、出力電圧監視回路	(注14、15)			9	ビット
V_{OV-RNG}	出力OVコンパレータ閾値検出範囲	高電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 0b 低電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 1b		1 0.5	3.6 2.7	V V
V_{OUSTP}	出力OVおよびUVコンパレータ閾値設定のLSBステップ・サイズ	(注15) 高電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 0b 低電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 1b			11.2 5.6	mV mV
$V_{OV-ACC-n}$	出力OVコンパレータ閾値精度、チャンネル0~3(注14を参照)	$1\text{V} \leq V_{OSNS_n^+} - V_{OSNS_n^-} \leq 2.7\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[1] = 1b $0.5\text{V} \leq V_{OSNS_n^+} - V_{OSNS_n^-} \leq 1\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[1] = 1b $2.0\text{V} \leq V_{SNS} - V_{SNG} \leq 3.6\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[0] = 0b	● ● ●		± 1.5 ± 2.5 ± 1.5	% % %
V_{UV-RNG_n}	出力UVコンパレータ閾値検出範囲	高電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 0b 低電圧レンジ・スケール、MFR_PWM_MODE _n [1] = 1b		1 0.5	3.6 2.7	V V
V_{UV-ACC_n}	出力UVコンパレータ閾値精度(注14)	$1\text{V} \leq V_{OSNS_n^+} - V_{OSNS_n^-} \leq 2.7\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[1] = 1b $0.5\text{V} \leq V_{OSNS_n^+} - V_{OSNS_n^-} \leq 1\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[1] = 1b $2.0\text{V} \leq V_{SNS} - V_{SNG} \leq 3.6\text{V}$ 、MFR_PWM_MODE[0] = 0b	● ● ●		± 1.5 ± 2.5 ± 1.5	% % %
$t_{PROP-OV}$	出力OVコンパレータ応答時間	プログラムした閾値の10%上までオーバードライブ			100	μs
$t_{PROP-UV}$	出力UVコンパレータ応答時間	プログラム閾値の10%下までアンダードライブ			100	μs

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 0$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUTn} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
アナログ 0V/UV SV_{IN_nn} 入力電圧監視回路のコンパレータ (V_{IN_ON}とV_{IN_OFF}の閾値検出器)						
$N_{SVIN-0V/UV-COMP}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの閾値設定の分解能	(注14、15)		9		ビット
$SV_{IN-OU-RANGE}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの閾値設定範囲	LTM4681 モジュールでは絶対最大値 = 18Vに制限	●	4.5	18	V
$SV_{IN-OU-STP}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの閾値設定のLSBステップ・サイズ	(注15)		76		mV
$SV_{IN-OU-ACC}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの閾値精度	$9\text{V} < SV_{IN} \leq 16\text{V}$ $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 9\text{V}$	● ●		± 3 ± 270	% mV
$t_{PROP-SVIN-HIGH-VIN}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの応答時間、高 V_{IN} 動作設定	テスト回路1、および: $V_{IN_ON} = 9\text{V}$ 、 SV_{IN} を8.775Vから9.225Vまで駆動 $V_{IN_OFF} = 9\text{V}$ 、 SV_{IN} を9.225Vから8.775Vまで駆動	● ●		100 100	μs μs
$t_{PROP-SVIN-LOW-VIN}$	SV_{IN_nn} 0V/UVコンパレータの応答時間、低 V_{IN} 動作設定	テスト回路2、および: $V_{IN_ON} = 4.5\text{V}$ 、 SV_{IN} を4.225Vから4.725Vまで駆動 $V_{IN_OFF} = 4.5\text{V}$ 、 SV_{IN} を4.725Vから4.225Vまで駆動	● ●		100 100	μs μs
チャンネルnの出力電圧リードバック ($READ_V_{OUTn}$)						
N_{V0-RB}	出力電圧リードバック分解能とLSBステップ・サイズ	(注15)		16 244		ビット μV
$V_{0-F/S}$	出力電圧フルスケール・デジタル化可能範囲	$V_{RUNn} = 0\text{V}$ (注15)、最大3.6V動作に制限		8		V
$V_{0-RB-ACC}$	出力電圧リードバック精度	チャンネルn: $1\text{V} \leq V_{VOSnS^+} - V_{VOSnS^-} \leq 3.3\text{V}$ チャンネルn: $0.5\text{V} \leq V_{VOSnS^+} - V_{VOSnS^-} < 1\text{V}$	● ●	指示値の $\pm 0.5\%$ 以内 指示値の $\pm 5\text{mV}$ 以内		
$t_{CONVERT-V0-RB}$	出力電圧リードバック更新レート	$MFR_ADC_CONTROL = 0x00$ (注9、15) $MFR_ADC_CONTROL = 0x01 \sim 0x0C$ (注9、15) MFR_ADC_CONTROL セクション		90 8		ms ms ms
入力電圧 (SV_{IN_nn}) リードバック ($READ_V_{IN}$)						
$N_{SVIN-RB}$	入力電圧リードバック分解能とLSBステップ・サイズ	(注10、15) LTM4681 モジュールでは絶対最大値 = 18Vに制限		10 15.625		ビット mV
$SV_{IN-F/S}$	入力電圧フルスケール・デジタル化可能範囲	(注11、15)		43		V
$SV_{IN-RB-ACC}$	入力電圧リードバック精度	$READ_V_{IN}$ 、 $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 16\text{V}$	●	指示値の $\pm 2\%$ 以内		
$t_{CONVERT-SVIN-RB}$	入力電圧リードバック更新レート	$MFR_ADC_CONTROL = 0x00$ (注9、15) $MFR_ADC_CONTROL = 0x01$ (注9、15)		90 8		ms ms
チャンネルnの出力電流 ($READ_I_{OUTn}$)、デューティ・サイクル ($READ_DUTY_CYCLEn$)、および計算入力電流 ($MFR_READ_I_{INn}$) リードバック						
N_{I0-RB}	出力電流リードバック分解能とLSBステップ・サイズ	(注10、15)		10 34.1		ビット mA
$I_{0-F/S}$	出力電流フルスケール・デジタル化可能範囲	(注15) $MFR_PWM_MODE[7] = 1$ を利用し、 $I_{OUT_OC_FAULT_LIMIT} = 61\text{A}$ を使用(97ページ)		54		A
$I_{0-RB-ACC}$	出力電流、リードバック精度	$READ_I_{OUTn}$ 、チャンネル0~3、 $0 \leq I_{OUTn} \leq 30\text{A}$ 、強制連続モード、 $MFR_PWM_MODEn[0] = 1\text{b}$ $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 代表的な性能特性のヒストグラムを参照(注12)	●	指示値の1.25A以内 指示値の1.5A以内		
$I_{0-RB}(31.25\text{A})$	最大負荷時出力電流リードバック	(注12)。代表的な性能特性のヒストグラムを参照		31.25		A

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 0$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUT_n} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
$t_{\text{CONVERT-IO-RB}}$	出力電流リードバック更新レート	MFR_ADC_CONTROL = 0x00 (注9、15)		90		ms
		MFR_ADC_CONTROL = 0x06 (CH0,2 I _{OUT}) または 0x01 (CH1,3 I _{OUT}) (注9、15) MFR_ADC_CONTROL セクションを参照		8		ms

入力電流リードバック

N	分解能	(注10)		10	ビット
V_{INSTP}	LSB ステップ・サイズのフルスケール・レンジ = 16mV	ゲイン = 8、 $0\text{V} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- \leq 5\text{mV}$		15.26	μV
		ゲイン = 4、 $0\text{V} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- \leq 20\text{mV}$		30.52	μV
		ゲイン = 2、 $0\text{V} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- \leq 50\text{mV}$		61	μV
$I_{\text{IN-TUE}}$	総合未調整誤差	ゲイン = 8、 $2.5\text{mV} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- $ (注7)	●		±2 %
		ゲイン = 4、 $4\text{mV} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- $ (注7)	●		±1.3 %
		ゲイン = 2、 $6\text{mV} \leq V_{\text{IN}}^+ - V_{\text{IN}}^- $ (注7)	●		±1.2 %
V_{OS}	ゼロコード・オフセット電圧	(注15)			±50 μV
t_{CONVERT}	更新レート	(注9、15) より高い更新レートについては、MFR_ADC_CONTROL セクションを参照		90	ms

電源電流リードバック

N	分解能	(注10)		10	ビット
V_{CHIPSTP}	LSB ステップ・サイズ・フルスケール・レンジ = 256mV	内蔵1 Ω 抵抗		244	μV
$I_{\text{CHIP-RB}}$	I_{CHIP} リードバック	$SV_{\text{IN-}nn}$ 電流		±50	mA
t_{CONVERT}	更新レート	(注9、15) より高い更新レートについては、MFR_ADC_CONTROL セクションを参照		90	ms

温度リードバック(T0, T1)

TRES-RB	温度リードバック分解能	チャンネルn、およびコントローラ(注15)		0.25	$^\circ\text{C}$
T0_TUE	外部温度総合未調整リードバック誤差	ΔV_{BE} の検出のみサポート		2.5	$^\circ\text{C}$
T1_TUE	内部TSNS TUE	$V_{\text{RUN}_n} = 0.0$ 、 $f_{\text{SYNC}} = 0\text{kHz}$ (注7)		±1	$^\circ\text{C}$
t_{CONVERT}	更新レート	(注9)		90	ms
		MFR_ADC_CONTROL = 0x04 または 0x0C (注9、15)		8	ms

INTV_{CC-*nn*}レギュレータ/V_{BIAS}

$V_{\text{INTVCC-}nn}$	内部V _{CC} 電圧、無負荷	$6\text{V} \leq SV_{\text{IN-}nn} \leq 16\text{V}$	●	5.25	5.5	5.75	V
$V_{\text{LDO-INT}}$	INTV _{CC} 負荷レギュレーション	$I_{\text{CC}} = 0\text{mA} \sim 20\text{mA}$ 、 $6\text{V} \leq SV_{\text{IN-}nn} \leq 16\text{V}$		0.5	±2		%
$V_{\text{IN-VBIAS}}$	$V_{\text{IN-VBIAS}}$ の入力範囲			4.5		16	V
RUNP	V _{BIAS} イネーブル	RUNP の立上がり		0.8	0.85		V
V _{BIAS}	5.5V 内部レギュレータ	$7 \leq V_{\text{IN-VBIAS}} \leq 16$		5.25	5.5	5.75	V
$SV_{\text{IN-THR}}$	V _{BIAS} のスイッチオーバーをイネーブルする $SV_{\text{IN-}nn}$ 閾値	$SV_{\text{IN-}nn}$ の立上がり		7	7.5		V

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 0$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUTn} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
SV_{IN_THF}	V_{BIAS} のスイッチオーバーをディスエーブルする V_{SVIN_nn} 閾値	SV_{IN_nn} の立下がり		6.5		V

V_{DD33_nn} レギュレータ

V_{DD33nn}	内部 V_{DD33} 電圧	$4.5\text{V} < V_{INTVCC_nn}$	3.2	3.3	3.4	V
I_{LIM}	V_{DD33} 電流リミット	$V_{DD33_nn} = \text{GND}$ 、 $V_{IN_nn} = \text{INTVCC_nn} = 4.5\text{V}$		100		mA
V_{DD33_OV}	V_{DD33} 過電圧閾値			3.5		V
V_{DD33_UV}	V_{DD33} 低電圧閾値			3.1		V

V_{DD25_nn} レギュレータ

V_{DD25nn}	内部 V_{DD25} 電圧			2.5		V
I_{LIM}	V_{DD25} 電流リミット	$V_{DD25_nn} = \text{GND}$ 、 $V_{IN_nn} = \text{INTVCC_nn} = 4.5\text{V}$		80		mA

発振器とフェーズ・ロック・ループ (PLL)

f_{RANGE}	PLL SYNC 範囲	SYNCの立下がりエッジに同期	●	250	1000	kHz
f_{OSC}	発振器の周波数精度	周波数スイッチ = 250kHz~1000kHz(注15)	●		±7.5	%
$V_{TH}(\text{SYNC}_{nn})$	SYNC入力閾値	V_{SYNC} の立下がり V_{SYNC} の立上がり		1 1.5		V V
$V_{OL}(\text{SYNC}_{nn})$	SYNCのロー出力電圧	$I_{LOAD} = 3\text{mA}$		0.2	0.4	V
$I_{LEAK}(\text{SYNC}_{nn})$	スレープ・モードにおけるSYNCのリーク電流	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$			±5	μA
$\theta_{SYNC-00,-02}$	Syncの立下がりエッジとSW0およびSW2の立上がりエッジに基づくSYNCとCh0およびCh2の位相関係	$MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0,2,3$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 5$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 4,6$		0 60 90 120		° ° ° °
$\theta_{SYNC-01,-03}$	Syncの立下がりエッジとSW1およびSW3の立上がりエッジに基づくSYNCとCh1およびCh3の位相関係	$MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 3$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 2,4,5$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1$ $MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 6$		120 180 240 270 300		° ° ° ° °

EEPROM特性

書換え回数	(注13)	EEPROM書込み動作時は $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$	●	10,000		サイクル
データ保持期間	(注13)	$T_J < 125^\circ\text{C}$	●	10		年
Mass_Write	一括書込み動作時間	STORE_USER_ALL、 $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ EEPROM書込み動作時		440	4100	ms

リーク電流: SDA_{nn} 、 SCL_{nn} 、 $ALERT_{nn}$ 、 RUN_n

I_{OL}	入力リーク電流	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 5.5\text{V}$	●		±5	μA
----------	---------	---	---	--	----	----

リーク電流: $FAULT_n$ 、 $PGOOD_n$

I_{GL}	入力リーク電流	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$	●		±2	μA
----------	---------	---	---	--	----	----

デジタル入力: SCL_{nn} 、 SDA_{nn} 、 RUN_n

V_{IH}	入力ハイ閾値電圧		●		1.35	V
V_{IL}	入力ロー閾値電圧		●	0.8		V
V_{HYST}	入力ヒステリシス	SCL、SDA		0.08		V
C_{PIN}	入力容量				10	pF

電气的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲にわたって適用される仕様であることを示します(注2)。個々の出力チャンネルに対する仕様規定値です(注4)。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 3.3\text{V}$ 、 $RUNP = 0$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 350\text{kHz}$ で、 V_{OUT_n} を1.000V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。

記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
デジタル入力WP_{nn}						
I _{PUWP}	入力プルアップ電流	WP		10		μA
オープンドレイン出力:SCL_{nn}、SDA_{nn}、FAULT_{nn}、ALERT_{nn}、RUN_n、SHARE_CLK_{nn}、PGOOD_n						
V _{OL}	出力ロー電圧	I _{SINK} = 3mA			0.4	V
デジタル入力:SHARE_CLK_{nn}、WP_{nn}						
V _{IH}	入力ハイ電圧閾値		●	1.5	1.8	V
V _{IL}	入力ロー電圧閾値		●	0.6	1	V
FAULT_nのデジタル・フィルタリング						
I _{FLTG}	入力デジタル・フィルタリング リングFAULT _n			3		μs
PGOOD_nのデジタル・フィルタリング						
I _{FLTG}	出力デジタル・フィルタリング リングPGOOD _n			100		μs
RUN_nのデジタル・フィルタリング						
I _{FLTG}	入力デジタル・フィルタリング リングRUN			10		μs
PMBusインターフェースのタイミング特性						
f _{SCL}	シリアルバス動作周波数		●	10	400	kHz
t _{BUF}	停止から開始までのバス空き時間		●	1.3		μs
t _{HD(STA)}	反復開始条件後のホールド時間 この時間の経過後に最初のクロックが生成される。		●	0.6		μs
t _{SU(STA)}	反復開始条件セットアップ時間		●	0.6	10000	μs
t _{SU(STO)}	停止条件セットアップ時間		●	0.6		μs
t _{HD(DAT)}	データ・ホールド時間 受信データ 送信データ		● ●	0 0.3	0.9	μs μs
t _{SU(DAT)}	データ・セットアップ時間 受信データ			0.1		μs
t _{TIMEOUT_SMB}	スタックPMBusタイマー、非ブロック読出し スタックPMBusタイマー、ブロック読出し	最後のPMBusスタート・イベントから測定		32 255		ms
t _{LOW}	シリアル・クロック・ロー時間		●	1.3	10000	μs
t _{HIGH}	シリアル・クロック・ハイ時間		●	0.6		μs

注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。

注2: LTM4681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。LTM4681Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲で性能仕様を満たすことが保証されています。

$-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計のプロセス制御との相関付けによって確認されています。LTM4681は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全内部動作温度範囲で仕様に適合することが保証されています。 T_J は、次式を使って周囲温度 T_A と消費電力PDから計算されます。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

電気的特性

ここに示す仕様に見合った最大周囲温度は、具体的な動作条件と、ボード・レイアウト、パッケージの定格熱抵抗値、およびその他の環境条件の組み合わせによって決まります。

注3: デバイスのピンに流れ込む電流は全て正で、流れ出す電流は全て負です。特に指定のない限り、全ての電圧はグラウンド基準です。

注4: 2つの電源入力 (V_{IN01} と V_{IN23}) と、それらに対応する電源出力 ($V_{OUT0,1}$ と $V_{OUT2,3}$) 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} 」 (n は 0~3 の値が入る) という略号で表記しています。この斜体の添字「 n 」を使った表記方法は、これら以外の同様のピンの名前、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、 $V_{OUT_COMMANDn}$ 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 ($V_{OUT0,2}$) とチャンネル 1、3 ($V_{OUT1,3}$) に対応しています。ページ指定されていないデータ、すなわちモジュールの「グローバル」なデータ、言い方を変えるとそのモジュールの全ての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、斜体の添字「 n 」は付きません (例: $FREQUENCY_SWITCH$)。

注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で ($MFR_PWM_MODEn[6] = 0b$) で V_{OUTn} に低電圧レンジを選択 ($MFR_PWM_MODEn[1] = 1b$) した状態で、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が ($MFR_PWM_MODEn[6] = 1b$ に設定)、最終テストにおいて出力電圧の最終的セトリング値への収束が必ずしも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保証されています。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。

注6: 様々な V_{IN} 、 V_{OUT} 、 T_A に対する出力電流ディレーティング曲線については、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。

注7: このデバイスのテストは、PWM をディスエーブルした状態でを行っています。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。 $TUE(\%) = \text{ADCゲイン誤差}(\%) + 100 (\text{ゼロ・コード・オフセット} + \text{ADCの直線性誤差}) / \text{実際の値}$ 。

注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。

注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。全ての入力信号は、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、LTM4681 はわずか 8ms~10ms で高速データ変換を行うことができます。詳細については、PMBus コマンドのセクションを参照してください。

注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。遠隔測定パラメータは以下のとおりです: $READ_VIN$ コマンド・コードを介してアクセスする入力電圧 (SV_{IN_nn})、 $READ_IOUTn$ コマンド・コードを介してアクセスする出力電流 ($IOUTn$)、 $READ_IINn$ コマンド・コードを介してアクセスするモジュール入力電流 ($I_{VIN_nn} + I_{VIN_nn} + I_{SVIN_nn}$)、 MFR_READ_IINn コマンド・コードを介してアクセスするチャンネル入力電流 ($I_{VIN_nn} + 1/2 \cdot I_{SVIN_nn}$)、および $READ_DUTY_CYCLEn$ コマンド・コードを介してアクセスするチャンネル 0 とチャンネル 1 スイッチング・パワー段のデューティ・サイクル。内部 ADC が 16 ビットで、LTM4681 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。

注11: SV_{IN_nn} ピンの絶対最大定格は 18V 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。

注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。

注13: EEPROM の書換え回数とデータ保持期間は、ウェーハレベルのテストによって保証されています。最小データ保持期間は、EEPROM の書換え回数が規定の最小書換え回数より少なく、その EEPROM のデータが $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ で書き込まれたデバイスに適用されません。RESTORE_USER_ALL または MFR_RESET は全動作温度範囲で有効であり、EEPROM の特性には影響しません。

注14: $MFR_PWM_MODEn[1] = 1b$ とした場合のチャンネル 0 の OV/UV コンパレータ閾値精度は、 $V_{VOSNSn^+} - V_{VOSNSn^-} = 0.5V$ および 3.6V で、ATE によりテストされています。1V の条件は IC レベルでのみテストされています。 $MFR_PWM_MODEn[1] = 1b$ とした場合のチャンネル 1 の OV/UV コンパレータ閾値精度は、 $V_{VOSNSn^+} - V_{SNGND} = 0.5V$ および 3.6V で、ATE によりテストされています。1.5V の条件は IC レベルでのみテストされています。 $MFR_PWM_MODEn[1] = 1b$ は低電圧レンジです。

注15: IC レベルの ATE でテストしています。

注16: 書き込みコマンドが有効となる LTM4681 の EEPROM 温度範囲は、 $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 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 NVMM にアップロード) することは推奨できません。ただし、LTM4681 の EEPROM 温度が 130°C 未満であれば、LTM4681 は STORE_USER_ALL コマンドに従います。LTM4681 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、LTM4681 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) 障害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。

注17: LTM4681 は、一時的な過負荷状態からデバイスを保護することを目的とした過熱保護機能を内蔵しています。ジャンクション温度が 125°C を超えると、過熱保護機能がアクティブになります。仕様に規定された最大動作ジャンクション温度を超えての連続動作は、デバイスの信頼性を損なう可能性があります。

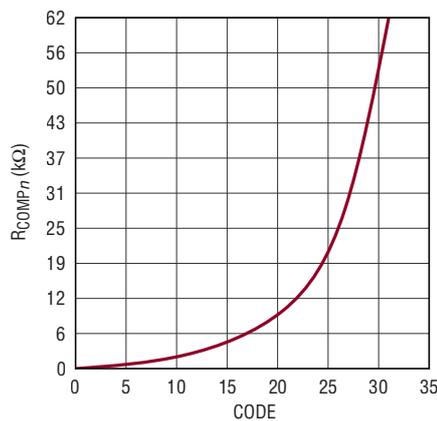
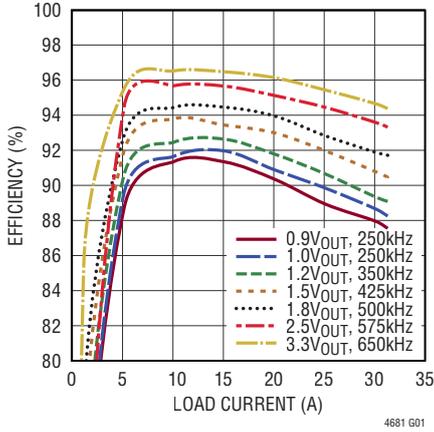


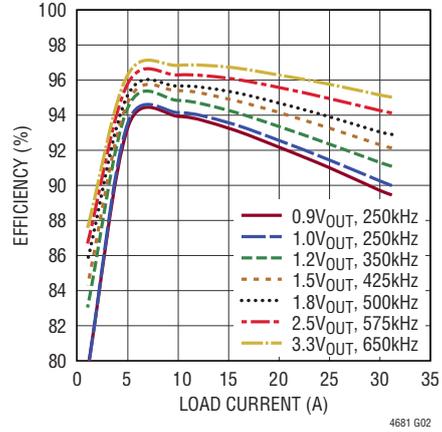
図 1. プログラマブル R_{COMPn}

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

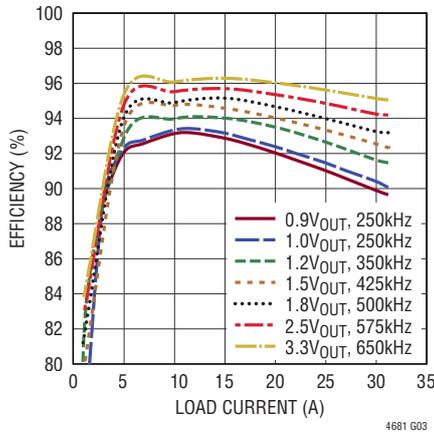
シングル・チャンネルの効率、
 $5V_{IN}$ 、 $V_{IN} = SV_{IN} = INTV_{CC} = 5V$ 、
 $RUNP = 0V$ 、CCMモード



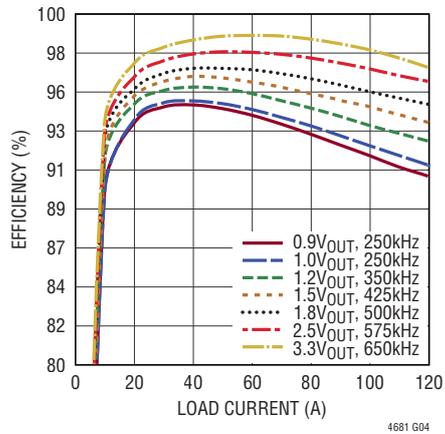
シングル・チャンネルの効率、
 $8V_{IN}$ 、 $V_{IN} = SV_{IN} = V_{IN_VBIAS} = 8V$ 、
 $RUNP = 8V$ 、CCMモード



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



クワッド・チャンネル・シングル
 出力の効率
 $V_{IN} = SV_{IN} = 12V$ 、 $RUNP = 0V$ 、
 $V_{BIAS} = 5.5V$ (外部)、CCMモード



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

シングル・チャンネルの負荷過渡
応答、10A~20A 負荷ステップ、
10A/ μs 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 0.9\text{V}$

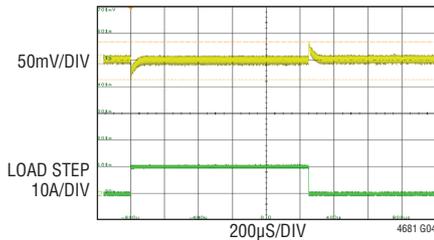


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 0.9V, FREQ = 350kHz
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 3$ POSCAP, $100\mu\text{F} \times 5$ CERAMIC
 $R_{\text{COMP}} = 11\text{k}$, EA-GM = 4.36ms
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$, $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$
 ILIM RANGE HIGH, V_{OUT} RANGE LOW

シングル・チャンネルの負荷過渡
応答、10A~20A 負荷ステップ、
10A/ μs 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$ 、
 $f_{\text{SW}} = 350\text{kHz}$

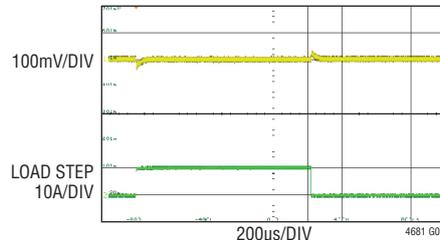


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 1.2V, FREQ = 350kHz
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 2$ POSCAP, $100\mu\text{F} \times 2$ CERAMIC
 $R_{\text{COMP}} = 7\text{k}$, EA-GM = 4.36ms
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$, $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$
 ILIM RANGE HIGH, V_{OUT} RANGE LOW

シングル・チャンネルの負荷過渡
応答、10A~20A 負荷ステップ、
10A/ μs 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$ 、
 $f_{\text{SW}} = 350\text{kHz}$

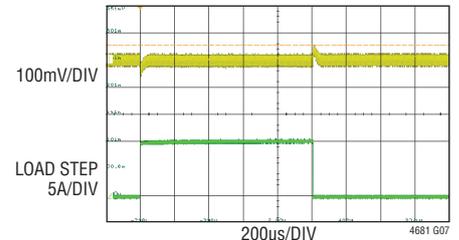


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 1.5V, FREQ = 350kHz
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 2$ POSCAP, $100\mu\text{F} \times 2$ CERAMIC
 $R_{\text{COMP}} = 7\text{k}$, EA-GM = 3.69ms
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$, $\text{COMPnb} = 150\text{pF}$
 ILIM RANGE HIGH, V_{OUT} RANGE LOW

シングル・チャンネルの負荷過渡
応答、10A~20A 負荷ステップ、
10A/ μs 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ 、
 $f_{\text{SW}} = 500\text{kHz}$

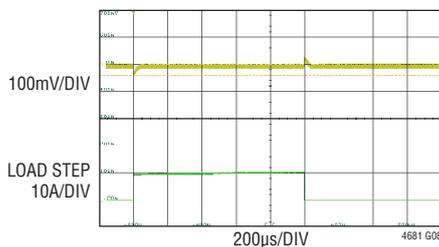


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 2.5V, FREQ = 500kHz
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 1$ POSCAP, $100\mu\text{F} \times 1$ CERAMIC
 $R_{\text{COMP}} = 6\text{k}$, EA-GM = 2.35ms,
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$, $\text{COMPnb} = 220\text{pF}$
 ILIM RANGE HIGH, V_{OUT} RANGE LOW

シングル・チャンネルの負荷過渡
応答、10A~20A 負荷ステップ、
10A/ μs 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、
 $f_{\text{SW}} = 500\text{kHz}$

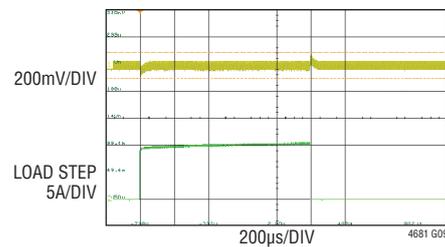


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V TO 3.3V, FREQ = 500kHz
 $C_{\text{OUT}} = 470\mu\text{F} \times 1$ POSCAP, $100\mu\text{F} \times 1$ CERAMIC
 $R_{\text{COMP}} = 11\text{k}$, EA-GM = 1.68ms,
 $\text{COMPna} = 2.2\text{nF}$, $\text{COMPnb} = 100\text{pF}$
 ILIM RANGE HIGH, V_{OUT} RANGE HIGH

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

クワッド出力並行レール、
起動/シャットダウン

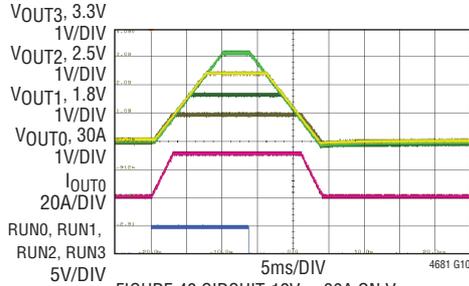


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V_{IN} , 30A ON V_{OUT0}
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS

クワッド出力並行レール、
起動/シャットダウン、プリバイアス

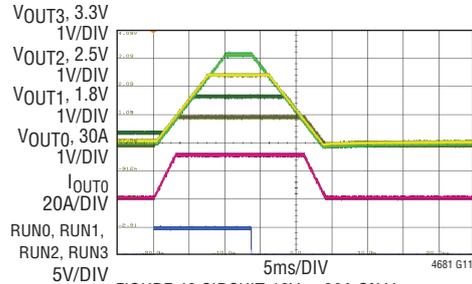


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V_{IN} , 30A ON V_{OUT0}
NO LOAD ON OTHER OUTPUTS AND
 0.5V PREBIAS ON V_{OUT1}

シングル・フェーズ/シングル出力の
短絡保護、無負荷

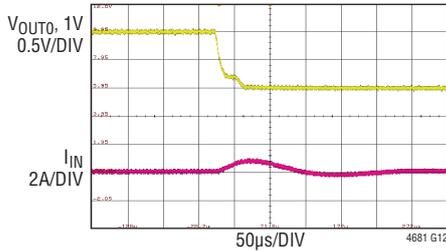


FIGURE 48 CIRCUIT, 12V_{IN} , NO LOAD ON V_{OUT0}
PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-CIRCUIT
USE HIGH RANGE OF I LIMIT SYSTEM
SHORT-CIRCUIT USING LOW IMPEDANCE
COPPER ACROSS OUTPUT (HARD SHORT)

シングル・フェーズ/シングル出力の
短絡保護、 30A 負荷

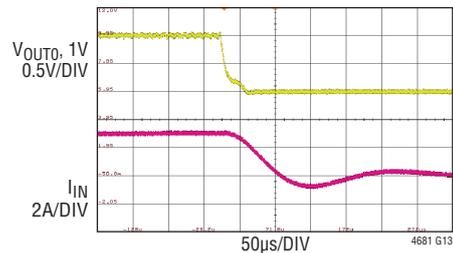
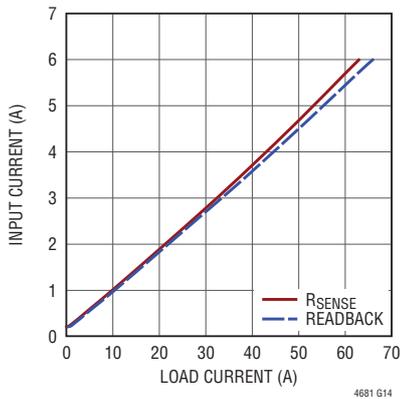


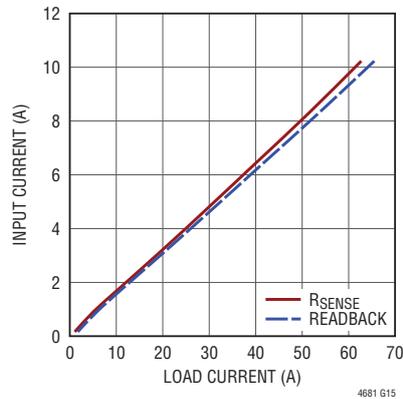
FIGURE 48 CIRCUIT, 12V_{IN} , 30A LOAD ON V_{OUT0}
PRIOR TO APPLICATION OF SHORT-CIRCUIT
USE HIGH RANGE OF I LIMIT SYSTEM
SHORT-CIRCUIT USING LOW IMPEDANCE
COPPER ACROSS OUTPUT (HARD SHORT)

代表的な性能特性 特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 。

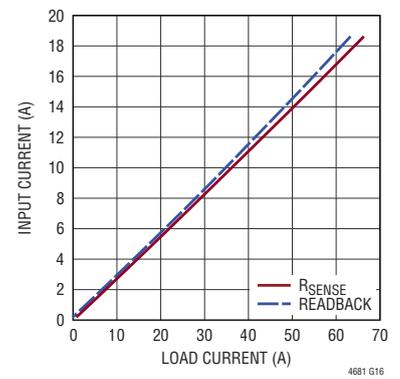
電源電流と負荷電流の比較、
 $R_{SENSE} = 2\text{m}\Omega$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、
 $V_{OUT} = 1.0\text{V}$ 、 250kHz



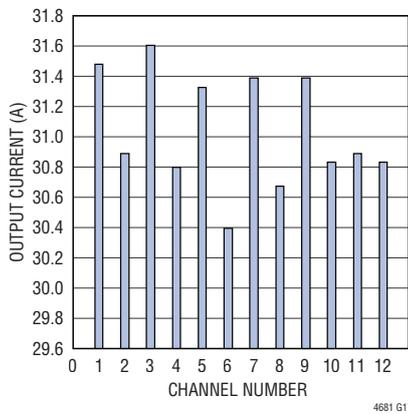
電源電流と負荷電流の比較、
 $R_{SENSE} = 2\text{m}\Omega$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、
 $V_{OUT} = 1.8\text{V}$ 、 500kHz



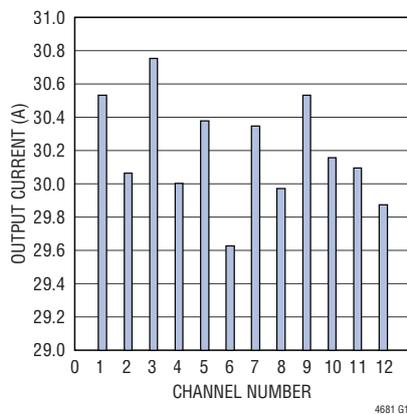
電源電流と負荷電流の比較、
 $R_{SENSE} = 2\text{m}\Omega$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、 650kHz



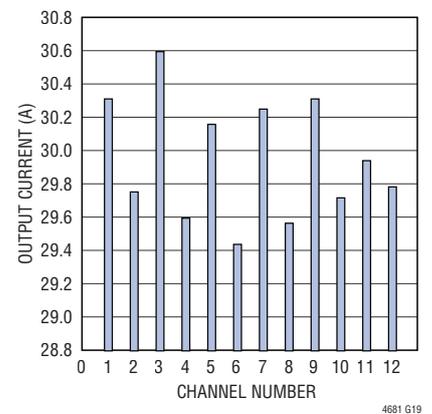
LTM4681の12チャンネルのREAD_IOUT。
 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 30\text{A}$ 、熱的な定常状態に達した
システム、空気流なし



LTM4681の12チャンネルのREAD_IOUT。
 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 30\text{A}$ 、熱的な定常状態に達した
システム、空気流なし



LTM4681の12チャンネルのREAD_IOUT。
 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 30\text{A}$ 、熱的な定常状態に達した
システム、空気流なし



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ことがあります。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) : LTM4681 の電源グラウンド。VIN01、VIN23、VOUT0、1 および VOUT2、3 の電源リターン。リターン入力とリターン出力のコンデンサはこのポイントに接続します。

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。推奨レイアウトを参照してください。

VOSNS0+ (J11) : チャンネル0の正の差動電圧検出入力。VOSNS0+は、VOSNS0-とともに使用することで、VOUT0のPOL (Point of Load)におけるVOUT0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提供します。VOUT0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: 1.000V)。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。

VOSNS0- (H11) : チャンネル0の負の差動電圧検出入力。VOSNS0+を参照。

VOUT1 (F13~F15, G13~G15, H13~H15, J13~J15, K13~K15) : チャンネル1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。推奨レイアウトを参照してください。

VOSNS1+ (G8) : チャンネル1の正の差動電圧検出入力。VOSNS1+は、VOSNS1-とともに使用することで、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提供します。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: 1.000V)。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)。

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。

VOSNS1- (F8) : チャンネル1の負の差動電圧検出入力。VOSNS1+を参照。

VOUT2 (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。推奨レイアウトを参照してください。

VOSNS2+ (P8) : チャンネル2の正の差動電圧検出入力。VOSNS2+は、VOSNS2-とともに使用することで、VOUT1のPOL (Point of Load)におけるVOUT2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提供します。VOUT2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_23 パワーアップ時におけるその初期値は、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: 1.000V)。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)。VOUT2_CFG、VTRIM2_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。

VOSNS2- (R8) : チャンネル2の負の差動電圧検出入力。VOSNS2+を参照してください。

VOUT3 (V13~V15, W13~W15, Y13~Y15, AA13~AA15, AB13~AB15) : チャンネル3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。推奨レイアウトを参照してください。

VOSNS3+ (R11) : チャンネル3の正の差動電圧検出入力。VOSNS3+は、VOSNS3-とともに使用することで、VOUT3のPOL (Point of Load)におけるVOUT3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提供します。VOUT3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_23 パワーアップ時におけるその初期値は、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: 1.000V)。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。

VOSNS3- (T11) : チャンネル3の負の差動電圧検出入力。VOSNS3+を参照。

ピン機能

SGND01、SGND23 (F10~F11、U10~U11) : SGNDは、LTM4681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LTM4681の近くにあるGNDに接続してください。推奨レイアウトを参照してください。

V_{IN01} (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1のスイッチング段への正の電源入力。多層セラミック・コンデンサ(MLCC)と低ESRの電界コンデンサ(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LTM4681へ近付けて接続します。アプリケーション情報セクションの推奨レイアウトを参照してください。

V_{IN23} (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3のスイッチング段への正の電源入力。MLCCと低ESRの電界コンデンサ(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LTM4681へ近付けて接続します。アプリケーション情報セクションの推奨レイアウトを参照してください。

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、デバイス近くのテスト・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。これ以外の場合は電氣的に絶縁されたままにします(オープン)。

SW1 (G1~G2、H1~H2、J1~J2) : チャンネル1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。これ以外の場合はオープンのままにします。

SW2 (P1~P2、R1~R2、T1~T2) : チャンネル2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。これ以外の場合はオープンのままにします。

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。これ以外の場合はオープンのままにします。

SV_{IN_01} (J8) : LTM4681のチャンネル0と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_{IN_01}をV_{IN01}に接続します。SV_{IN_01}をV_{IN01}とは別の補助電源から動作させて、V_{IN01}に3.3V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_{IN_01}ピンは、1Ωの抵抗と1μFのデカップリング・コンデンサを内蔵しています。実際の制御チップ電流を測定するには、1Ωの抵抗を使用します。MFR_READ_ICHIP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、メイン入力電源をSV_{IN_01}とINTV_{CC_01}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_{CC_01}をSV_{IN_01}に接続しているため、ICHIP電流は関係しません。

SV_{IN_23} (P11) : LTM4681のチャンネル2と3の内部制御IC用の入力電源。ほとんどのアプリケーションでは、SV_{IN_23}をV_{IN_23}に接続します。SV_{IN_23}をV_{IN_23}とは別の補助電源から動作させて、V_{IN_23}に3.3V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_{IN_23}ピンは、1Ωの抵抗と1μFのデカップリング・コンデンサを内蔵しています。実際の制御チップ電流を測定するには、1Ωの抵抗を使用します。MFR_READ_ICHIP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、メイン入力電源をSV_{IN_23}とINTV_{CC_23}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_{CC_23}をSV_{IN_23}に接続しているため、ICHIP電流は関係しません。

V_{IN_VBIAS} (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_{BIAS}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_{CC_01}またはINTV_{CC_23}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_{IN_01}またはSV_{IN_23}から供給されます。これらのリニア・レギュレータによる電力損失をなくすために、V_{BIAS}は極めて高い効率で両方に電力を供給します。

ピン機能

RUNP (N11) : このピンは、内部 5.5V V_{BIAS} 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_{IN} に設定されているので、イネーブルするには V_{IN} 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 電位にして、 SV_{IN_01} を $INTV_{CC_01}$ に、 SV_{IN_23} を $INTV_{CC_23}$ に接続します。

V_{BIAS} (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 22 μ F のセラミック・バイパス・コンデンサを接続します。この V_{BIAS} からコントローラに電力を供給するには、 SV_{IN_01} と SV_{IN_23} 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_{IN_01} を $INTV_{CC_01}$ に、 SV_{IN_23} を $INTV_{CC_23}$ に接続します。 SV_{IN_01} と SV_{IN_23} を 7V より高い値にして V_{BIAS} レギュレータを起動すると、 V_{BIAS} から $INTV_{CC_01}$ 、 $INTV_{CC_02}$ 、 V_{DD33_01} 、 V_{DD33_23} 、 V_{DD25_01} 、および V_{DD25_23} 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_{IN_01} と SV_{IN_23} 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。

$I_{IN_01}^+$ (H10) : 電流検出アンプの正入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは $I_{IN_01}^-$ ピンと SV_{IN_01} 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。

$I_{IN_01}^-$ (J10) : 電流検出アンプの負入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは $I_{IN_01}^+$ ピンと SV_{IN_01} 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。

$I_{IN_23}^+$ (R9) : 電流検出アンプの正入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは $I_{IN_23}^-$ ピンと SV_{IN_23} 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。

$I_{IN_23}^-$ (P9) : 電流検出アンプの負入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは $I_{IN_23}^+$ ピンと SV_{IN_23} 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。

$INTV_{CC_01}$ (J9) : 内部レギュレータ、5.5V 出力。5.75V $\leq SV_{IN_01} \leq 16V$ の範囲で LTM4681 を動作させる場合、内部 LDO は SV_{IN_01} から $INTV_{CC_01}$ を生成して、LTM4681 のチャンネル 0 と 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 μ 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。 $INTV_{CC_01}$ は、 RUN_n 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 $\leq SV_{IN_01} < 5.75V$ の範囲で LTM4681 を動作させる場合は、 $INTV_{CC_01}$ を SV_{IN_01} に短絡させて、RUNP ピンを GND に引き下げる必要があります。入力電圧が 7V を超える場合、起動後は V_{BIAS} がこれを引継ぎます。

$INTV_{CC_23}$ (P10) : 内部レギュレータ、5.5V 出力。5.75V $\leq SV_{IN_23} \leq 16V$ の範囲で LTM4681 を動作させる場合、内部 LDO は SV_{IN_23} から $INTV_{CC_23}$ を生成して、LTM4681 のチャンネル 2 と 3 の内部制御回路と MOSFET ドライバにバイアスをかけます。4.7 μ 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。 $INTV_{CC_23}$ は、 RUN_n 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 $\leq SV_{IN_23} < 5.75V$ の範囲で LTM4681 を動作させる場合は、 $INTV_{CC_23}$ を SV_{IN_23} 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_{BIAS} がこれを引継ぎます。

V_{DD33_01} (E8) : チャンネル 0 と 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、 $FAULT_nn$ 、 $SHARE_CLK_nn$ 、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だけ使用します。また、 RUN_n 、 SDA_nn 、 SCL_nn 、 $ALERT_nn$ 、および $PGOOD_n$ の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_n をローにしてこのコントローラ 1 をプログラムできるように、 V_{BIAS} から V_{DD33_01} に電力を供給することができます。

V_{DD33_23} (Y10) : チャンネル 2 と 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、 $FAULT_nn$ 、 $SHARE_CLK_nn$ 、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だけ使用します。また、 RUN_n 、 SDA_nn 、 SCL_nn 、 $ALERT_nn$ 、および $PGOOD_n$ の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_n 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_{BIAS} から V_{DD33_23} に電力を供給することができます。

ピン機能

VDD25_01 (C8) : チャンネル0と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だけ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

VDD25_23 (AB11) : チャンネル2と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だけ使用します。外付けのデカップリングは必要ありません。

ASEL_01 (B9) : チャンネル0および1のコントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI²C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、全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、LTM4681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、全て業界標準の規則 - 7ビットのスレーブ・アドレス指定 - を使用します)。LTM4681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1のアドレス指定に使用し、チャンネル2と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:B0で表し、チャンネル1をU0:B1で表します。66ページを参照してください。

ASEL_23 (AA10) : チャンネル2および3コントローラのシリアル・バス・アドレス設定ピン。どのI²C/SMBusシリアル・バス・セグメントでも、全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、LTM4681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、全て業界標準の規則 - 7ビットのスレーブ・アドレス指定 - を使用します)。LTM4681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3のアドレス指定に使用し、チャンネル1と2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。66ページを参照してください。

FSWPH_01_CFG (A9) : チャンネル0と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(R_{CONFIG})を無視するようにLTM4681を設定すると(つまりMFR_CONFIG_ALL[6] = 1b)、LTM4681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_{IN_01}パワーアップ時にLTM4681のチャンネル0と1のNVMの内容によって決まります。出荷時のデフォルト値は、350kHz動作時でチャンネル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LTM4681を容易に設定することができます。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)。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)。

FSWPH_23_CFG (AA9) : チャンネル2と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ままにするか、またはピンストラップ抵抗(R_{CONFIG})を無視するようにLTM4681を設定すると(つまりMFR_CONFIG_ALL[6] = 1b)、LTM4681のスイッチング周波数(FREQUENCY_SWITCH)とチャンネル位相の関係(SYNCクロック基準 - MFR_PWM_CONFIG[2:0])は、SV_{IN_23}パワーアップ時にLTM4681のチャンネル2と3のNVMの内容によって決まり

ピン機能

まず、出荷時のデフォルト値は、350kHz動作時でチャンネル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LTM4681を容易に設定することができます。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)。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)。

VOUT0_CFG (A8) : V_{OUT0}の出力電圧選択ピン(粗設定)。VOUT0_CFGピンとVTRIM0_CFGピンがともにオープンのままの場合、またはLTM4681がピンストラップ抵抗(R_{CONFIG})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)、LTM4681の目標V_{OUT0}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警告および障害閾値は、SV_{IN_01}のパワーアップ時にLTM4681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を参照)、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と組み合わせて使用すると、LTM4681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/障害検出閾値)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)。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LTM4681を容易に設定することができます。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に関する説明のセクションを参照してください。

VTRIM0_CFG (D9) : V_{OUT0}の出力電圧選択ピン(精密設定)。VOUT0_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/障害検出閾値)に影響を与えます(VOUT0_CFGとアプリケーション情報のセクションを参照)。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。VOUT0_CFG/VTRIM0_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コマンドの説明のセクションを参照してください。

VOUT1_CFG (B8) : V_{OUT1}の出力電圧選択ピン(粗設定)。VOUT1_CFGピンとVTRIM1_CFGピンがともにオープンのままの場合、またはLTM4681がピンストラップ抵抗(R_{CONFIG})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)、LTM4681の目標V_{OUT1}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警告および障害閾値は、SV_{IN_01}のパワーアップ時にLTM4681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の抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルトNVM設定のMFR_CONFIG_ALL[6] = 0bと組み合わせて使用すると、LTM4681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/障害検出閾値)になるように設定することができます(アプリケーション情報のセクションを参照)。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LTM4681を容易に設定することができます。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_{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。

ピン機能

VTRIM1_CFG (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 $V_{OUT_COMMAND}$ (ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/障害検出閾値) に影響を与えます (V_{OUT1_CFG} とアプリケーション情報のセクションを参照)。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。 $V_{OUT1_CFG}/VTRIM1_CFG$ 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。

VOUT2_CFG (AA8) : V_{OUT2} の出力電圧選択ピン(粗設定)。 V_{OUT2_CFG} ピンと $VTRIM2_CFG$ ピンがともにオープンのままの場合、または LTM4681 がピンストラップ抵抗 (R_{CONFIG}) 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)、LTM4681 の目標 V_{OUT2} 出力電圧設定値 ($V_{OUT_COMMAND0}$) とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびに OV/UV 警告および障害閾値は、 SV_{IN_23} のパワーアップ時に LTM4681 の NVM の内容に従って決定されます。2.5V と SGND の間の抵抗分圧器をこのピンに接続して、 $VTRIM2_CFG$ の抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルト NVM 設定の $MFR_CONFIG_ALL[6] = 0b$ と組み合わせて使用すると、LTM4681 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 $V_{OUT_COMMAND}$ 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/障害検出閾値) になるように設定することができます (アプリケーション情報のセクションを参照)。同じ要領で V_{OUT2_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 LTM4681 を容易に設定することができます。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。 $V_{OUT2_CFG}/VTRIM2_CFG$ に R_{CONFIG} を使用すると、 V_{OUT2} レンジ設定 ($MFR_PWM_MODE0[1]$) とループ・ゲインに影響を与え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_{OUT2} の出力電圧選択ピン(精密設定)。 V_{OUT2_CFG} との組み合わせで機能し、 SV_{IN_23} パワーアップ時のチャンネル2の $V_{OUT_COMMAND}$ (ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/障害検出閾値) に影響を与えます (V_{OUT2_CFG} とアプリケーション情報のセクションを参照)。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。 $V_{OUT2_CFG}/VTRIM2_CFG$ に R_{CONFIG} を使用すると、 V_{OUT2} の範囲設定 ($MFR_PWM_MODE0[1]$) 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。

VOUT3_CFG (AB8) : V_{OUT3} の出力電圧選択ピン(粗設定)。 V_{OUT3_CFG} ピンと $VTRIM3_CFG$ ピンがともにオープンのままの場合、または LTM4681 がピンストラップ抵抗 (R_{CONFIG}) 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)、LTM4681 の目標 V_{OUT3} 出力電圧設定値 ($V_{OUT_COMMAND3}$) とそれに対応するパワーグッド閾値、ならびに OV/UV 警告および障害閾値は、 SV_{IN_23} のパワーアップ時に LTM4681 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、 $VTRIM3_CFG$ の抵抗ピン設定と、出荷時のデフォルト NVM 設定の $MFR_CONFIG_ALL[6] = 0b$ と組み合わせて使用すると、LTM4681 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 $V_{OUT_COMMAND}$ 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/障害検出閾値) になるように設定することができます (アプリケーション情報のセクションを参照)。同じ要領で V_{OUT3_CFG} と SGND の間、または $VTRIM3_CFG$ 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 LTM4681 を容易に設定することができます。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。 $V_{OUT3_CFG}/VTRIM3_CFG$ に R_{CONFIG} を使用すると、 V_{OUT3} 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。

ピン機能

VTRIM3_CFG (AB9) : V_{OUT3}の出力電圧選択ピン(精密設定)。V_{OUT3_CFG}との組み合わせで機能し、SV_{IN_23}パワーアップ時のチャンネル3のV_{OUT_COMMAND}(ならびに、対応する出力電圧モニタリングおよび保護/障害検出閾値)に影響を与えます(V_{OUT3_CFG}とアプリケーション情報のセクションを参照)。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_{OUT3_CFG}/VTRIM3_CFGにR_{CONFIG}を使用すると、V_{OUT3}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。

RUN0 (B10)、RUN1 (B11) : RUN0はチャンネル0、RUN1はチャンネル1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、LTM4681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、LTM4681がリセット解除状態になるか、SV_{IN_01}がV_{IN_ON}を超えたことが検出されるまでローに保持されます。アプリケーションでは、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4681は、ラッチオフしてレギュレーションを停止するように障害応答が設定されているグローバル障害やチャンネル固有障害が生じると、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I²C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時は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_{CC}がアクティブになります。この場合、VDD33とVDD25に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

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、LTM4681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、LTM4681がリセット解除状態になるか、V_{IN_ON}を超えるSV_{IN_23}が検出されるまでローに保持されます。アプリケーションでは3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。LTM4681は、ラッチオフしてレギュレーションを停止するように障害応答が設定されてい

るグローバル障害やチャンネル固有障害が生じると、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I²Cを介してCLEAR_FAULTSコマンドを発行するか、SV_{IN_23}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時はRUNをロジック・ハイにしないでください。SV_{IN_23}がUVLOより高いと、INTV_{CC}がアクティブになります。この場合、VDD33とVDD25に電力が供給され、EEPROMがプログラム可能になります。

PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3 (H9、H8、R10、T10) : パワーグッド・インジケータ出力。オープンドレイン・ロジック出力。出力がUVおよびOV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、100μsの内部フィルタによってデグリッチされます。アプリケーションでは3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

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。アプリケーションでは3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

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、その補償電圧とともに増加します。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。

COMP0a、COMP1a、COMP2a、COMP3a (G11、G9、T8、V11) : ループ補償ノード。LTM4681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。LTM4681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なループ補償の説明を参照してください。図1を参照。

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。クロック・マスタ・モードをイネーブルすると、このピンは500nsパルスのスイッチング周波数でロー(グラウンド)になります。LTM4681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。

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)。公称値でこのクロックを駆動する 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。LTM4681では、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、LTM4681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・バス通信を保証するために、ユーザーの SMBus マスタがクロック・ストレッチングのサポートを実装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、LTM4681の双方向オープンドレイン出力ピンになります。

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1、SDA_23はチャンネル2と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LTM4681(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、全てまとめて接続してください。SHARE_CLKピンを持つ全てのデバイスは、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。

TSNS0、TSNS1、TSNS2、TSNS3 (E11、E10、U8、U9) : 4つのチャンネルのパワー段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参照してください。

WP_01、WP_23 (E9、Y11) : アクティブ・ハイの書込み保護ピン。10 μ Aの内部電流源がこのピンをV_{DD33}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I²C書込みだけがサポートされます。更に、個々の障害は、「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、I²C書込みに制限はありません。

簡略化したブロック図

チャンネル番号	GUI識別
0	U0:A0
1	U0:A1
2	U0:B0
3	U0:B1

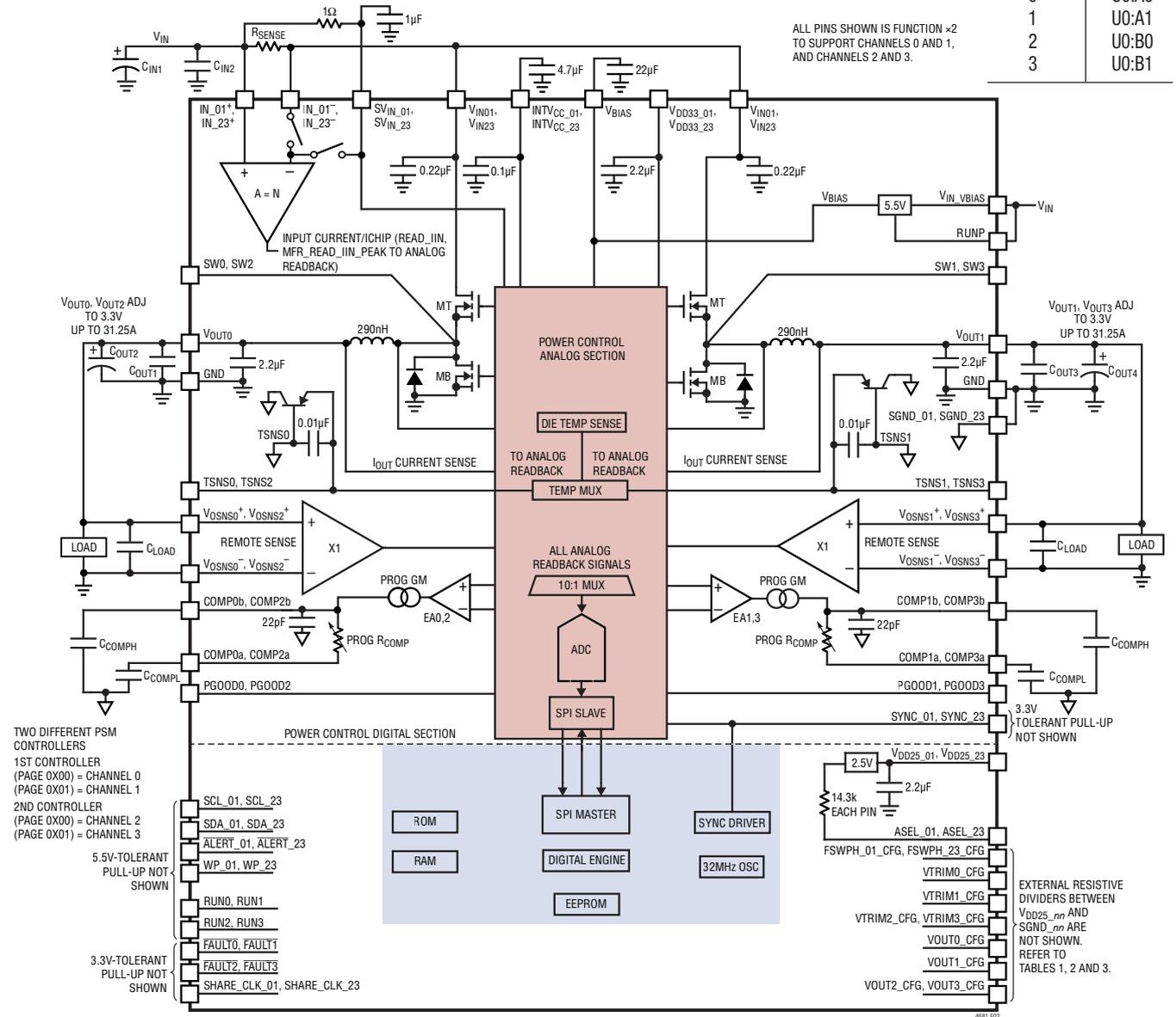
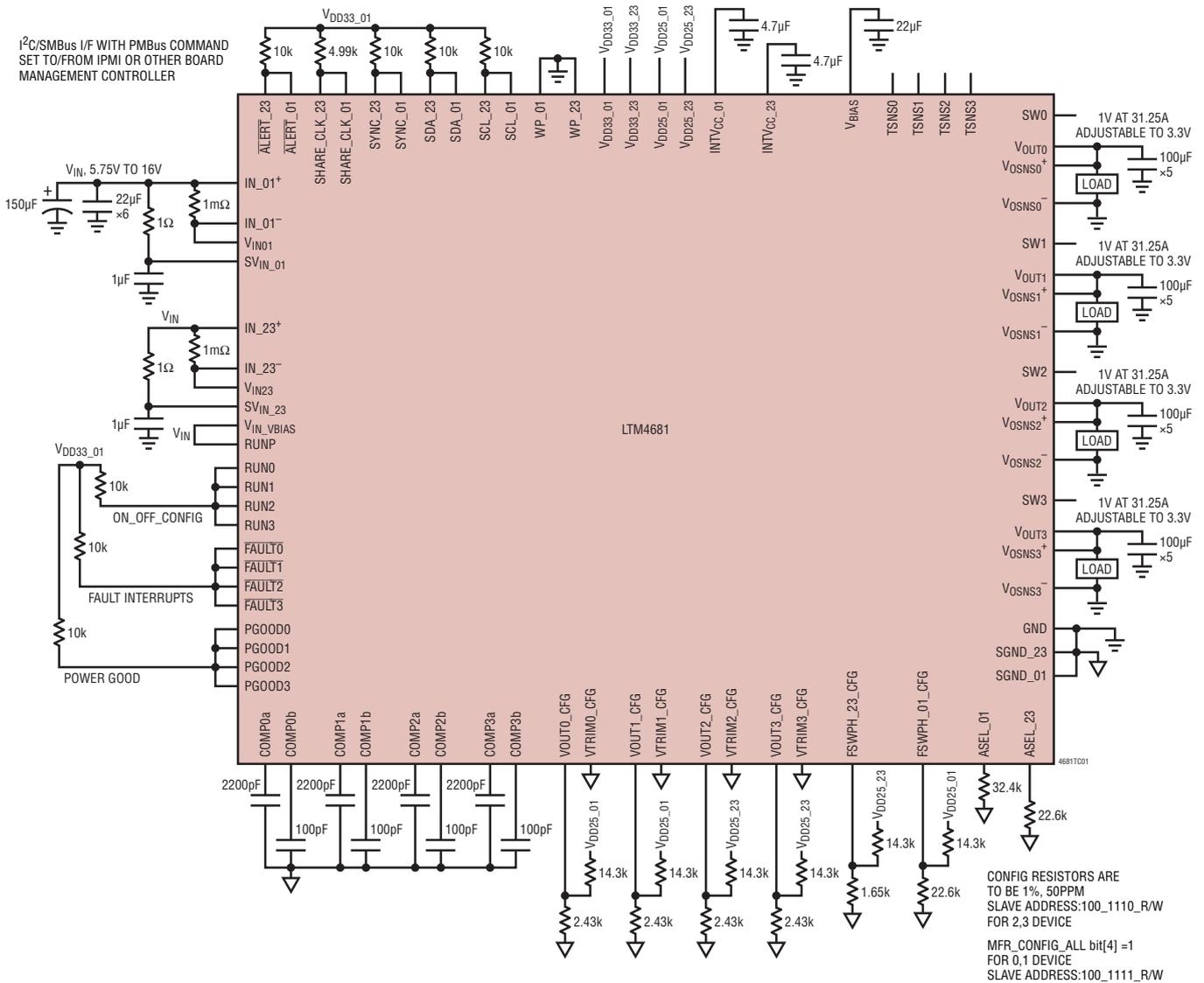


図2. LTM4681の1/2機能の簡略ブロック図

デカップリング条件 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、図1の構成を使用。

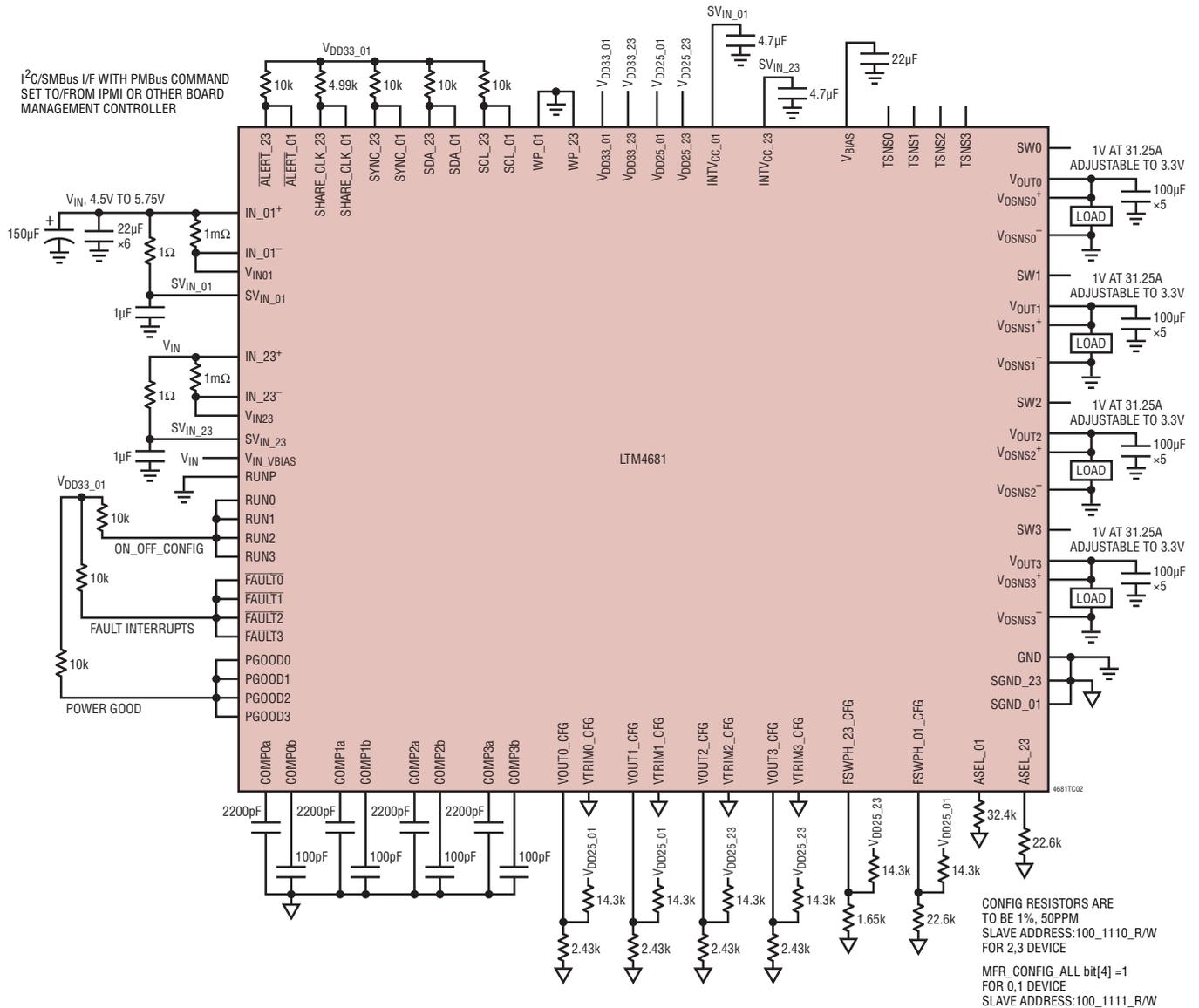
記号	パラメータ	条件	最小値	代表値	最大値	単位
C_{INH}	外付け高周波入力コンデンサの条件 ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$ 、 V_{OUTn} を1.000Vに指定)	$I_{OUT0} = 31.25\text{A}$ $I_{OUT1} = 31.25\text{A}$		100	100	μF
C_{OUTn}	外付け高周波出力コンデンサの条件 ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$ 、 V_{OUTn} を1.000Vに指定)	$I_{OUT0} = 31.25\text{A}$ $I_{OUT1} = 31.25\text{A}$		800	800	μF

テスト回路



テスト回路 1.

テスト回路



テスト回路 2.

動作

パワー・モジュールの概説

LTM4681は、設定自由度が高くスタンダアロンで動作する、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(不揮発性メモリ)と、400kHzのSCLバス速度に対応できるI²C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_{OUT0}、V_{OUT1}、V_{OUT2}、V_{OUT3})をレギュレーションすることができます。入出力電圧と入出力電流のリードバック遠隔測定データおよびモジュール温度が、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。多くの障害閾値と障害応答はカスタマイズ可能です。障害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、得られた障害ログをあとでI²C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と図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と1用、もう1つのコントローラはチャンネル2と3用です。

パワー・モジュールの概要と主な機能

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
- T_{INIT} 起動時間: 30ms
- PWM同期回路(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)
- 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(詳細についてはPMBusコマンドを参照)
- 4チャンネル全ての完全差動出力検出(V_{OUT0}/V_{OUT1}/V_{OUT2}/V_{OUT3}、全て3.3Vまでプログラム可能)
- V_{BIAS}によるEEPROMの起動とプログラム
- 最大入力電圧: 16V
- ΔV_{BE}による温度検出
- SYNC競合回路(詳細については周波数と位相のセクションを参照)

- 障害ログ
 - 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ON/OFF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付き不揮発性設定メモリ
 - 重要な動作パラメータのための外付け設定抵抗(オプション)
 - 複数のコントローラを同期するためのタイム・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
 - ユーザ工場での設定後はスタンダアロンで動作
 - PMBus、バージョン1.2、400kHz準拠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_{IN}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障害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

障害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のそれぞれに出力が割り当てられており、いずれも個別にマスクすることができます。

ALERT_01、ALERT_23、PGOOD0、PGOOD1、PGOOD2、PGOOD3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全ての障害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・バスを介した障害レポートによって具体的な障害イベントを確認できます。障害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)障害

ECC 機能付き EEPROM

LTM4681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障害ログ情報を格納するために、ECC(誤り訂正符号化)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、一括書き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°Cを超える温度でも書き込みは可能ですが、電気的特性は保証されずEEPROMも劣化します。読出し動作については、-40°C~125°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°Cを超える温度でEEPROMへの書き込みを行うとデータ保持特性が低下します。障害ログ機能は、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、書き込み先はEEPROMの障害ログ位置に限られます。これらのレジスタへの書き込みを85°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、障害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°Cを超えた場合は、EEPROMへの書き込みを行わないことを推奨します。ダイ温度が130°Cを超えると、LTM4681はEEPROMへの書き込み動作をディスエーブルします。ダイ温度が125°C未満に低下すると、全ての

EEPROM書き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障害リミットの160°Cを超えた場合も、コントローラは全てのスイッチングをディスエーブルしますが、この場合は10°Cのヒステリシスがあります)。

125°Cを超える温度でのEEPROM保持期間の劣化の程度は、次式を使って無次元の加速係数を計算することにより、おおまかに予測できます。

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

ここで、

AF = 加速係数

E_a = 活性化エネルギー = 1.4eV

k = 8.617 · 10⁻⁵ eV/K

T_{USE} = 125°C(仕様に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(°C)

例:例えば、130°Cのジャンクション温度で10時間動作させた場合のデータ保持期間への影響は、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°Cでの等価動作時間は16.6時間です。

したがって、130°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°Cの最大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時間なので、これと比較すると、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、さらに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)。この時点でデバイスは特別なアドレス0x7Cだけで応答しますが、このアドレスは無効なCRCが検出されたときだけアクティブになります。デバイスは、グローバル・アドレス

動作

0x5Aと0x5Bでも応答しますが、CRCに関する問題からの回復時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。LTM4681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・デバイセズへお問い合わせください。

LTM4681は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2つ内蔵しており(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_{nn}(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_{nn}に350kHz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_{nn}_CFGのピンストラップ抵抗がSYNC_{nn}クロックの周波数(スイッチング周波数)を設定し、さらにSYNC_{nn}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、LTM4681のNVMを設定することによって行います)。FSWPH_{nn}_CFGのピンストラップ抵抗でLTM4681のチャンネル位相関係を設定した場合、そのモジュールがSYNC_{nn}クロックを駆動することはありません。この場合、SYNC_{nn}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_{nn}か、VDD33_{nn}にプルアップ抵抗が接続された他のLTM4681によって供給されるSYNC_{nn}に同期されます。スイッチング周波数と位相関係はI²C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までのアナログ帰還ループ補償はプログラム可能ですが、実際にこれを行うには、COMP_nとSGNDの間、およびCOMP_{nb}とSGNDの間にコンデンサを接続します。COMP_{nb}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g_mアンプ出力です。また、COMP_{na}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。プログラマブルなループ補償のセクションを参照してください。LTM4681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、十分にマージンをも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

LTM4681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~16V)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_{IN_{nn}}が6Vを超えず、V_{BIAS}ピンをオフにした場合は、INTV_{CC}ピン、V_{IN_{nn}}ピン、およびSV_{IN_{nn}}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。この場合はV_{IN_{nn}}を約4Vにする必要があり、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_{BIAS}ピンは内部5.5V降圧レギュレータの出力で、LTM4681の回路効率を向上させ、電力損失を最小限に抑えます。V_{BIAS}ピンによってINTV_{CC}LDOを作動させるには、あらかじめV_{BIAS}ピンが約4.8Vを超え、なおかつV_{IN}が7Vを超えていなければなりません。V_{BIAS}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_{IN_VBIAS}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。RUN_n、FAULT_n、およびPGOOD_nはローに保持されます。LTM4681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、抵抗設定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

動作

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、ユーザがNVMにプログラムします。

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、LTM4681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_{IN}ピンからSV_{IN_{nn}}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_{IN}が初めて印加されてからデバイスがTON_DELAYタイマ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_{IN_{nn}}がVIN_ON閾値を超えると、LTM4681はRUNピンを解放します。アプリケーションに複数のLTM4681が使われている場合は、全てのデバイスが初期化され、そのSV_{IN_{nn}}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全てのデバイスが同じタイム・ベースを使用するようにします。SHARE_CLK_{nn}ピンは、V_{IN}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、LTM4681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RUN_nピンを互いに接続できない場合でも、多数のLTC®デバイスを同期させることができます。一般に、複数デバイスの同期に注意を払う必要がある場合は、全てのRUN_nピンを互いに接続するだけでなく、SHARE_CLK_{nn}ピンも全て互いに接続し、10kの抵抗でV_{DD33_{nn}}にプルアップするのが最善の方法です。これにより、全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・ベースを使うようにすることができます。

RUN_n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、LTM4681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。ソフトスタートは、負荷電圧を能動的にレギュレーションしながら、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) LTM4681の起動を指定すると、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ち上がり時間は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。LTM4681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なくなり、デバイスは、TON_RISEが経過してV_{OUT_n}がV_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}を超え、さらにI_{OUT_OC}が存在しなくなると、指定された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。

時間基準のシーケンシング

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、時間基準です。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_{IN}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、全てのICのSHARE_CLK_{nn}ピンとRUN_nピンを互いに接続してください。何らかの理由でRUN_n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、電源出力を使用できるようにするには、事前にSHARE_CLK_{nn}ピンにクロックを入力する必要があります。RUN_nピンをローにすると、LTM4681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、全てのレールが正しくシーケンシングされま

動作

す。この遅延はLTM4681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。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。

電圧基準のシーケンシング

シーケンスは電圧基準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_nピンがアサートされます。1つのLTM4681チャンネルのPGOOD_nピンから、シーケンス内の次のLTM4681チャンネルのRUN_nピンに電力を供給することができ、これは複数のLTM4681間でも可能です。PGOOD_nは100μsのフィルタを内蔵しています。V_{OUTn}の電圧がUV閾値の前後で長時間増減を繰り返すと、PGOOD_n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。

一連のレールに障害が検出されると、障害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。障害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。

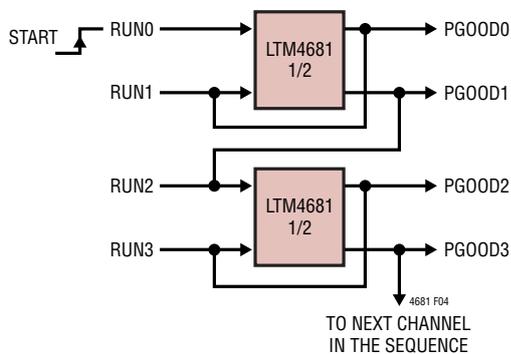


図4. イベント(電圧)基準のシーケンシング

シャットダウン

LTM4681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、障害状態またはSHARE_CLK_{nn}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_{INnn}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パワー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。

障害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障害に応答します。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障害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_nピンを使って複数の出力を制御する場合は、障害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過ぎる場合は、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・モードは障害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_n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、手動による操作が必要です。

軽負荷電流動作

LTM4681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。

強制連続動作の場合、軽負荷時または大きなトランジェント状態時にはインダクタ電流を反転させることができます。インダクタのピーク電流はCOMP_n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

動作

モード動作の場合より低下しますが、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、障害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、この障害はADCの読出しに基づいており、検出までに最大でtCONVERT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は、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付けのタイム・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。

LTM4681はクロック・マスタとして、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_{nn}ピンを駆動します。この場合は、SYNC_{nn}とV_{DD33_nn}の間に外付けのプルアップ抵抗が必要です。また、SYNC_{nn}ピンに接続された1つのデバイスだけがこのピンを駆動するように指定する必要があります。プログラムされたSYNC_{nn}周波数の80%よりも外部SYNC_{nn}周波数の方が高い場合、LTM4681は自動的に外部SYNC_{nn}入力に戻り、デバイス自体のSYNC_{nn}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。

その後外部クロック信号が失われても、LTM4681は、SYNC_{nn}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または外部設定抵抗から必要な位相を設定することも可能です。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LTM4681に書き込むには、両方のチャンネルを事前にオフ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。また、複数のLTM4681を同期させてPolyPhase配列を実現することができます。この場合は位相を360/n度で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

LTM4681の内部PWMループ補償抵抗R_{COMPna}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。

LTM4681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なループ補償の説明を参照してください。

出力電圧の検出

LTM4681は4つのチャンネル全てに差動アンプを内蔵しており、V⁺ピンとV⁻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_{OSNSn⁺}とV_{OSNSn⁻}間の電圧を、それぞれV⁺ピンとV⁻ピンで測定します。最大許容電圧は3.6Vですが、LTM4681の設計は3.3Vに制限されています。

INTV_{CC}/V_{BIAS} 電源

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_{CC}ピンから供給されます。RUNPピンがGNDに短絡されてV_{BIAS}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_{CC}の電力をSV_{IN_{nn}}から供給します。5.5V出力でV_{BIAS}がオンになっている、V_{IN}が7.0Vより高い場合は、5.5Vレギュレータがオフになって内部スイッチがオンにな

動作

り、 V_{BIAS} が接続されます。 V_{BIAS} を使用すると、高効率の内部電源からINTV_{CC}に電力を供給できます。 V_{BIAS} は、 V_{IN} 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LTM4681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_{CC_{nn}}レギュレータへの電力はSV_{IN_{nn}}ピンから供給され、ICで消費される電力はSV_{IN_{nn}}・I_{INTV_{CC_{nn}}}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。INTV_{CC_{nn}}レギュレータは最大100mAを供給でき、LTM4681のINTV_{CC_{nn}}電流の代表値は約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_{BIAS} レギュレータを利用することによって解消できます。

LTM4681のINTV_{CC_{nn}}は外部電源に接続しないでください。接続すると、INTV_{CC_{nn}}が外部電源の電圧を上げようとして電流リミットに達し、ダイ温度が大幅に上昇するおそれがあります。

V_{IN} 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_{IN_{nn}}ピンとINTV_{CC_{nn}}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

LTM4681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、高い変換効率を実現することができます。また、MFR_PWM_MODE[7]を使用して、高電流レンジおよび低電流レンジの電流制限閾値を正確に設定できます(97ページ参照)。

内部DCR検出回路とその電流リミットの計算は、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、LTM4681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7μVRMS、ピークtoピーク・ノイズが約46.5μVです。LTM4681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

LTM4681のパワー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_{IN_{nn}}⁺ピンとI_{IN_{nn}}⁻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、LTM4681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[3:2]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。LTM4681は、IIN_CAL_GAINコマンドに格納された内部R_{SENSE}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パワー段の測定電流は、READ_IINコマンドによって返されます。コントローラ1のI_{IN₀₁}⁺とI_{IN₀₁}⁻(チャンネル0と1)、およびコントローラ2のI_{IN₂₃}⁺とI_{IN₂₃}⁻(チャンネル2と3)です。

LTM4681は、1Ωの抵抗を使用して、それぞれの内部コントローラが消費するSV_{IN_{nn}}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。詳細については、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についての説明を参照してください。

PolyPhase 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LTM4681を並べ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LTM4681コントローラのSYNC_{nn}ピンだけをイネーブルします。他のデバイスについては、MFR_CONFIG_ALLのビット4を使って、SYNC_{nn}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

動作

場合は、SYNC_{nn}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。

複数チャンネルの全てのV_{OSNSn}⁺ピンとV_{OSNSn}⁻ピンを、互いに接続する必要があります。また、COMP_{na}ピンとCOMP_{nb}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。

これらのデバイスのSYNC_{nn}ピン、SHARE_CLK_{nn}ピン、FAULT_nピン、およびALERT_nピンは共有する必要があります。SYNC_{nn}、FAULT_n、SHARE_CLK_{nn}、およびALERT_nには必ずプルアップ抵抗を使用してください。アプリケーションの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_{BE}の値から計算されます(図2のブロック図を参照)。

LTM4681はΔV_{BE}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_n_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、LTM4681のV_{OUT0}~V_{OUT3}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_n_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_{nn}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_{nn}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_{nn}出力はディスエーブルされますが、周波数が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複数デバイス間のSYNC_{nn}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。

これは出力のリップル電圧を増加させ、場合によっては望ましくない動作をする可能性があります。外部SYNC_{nn}信号が内部で生成されて、外部SYNC_{nn}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_{nn}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_{nn}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_{nn}ピンだけイネーブルし、それ以外の全てのデバイスでは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。

動作

ASEL_{nn}ピンの設定については表4を参照してください。ASEL_{nn}はLTM4681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することができます。ただしASEL_{nn}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全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. LTM4681 の出力電圧の VOUT_n_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

R _{VOUT_n_CFG} * (kΩ)	V _{OUT_n} (V) 粗設定	MFR_PWM_MODE _n [1] ビット
オープン	NVM	NVM
32.4	NVM	NVM
22.6	3.3	0
18.0	3.1	0
15.4	2.9	0
12.7	2.7	0
10.7	2.5	Q、V _{TRIM_n} > 0mV の場合 1、V _{TRIM_n} ≤ 0mV の場合
9.09	2.3	1
7.68	2.1	1
6.34	1.9	1
5.23	1.7	1
4.22	1.5	1
3.24	1.3	1
2.43	1.1	1
1.65	0.9	1
0.787	0.7	1
0	0.5	1

* 表示されている R_{VOUT_n_CFG} の値は公称値です。R_{VOUT_n_CFG} 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、湿度(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、時間の経過とともに R_{VOUT_n_CFG} 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、SV_{IN_n}のパワーアップごと、あるいはMFR_RESETやRESTORE_USER_ALLの実行ごとに望まれる結果をもたらすようにするには、製品の全寿命期間にわたってこれら全ての影響を考慮する必要があります。R_{TOP} = 14.3kは外付け抵抗です。

例:

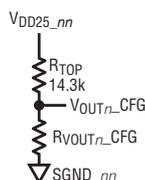
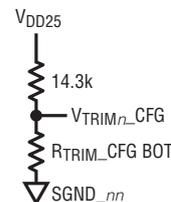


表 2. LTM4681 の出力電圧の VTRIM_n_CFG ピン・ストラップ参照表。微調整設定 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1b の場合は使用不可)、上側抵抗 = 14.3k

R _{VOUT_n_CFG} * (kΩ)	V _{OUT_n} 設定値が有効な場合の V _{TRIM} (mV) の微調整値
オープン	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_{VTRIM_n_CFG} の値は公称値です。R_{VTRIM_n_CFG} 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、湿度(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、時間の経過とともに R_{VTRIM_n_CFG} 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、SV_{IN_n}のパワーアップごと、あるいはMFR_RESETやRESTORE_USER_ALLの実行ごとに望まれる結果をもたらすようにするには、製品の全寿命期間にわたってこれら全ての影響を考慮する必要があります。R_{TOP} = 14.3kは外付け抵抗です。

例:



動作

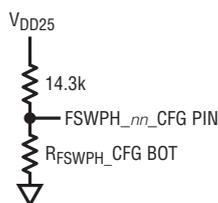
表 3. LTM4681のスイッチング周波数とチャンネル位相インターリーブ角を設定するためのFSWPH_{nn}_CFGピン・ストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1bの場合は使用不可)。nn = 0、1または2、3チャンネル、上側抵抗を14.3kに設定

R _{FSWPH_CFG} * (kΩ)	スイッチング周波数 (kHz)	θ _{SYNC~00}	θ _{SYNC~01}	MFR_PWM_CONFIGの ビット [2:0]	MFR_CONFIG_ALLの ビット [4]
オープン	NVM; LTM4681 デフォルト = 500	NVM; LTM4681 デフォルト = 0°	NVM; LTM4681 デフォルト = 180°	NVM; LTM4681 デフォルト = 000b	NVM; LTM4681 デフォルト = 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	外部**	0°	240°	010b	1b
4.22	外部**	0°	120°	011b	1b
3.24	外部**	60°	240°	101b	1b
2.43	外部**	120°	300°	110b	1b
1.65	外部**	90°	270°	001b	1b
0.787	外部**	0°	180°	000b	1b
0	外部**	120°	240°	100b	1b

* 表示されているR_{FSWPH_CFG}の値は公称値です。R_{FSWPH_CFG}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、時間の経過とともにR_{FSWPH_CFG}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、SV_{IN}のパワーアップごと、あるいはMFR_RESETやRESTORE_USER_ALLの実行ごとに望まれる結果をもたらすようにするには、製品の全寿命期間にわたってこれら全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_{nn}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_{TOP} = 14.3kは外付け抵抗です。

例:



動作

表 4. LTM4681 のスレーブ・アドレス設定のための ASEL_{nn} 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)

RASEL* (kΩ)	スレーブ・アドレス
オープン	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

ここで、

R/W = 制御バイトの読出し/書き込みビット

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

注: LTM4681 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。

* ここに示す R_{CFG} 値は公称値です。R_{CFG} 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、時間の経過とともに R_{CFG} 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、S_{VIN} のパワーアップごと、あるいは MFR_RESET や RESTORE_USER_ALL の実行ごとに望まれる結果をもたらすようにするには、製品の全寿命期間にわたってこれら全ての影響を考慮する必要があります。

例:

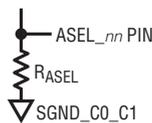


表 5. 7 ビットおよび 8 ビット・アドレス指定で表した LTM4681 の MFR_ADDRESS コマンドの例

説明	16 進デバイス・アドレス		ビット								R/W
	7 ビット	8 ビット	7	6	5	4	3	2	1	0	
レール ⁴	0x5A	0xB4	0	1	0	1	1	0	1	0	0
グローバル ⁴	0x5B	0xB6	0	1	0	1	1	0	1	1	0
デフォルト	0x4F	0x9E	0	1	0	0	1	1	1	1	0
例 1	0x40	0x80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
例 2	0x41	0x82	0	1	0	0	0	0	0	1	0
ディスエーブル ^{2,3}			1	0	0	0	0	0	0	0	0

注1: この表は MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドには使用できませんが、MFR_ADDRESS コマンドには使用できません。

注2: 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もありません。

注3: 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。

注4: 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_n コマンドまたは MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドに書き込むことは推奨しません。

障害の検出と処理

LTM4681 は、障害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備えています。障害および警告の検出機能は以下のとおりです。

- 入力 OV FAULT 保護および UV 警告
- 平均入力 OC 警告
- 出力 OV/UV 障害に対する保護および警告による保護
- 出力 OC 障害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障害に対する保護および警告による保護
- 内部低温障害に対する保護および警告による保護
- CML 障害(通信、メモリまたはロジック)
- 双方向 FAULT_n ピンを介した外部障害検出

以上に加えて、LTM4681 は、FAULT_n 応答伝搬コマンドの MFR_FAULT_PROPAGATE を使って、障害インジケータの任意の組み合わせを、それぞれの FAULT_n ピンに対応付けることができます。FAULT_n ピンは、外部クローバ・デバイスのドライバ、過熱アラート、過電圧アラートとして使

動作

用するか、マイクロコントローラに障害コマンドへのポーリングを開始させるための割り込みを使用するのが一般的です。その他にも、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンは、直ちに応答することが要求されるコントローラの下流側で、外部障害を検出するための入力として使用することもできます。

障害イベントや警告イベントが発生すると、それらのイベントがSMBALERT_MASKによってマスクされない限り、必ず $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ 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、障害ビットに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 $_n$ 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、障害検出時に $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンをローにするかどうかを決定します。

出力および入力障害イベントの処理は、表14～表18に規定されているように、対応する障害応答バイトによって制御されます。これらのタイプの障害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。自律型の回復では障害がラッチされないのので、再試行間隔経過後に障害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。

障害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、障害状態自体が破壊的な影響を及ぼすものでない場合に、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 $\overline{\text{ALERT}}$ のマスキング

PMBusコマンドによってアクセス可能なLTM4681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、様々な障害、警告、その他の重要な動作状態の表示が含まれています。ここに示すように、STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドは他のステータス・レジスタのおおまかな内容も示します。具体的な情報についてはPMBusコマンドの詳細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_xレジスタのいずれかのビットがアサートされると、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ ピンもローになります。 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ 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。

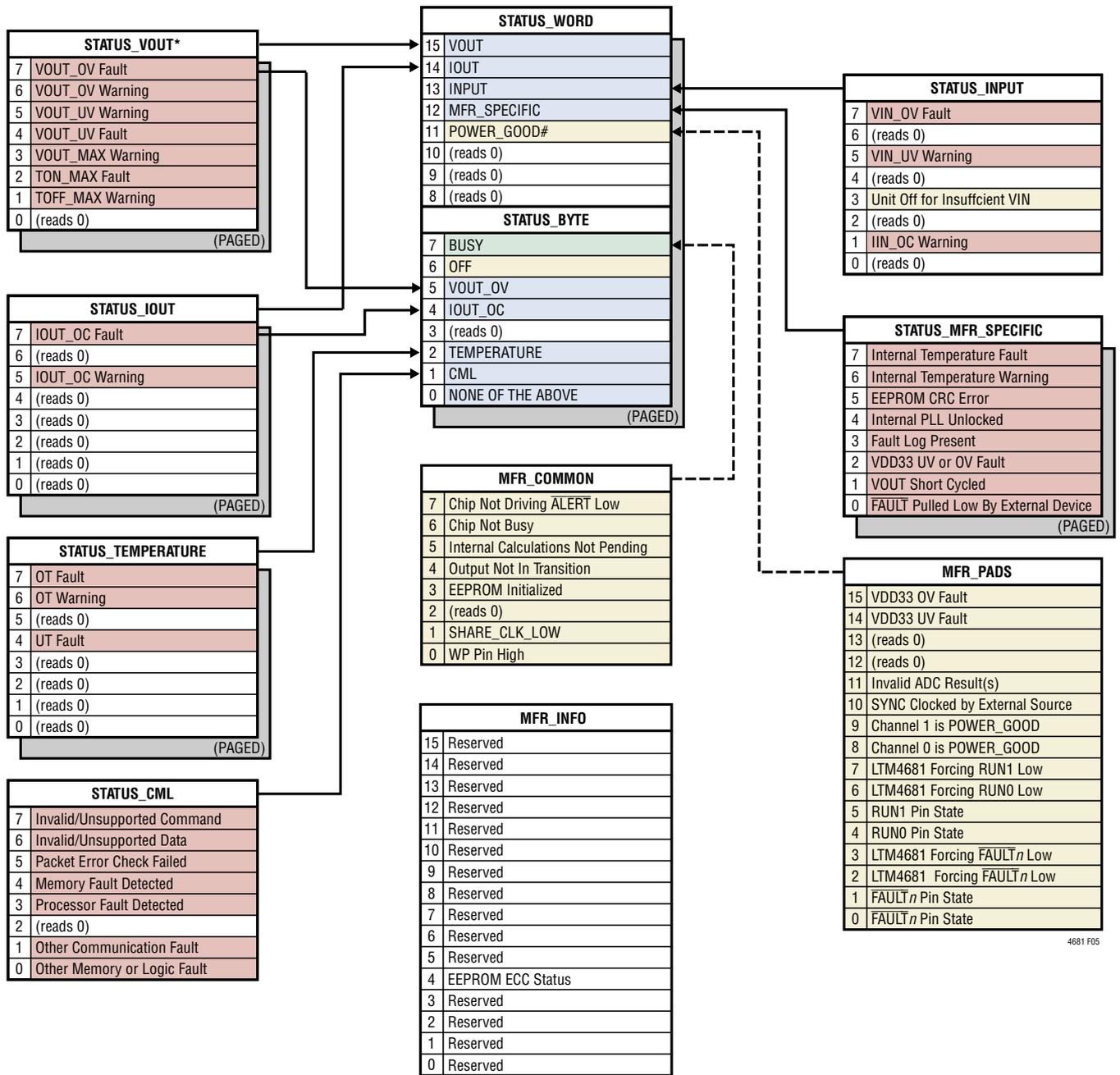
- CLEAR_FAULTSまたはMFR_RESETコマンドを発行する
- 関連するステータス・ビットに1を書き込む
- 障害発生チャンネルを一度オフにして再びオンにするコマンドが正常に実行される
- LTM4681がPMBusのARAのときにそのアドレスを正常に送信する
- バイアス電源を一度オフにして再度オンにする

いくつかの例外を除き、SMBALERT_MASKコマンドを使用すれば、LTM4681がこれらのレジスタ内のビットに対してビット単位で $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ をアサートしないようにすることができます。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 n のSTATUS_VOUTの全てのビットに対して $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ がマスクされると、PAGE n のSTATUS_WORD内のVOUTビットに対して実質的に $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ がマスクされます。STATUS_BYTEのBUSYビットも $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ をローにアサートしますが、マスクすることはできません。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。この障害が発生するのは、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障害は、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。

マスクされた障害がパワーアップ直後に発生した場合は、プログラムされた全てのマスク情報をEEPROMから読み出すだけの時間がなかったために、 $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ 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らかにすることができますが、これらのレジスタの内容は $\overline{\text{ALERT}}_{nn}$ 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することはありません。

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. LTM4681 のステータス・レジスタの概要 (コントローラあたり)

4681 F05

動作

FAULT_nピンへの障害のマッピング

FAULT_nピンを互いに接続すれば、チャンネル間(複数のLTM4681のチャンネルを含む)で障害の依存関係を作り出すことができます。内部障害が発生した場合は、1つ以上のチャンネルが、バスに接続されたFAULT_nピンをローにするように設定されます。さらに他のチャンネルは、FAULT_n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、当初の障害が解消されている場合、障害発生チャンネルは、再試行間隔経過後にFAULT_nピンを解放するように設定されます。その後、グループ内の全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。障害応答がLATCH_OFFの場合は、RUN_n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、FAULT_nピンはローにアサートされたままになります。RUN_nピンの切替えをピンまたはOFF/ONコマンドによって行うと、そのチャンネルに関連する障害が解消されます。RUN_nピンを切り替えたときに全ての障害が解消されていることが望ましい場合は、MFR_CONFIG_ALLのビット0を1に設定します。

全ての障害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。

その他の障害の検出機能と処理機能を以下に示します。

パワーグッド・ピン

LTM4681のPGOOD_n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PGOOD_n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、PGOOD_nピンがローに保持されます。PGOOD_nピンは、それぞれのRUN_nピンがローになったときもローになります。PGOOD_n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。PGOOD_nピンとPGOODのステータスは、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、さらにSTATUS_MFR_SPECIFICコマンドの該当ビットがセットされて、ALERT_{nn}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。

LTM4681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 障害」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、回復不能な内部障害が発生しています。この場合は、その特定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。マニファクチャリング・セクションに発生したNVM障害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

LTM4681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、LTM4681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 マスタが要求した場合、全ての読み出し動作は有効な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、LTM4681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 障害を発生させます。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、さらに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。

デバイスのアドレス指定

PMBus インターフェースを介したLTM4681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、2)デバイス、3)レール・アドレス指定、4)アラート応答アドレス(ARA)です。

動作

グローバル・アドレス指定は、PMBus マスタがバス上の全ての LTM4681 デバイスのアドレスを指定する手段を提供します。LTM4681 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 0 x B6 (8ビット) はページ指定され、バス上にある全ての LTM4681 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。アナログ・デバイセズのその他のタイプのデバイスは、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・アドレスからの読み出しは行わないことを強く推奨します。

デバイスのアドレス指定は、PMBus マスタが LTM4681 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_{nn} 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・マスタが、単一出力電圧 (PolyPhase) を生成するために相互接続された全てのチャンネルと同時に通信する方法を提供します。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の実装に必要なことがあるチャンネルの論理的なグループ分けが可能になります。レール・アドレスからの読み出しも、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 LTM4681 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_{OUT} および I_{IN}/I_{OUT} の障害に対する応答

V_{OUT} 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 のリミットは3つの方法で設定します。

- 抵抗設定ピンを使用する場合は V_{OUT} 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_{IN} と I_{OUT} の過電流モニタは ADC 値の読み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_{CONVERT} の遅延が生じることがあります。I_{OUT} 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_{SENSE_{EN}} 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 I_N_OC_WARN_LIMIT を超えると、ALERT_{nn} ピンがローになって、STATUS_INPUT コマンドの I_N_OC_WARN ビットがアサートされます。

LTM4681 内部のデジタル・プロセッサは、障害を無視する機能、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行う機能 (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 1ms 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。

出力過電圧障害の応答

プログラマブル出力過電圧コンパレータ (OV) 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 障害状態のときは逆方向出力電流がモニタされます。この電流がリミットに達すると、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 V_{OUT}_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・レベルの障害応答遅延時間は、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 2 μs (代表値) です。V_{OUT}_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障害応答でも、(0~7)・10 μs 刻みでデグリッチできます。表 14 を参照。

動作

出力低電圧の応答

低電圧コンパレータ出力に対する応答は、以下のいずれかとすることができます。

- 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

UVの応答はデグリッチできます。表15を参照してください。

ピーク出力過電流障害の応答

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規定されています。電流制限回路は、COMP_n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ため、COMP_n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。LTM4681は外部温度センサーを自動的にモニタし、COMP_nの最大許容値を変更してこの項を補償します。I_{OUT}を制限するためのデータ点を、IOUT_OC_FAULT_LIMITのセクションに示します(97ページ)。

過電流障害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、(0~7)・16ms刻みでデグリッチできます。表16を参照。

タイミング障害に対する応答

TON_MAX_FAULT_LIMITは、起動時にV_{OUT}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V_{OUT_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10μsです。TON_MAX_FAULT_LIMITで指定さ

れる時間以内にV_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}に達しない場合、この障害の応答は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とすることができます。

- 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

この障害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、障害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。そうし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18を参照。

V_{IN} OV 障害に対する応答

V_{IN}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。障害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18を参照。

OT/UT 障害に対する応答

内部過熱障害応答

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障害応答が有効になり、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。内部温度障害を無視することはできません。また、内部温度リミットは調整できません。表17を参照してください。

動作

過熱障害と低温障害の応答

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。障害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 18 を参照してください。

入力過電流障害および出力低電流障害に対する応答

入力過電流と出力低電流は ADC で測定します。障害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

外部障害に対する応答

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、`ALERTnn` 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行うように設定することができます。`FAULTn` がローになったときに `ALERTnn` 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。

障害ログ

LTM4681 は障害ログ機能を備えています。データは表 19 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。障害イベントが発生すると、障害ログ・バッファが RAM のバッファから NVM にコピーされます。障害ログへの記録は 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保証されません。ダイ温度が 130°C を超えると、障害ログはダイ温度が 125°C 未満に低下するまで遅延されます。障害ログ・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、障害ログ機能が再度イネーブルされます。障害ログを再度イネーブルする前に、障害が存在しないこと、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。

LTM4681 は、起動時またはリセット終了時に NVM をチェックして、有効な障害ログの有無を確認します。NVM 内に有効な障害ログが存在する場合は、`STATUS_MFR_SPECIFIC` コマンドの「Valid Fault Log」(有効な障害ログ) ビットがセットされて、`ALERT` イベントが生成されます。また、障害ログは LTM4681 が `MFR_FAULT_LOG_CLEAR` コマンドを受け取るまで遮断され、その後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障害が発生した場合は、EEPROM に情報が格納されます。`FAULTn` を外部からローにした場合、障害ログ・イベントはトリガされません。

バスのタイムアウト保護

シリアル・インターフェースの障害が解消されない状況を防ぐために、LTM4681 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・アドレス書込みバイト前の最初の `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。この時間を過ぎると、LTM4681 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)、全てのデータ・バイト、および PEC バイト(該当する場合)が含まれます。

動作

LTM4681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全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。LTM4681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、I²C 2線式インターフェースの類似点

PMBus 2線式インターフェースはSMBusの拡張版です。SMBusはI²Cを基本に構築されたもので、タイミング、DCパラメータ、プロトコルが少し異なっています。PMBus/SMBusは、持続的なバス・エラーを防ぐタイムアウトと、データの完全性を確保するオプションの packets・エラー・チェック(PEC)機能を備えているので、PMBus/SMBusプロトコルは単純なI²Cバイト・コマンドより信頼性が向上しています。一般に、I²C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。I²Cコントローラの中には反復スタート(リスタート)をサポートしていないものもありますが、反復スタートはSMBus/PMBusの読出しには必要です。汎用I²C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。

LTM4681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コマンド概要の注記のセクションを参照してください。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I²Cの相違については、『System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0: Appendix B - Differences Between SMBus and I²C』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

LTM4681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)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。LTM4681はスレーブ・デバイスです。マスタは、以下のフォーマットでLTM4681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。全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、障害ログの読み出し時にはPMBusのタイムアウトを延長できません。

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。

以下の図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。

PMBusが実装しているデータ・フォーマットは次のとおりです。

- 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がスレーブを読み出し。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。マスタは、伝送中の方向転換時に開始条件とスレーブ・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。

動作

略号については図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に示す 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。

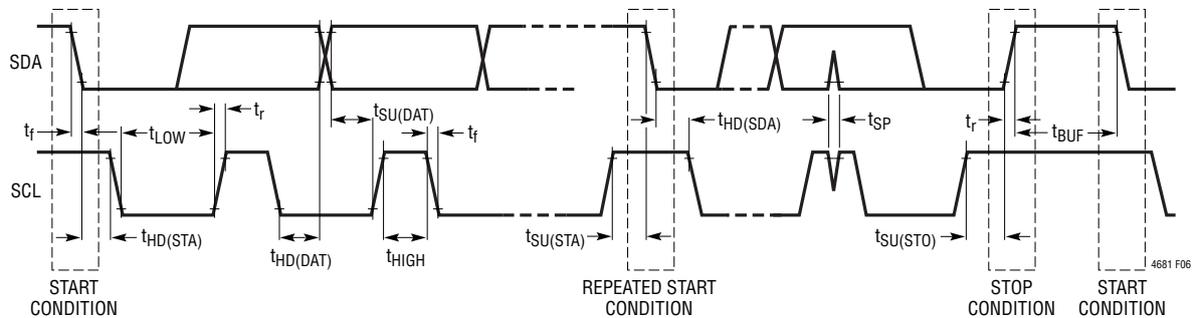


図 6. PMBus タイミング図

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		アナログ・ デバイスの 用語	定義	例
	用語	仕様の参照先			
L11	リニア	Part II ¶ 7.1	Linear_5s_1s	浮動小数点形式の16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^N$, ここで $N = b[15:11]$ および $Y = b[10:0]$ 、どちらも2の補数形式の2進整数	$b[15:0] = 0x9807 = 10011_000_0000_0111$ 値 = $7 \cdot 2^{-13} = 854E-6$
L16	リニア VOUT_MODE	Part II ¶ 8.2	Linear_16u	浮動小数点形式の16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^{-12}$, ここで $Y = b[15:0]$ 、符号なし整数	$b[15:0] = 0x4C00 = 0100_1100_0000_0000$ 値 = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$
CF	DIRECT	Part II ¶ 7.2	場合により異なる	PMBus コマンドの詳細説明に定義されたカスタム形式の16ビット・データ	多くの場合は符号なし整数または2の補数形式の整数
Reg	レジスタ・ ビット	Part II ¶ 10.3	Reg	PMBus コマンドの詳細説明にビットごとの意味が定義されています。	PMBus STATUS_BYTE コマンド
ASC	テキスト文字	Part II ¶ 22.2.1	ASCII	ISO/IEC 8859-1 [A05]	LTC (0x4C5443)

動作

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
 □ MASTER TO SLAVE
 ■ SLAVE TO MASTER
 ... CONTINUATION OF PROTOCOL 4681 F07

図 7. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



図 8. クイック・コマンド・プロトコル

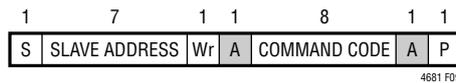


図 9. バイト送信プロトコル

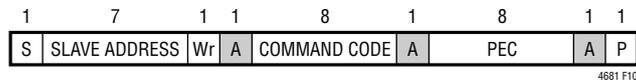


図 10. PEC 付きバイト送信プロトコル

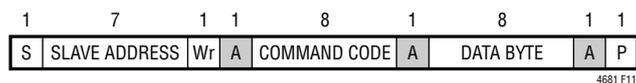


図 11. バイト書込みプロトコル

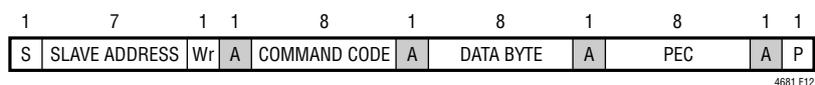


図 12. PEC 付きバイト書込みプロトコル

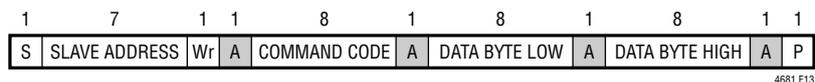


図 13. ワード書込みプロトコル

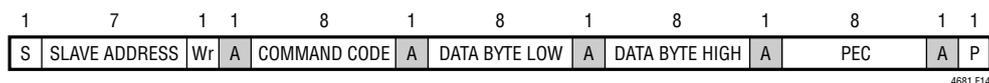


図 14. PEC 付きワード書込みプロトコル

動作

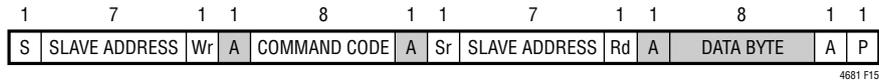


図 15. バイト読出しプロトコル

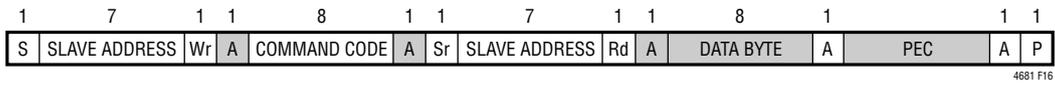


図 16. PEC 付きバイト読出しプロトコル

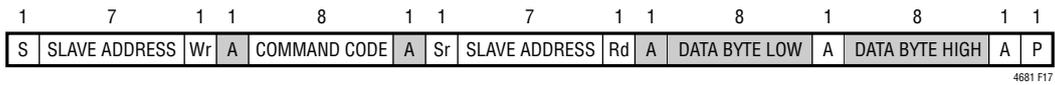


図 17. ワード読出しプロトコル

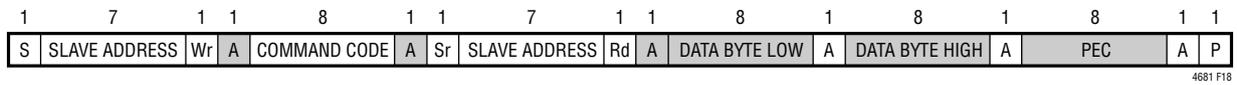


図 18. PEC 付きワード読出しプロトコル

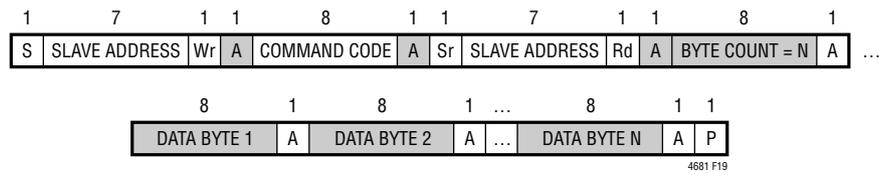


図 19. ブロック読出しプロトコル

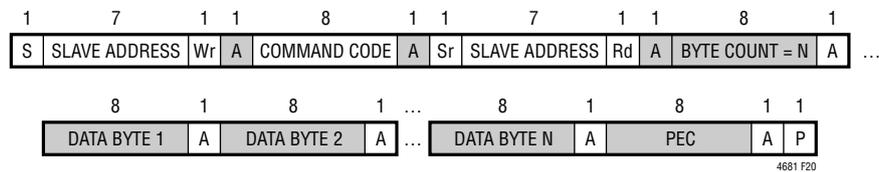


図 20. PEC 付きブロック読出しプロトコル

動作

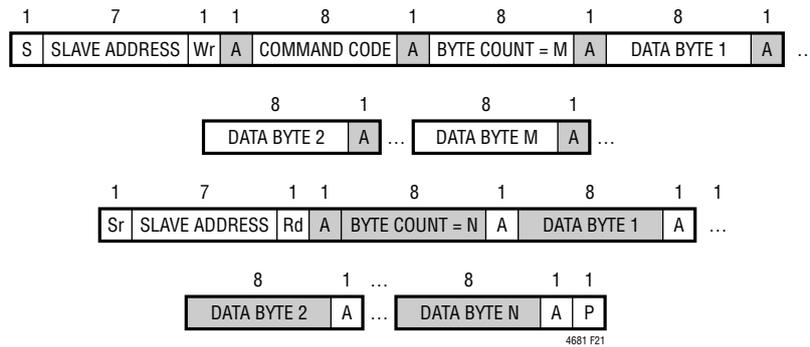


図 21. ブロック書込み - ブロック読出しプロセス呼び出し

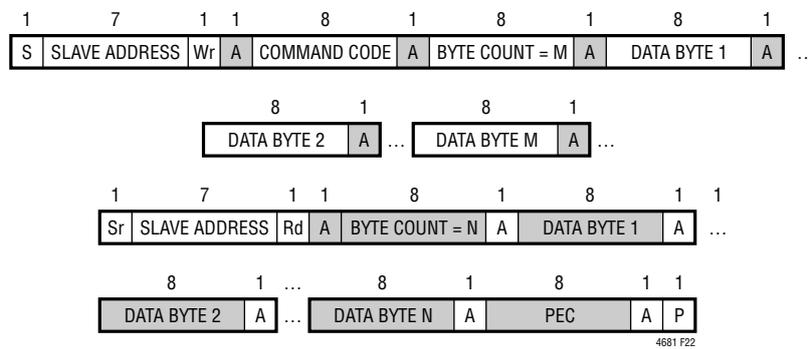


図 22. ブロック書込み - PEC 付きブロック読出しプロセス呼び出し

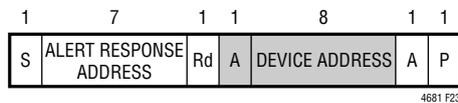


図 23. アラート応答アドレス・プロトコル

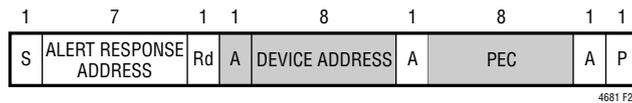


図 24. PEC 付きアラート応答アドレス・プロトコル

pmbus コマンドの概要

PMBus コマンド

サポートされている PMBus コマンドとメーカー固有コマンドの一覧を表 7 に示します。これらのコマンドの詳細な説明は、『PMBus Power System Mgt 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、それらはメーカーが予備として扱っていることを暗黙的に示しています。これらのコマンドの範囲内では、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、それらはメーカーによ

てサポートされていないことを暗黙的に示しています。サポート対象外のコマンドや予備のコマンドにアクセスしようとすると、CML コマンド障害となる可能性があります。出力電圧の全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に示す PMBus 通信とコマンド処理に関する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)

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	PAGE
PAGE	0x00	複数ページの PMBus デバイスとの統合化を実現します。	R/W Byte	N	Reg			0x00	84
OPERATION	0x01	動作モードを制御します。オン/オフ、マージン・ハイ、およびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	88
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN ピンおよび PMBus バスの オン/オフ・コマンドを設定します。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	88
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされた全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	N				NA	113
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	指定されたページにコマンドを直接書き込みます。	W Block	N					84
PAGE_PLUS_READ	0x06	指定されたページからコマンドを直接読み出します。	Block R/W	N					84
WRITE_PROTECT	0x10	意図せぬ変更に対してデバイスが提供する保護のレベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	85
STORE_USER_ALL	0x15	ユーザの動作メモリの内容を EEPROM に格納します。	Send Byte	N				NA	123
RESTORE_USER_ALL	0x16	ユーザの動作メモリの内容を EEPROM から復元します。	Send Byte	N				NA	123
CAPABILITY	0x19	このデバイスがサポートする PMBus オプション通信プロトコルの概要。	R Byte	N	Reg			0xB0	112
SMBALERT_MASK	0x1B	ALERT 動作をマスクします。	Block R/W	Y	Reg		Y	CMD を参照。	113
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットと指数 (2^{-12})。	R Byte	Y	Reg			2^{-12} 0x14	94
VOUT_COMMAND	0x21	公称出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000	95
VOUT_MAX	0x24	VOUT_MARGIN_HI を含む、コマンドで指定した出力電圧の上限値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	3.6 0xC399	94

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	PAGE
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイ出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより大きくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x10CD	95
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ロー出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより小さくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x0F33	95
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	VOUTの新しい値が指定されたときの出力変化率。	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.25 0xD010	101
FREQUENCY_SWITCH	0x33	コントローラのスイッチング周波数。	R/W Word	N	L11	kHz	Y	350kHz 0x2016	92
VIN_ON	0x35	ユニットが電力変換を開始する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.75 0xD130	93
VIN_OFF	0x36	ユニットが電力変換を停止する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.5 0xD120	93
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x119A	94
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	103
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x1133	94
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x0ECD	95
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x0E66	95
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	104
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流障害リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	40.00 0xE280	97
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力過電流障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	106
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	34.0 0xE230	98
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部過熱障害リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	128.0 0xF200	99
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	108
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	125.0 0xEBE8	99
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部低温障害リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	-45.0 0xE530	100
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部低温障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	108
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源過電圧障害リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.5 0xD3E0	92
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	103
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源低電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.65 0xD12A	93
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	入力電源過電流警告リミット	R/W Word	N	L11	A	Y	10.0 0xD280	98

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	PAGE
TON_DELAY	0x60	RUNまたはOPERATIONオン(もしくはその両方)から出力レールがオンになるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	100
TON_RISE	0x61	出力電圧が上昇し始めてからV _{OUT} のコマンド指定値に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300	100
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	TON_RISEの開始からV _{OUT} がV _{OUT_UV_FAULT_LIMIT} を超えるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80	101
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULTイベントが検出された時のデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	106
TOFF_DELAY	0x64	RUNまたはOPERATIONオフ(もしくはその両方)からTOFF_FALLランプ開始までの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	101
TOFF_FALL	0x65	出力が低下し始めてから0Vに達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300	101
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	TOFF_FALL完了後にユニットが12.5%未満に減衰するまでの最大許容時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0 0x8000	102
STATUS_BYTE	0x78	ユニットの障害状態を1バイトに要約したもの。	R/W Byte	Y	Reg			NA	114
STATUS_WORD	0x79	ユニットの障害状態を2バイトに要約したもの。	R/W Word	Y	Reg			NA	115
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	115
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	116
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA	116
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	117
STATUS_CML	0x7E	通信とメモリの障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA	117
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R/W Byte	Y	Reg			NA	118
READ_VIN	0x88	測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	120
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	N	L11	A		NA	120
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	120
READ_IOUT	0x8C	測定された出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	120
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外部温度センサーの温度。この値は、IOUT_CAL_GAINを含む全ての温度関連処理に使われます。	R Word	Y	L11	C		NA	120
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ダイのジャンクション温度。他のコマンドには影響しません。	R Word	N	L11	C		NA	120
READ_FREQUENCY	0x95	測定されたPWMスイッチング周波数。	R Word	Y	L11	Hz		NA	120
READ_POUT	0x96	測定された出力電力。	R Word	Y	L11	W		N/A	120
READ_PIN	0x97	入力電力の計算値。	R Word	Y	L11	W		N/A	121
PMBus_REVISION	0x98	このデバイスがサポートするPMBusのバージョン。現在のバージョンは1.2。	R Byte	N	Reg			0x22	112
MFR_ID	0x99	LTM4681のメーカーID(ASCII)。	R String	N	ASC			LTC	112

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データフォーマット	単位	NVM	デフォルト値	PAGE
MFR_MODEL	0x9A	メーカー製品番号 (ASCII)。	R String	N	ASC				112
MFR_VOUT_MAX	0xA5	VOUT_OV_FAULT_LIMIT を含む最大許容出力電圧。	R Word	Y	L16	V		3.6 0x0399	96
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	READ_PIN コマンドの精度を返します。	R Byte	N	%			5.0%	121
USER_DATA_00	0xB0	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	112
USER_DATA_01	0xB1	LTpowerPlay用のメーカー予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	112
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	112
USER_DATA_03	0xB3	ユーザが使用できるNVMワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	112
USER_DATA_04	0xB4	ユーザが使用できるNVMワード。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	112
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	弊社にお問い合わせください。							128
MFR_EE_ERASE	0xBE	弊社にお問い合わせください。							128
MFR_EE_DATA	0xBF	弊社にお問い合わせください。							128
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D	86
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	汎用設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21	87
MFR_FAULT_PROPAGATE	0xD2	どの障害をFAULTピンに伝搬させるかを決定する設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993	109
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWMループ補償設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x28	90
MFR_PWM_MODE	0xD4	PWMエンジンの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC7	89
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	FAULTピンが外部からローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0	111
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	内部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R Byte	N	Reg			0xC0	107
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IOUTの最大測定値をレポートします。	R Word	Y	L11	A		NA	121
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	高速でADCリードバックを繰り返す場合に選択されるADC遠隔測定パラメータ。	R/W Byte	N	Reg			0x00	122
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250.0 0xF3E8	102
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	LTM4681がRUNピンをローに保持する最小時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	150.0 0xF258	102
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	121
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	121
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での外部温度 (READ_TEMPERATURE_1) の最大測定値。	R Word	Y	L11	C		NA	121
MFR_READ_IIN_PEAK	0xE1	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IINコマンドの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA	121
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアします。	Send Byte	N				NA	114
MFR_READ_ICHIP	0xE4	SVINピンの測定電源電流値。	R Word	N	L11	A		NA	122
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタルステータス。	R Word	N	Reg			NA	118

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	PAGE
MFR_ADDRESS	0xE6	チャンネル0と1の7ビットI ² Cアドレス・バイトを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F	86
MFR_ADDRESS	0xE6	チャンネル2と3の7ビットI ² Cアドレス・バイトを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4E	86
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTM4681とそのリビジョンを表すメーカー・コード。	R Word	N	Reg			0x414X	112
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値(mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	2.0 0xC200	98
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAMからEEPROMへの障害ログ転送を指示します。	Send Byte	N				NA	124
MFR_INFO	0x	弊社にお問い合わせください。							128
MFR_IOUT_CAL_GAIN	0xDA	出荷時に設定。0.4mΩ(代表値)。	R Word	Y	L11	mΩ		0.4 (代表値) 0xD01A	96
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログ用として予約されたEEPROMブロックを初期化します。	Send Byte	N				NA	128
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。	R Block	N	Reg		Y	NA	124
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイセス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	119
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	現在のコマンドの内容をNVMと比較します。	Send Byte	N				NA	123
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での最大内部ダイ温度。	R Word	N	L11	C		NA	122
MFR_PWM_CONFIG	0xF5	位相制御を含め、DC/DCコントローラ用の様々なパラメータを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10	91
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF	ppm/°C	Y	3900 0x0F3C	96
MFR_ICHIP_CAL_GAIN	0xF7	V _{IN} ピン用フィルタ素子の抵抗値(mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1000 0x03E8	93
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部温度センサーの勾配を設定します。	R/W Word	Y	CF		Y	0.995 0x3FAE	99
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	-273.1°Cを基準として外部温度センサーのオフセットを設定します。	R/W Word	Y	L11	C	Y	0.0 0x8000	99
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	PolyPhase出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	86
MFR_REAL_TIME	0xFB	48ビット共有クロック・カウンタの値。	R Block	N	CF			NA	71
MFR_RESET	0xFD	電源遮断が不要なコマンドによるリセット。	Send Byte	N				NA	88

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: LTM4681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障害が発生します。

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・デバイセスはその全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。

PMBus コマンドの概要

表 8. データ・フォーマットの略号

L11	Linear_5s_11s	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]</p> <p>値 = $Y \cdot 2^N$</p> <p>ここで、N = b[15:11] は 5 ビットの 2 の補数形式の整数で、Y = b[10:0] は 11 ビットの 2 の補数形式の整数</p> <p>例:</p> <p>b[15:0] = 0x9807 = 'b10011_000_0000_0111 の場合</p> <p>値 = $7 \cdot 2^{-13} = 854 \cdot 10^{-6}$</p> <p>出典: 『PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1』</p>
L16	Linear_16u	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]</p> <p>値 = $Y \cdot 2^N$</p> <p>ここで、Y = b[15:0] は符号なし整数、N = VOUT_MODE_PARAMETER は 5 ビットの 2 の補数形式の指数で、10 進数の -12 にハードワイヤード接続</p> <p>例:</p> <p>b[15:0] = 0x9800 = 'b1001_1000_0000_0000 の場合</p> <p>値 = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$ 出典: 『PMBus Spec Part II: Paragraph 8.2』</p>
Reg	レジスタ	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0] または b[7:0]</p> <p>ビット・フィールドの意味は PMBus コマンドの詳細説明に定義されています。</p>
L16	整数ワード	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]</p> <p>値 = Y</p> <p>ここで、Y = b[15:0] は 16 ビットの符号なし整数</p> <p>例:</p> <p>b[15:0] = 0x9807 = 'b1001_1000_0000_0111 の場合、</p> <p>値 = 38919 (10 進数)</p>
CF	カスタム・フォーマット	<p>値は PMBus コマンドの詳細説明に定義されています。</p> <p>多くの場合は、MFR 固有の定数を乗じた符号なし整数または 2 の補数形式の整数です。</p>
ASC	ASCII フォーマット。	<p>ISO/IEC 8859-1 規格準拠のテキスト文字で構成される可変長文字列です。</p>

アプリケーション情報

V_{IN}からV_{OUT}への降圧比

V_{IN}からV_{OUT}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約されます。LTM4681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_{IN}からV_{OUT}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)という事実によります。 $t_{ON(MIN)}$ は、電気的パラメータで60ns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注6を参照してください。

入力コンデンサ

LTM4681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22 μ F入力セラミック・コンデンサを使ってRMS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、47 μ F~150 μ F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は、次式によってスイッチングのデューティ・サイクルを見積もることができます。

$$D_n = \frac{V_{OUTn}}{V_{INn}}$$

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RMS電流は次式で概算できます。

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

上の式で、 $\eta\%$ 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

LTM4681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_{OUT}として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エ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_{OUT}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400 μ F~1000 μ Fです。出力リップルや動的トランジエント・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15Aから30Aへのステップで15A/ μ sのトランジエ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、最適なトランジエ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_{OUTn}ピンとV_{OSNS0}⁺ピンの間に小さい10 Ω 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。LTM4681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

LTM4681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。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)。

チャンネルが不連続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なる直前に逆電流コンパレータ(I_{REV})が下側MOSFET(MBn)をオフにして、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

アプリケーション情報

きます。強制連続動作の場合、軽負荷時または大きなトランジェント状態時にはインダクタ電流を反転させることができます。インダクタのピーク電流はCOMP_n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。強制連続導通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(SVIN_{nn}がVIN01またはVIN23、もしくはその両方に接続されている場合)、障害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、この障害は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

LTM4681のチャンネルのスイッチング周波数は、モジュールのSYNC_{nn}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決定されます。SYNC_{nn}ピンのクロック波形はLTM4681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LTM4681制御ICのFREQUENCY_SWITCHコマンドが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(サポートされている値は250kHz、350kHz、425kHz、500kHz、575kHz、650kHz、750kHz)。この設定のモジュールを「同期マスタ」と呼びます。(出荷時のデフォルト設定値であるMFR_CONFIG_ALL[4] = 0bを使用すると)SYNC_{nn}は双方向オープンドレイン・ピンになり、LTM4681は規定のクロック・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LTM4681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LTM4681の内部コントローラだけとし、他の(1つまたは複数の)LTM4681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_{nn}_CFGピンで抵抗のピンストラップ設定を行うことにより、容易に実装できます(表3参照)。MFR_CONFIG_ALL[4] = 1bを使用すると、LTM4681

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。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障害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、LTM4681のSYNC_{nn}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_{nn}_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障害性を確保できません。

FREQUENCY_SWITCHレジスタはI²C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、SVIN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_{nn}_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。表3に、使用可能な抵抗ピンストラップと、対応するFREQUENCY_SWITCHの設定値を示します。

PolyPhaseレールの全てのアクティブ・チャンネルの相対位相は、全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_{nn}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° と表示されます。

アプリケーション情報

MFR_PWM_CONFIG コマンドは I²C 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、SV_{IN_mn} 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_mn_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。表3に、使用可能な抵抗ピンストラップと、対応する MFR_PWM_CONFIG[2:0] の設定値を示します。

FREQUENCY_SWITCH と MFR_PWM_CONFIG[2:0] の組み合わせの中には、FSWPH_mn_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全ての組み合わせは、NVM のプログラミング、すなわち I²C 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。

SYNC の容量を最小限に抑えて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るようにし、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に注意する必要があります(このセクションで後述する「オープンドレイン・ピン」を参照)。

LTM4681 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_mn 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_mn 出力が低インピーダンスになる可能性があるため、SV_{IN_mn} のパワーアップ時には、どの外部回路も適当な低インピーダンスでハイに駆動してはなりません。

一般的な V_{IN}-V_{OUT} 間電圧を使用する多くのアプリケーションでの動作において、LTM4681 に推奨されるスイッチング周波数を以下に示します。LTM4681 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っていて、以下の表に示す推奨スイッチング周波数の値が大幅に異なる場合は、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検討事項のセクションを参照)。

表9. V_{IN}-V_{OUT} 間の様々な降圧シナリオにおける推奨スイッチング周波数

	5V _{IN}	8V _{IN}	12V _{IN}
0.9V _{OUT}	250kHz~350kHz		
1.0V _{OUT}			
1.2V _{OUT}			
1.5V _{OUT}	425kHz, 500kHz		
1.8V _{OUT}			
2.5V _{OUT}	500kHz, 575kHz		
3.3V _{OUT}			

出力電流リミットのプログラミング

サイクルごとの電流リミット(= V_{ISENSE}/DCR)は COMPn_b に比例し、COMPn_b 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。LTM4681 は、1mΩ 未満の検出抵抗だけを使って電流レベルを検出します。97 ページを参照してください。LTM4681 では2種類の電流リミットをプログラムできます。MFR_PWM_MODE[2] の値は予備であり、MFR_PWM_MODE[7] と IOUT_OC_FAULT_LIMIT は電流リミット・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レギュレーションできます。出力電流がこの電流リミットを超えた場合は、OC 障害が生成されます。それぞれの IOUT_OC_FAULT_LIMIT の範囲はループ・ゲインに影響し、さらにはループ安定性にも影響するので、電流リミットの範囲設定はループ設計の一部になります。

電流リミット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。LTM4681 は、インダクタの温度変化に応じて電流リミット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過ぎる場合は警告を発することができます。過電流障害は、COMPn_b 電圧が最大値に達した時点で検出されます。LTM4681 内部のデジタル・プロセッサは、障害を無視する機能、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行う機能(ヒカップ機能)を備えています。詳細については、動作のセクションに記載されている過電流の部分を参照してください。Read_POUT は、出力電力計算値のリードバックに使用できます。

アプリケーション情報

最小オン時間に関する検討事項

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、LTM4681 が上側 MOSFET をオンすることができる最小時間です。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リミットに近付く可能性があるため、次の条件が成り立つように注意する必要があります。

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

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。

LTM4681 の最小オン時間は 60ns です。

可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ

LTM4681 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。RUN_n ピンが解放されるのは、デバイスが初期化されて SV_{IN_m} が V_{IN_ON} の閾値より高くなった後です。1つのアプリケーションに複数の LTM4681 を使用する場合は、同じ RUN_n 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、全てのデバイスが初期化されてその SV_{IN} が V_{IN_ON} 閾値を超えるまで、RUN_n ピンをローに保持します。SHARE_CLK__m ピンは、信号に接続されている全てのデバイスが同じタイム・ベースを使用するようにします。

RUN_n 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_DELAY_n) 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 LTM4681 と他のアナログ・デバイセズ製デバイスを異なる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、全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、全てのデバイスが RUN_n ピンを共用する必要があります。

このように、全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・デバイセズの全ての IC は、最も速い SHARE_CLK 信号で全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% の幅があるので、実際の遅延時間にはある程度の差が生じます。

ソフトスタートは、負荷電圧を能動的にレギュレーションしながら、デジタル処理によって対象電圧を 0V からコマンド指定の電圧設定値まで増加させて行います。この電圧ランプの立ち上がり時間は TON_RISE_n 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_n 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。LTM4681 は、電圧ランプを目的の勾配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、パワー段の V_{OUTn} の基本的なリミットより大きくすることはできません。TON_RISE_n のステップ数は TON_RISE/0.1ms と等しくなります。したがって、TON_RISE_n の時間設定が短いほど、ソフトスタート・ランプに生じるステップは離散的になります。

LTM4681 の PWM は、TON_RISE_n 動作時には常に不連続モードで動作します。不連続モードでは、インダクタの逆電流が検出されると直ちに下側 MOSFET (MB_n) 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できます。

LTM4681 にアナログ・トラッキング機能はありませんが、2つの出力には同じ TON_RISE_n 時間と TON_DELAY_n 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することができます。RUN_n 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、全てのタイミング・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 LTM4681 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 の正しい指示値になるまで、90ms ごとに DAC の LSB (電圧範囲ビットに応じて公称 1.375mV または 0.6875mV) ずつ値を調整します。パワーアップ時は、リミットが 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_{OUT} が $V_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}$ 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。時間基準のシーケンシングにおける

アプリケーション情報

V_{OUT} 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、さらに $TON_MAX_FAULT_RESPONSE$ 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. $V_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}$ を超えた後、または $I_{OUT_OC_FAULT_LIMIT}$ 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、 $V_{OUT_UV_FAULT}$ と $I_{OUT_OC_FAULT}$ がどちらも存在しない場合

最大立上がり時間は1.3秒に制限されます。

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つだけにするを推奨します。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。

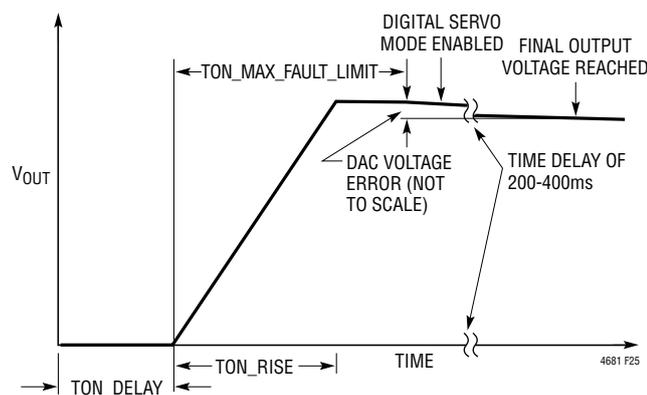


図25. タイミング制御による V_{OUT} の立上がり

ソフトオフ(シーケンシングによるオフ)

LTM4681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。 RUN_n 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。デバイスに障害が発生してオフになった場合、または $FAULT_n$ 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パワー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、パワー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_{OUT} 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。コントローラが不連続モードの場合、コントローラに負電流は流れ込まず、出力はパワー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秒に制限されます。 $TOFF_FALL$ の設定時間が短くなるほど $TOFF_FALL$ ランピングに生じる個々のステップは大きくなります。ランピングのステップ数は $TOFF_FALL/0.1ms$ に等しくなります。

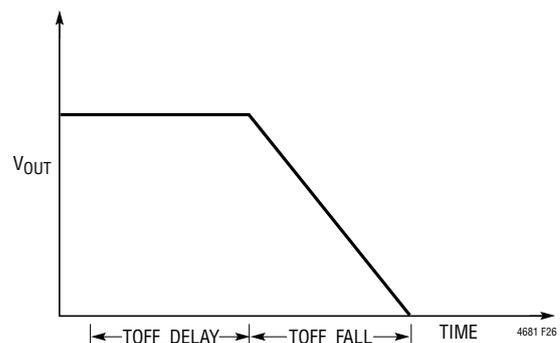


図26. $TOFF_DELAY$ と $TOFF_FALL$

アプリケーション情報

低電圧ロックアウト

LTM4681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。INTVCC_{mn}、VDD33_{mn}、およびVDD25_{mn}はそれぞれのレギュレーション電圧値の約20%以内にする必要があります。更に、VDD33_{mn}は、RUN_nピンが解放される前に目標値の約7%以内に入っている必要があります。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_{mn}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 \overline{FAULTn} がローに保持されている場合、 \overline{FAULTn} がローに保持されているときにALERT_{mn}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_{mn}はローにアサートされます。LTM4681がリセット状態から復帰する前にI²C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障害と見なされることがあります。CML障害が検出されると、ALERT_{mn}がローにアサートされます。

VDD33_{mn}電源を外部から直接VDD33_{mn}へ駆動するか、またはVBIAS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LTM4681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。LTM4681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0x5Aと0x5B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応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。

障害の検出と処理

LTM4681の \overline{FAULTn} ピンは、OV、UV、OC、OT、タイミング障害、ピーク過電流障害を含む様々な障害を表示するために設定されています。更に、外部信号源によって

\overline{FAULTn} ピンをローにして、システムの他の部分での障害を示すことができます。障害応答は設定可能で、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、データシートのPMBusのセクションとPMBus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_nがローになり、BG_nがアサートされます。

LTM4681には障害ログ機能があります。障害ログは、ユニットをオフにするような障害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。障害ログの表のヘッダー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。このデータは障害のトラブルシューティング時に役立ちます。

LTM4681の内部温度が85°Cを超えた場合、NVMへの書込みは(障害ログ以外)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。

オープンドレイン・ピン

LTM4681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. \overline{FAULTn}
2. SYNC_{mn}
3. SHARE_CLK_{mn}
4. PGOOD_n

5Vピン(5Vピンは3.3Vまで低下しても正しく動作します)

1. RUN_n
2. $\overline{ALERTmn}$
3. SCL_{mn}
4. SDA_{mn}

アプリケーション情報

上記の全てのピンは、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。これらのピンの低い方の閾値は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時定数に伴う過渡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、次のとおりです。

$$R_{\text{PULLUP}} = \frac{t_{\text{RISE}}}{3 \cdot 100\text{pF}} = 1\text{k}$$

最も近い1%精度抵抗の値は1kです。通信上の問題を防ぐために、SDAピンとSCLピンの寄生容量を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がかかるかを測定します。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、3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は次のようになります。

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

最も近い1%精度の抵抗は4.99k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過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保証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}の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

LTM4681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}ピンの信号の立下がりエッジに同期されます。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、全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フェーズ・システムでは信号の位相を180°ずらし、4フェーズ・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おそれがありません。

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同期が保証されている範囲は200kHz～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、この範囲を超えた部分での動作は保証されていません。

PLLには同期検出回路があります。動作中にPLLの同期が失われた場合は、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。この障害は、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したい場合は、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。

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_{nn}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信号の周波数が高過ぎるように見える場合は、SYNC_{nn}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ています。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LTM4681が1つのSYNC_{nn}ピンを共有する必要があります。

アプリケーション情報

す。他の構成の場合は、複数のSYNC_{nn}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LTM4681間でSYNC_{nn}ピンを共用する場合、周波数出力を使用してコントローラをプログラムできるLTM4681は1つだけです。それ以外の全てのLTM4681は、SYNC_{nn}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

LTM4681の入力電流検出アンプは、図2のブロック図に示すように外付けの検出抵抗を使用して、VIN01およびVIN23のパワー段ピンに流れ込む電源電流を検出できます。RSENSE_n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。このリミット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。

SVIN_{nn}ピンに流れ込む電流により、電源とSVIN_{nn}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、自動的に図2のブロック図に示す1Ωの内部検出抵抗に設定されます。LTM4681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SVIN_{nn}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。

プログラマブルなループ補償

LTM4681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_m は1.0mS～5.76mSの範囲

で変化し、補償抵抗 R_{COMPn} 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の代表的な比は10です。図2のブロック図と図27も合わせて参照してください。

LTM4681は、 g_m と R_{COMPn} だけを調整することによって柔軟なタイプII補償を行い、様々な出力コンデンサに対してループを最適化することができます。 g_m 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ずに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_{COMP} 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_m と R_{COMPn} の適切な値を決定することを推奨します。

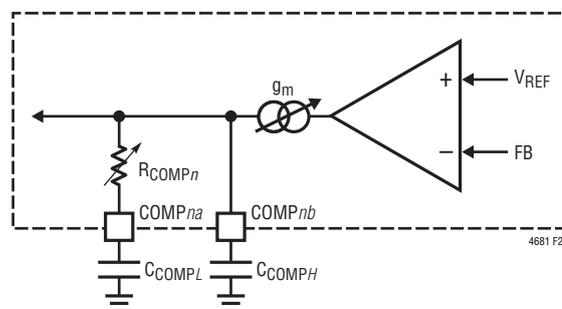


図27. プログラマブルなループ補償

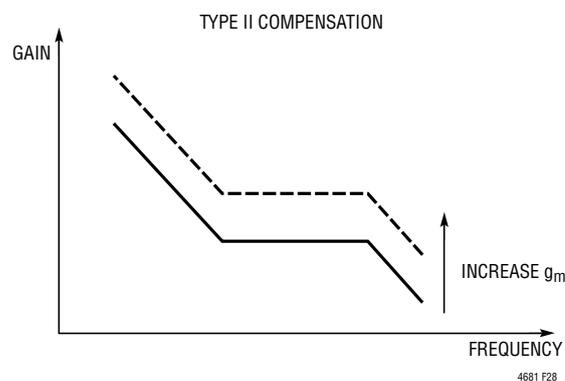
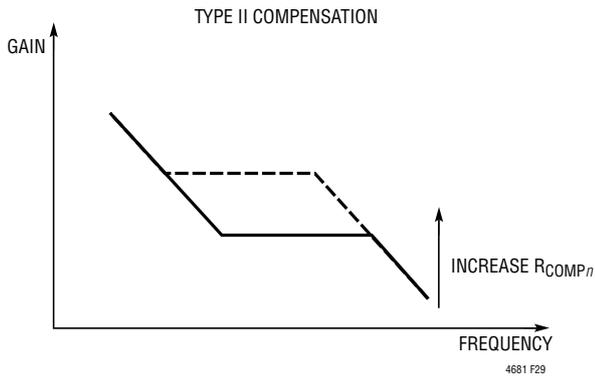


図28. エラー・アンプの g_m 調整

アプリケーション情報

図29. R_{COMP}の調整

過渡応答のチェック

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_{OUT} は $\Delta I_{LOAD} \cdot ESR$ に等しい大きさだけシフトします。ここで、 ESR は C_{OUT} の等価直列抵抗です。更に、 ΔI_{LOAD} によって C_{OUT} の充電または放電が開始されます。これによって帰還誤差信号が発生してレギュレータを電流変化に適應させ、 V_{OUT} を定常値に回復させます。この回復期間に V_{OUT} をモニタして、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グングが発生しないかどうかをチェックすることができます。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、立ち上がり時間、およびセトリングは、クロ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、このピンに見ら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。ピンの立ち上がり時間を調べることで、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COMP_n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、電圧レンジ(MFR_PWM_MODEコマンドのビット[1])、電流レンジ(MFR_PWM_MODEコマンドのビット[7])、チャンネル・アンプの g_m (MFR_PWM_COMPのビット[7:5])、および内部R_{COMP}補償抵抗(MFR_PWM_COMPのビット[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。

COMP_nの内部直列R_{COMP_n}と外部C_{COMP_n}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_{COMP_n}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(0Ω~62kΩ)。最終的なPCBレイアウトが完了して、C_{COMP_n}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_{COMP_n}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。立ち上がり時間が1μs~10μsで、最大負荷電流の20%~80%の出力電流パルスによって発生する出力電圧波形とCOMPピン波形を確認することで、帰還ループを開くことなくループ全体の安定性を判断することができます。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_{SERIES}により、 V_{OUT}/R_{SERIES} にほぼ等しい出力電流が発生します。電流リミット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_{SERIES}の値は0.1Ω~2Ω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が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。R_{COMP}を大きくするとループのゲインが大きくなり、C_{COMP_n}を小さくするとループの帯域幅が広がります。C_{TH}を小さくすると同じ比率でR_{COMP}を大きくすると、ゼロ周波数は変化せず、その結果、帰還ループの最も重要な周波数範囲での位相シフトも同じ値に保たれます。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、実際の全体的電源性能を表します。大容量の(>1μF)電源バイパス・コンデンサが接続された負荷の切替えを行うと、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、どんなレギュレータでも、この出力電圧の突然のステップ変化を防げるような速度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、スイッチの立ち上がり時間を制御して、負荷の立ち上がり時間を約25・C_{LOAD}に制限する必要

アプリケーション情報

があります。これにより10 μ Fのコンデンサでは250 μ sの立ち上がり時間が必要になり、充電電流が約200mAに制限されます。

PolyPhase構成

複数のLTM4681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SYNC、COMP、SHARE_CLK、 $\overline{\text{FAULT}}$ 、および $\overline{\text{ALERT}}$ ピンを共用する必要があります。 $\overline{\text{FAULT}}$ 、SHARE_CLK、および $\overline{\text{ALERT}}$ には必ずプルアップ抵抗を使用してください。デバイスのSYNCピンのいずれか1つを目的のスイッチング周波数に設定し、それ以外の全ての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、全てのデバイスについてFREQUENCY_SWITCHコマンドを外部クロックに設定してください。全てのチャンネルの相対位相は等間隔にします。また、全てのデバイスのMFR_RAIL_ADDRESSを同じ値に設定する必要があります。

複数チャンネルの全てのV_{SENSEn}⁺ピンを互いに接続し、さらに全てのV_{SENSEn}⁻ピンも互いに接続する必要があります。また、COMP_{na}ピンとCOMP_{nb}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。図50のアプリケーション例を参照してください。

USB-I²C/SMBus/PMBusコントローラとシステム内のLTM4681の接続

アナログ・デバイセズのUSB-I²C/SMBus/PMBusアダプタ(DC1613Aまたは同等品)は、基板上的のLTM4681とインターフェースを取って、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、障害ステータス・コマンド、および障害ログを使って迅速な障害診断が可能であり、短時間で最終的な構成を完了して、LTM4681のEEPROMに格納することができます。システム電源の有無に関係なく、アナログ・デバイセズのI²C/SMBus/PMBusアダプタを介して1つ以上のLTM4681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_{DD33_nn}電源ピンを介してLTM4681に電力を供給します。V_{INnn}が印加されておらず、V_{DD33_nn}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LTM4681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_{IN}を印加したら、MFR_RESETを発行してPWM電源をイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

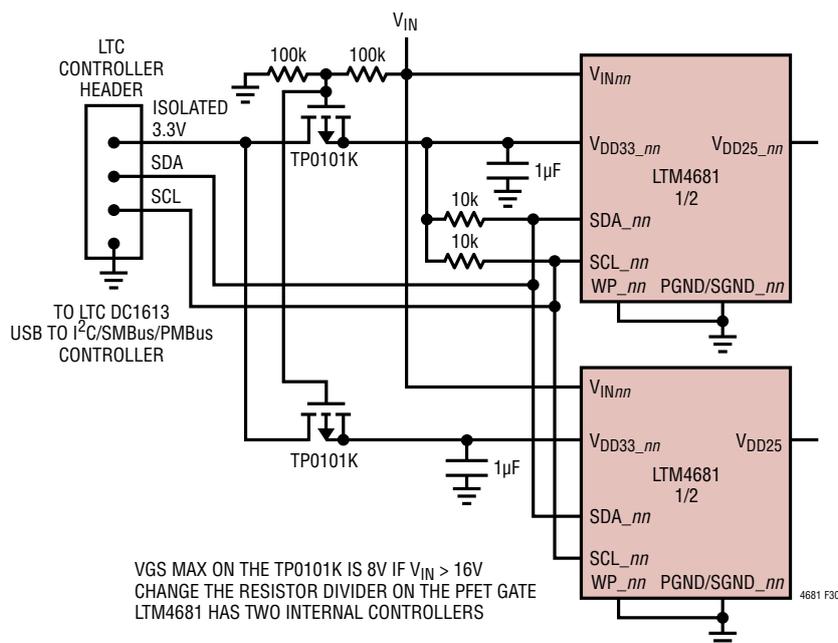


図30. コントローラの接続

アプリケーション情報

アダプタの電流供給能力は限られているので、 V_{DD33} の3.3V電源から電力を供給するのは、LTM4681、それに付随するプルアップ抵抗、およびI²Cのプルアップ抵抗だけにしてください。更に、I²Cバス接続をLTM4681と共有しているデバイスでは、SDA/SCLピンとその V_{DD} ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないように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_{IN} を印加すると、DC1613Aは基板上のLTM4681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_n 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。

LTM4681は、DC1613AによってホストPCのグラウンドから完全に絶縁されます。アダプタからの3.3VとLTM4681の V_{DD33_mn} ピンは、それぞれのLTM4681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_{IN} と V_{BIAS} の両方がオンになっているのであれば、内蔵LDOがオフなので、 V_{DD33_mn} ピンを並列にすることができます。コントローラの3.3V電流リミットは100mAですが、 V_{DD33_mn} の電流の代表値は15mA未満です。 V_{DD33_mn} は $INTV_{CC}/V_{BIAS}$ ピンを逆駆動します。 V_{IN} 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)はWindowsベースの強力な開発環境で、LTM4681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の評価に使用できます。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・モードで使用することも可能です。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-I²C/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

LTM4681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ことがあります。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。

アプリケーション情報

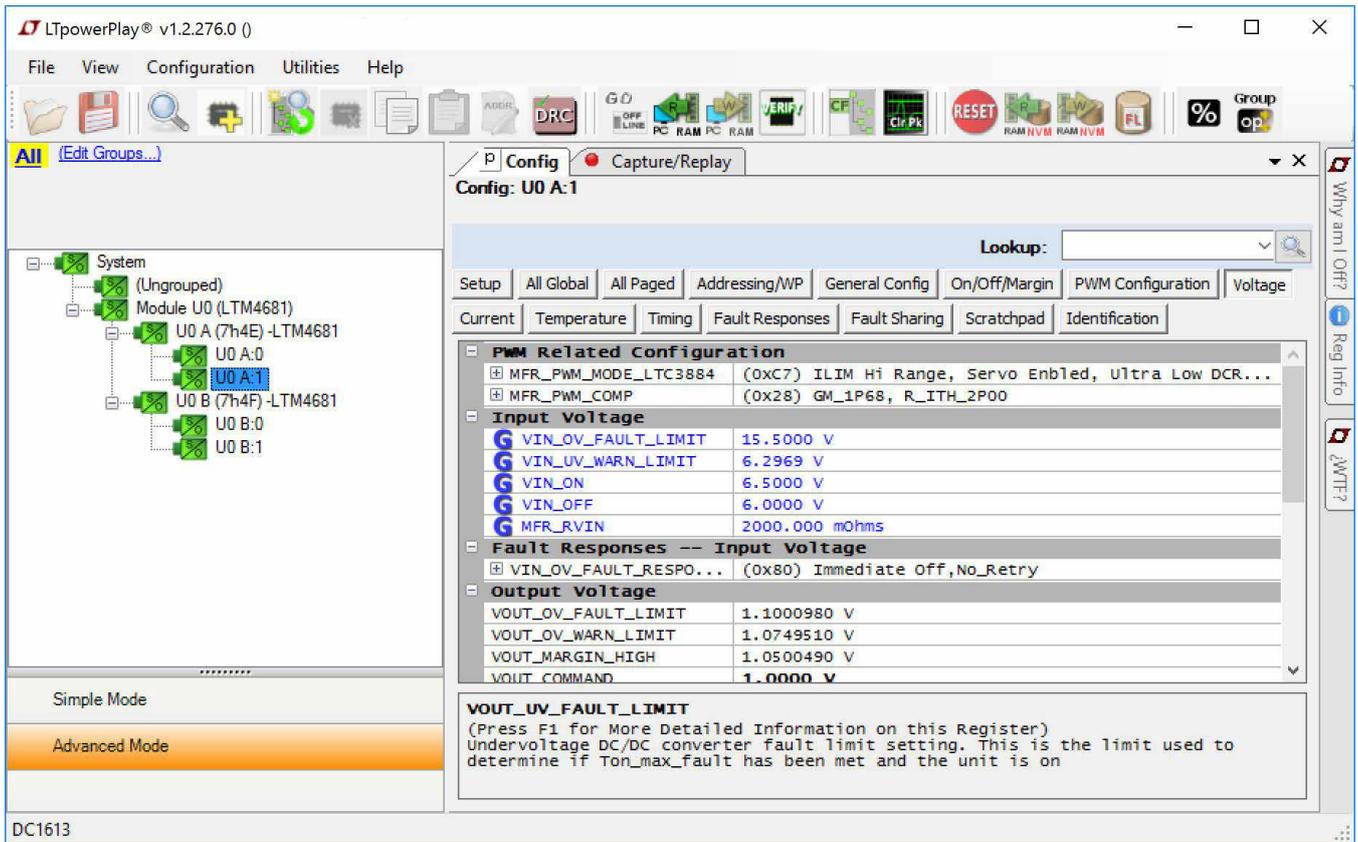


図 31. LTpowerPlay のスクリーン・ショット

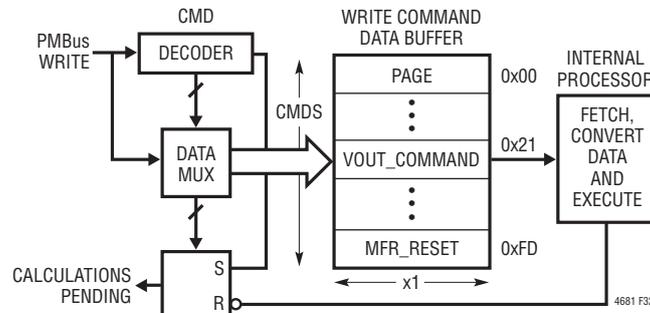


図 32. 書き込みコマンドのデータ処理

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、全て1 (0xFF)を返すことによって読出しに備えます。また、BUSY障害とALERT通知を生成したり、SCLクロックのロー時間を延長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・ストレッチングは、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・ストレッチングが行われるのは、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。

```
// 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

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(「デバイスはビジーではない」)をクリアします。特に、VOUT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つのビット全てがセットされるまで、MFR_COMMONレジスタのPMBus読み出しバイトによってポーリングできます。これらの全てのステータス・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障害または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、全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](#)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・ストレッチング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・ストレッチング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・ストレッチングをサポートするPMBusマスタが必要です。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障害を検出し、正常に回復できるシステム・ソフトウェアが必要です。LTM4681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。

熱に関する検討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。これらの熱係数を示す目的は、JESD51-12(Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information)に記載されています。

アプリケーション情報

多くの設計者は、デモ・ボードなどの実験装置やテスト車両を使用して、アプリケーションに使用する μ Moduleレギュレータの熱性能を様々な電気的および環境的動作条件で予測し、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. θ_{JA} (ジャンクションから周囲への熱抵抗)は、1立方フィートの密閉筐体内で測定した自然対流状態でのジャンクションから周囲の空気への熱抵抗です。この環境では自然対流によって空気が移動しますが、「静止空気」状態と呼ばれることがあります。この値はJESD51-9に定義されたテスト・ボードに実装したデバイスを使って決定されますが、このテスト・ボードは実際のアプリケーションや実現可能な動作条件を反映するものではありません。
2. $\theta_{JCbottom}$ (ジャンクションから製品ケース底面への熱抵抗)は、パッケージ底面から熱として放出される部品の全消費電力によって決まります。標準的な μ 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。したがって、この熱抵抗値はパッケージの比較に役立ちますが、そのテスト条件は一般にユーザ・アプリケーションに合致するものではありません。

3. θ_{JcTop} (ジャンクションから製品ケース上面への熱抵抗)は、部品のほぼ全ての消費電力が熱としてパッケージ上面から放出される状態で決定されます。標準的な μ 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。 $\theta_{JCbottom}$ の場合と同じで、この値はパッケージの比較に役立ちますが、そのテスト条件は一般にユーザ・アプリケーションに合致するものではありません。
4. θ_{JB} (ジャンクションからプリント回路基板への熱抵抗)は、熱の大部分が μ Moduleレギュレータの底面を通過して基板に放出されるときジャンクションから基板への熱抵抗で、実際には、 $\theta_{JCbottom}$ と、デバイス底面からハンダ接合部と基板の一部を通過して放出される場合の熱抵抗の和です。基板の温度測定には両面2層基板を使い、パッケージから規定距離だけ離れた位置で測定を行います。この基板はJESD51-9に記述されています。

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 μ Moduleレギュレータ内部の熱抵抗で、緑色の部分は μ Moduleパッケージ外部の熱抵抗です。

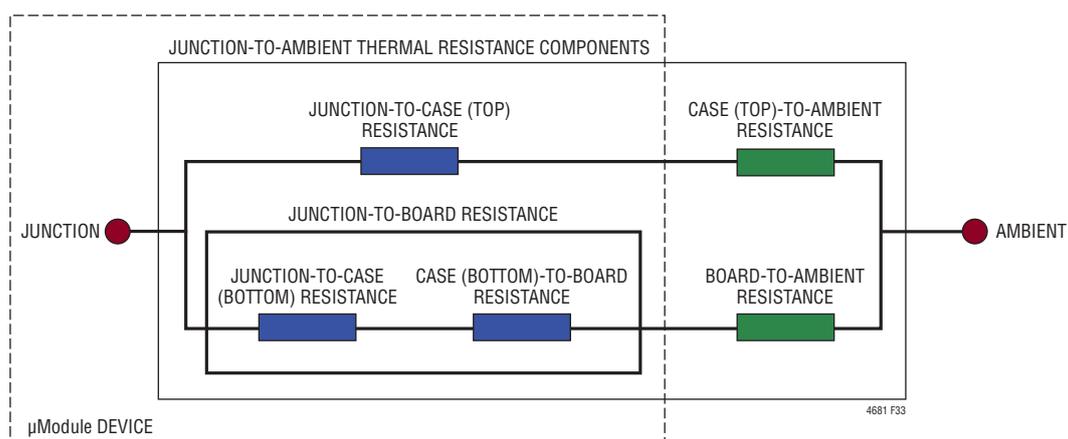


図34. JESD51-12による熱係数の図解

アプリケーション情報

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場合でも、 μ 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、JESD51-12が θ_{JCTop} と $\theta_{JCbottom}$ についてそれぞれ定義しているように、デバイスの全電力損失(熱)が100%すべて μ Moduleパッケージの上面だけから放出されたり、底面だけから放出されたりすることはありません。実際の電力損失はパッケージの上下両面から熱として放出され、当然ながら、ヒートシンクと空気流がない場合は、熱流の大部分が基板に流れます。

LTM4681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。この複雑な問題を、モデリングの簡潔性を犠牲にすることなく(なおかつ現実的な実用性を無視することなく)解決するために、このデータシートに記載されている熱抵抗値は、実験室での恒温槽を使ったテストとFEAソフトウェア・モデリングを併用する方法を採用して合理的に定義し、関連付けを行っています。(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、LTM4681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LTM4681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 θ 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LTM4681の熱抵抗 θ_{JA} の概算値を求めることができます(ヒート・シンクなしの場合)。これらの熱抵抗は、ハードウェア(寸法が215mm×160mm×1.6mmで、全ての層に2オンスの銅箔を使用した8層FR4 PCB)上で実証されたLTM4681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LTM4681の並列出力を使ってプロットしています。出力電圧は0.9V、1.5V、および3.3Vです。これらの数値を選んだのは、低めの出力電圧範囲と高めの出力電圧範囲を含めて、熱抵抗の相関付けを行えるようにするためです。熱モデルは、恒温槽での複数回の温度計測と熱モデリング解析から得られます。空気流ありと空気流なしの条件で、周囲温度を上げながらジャンクション温度をモニタします。

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。周囲温度が上昇した場合は出力電流または出力電力を減少させて、ジャンクションを最大125°Cに維持します。周囲温度の上昇に伴って出力電流を減らすと、内部モジュールの損失が減少します。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は、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します。図43の例に示すように、周囲温度約65°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90Aにディレーティングされ、室温(25°C)での電力損失は、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 1.5V$ 、 $I_{OUT} = 90A$ の条件で約9.5Wになります。 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 1.5V$ の電力損失曲線(図37)の90A時の値から得られる室温での損失約9.5W

アプリケーション情報

に倍率1.35を乗じると、12.8Wの損失が得られます。125°Cのジャンクション温度から60°Cの周囲温度を差し引き、その差65°Cを12.8Wで割ると、5°C/Wという熱抵抗 θ_{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0.9V出力、1.5V出力、3.3V出力の等価熱抵抗を、それぞれ表10、表11、表12に示します。

表10～表12に示す様々な条件での算出熱抵抗に、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、これから最大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、さら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～表12: 出力電流のディレーティング

表10. 0.9V出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒート・シンク	θ_{JA} (°C/W)
図38～図40	5, 8, 12	図35～図37	0	なし	5
図38～図40	5, 8, 12	図35～図37	200	なし	4
図38～図40	5, 8, 12	図35～図37	400	なし	3

表11. 1.5V出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒート・シンク	θ_{JA} (°C/W)
図41～図43	5, 8, 12	図35～図37	0	なし	5
図41～図43	5, 8, 12	図35～図37	200	なし	4
図41～図43	5, 8, 12	図35～図37	400	なし	3

表12. 3.3V出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒート・シンク	θ_{JA} (°C/W)
図44～図46	5, 8, 12	図35～図37	0	なし	5
図44～図46	5, 8, 12	図35～図37	200	なし	4
図44～図46	5, 8, 12	図35～図37	400	なし	3

アプリケーション情報

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/ μ s

V_{IN} (V)	V_{OUT} (V)	ILIM レンジ	V_{OUT} レンジ	C_{OUT} (セラミック)	C_{OUT} (tantalum)	C_{COMPb} (pF)	C_{COMPa} (nF)	R_{COMP} (k Ω)	EA-gm (mS)	fsw (kHz)	負荷 ステップ (A)	V_{OUT} の 低下 (mV)	ピークto ピーク 変動(mV)	回復時間 (μ s)	位相 マージンの オーバー 周波数 (kHz)	位相 マージン ($^{\circ}$)	ゲイン・ マージン (dB)	ゲイン・ マージンの オーバー 周波数 (kHz)
5	0.9	/ハイ	□-	*100 μ F \times 5	***470 μ F \times 3	150	2.2	11	4.36	350	10~20	35	70	40	41	70	-9	128
12	0.9	/ハイ	□-	*100 μ F \times 5	***470 μ F \times 3	150	2.2	11	4.36	350	10~20	35	70	40	41	70	-9	128
5	1	/ハイ	□-	*100 μ F \times 5	***470 μ F \times 3	150	2.2	11	4.36	350	10~20	43	87	40	42	69	-9	129
12	1	/ハイ	□-	*100 μ F \times 5	***470 μ F \times 3	150	2.2	11	4.36	350	10~20	35	70	40	42	69	-9	129
5	1.2	/ハイ	□-	*100 μ F \times 2	***470 μ F \times 2	150	2.2	7	4.36	350	10~20	50	100	30	50	71	-7	158
12	1.2	/ハイ	□-	*100 μ F \times 2	***470 μ F \times 2	150	2.2	7	4.36	350	10~20	50	100	30	50	71	-7	158
5	1.5	/ハイ	□-	*100 μ F \times 2	***470 μ F \times 2	150	2.2	7	3.69	350	10~20	55	110	25	41	70	-6	161
12	1.5	/ハイ	□-	*100 μ F \times 2	***470 μ F \times 2	150	2.2	7	3.69	350	10~20	57	114	30	41	70	-6	161
5	1.8	/ハイ	□-	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	150	2.2	6	2.35	500	10~20	75	150	40	40	69	-10	184
12	1.8	/ハイ	□-	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	220	2.2	6	2.35	500	10~20	80	160	30	40	69	-10	184
5	2.5	/ハイ	□-	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	150	2.2	6	2.35	500	10~20	78	156	40	41	70	-11	196
12	2.5	/ハイ	□-	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	220	2.2	6	2.35	500	10~20	75	150	40	41	70	-11	196
5	3.3	/ハイ	/ハイ	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	100	2.2	11	4.36	425	10~20	95	190	20	52	62	-12	175
12	3.3	/ハイ	/ハイ	*100 μ F \times 1	****470 μ F \times 1	100	2.2	11	4.36	500	10~20	96.5	193	20	67	72.5	-5	225

* TDK C3225X6R0J107M、100 μ F、6.3V、X5R*** ハンパニックETPF470M5H、470 μ F、2.5V、5m Ω **** ハンパニック4TPF470ML、470 μ F、4V、10m Ω

アプリケーション情報

表 14.1 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)	ILIM レンジ	V _{OUT} レンジ	C _{OUT} (セラミック)	C _{OUT} (ハバク)	C _{COMPb} (pF)	C _{COMPa} (nF)	R _{COMP} (kΩ)	EA-gm (mS)	f _{sw} (kHz)	負荷 ステップ (A)	V _{OUT} の 低下 (mV)	ピークto ピーク 変動(mV)	回復時間 (μs)	位相 マージンの オーバー 周波数 (kHz)	位相 マージン (°)	ゲイン・ マージン (dB)	ゲイン・ マージンの オーバー 周波数(kHz)
5	0.9	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	48	96	40	43	-13	67	128
5	1	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	44	88	40	43	-11	69	128
12	0.9	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	43	86	40	43	-13	67	129
12	1	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	45.5	91	40	43	-11	69	129
5	1.2	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	47	94	30	41	-11	70	158
5	1.5	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	7	3.02	350	10~20	59	118	40	41	-11	72	158
12	1.2	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	8	4.36	350	10~20	44	88	30	41	-11	70	161
12	1.5	ハイ	□-	**220μF × 6	なし	150	2.2	7	3.02	350	10~20	59.5	119	40	41	-11	72	161
5	1.8	ハイ	□-	*100μF × 3	なし	100	8.2	2.5	2.35	575	10~20	163	326	30	58	-12	134	184
5	2.5	ハイ	□-	*100μF × 3	なし	100	8.2	2	2.35	575	10~20	208	416	40	54	-13	109	184
12	1.8	ハイ	□-	*100μF × 3	なし	150	3.3	3	2.35	575	10~20	143	286	25	47	-10	132	196
12	2.5	ハイ	□-	*100μF × 3	なし	150	3.3	3.5	1.68	575	10~20	183	366	30	46	-10	124	196
5	3.3	ハイ	ハイ	*100μF × 3	なし	100	6.8	2	3.02	650	10~20	270	540	60	59	-16	107	175
12	3.3	ハイ	ハイ	*100μF × 3	なし	150	2.2	3	3.69	650	10~20	177	354	20	41	-10	145	225

* TDK C3225X5R0J107M、100μF、6.3V、X5R

** ムラタ GRM32EC80E227ME05L、220μF、2.5V、X6S

アプリケーション情報

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: バルク・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 _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	ILIM レンジ	V _{OUT} レンジ	C _{OUT} (セラミック)	C _{OUT} (バルク)	C _{COMPb} (pF)	C _{COMPa} (nF)	R _{COMP} (kΩ)	EA-gm (mS)	f _{sw} (kHz)	負荷 ステップ (A)	V _{OUT} の 低下 (mV)	ピークto ピーク 変動 (mV)	回復時間 (μs)	位相 マージンの クロス オーバー 周波数 (kHz)	位相 マージン (°)	ゲイン・マ ージンの クロス オーバー 周波数 (kHz)
12	0.9	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 2	150	3.9	5	3.69	350	10~30	59	118	30	48	69	-9
12	0.9	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	150	3.9	8	4.36	350	10~30	42	84	40	52	76	-10
12	1	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 2	150	3.8	6	3.69	350	10~30	59	118	30	56	64	-8
12	1	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	150	3.9	8	4.36	350	10~30	40.5	81	40	53	75	-10
12	1.2	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 2	150	3.9	6	3.69	350	10~30	61.5	123	30	56	64	-7
12	1.2	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	150	3.9	8	4.36	350	10~30	38	76	30	55	76	-9
12	1.5	ハイ	□-	*100μF × 2	***470μF × 2	150	3.9	6	3.69	425	10~30	60	120	20	59	68	-7
12	1.5	ハイ	□-	*100μF × 2	***470μF × 4	150	3.9	8	4.36	425	10~30	36	72	40	56	80	-8

* TDK C3225SR0J107M, 100μF, 6.3V, X5R
 *** パナニック E1PP470M5H, 470μF, 2.5V, 5mΩ

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: バルク・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/μs

V _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	ILIM レンジ	V _{OUT} レンジ	C _{OUT} (セラミック)	C _{OUT} (バルク)	C _{COMPb} (pF)	C _{COMPa} (nF)	R _{COMP} (kΩ)	EA-gm (mS)	f _{sw} (kHz)	負荷 ステップ (A)	V _{OUT} の 低下 (mV)	ピークto ピーク 変動 (mV)	回復時間 (μs)	位相 マージンの クロス オーバー 周波数 (kHz)	位相 マージン (°)	ゲイン・マ ージンの クロス オーバー 周波 数 (kHz)
12	0.8	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	820	3.9	5	4.36	350	10~40	48	96	20	43	64	-10
12	0.9	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	820	3.9	5	4.36	350	10~40	48.5	97	20	44	65	-10
12	1	ハイ	□-	*100μF × 6	***470μF × 4	820	3.9	5	4.36	350	10~40	49.5	99	20	44	65	-10

* TDK C3225SR0J107M, 100μF, 6.3V, X5R
 *** パナニック E1PP470M5H, 470μF, 2.5V, 5mΩ

アプリケーション情報 - デイレーティング曲線

デイレーティング曲線

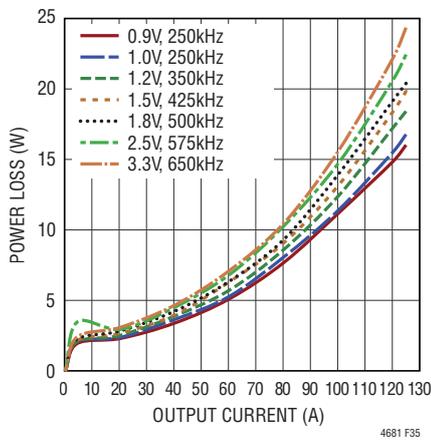


図 35. 5V 入力時の電力損失曲線

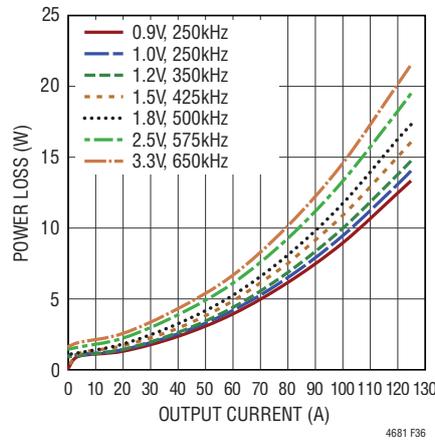


図 36. 8V 入力時の電力損失曲線

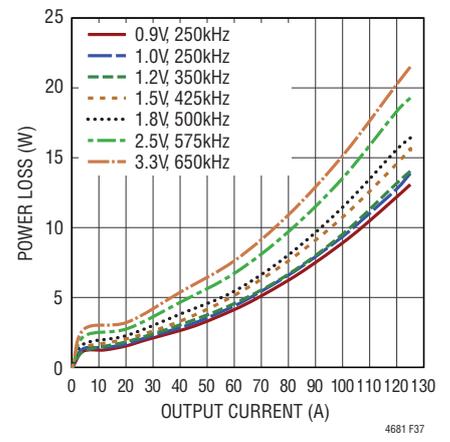


図 37. 12V 入力時の電力損失曲線

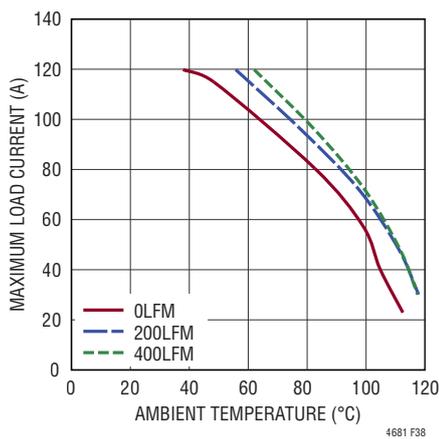


図 38. 5V 入力、0.9V 出力時のデイレーティング曲線、ヒートシンクなし

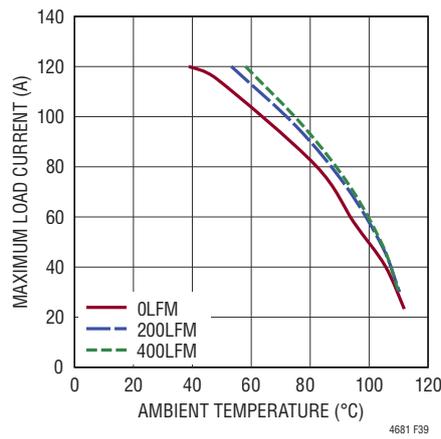


図 39. 8V 入力、0.9V 出力時のデイレーティング曲線、ヒートシンクなし

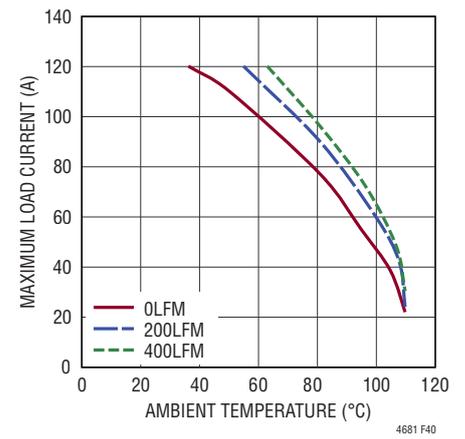


図 40. 12V 入力、0.9V 出力時のデイレーティング曲線、ヒートシンクなし

アプリケーション情報

デレーティング曲線

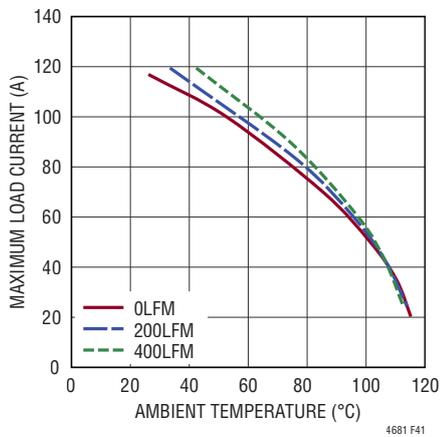


図41. 5V入力、1.5V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

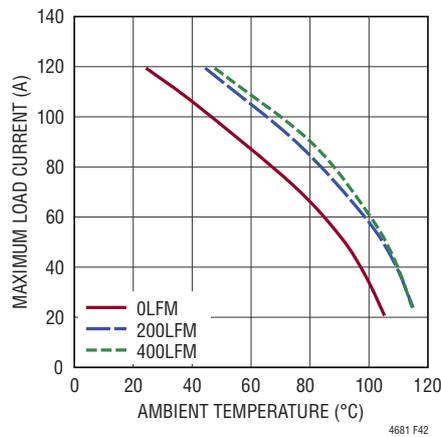


図42. 8V入力、1.5V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

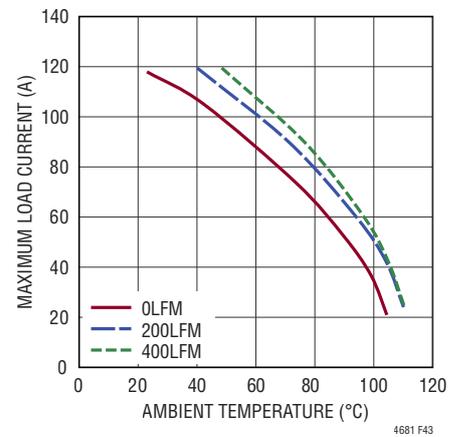


図43. 12V入力、1.5V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

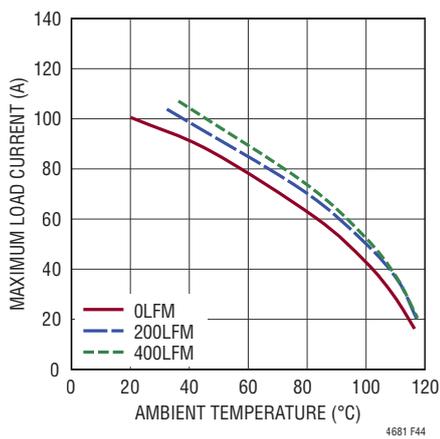


図44. 5V入力、3.3V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

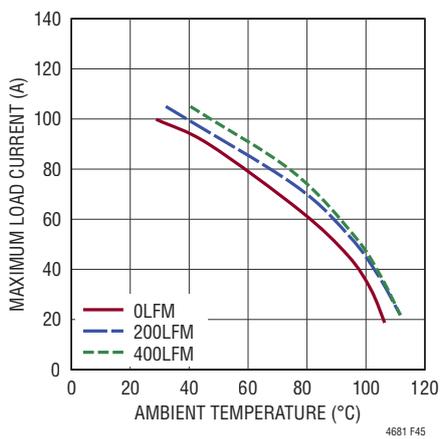


図45. 8V入力、3.3V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

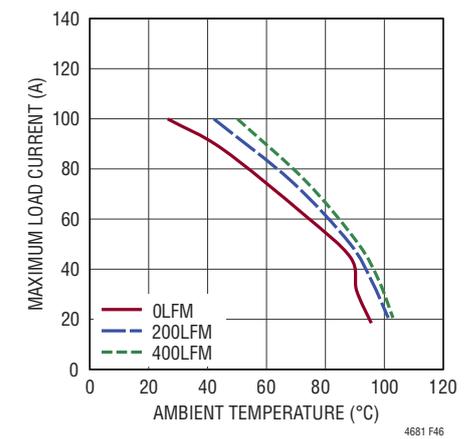


図46. 12V入力、3.3V出力時のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

アプリケーション情報

EMI 性能

SW_nピンは、LTM4681のパワー段にあるパワーMOSFETの中間点に接続されています。

SW_nとGNDの間にオプションの直列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_{SW})は次式で計算されます。

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

ここで、V_{INn(MAX)}はそのアプリケーションにおけるパワー段への入力電圧(V_{INn})の最大値、f_{SW}はDC/DCコンバータ動作時のスイッチング周波数です。C_{SW}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_{SW})の値は次式で与えられます。

$$R_{SW} = \sqrt{\frac{5nH}{C_{SW}}}$$

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。

安全性に関する検討事項

LTM4681モジュールのV_{IN}とV_{OUT}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の障害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に障害が発生した場合、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ません。このような障害状態では、障害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次的な障害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／例

LTM4681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、やはりレイアウト上の配慮がいくつか必要になります。

- V_{INn}、GND、およびV_{OUTn}を含む大電流経路では、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に、高周波の入力および出力セラミック・コンデンサをV_{INn}ピン、GNDピン、およびV_{OUTn}ピンに隣接させて配置します。
- 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。
- ビアの導通損失を最小限に抑えてモジュールの熱ストレスを減らすため、最上層と他の電源層間の相互接続には複数のビアを使用します。

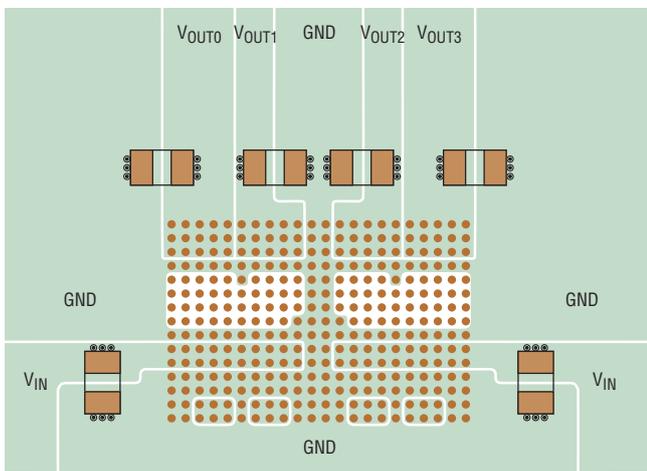
アプリケーション情報

- 充填ビアやメッキビアでない限り、パッド上に直接ビアを置かないでください。
- 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LTM4681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。

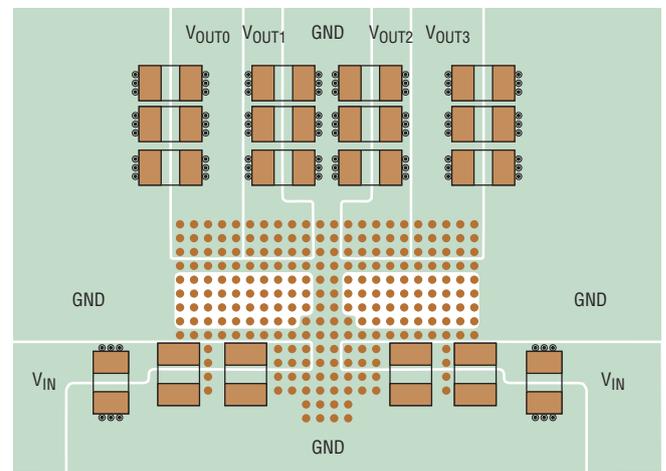
並列モジュールの場合は、V_{OUTn}、V_{OSNSn}⁺/V_{OSNSn}⁻の電圧検出差動ペア線、RUN_n、COMP_n、

- COMP_nの各ピンを互いに接続します。これらのデバイスのSYNC_{nn}、SHARE_CLK_{nn}、FAULT_n、およびALERT_{nn}の各ピンは、共有する必要があります。FAULT_n、SHARE_CLK_{nn}、およびALERT_{nn}には必ずプルアップ抵抗を使用してください。
- モニタリング用に、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) LTM4681 TOP LAYER



(b) LTM4681 BOTTOM LAYER

図47. 推奨PCBレイアウト、パッケージ上面図

代表的なアプリケーション

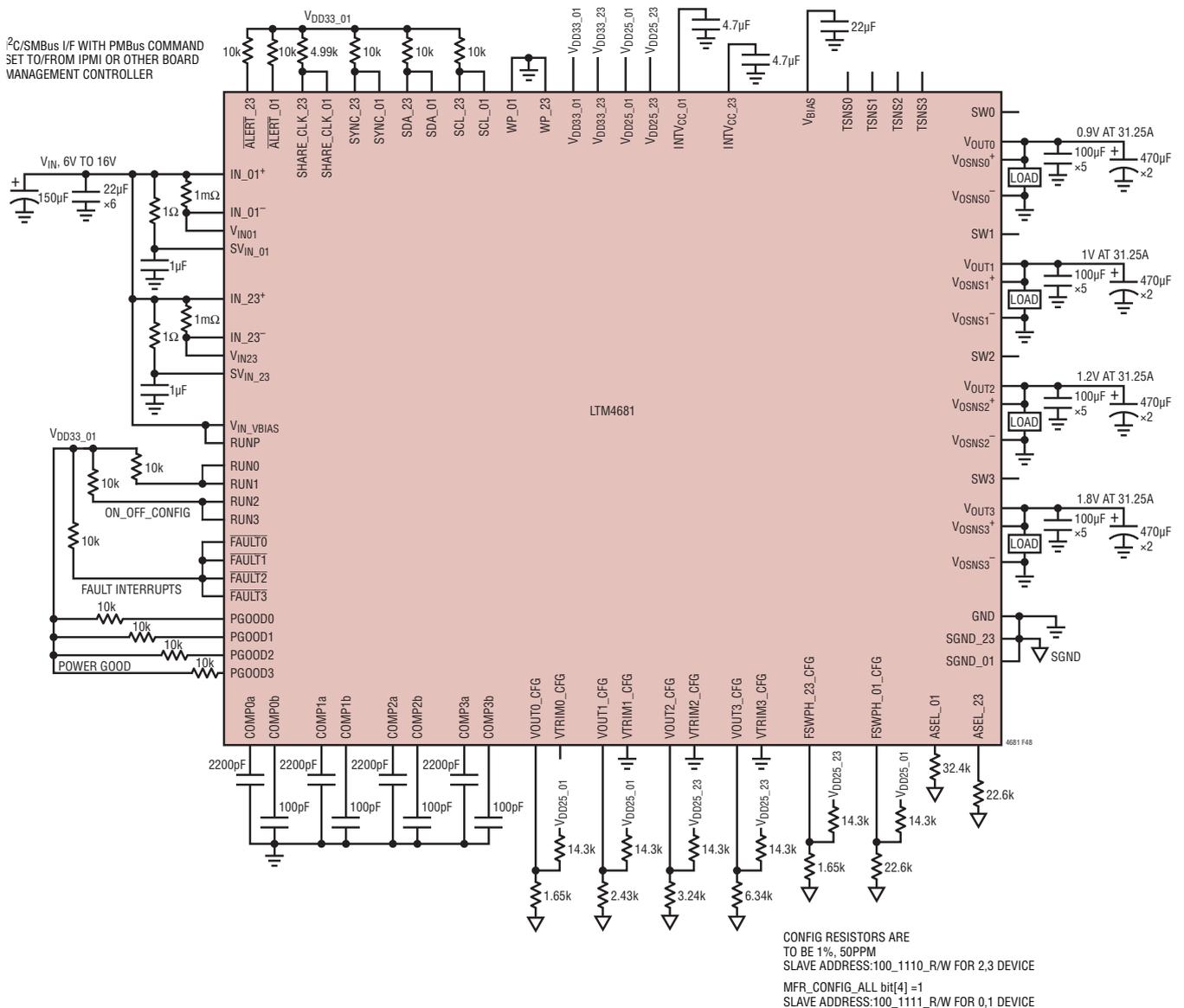


図 48. I²C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを備えたクワッド 31.25A DC/DC μ Module レギュレータ

代表的なアプリケーション

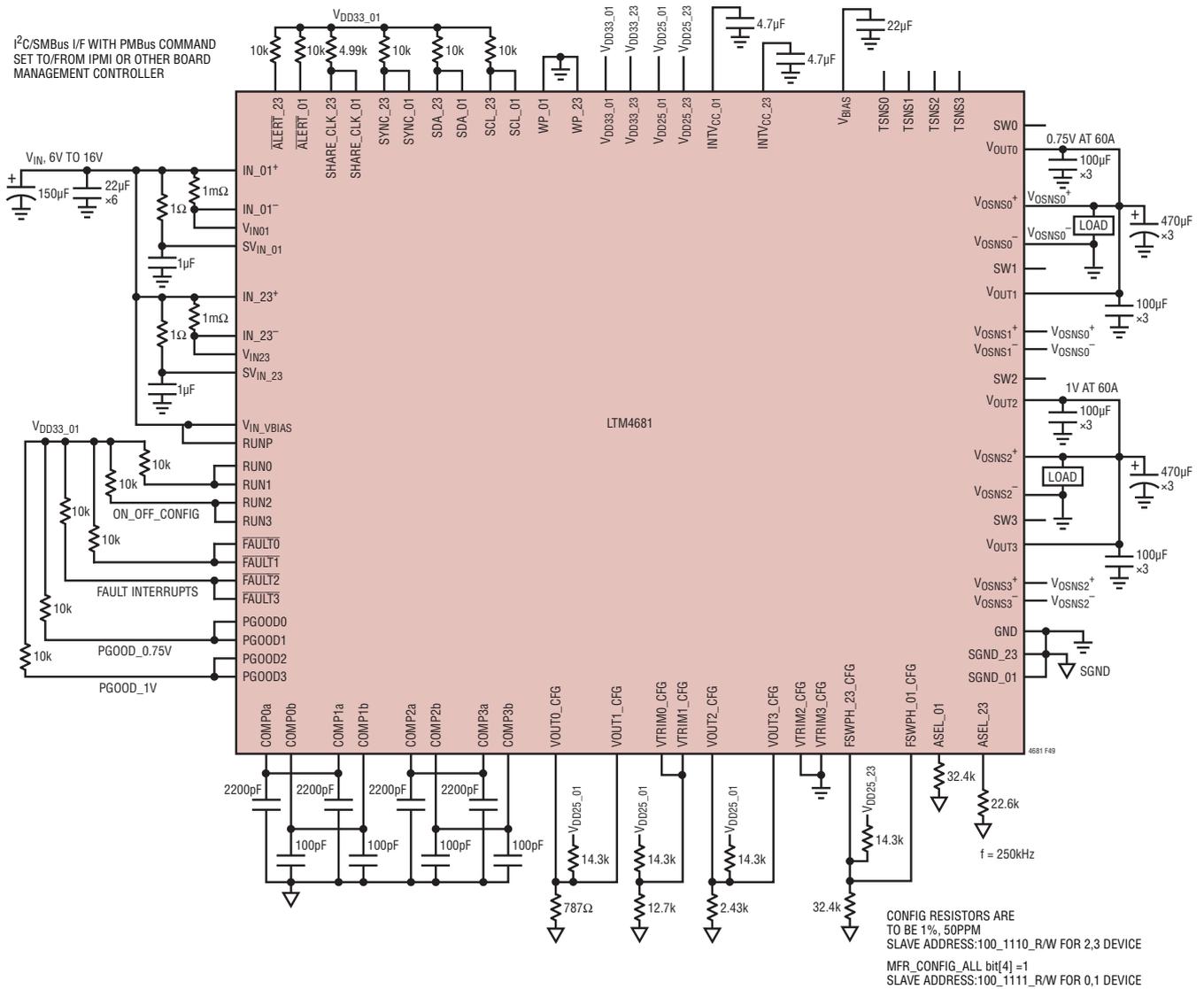


図 49. I²C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを備えた 0.75V および 1V 出力 (60A) 構成

代表的なアプリケーション

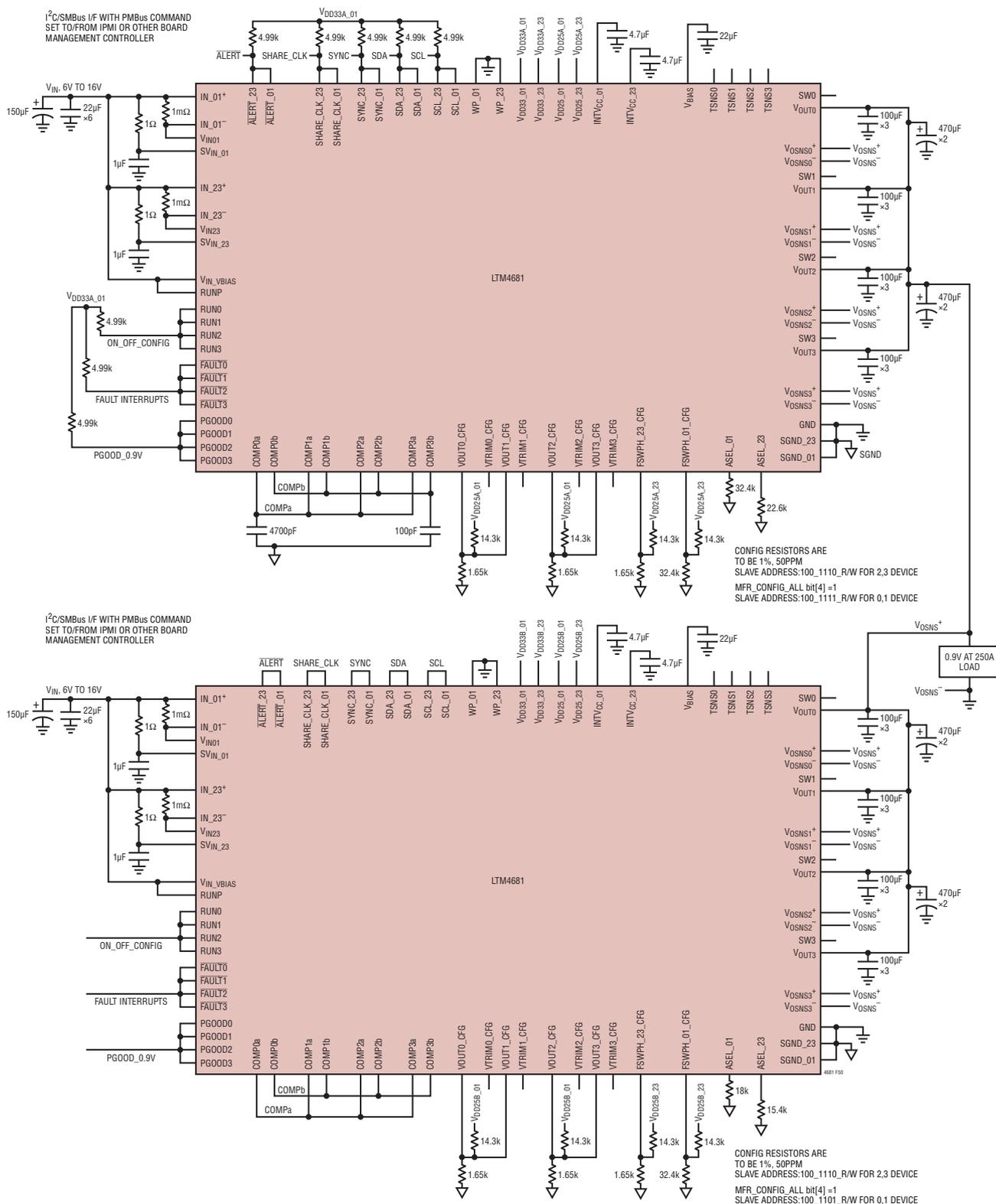


図50. 2つのLTM4681の並列接続による0.9V/250A出力。2線式I²C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを介してアクセス可能なパワー・システム・マネージメント機能を搭載

代表的なアプリケーション

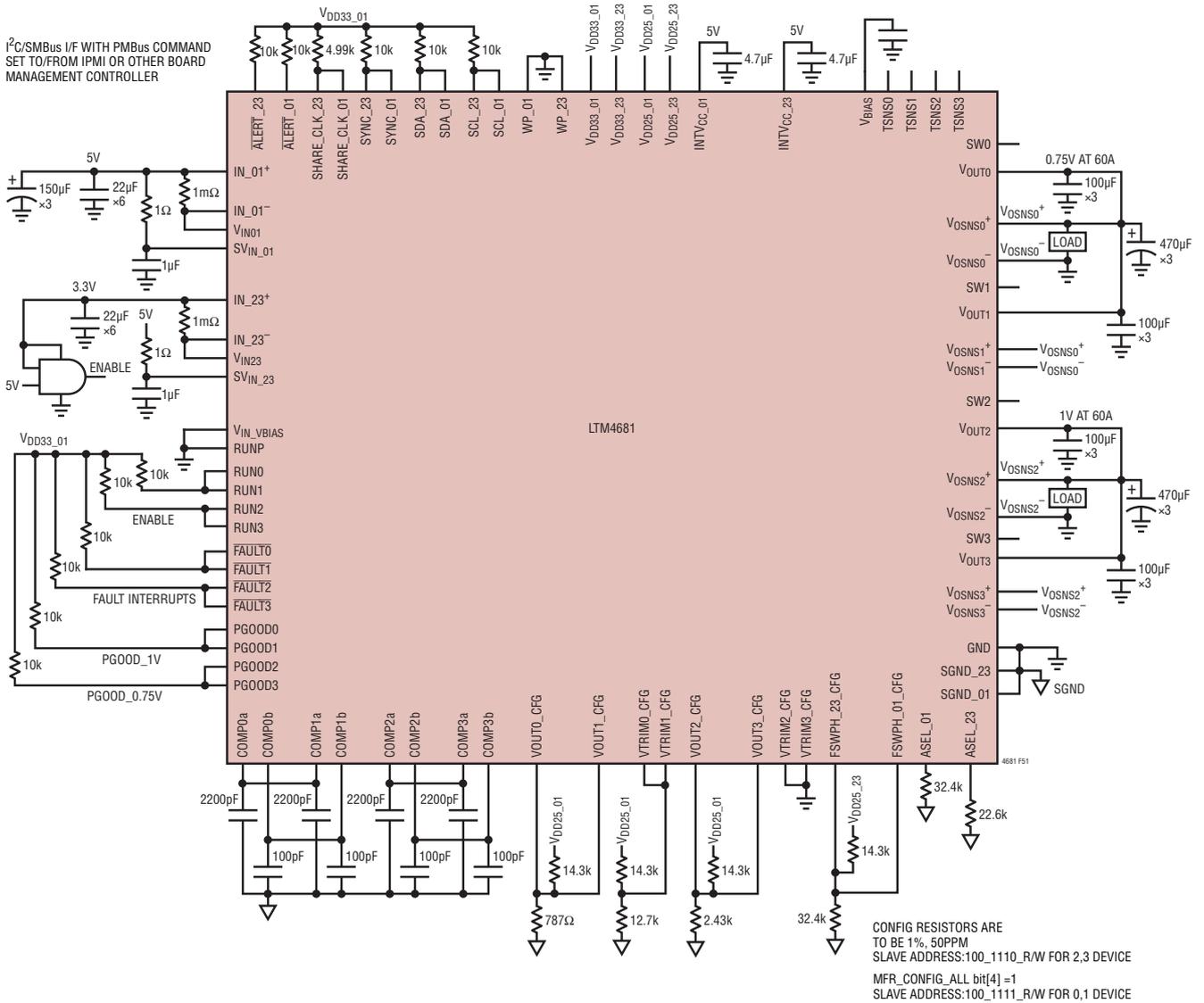


図 51. I²C/SMBus/PMBus シリアル・インターフェースを備えた 3.3V および 5V 電源入力の 1V/60A および 0.75V/60A 出力構成

代表的なアプリケーション

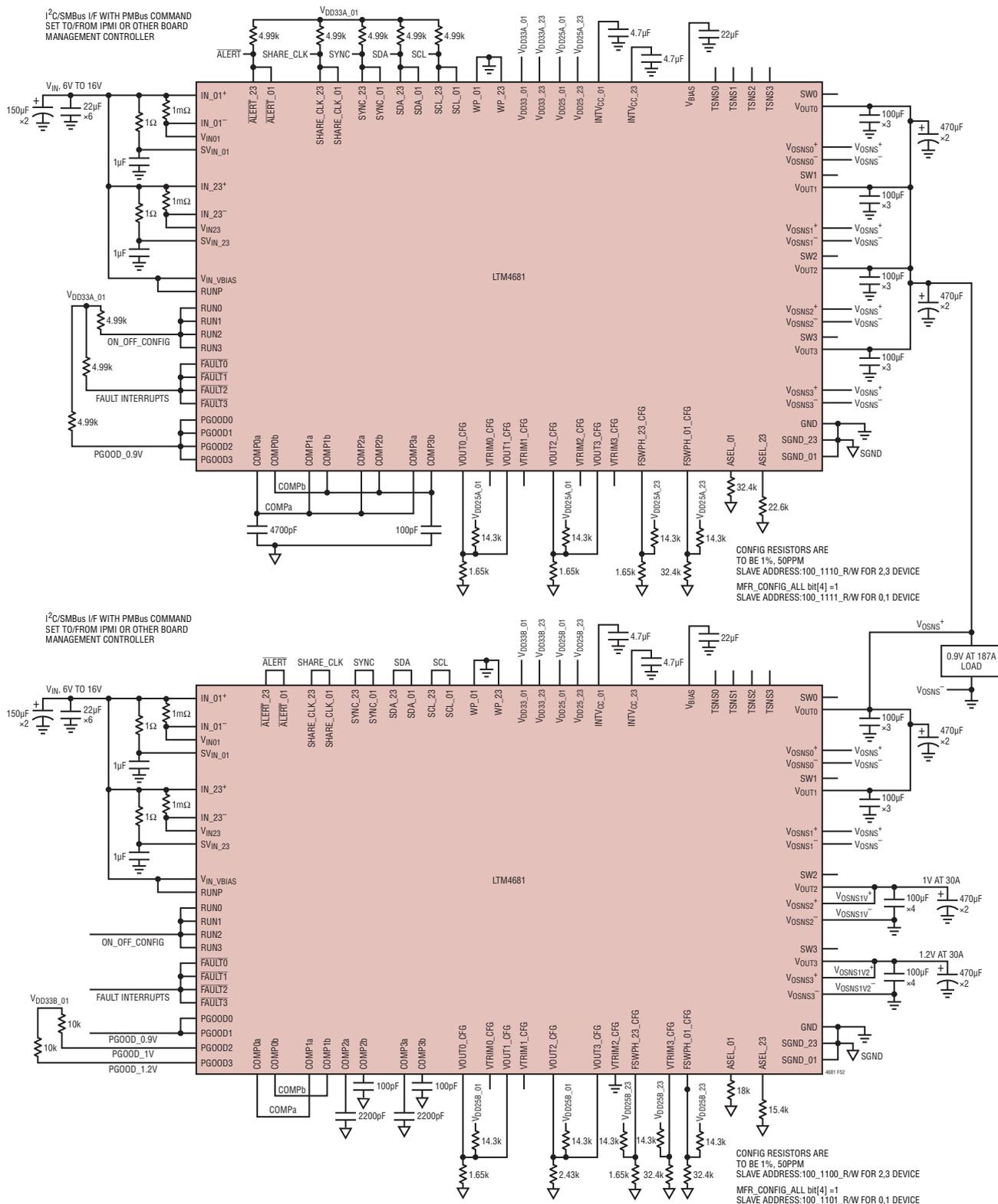


図52. 0.9V/187Aを生成する6フェーズ動作。1V/30Aおよび1.2V/30Aの場合は2フェーズ。LTM4681の2線式I²C/SMBus/PMBusシリアル・インターフェースを介してアクセス可能なパワー・システム・マネージメント機能を搭載

PMBus コマンドの詳細

アドレス指定と書き込み保護

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データフォーマット	単位	NVM	デフォルト値
PAGE	0x00	複数ページ PMBus デバイスとの統合化を実現します。	R/W Byte	N	Reg			0x00
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	サポートされているコマンドを PWM チャンネルに直接書き込みます。	W Block	N				
PAGE_PLUS_READ	0x06	サポートされているコマンドを PWM チャンネルから直接読み出します。	Block R/W	N				
WRITE_PROTECT	0x10	意図せぬ変更に対してデバイスが提供する保護のレベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00
MFR_ADDRESS	0xE6	7ビットの I ² C アドレス・バイトを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	PolyPhase 出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。	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 1 のアドレス、ASEL_23 はチャンネル 2 と 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、LTM4681 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み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、全て 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 バイトのデータ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。

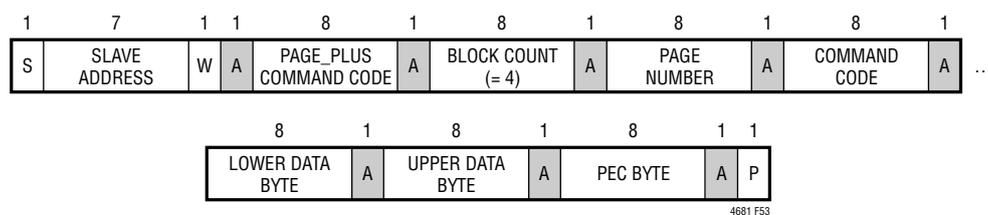


図 53. PAGE_PLUS_WRITE の例

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、全て 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。

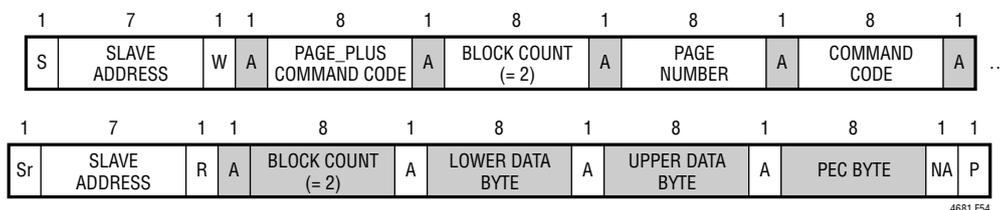


図 54. PAGE_PLUS_READ の例

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 コマンドの読み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、LTM4681 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 障害を生成します。

WRITE_PROTECT

WRITE_PROTECT コマンドは、LTM4681 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。

バイト	意味
0x80	WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、および STORE_USER_ALL コマンドを除く全ての書き込みをディスエーブルします。
0x40	WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、STORE_USER_ALL、OPERATION、および CLEAR_FAULTS コマンドを除く全ての書き込みをディスエーブルします。個々の障害ビットは、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。
0x20	WRITE_PROTECT、OPERATION、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、CLEAR_FAULTS、PAGE、ON_OFF_CONFIG、VOUT_COMMAND、および STORE_USER_ALL を除く全ての書き込みをディスエーブルします。個々の障害ビットは、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。
0x10	予備、0 にする必要があります
0x08	予備、0 にする必要があります
0x04	予備、0 にする必要があります
0x02	予備、0 にする必要があります
0x01	予備、0 にする必要があります

WRITE_PROTECT を 0x00 に設定すると、全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、および CLEAR_FAULTS コマンドを使用できます。個々の障害ビットは、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。RCONFIG を無視するように設定した場合は、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。ASEL₀₁ ピンと ASEL₂₃ ピンの両方がオープンの場合、LTM4681 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、LTM4681 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き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、LTM4681 はバス競合を検出して CML 通信障害を生成します。

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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	汎用設定ビット。	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。

ビット	意味
7	予備
6	予備
5	予備
4	RUN ローをディスエーブルします。このビットがアサートされると、オフを指定しても RUN ピンにローのパルスが出力されません。
3	このビットを 1 に設定すると、Short Cycle の認識がイネーブルされます。
2	SHARE_CLOCK 制御。SHARE_CLOCK をローに保持すると、出力がディスエーブルされます。
1	FAULT ALERT なし。FAULT を外部からローにしても ALERT はローになりません。FAULT 時に POWER_GOOD または VOUT_UVUF のいずれかが伝搬された場合は、このビットをアサートします。
0	MFR_RETRY_TIME と $t_{OFF(MIN)}$ の処理に関する V _{OUT} の減衰値条件をディスエーブルします。このビットを 0 に設定すると、障害、OFF/ON コマンド、RUN のハイ > ロー > ハイの切り替えを含め、レールをオフにするあらゆる動作に対して、出力が事前設定値の 12.5% 未満まで減衰する必要があります。

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

デバイス・オフ指定後に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)ことを指定すると、デバイスが TOFF_DELAY 状態または TOFF_FALL 状態を処理している場合は、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、あるいはその両方を使ってオン/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プ状態にします。
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プ状態にします。
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。

ビット	意味
7	障害ログをイネーブルします。
6	抵抗設定ピンを無視します。
5	『PMBus, Part II, Section 10.9.1』への違反をマスクします。
4	SYNC 出力をディスエーブルします。
3	255ms の PMBus タイムアウトをイネーブルします。
2	PMBus 書込みの受入れに必要となる有効な PEC。このビットをセットしないと、デバイスは無効な PEC が指定されたコマンドも受け入れます。
1	PMBus クロック・ストレッチングの使用をイネーブルします。
0	いずれかの RUN ピンの立上がりエッジで CLEAR_FAULT を実行します。

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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN ピンおよび PMBus バスのオン/オフ・コマンドを設定します。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E
OPERATION	0x01	動作モードを制御します。オン/オフ、マージン・ハイ、およびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80
MFR_RESET	0xFD	電源遮断が不要なコマンドによるリセット。	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_n 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:

値	意味
0x1F	OPERATION の値と RUN _n ピンの両方が、デバイスに起動/実行を指示する必要があります。オフが指示されるとデバイスは直ちにオフになります。
0x1E	OPERATION の値と RUN _n ピンの両方が、デバイスに起動/実行を指示する必要があります。オフが指示されると、デバイスは TOFF_ コマンド値を使用します。
0x17	RUN _n ピンによる制御。オフが指示されるとデバイスは直ちにオフになります。OPERATION によるオン/オフ制御は無視されます。
0x16	オフが指示されると、デバイスは TOFF_ コマンドの値を使用して RUN _n ピンによる制御を行います。OPERATION によるオン/オフ制御は無視されます。

サポートされていない ON_OFF_CONFIG 値を設定すると CML 障害が発生し、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_n 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_n 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 ON 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_{IN} 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:

値	意味
0xA8	マージン・ハイ。
0x98	マージン・ロー。
0x80	オン (ON_OFF_CONFIG のビット 3 がセットされていない場合でも、V _{OUT} は公称値に戻ります)。
0x40*	ソフトオフ (シーケンシングあり)
0x00*	即時オフ (シーケンシングなし)

* 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ตอบสนองしません。

サポートされていない OPERATION 値を設定すると、CML 障害が発生して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 LTM4681 をリセットします。これにより、LTM4681 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。さらにすべての障害をクリアし、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 の設定

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWM ループ補償設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x28
MFR_PWM_MODE	0xD4	PWM エンジンの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC3
MFR_PWM_CONFIG	0xF5	位相制御を含め、DC/DC コントローラ用の様々なパラメータを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10
FREQUENCY_SWITCH	0x33	コントローラのスイッチング周波数。	R/W Word	N	L11	kHz	Y	250 0xF3E8

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。

ビット	意味
7	ILIMIT の高電流レンジの使用。
0b	低電流レンジ
1b	高電流レンジ
6	サーボ・モードをイネーブルします。
5	外部温度検出: 0: ΔV_{BE} の測定。 現在は予備、 ΔV_{BE} のみをサポート。
4	ページ 0 のみ: TSNS _{1a} で検出された温度遠隔測定値を使用。 0 - TSNS _{1a} を介して検出された温度を使用して、チャンネル 1 の電流検出入力 (ISNS _{1a+} /ISNS _{1a-}) によってデジタル化された電流検出情報の温度補正を行います。 1 - TSNS _{0a} を介して検出された温度を使用して、チャンネル 1 の電流検出入力 (ISNS _{1a+} /ISNS _{1a-}) によってデジタル化された電流検出情報の温度補正を行います。TSNS _{1a} に接続されたサーマル・センサーから得られる遠隔測定値は、必要に応じてモジュールの外部に出力できます。
3	予備
2	予備
1	V _{OUT} レンジ
1b	最大出力電圧は 2.75V です。
0b	最大出力電圧は 3.6V です。
ビット [0]:	モード
0b	不連続
1b	強制連続

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 障害となります。

ビット [6]: LTM4681 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。

LTM4681 は、次式を使い、ADC が TSNS_n ピンで測定した ΔV_{BE} から温度(°C)を計算します。

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

PMBus コマンドの詳細

この式において、

$$G = \text{MFR_TEMP_1_GAIN} \cdot 2^{-14}, \text{ および}$$

$$O = \text{MFR_TEMP_1_OFFSET}$$

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のかを決定します。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どには変更しないでください。チャンネルがアクティブなどときにこのビットに書込みを行うと、CML 障害となります。

ビット[0]は、PWMの動作モードを不連続モード(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は不連続モードになります。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_{ITHn} 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。

ビット	意味
ビット[7:5]	エラー・アンプの g_m 調整 (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
ビット[4:0]	R_{ITH} (kΩ)
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

PMBus コマンドの詳細

10001b	7
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する必要があります。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 障害信号がアサートされます。

ビット	意味	
7	予備	
[6:5]	入力電流検出ゲイン。	
00b	ゲイン = 2。0mV~50mV 範囲。	
01b	ゲイン = 4。0mV~25mV 範囲。	
10b	ゲイン = 8。0mV~12.5mV 範囲。	
11b	予備	
4	共有クロックをイネーブル:このビットが1の場合は、 $V_{IN} > V_{IN_ON}$ となるまで SHARE_CLK ピンは解放されません。 $V_{IN} < V_{IN_OFF}$ になると SHARE_CLK ピンはローになります。このビットが0の場合、 $V_{IN} < V_{IN_OFF}$ で SHARE_CLK がローになることはありません。ただし、最初に V_{IN} を加えた場合を除きます。	
3	予備	
ビット [2:0]	チャンネル0 (°)	チャンネル1 (°)
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 LTM4681 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:

値 [15:0]	設定周波数 (代表値)
0x0000	外部発振器
0xF3E8	250kHz
0xFABC	350kHz
0xFB52	425kHz
0xFBE8	500kHz
0x023F	575kHz
0x028A	650kHz
0x02EE	750kHz
0x03E8	1000kHz

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 障害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を変更されると、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

入力電圧とリミット

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源過電圧障害リミット	R/W Word	N	L11	V	Y	15.5 0xD3E0
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源低電圧警告リミット	R/W Word	N	L11	V	Y	4.65 0xD12A
VIN_ON	0x35	ユニットが電力変換を開始する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.75 0xD130
VIN_OFF	0x36	ユニットが電力変換を停止する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.5 0xD120
MFR_ICHIP_CAL_GAIN	0xF7	V _{IN} ピンのフィルタ素子の抵抗値 (mΩ)	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、入力過電圧障害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_OV_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 V_{IN} 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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、V_{IN} 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。

出力電圧とリミット

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットと指数(2 ⁻¹²)。	R Byte	Y	Reg			2 ⁻¹² 0x14
VOUT_MAX	0x24	ユニットが他のコマンドに関係なく指定できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	3.6 0xC399
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x119A
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x1133
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイ出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより大きくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x10CD
VOUT_COMMAND	0x21	公称出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ロー出力電圧設定値。VOUT_COMMANDより小さくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x0F33
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x0ECD
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x0E66
MFR_VOUT_MAX	0xA5	最大許容出力電圧	R Word	Y	L16	V		3.6 0xC399

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/書き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にはデータ・バイトが1つあります。

VOUT_MAX

VOUT_MAX コマンドは、他のコマンドまたはコマンドの組み合わせとは関係なく、そのユニットが指定できる電圧 (VOUT_MARGIN_HIGH を含む) の上限を設定します。このコマンドの最大許容値は 3.6V です。LTM4681 が生成できる最大出力電圧は、VOUT_MARGIN_HIGH を含めて 3.3V です。ただし、VOUT_OV_FAULT_LIMIT は 3.6V 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、OV 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、出力過電圧障害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 VOUT_COMMAND を変更して元の過電圧リミットより高い値にした場合は、一時的に OV 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。LTM4681 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。このリミット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 VOUT ビットをセット
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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_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 の最大保証値は 3.6V 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。VOUT の最大保証値は 3.6V 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 より小さくし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 VOUT ビットをセット
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT 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、出力低電圧障害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_CONFIG のビット 6 を 0 に設定) した場合、MFR_VOUT_MAX は 3.6V になります。出力電圧を低電圧レンジに設定 (MFR_PWM_CONFIG のビット 6 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 障害が発生し、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。

この読み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。

出力電流とリミット

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_IOUT_CAL_GAIN	0xDA	電流検出ピンの電圧と検出した電流の比。固定電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、これは抵抗値 (mΩ) です。	R Word	Y	L11	mΩ	工場専用 NVM	0.4 0xD01A
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF		Y	3900 0x0F3C
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流障害リミット	R/W Word	Y	L11	A	Y	40.0 0xE940
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告リミット	R/W Word	Y	L11	A	Y	35.0 0xE231

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)。

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 • 10⁻⁶ 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、および IOUT_OC_WARN_LIMIT を含む全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、ピーク出力電流リミット(A)を設定します。コントローラが電流リミット状態になると、過電流検出器が過電流障害状態であることを示します。下の表に、 I_{SENSE}^+ と I_{SENSE}^- 間のプログラム可能なピーク出力電流リミット値(mV)を示します。電流リミットの実際の値は、 $(I_{SENSE}^+ - I_{SENSE}^-)/IOUT_CAL_GAIN$ (A)です。

これらの値は概算値であり、ピークtoピーク・インダクタ電流(最も厳しい条件における電流値30Aの50%)に基づいています。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 高電流レンジ(mV)	ILPeakの概算値(A)	IOUTの概算値(A)	MFR_PWM_MODE[7] = 0 低電流レンジ(mV)	ILPeakの概算値(A)	IOUTの概算値(A)
17.73	44.33	36.83	9.85	24.63	17.13
18.86	47.15	39.65	10.48	26.20	18.70
20.42	51.05	43.55	11.34	28.35	20.85
21.14	52.85	45.35	11.74	29.35	21.85
22.27	55.68	48.18	12.37	30.93	23.43
23.41	58.53	51.03	13.01	32.53	25.03
24.55	61.38	53.88	13.64	34.10	26.60

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。ピーク出力電流リミットは、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。

$$\text{ピーク電流リミット} = IOUT_CAL_GAIN \cdot (1 + MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC \cdot (READ_TEMPERATURE_1 - 27.0))$$

LTM4681は、電流を適切な内部ビット値に自動的に変換します。

IOUT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 過電流障害ビットをセット
- マスクされている場合を除き、 \overline{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。このリミット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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

入力電流とリミット

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値(m Ω)。	R/W Word	L11	m Ω	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(m Ω)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。

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	入力過電流警告リミット。	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。このリミット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IIN過電流警告ビット[1]をセット
- $\overline{\text{ALERT}}$ 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

パワー段 DCR の温度キャリブレーション

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部温度センサーの勾配を設定します。	R/W Word	Y	CF		Y	0.995 0x3FAE
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度センサーのオフセットを設定します。	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、パワー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、パワー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。

パワー段の温度リミット

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	パワー段の過熱障害リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	128.0 0xF200
OT_WARN_LIMIT	0x51	パワー段の過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	125.0 0xEBE8
UT_FAULT_LIMIT	0x53	パワー段の低温障害リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	-45.0 0xE530

OT_FAULT_LIMIT

OT_FAULT_LIMIT コマンドは、ADCが測定するパワー段温度に対し、過熱障害を発生させる温度測定値(°C)を設定します。このリミット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が測定するパワー段温度に対し、過熱警告を発生させる温度測定値(°C)を設定します。このリミット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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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が測定するパワー段温度に対し、低温障害を発生させる温度測定値(°C)を設定します。このリミット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 応答を無視に設定し、 $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされないよう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。

タイミング

タイミング — オン・シーケンス/ランプ

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
TON_DELAY	0x60	RUN または OPERATION オン (もしくはその両方) から出力レールがオンになるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TON_RISE	0x61	出力電圧が上昇し始めてからコマンドで指定された VOUT 値に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	TON_RISE の開始から、VOUT が VOUT_UV_FAULT_LIMIT を超えるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	VOUT に新しい値が指定されたときの出力電圧の変化率。	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.001 0x8042

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 270 μs となり、不確か性は TON_DELAY の全ての値に対して $\pm 50 \mu\text{s}$ 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。

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、LTM4681 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、その不確か性は $\pm 0.1\text{ms}$ 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。

PMBus コマンドの詳細

TON_MAX_FAULT_LIMIT

TON_MAX_FAULT_LIMIT コマンドは、出力低電圧障害リミット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の場合はリミットがないことを意味し、ユニットは無期限に出力電圧の立ち上げを試みることができます。最大リミットは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をが指示された場合、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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
TOFF_DELAY	0x64	RUNまたはOPERATIONオフ(もしくはその両方)からTOFF_FALLランプ開始までの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TOFF_FALL	0x65	出力が低下し始めてから0Vに達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	TOFF_FALL完了後にユニットが12.5%未満に減衰するまでの最大許容時間。	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270 μ sとなり、TOFF_DELAYの全ての値に対して $\pm 50\mu$ sの不確か性があります。障害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V_{OUT}のランプ時間です。DACのV_{OUT}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、その不確か性は ± 0.1 ms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_{OUT} 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制限されていないことを意味します。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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	LTM4681 が RUN ピンをローに保持する最小時間。	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、16 ミリ秒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。出力レールは、MFR_CHAN_CONFIG の出力減衰ビット 0 をイネーブルした場合で、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の出力レールのオフ時間を、MFR_RESTART_DELAY より長く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。

障害応答

全ての障害に対する障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT 再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250 0xF3E8

MFR_RETRY_DELAY

このコマンドは、障害応答がコントローラに指定の間隔で再試行を行わ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全ての障害応答に使われます。再試行時間は、対象チャンネルが障害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、10 μ s 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。出力の自然減衰時間が長過ぎる場合は、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。

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

入力電圧障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力電源過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80

VIN_OV_FAULT_RESPONSE

VIN_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、入力過電圧障害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 に示します。

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 過電圧障害ビットをセット
- 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。

出力電圧障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電圧障害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 に示します。

デバイスは以下のように動作します。

- 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 過電圧障害ビットをセット
- 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) だけを実行します。

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)して、(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、あるいは別の障害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行いません。出力は、以下のいずれかの操作が行われるまでディスエーブルのままになります。すなわち、デバイスを一度オフしてから再度オンするよう指示、RUNピンを一度ローにアサートしてから再度ハイにアサート、コマンドによりリセットを実行、またはVINを遮断のいずれかです。OV障害状態は、 $n \cdot 10 \mu\text{s}$ (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、ユニットは以下のいずれかの操作が行われるまで再試行を継続します。すなわち、障害状態をクリア、デバイスを一度オフしてから再度オンするよう指示、RUNピンを一度ローにアサートしてから再度ハイにアサート、コマンドによりリセットを実行、またはVINを遮断のいずれかです。OV障害状態は、 $n \cdot 10 \mu\text{s}$ (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障害が発生して、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・バイト内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]の全ての値に対し、LTM4681は次のように動作します ・ステータス・コマンドの該当障害ビットをセット ・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。 設定された障害ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 ・デバイスがCLEAR_FAULTSコマンドを受け取る ・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 ・LTM4681のバイアス電源を一度遮断してから再び印加する	00	デバイスはOVプルダウン(OV_PULLDOWN)だけを実行します(すなわち、 $V_{\text{OUT}} > V_{\text{OUT_OV_FAULT}}$ の場合は上側MOSFETをオフして下側MOSFETをオン)。
		01	PMBusデバイスは、ビット[2:0]によって指定された遅延時間と、その特定の障害に指定された遅延時間単位で動作を継続します。遅延時間終了時に障害状態が解消されていない場合、ユニットは再試行設定(ビット[5:3])のプログラム内容に従って応答します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし(出力をディスエーブル)、ビット[5:3]の再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むとCML障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	ユニットは再起動を試みません。障害がクリアされるか、デバイスがオフするように指示されるか、バイアス電源が遮断されるまで、出力はディスエーブルのままになります。
		111	PMBusデバイスは、(RUNピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって)デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別の障害状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。 注: 再試行間隔はMFR_RETRY_DELAYコマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	10 μs 刻みの遅延時間。この遅延時間は、障害検出後にコントローラが動作を継続する時間を決定します。デグリッチされたオフ状態にのみ有効です。

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

VOUT_UV_FAULT_RESPONSEコマンドは、出力低電圧障害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8に示します。

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VOUTビットをセット
- ・STATUS_VOUTコマンドのVOUT低電圧障害ビットをセット
- ・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

PMBus コマンドの詳細

UV 障害および警告は、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 障害および警告は、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 障害および警告は、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・バイト内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対し、LTM4681 は次のように動作します <ul style="list-style-type: none"> • ステータス・コマンドの該当障害ビットをセット • 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。 設定された障害ビットは、以下のイベントの 1 つまたは複数が発生するまでクリアされません。 <ul style="list-style-type: none"> • デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る • 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 • デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る • デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る • デバイスの電源を一度オフにして再びオンにする 	00	PMBus デバイスは中断することなく動作を続けます。(障害を機能的に無視)
		01	PMBus デバイスは、ビット [2:0] によって指定された遅延時間と、その特定の障害に指定された遅延時間単位で動作を継続します。遅延時間終了時に障害状態が解消されていない場合、ユニットは再試行設定 (ビット [5:3]) のプログラム内容に従って応答します。
		10	デバイスはシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	ユニットは再起動を試みません。障害がクリアされるか、デバイスがオフするよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるまで、出力はディスエーブルのままになります。
		111	PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別の障害状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。 注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	10 μ s 刻みの遅延時間。この遅延時間は、障害検出後にコントローラが動作を継続する時間を決定します。デグリッチされたオフ状態にのみ有効です。

PMBus コマンドの詳細

TON_MAX_FAULT_RESPONSE

TON_MAX_FAULT_RESPONSE コマンドは、TON_MAX 障害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 に示します。

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 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

出力電流障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力過電流障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電流障害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 9 に示します。

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_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 過電流障害ビットをセット
- 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。

PMBus コマンドの詳細

表 19. IOOUT_OC_FAULT_RESPONSE のデータ・バイト内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対し、LTM4681 は次のように動作します ・ステータス・コマンドの該当障害ビットをセット ・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。 設定された障害ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 ・デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る ・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 ・デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る ・デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る ・デバイス電源を一度オフにして再びオンにする	00	LTM4681 は、出力電圧に関係なく、IOOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持しながら、無期限に動作を継続します (定電流リミット動作またはブリックウォール・リミット動作と呼ばれます)。
		01	サポートされていません。
		10	LTM4681 は、出力電圧に関係なく、IOOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持しながら、ビット [2:0] で指定された遅延時間にわたって動作を継続します。遅延時間終了時にデバイスがまだ電流制限状態で動作している場合、デバイスはビット [5:3] による再試行設定に従って応答します。
		11	LTM4681 は直ちにシャットダウンし、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。
5:3	再試行設定	000	ユニットは再起動を試みません。RUN ピンを一度ローにしてから再度ハイにするか、バイアス電源を遮断することによって障害状態を解消するまで、出力はディスエーブルされたままになります。
		111	デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別の障害状態が原因でユニットがシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	16ms 刻みの遅延時間単位数。この遅延時間は、障害が検出されてからシャットダウンまでのユニットの動作継続時間を決定するために使用します。デグリッチされたオフ応答にのみ有効です。

デバイス温度障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	内部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R Byte	N	Reg			0xC0

MFR_OT_FAULT_RESPONSE

MFR_OT_FAULT_RESPONSE コマンド・バイトは、内部過熱障害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 13 に示します。

さらに、LTM4681 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 コマンドの過熱障害ビットをセット
- ・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・バイト内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対し、LTM4681 は次のように動作します ・ステータス・コマンドの該当障害ビットをセット ・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。 設定された障害ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 ・デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る ・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 ・LTM4681 のバイアス電源を一度遮断してから再び印加する	00	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
		01	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし(出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。
		11	デバイスの出力はディスエーブルされますが、障害は残ります。障害状態が解消されると、動作が再開されて出力がイネーブルされます。
5:3	再試行設定	000	ユニットは再起動を試みません。出力は障害状態が解消されるまでディスエーブルのままになります。
		001~111	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていません。値は無視されます。

外部温度障害応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部低温障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

OT_FAULT_RESPONSE

OT_FAULT_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーの過熱障害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 に示します。

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 コマンドの過熱障害ビットをセット
- ・ 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。

UT_FAULT_RESPONSE

UT_FAULT_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーの低温障害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 に示します。

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 コマンドの低温障害ビットをセット
- ・ 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

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 $t_{CONVERT}$ とすることができます。

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・バイト内容: TON_MAX_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_RESPONSE、OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対し、LTM4681 は次のように動作します ・ステータス・コマンドの該当障害ビットをセット ・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。 設定された障害ビットは、以下のイベントの1つまたは複数が発生するまでクリアされません。 ・デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る ・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 ・デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る ・デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る ・デバイスの電源を一度オフにして再びオンにする	00	PMBus デバイスは中断することなく動作を続けます。
		01	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むと CML 障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	ユニットは再起動を試みません。出力は、障害がクリアされるか、デバイスがオフになるよう指示されるか、バイアス電源が遮断されるまでディスエーブルのままになります。
		111	PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフされるか、バイアス電源が遮断されるか、もしくは別の障害状態が原因でユニットが再試行なしでシャットダウンされるまで、無期限に再試行を継続します。 注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていません。値は無視されます。

障害の共有

障害共有の伝搬

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_PROPAGATE	0xD2	どの障害を FAULT _n ピンに伝搬させるかを決定する設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993

MFR_FAULT_PROPAGATE

MFR_FAULT_PROPAGATE コマンドは、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンをローにアサートすることのできる障害をイネーブルします。このコマンドは表 22 に示すようにフォーマットされます。障害を $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンに伝搬することができるのは、それらのピンが障害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 の障害伝搬設定

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、また、複数のチャンネル間で障害を共有するために使用することもできます。

ビット	記号	動作
B[15]	VOUTはディスエーブルされますが、減衰はしません。	これは、MFR_CHAN_CONFIG_LTM4681のビット0がゼロの場合はPolyPhase構成で使われます。RUNピンを切り替えるかデバイスのオフを指示することによってチャンネルをオフにして、その後、出力が減衰する前にRUNを再アサートするかデバイスをオンに戻すと、12.5%の減衰が確認されるまでVOUTは再起動しません。ビット15がアサートされている場合、この状態の間はFAULTピンがアサートされます。
B[14]	Mfr_fault_propagate_short_CMD_cycle	0:動作なし。 1:出力をシーケンス・オフする前に一度オフしてからオンするよう指示するとローにアサートされ、シーケンス・オフ後に $t_{OFF(MIN)}$ が経過した時点で再びハイにアサートされます。
b[13]	Mfr_fault_propagate_ton_max_fault	0:TON_MAX_FAULT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:TON_MAX_FAULT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のTON_MAX_FAULT障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のTON_MAX_FAULT障害に対応付けられます。
b[12]	予備	
b[11]	Mfr_fault0_propagate_int_ot Mfr_fault1_propagate_int_ot	0:MFR_OT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:MFR_OT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。
b[10]	予備	
b[9]	予備	
b[8]	Mfr_fault0_propagate_ut Mfr_fault1_propagate_ut	0:UT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:UT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のUT障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のUT障害に対応付けられます。
b[7]	Mfr_fault0_propagate_ot Mfr_fault1_propagate_ot	0:OT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:OT_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のOT障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のOT障害に対応付けられます。
b[6]	予備	
b[5]	予備	
b[4]	Mfr_fault0_propagate_input_ov Mfr_fault1_propagate_input_ov	0:VIN_OV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:VIN_OV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。
b[3]	予備	
b[2]	Mfr_fault0_propagate_iout_oc Mfr_fault1_propagate_iout_oc	0:IOUT_OC_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:IOUT_OC_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のOC障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のOC障害に対応付けられます。
b[1]	Mfr_fault0_propagate_vout_uv Mfr_fault1_propagate_vout_uv	0:VOUT_UV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:VOUT_UV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のUV障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のUV障害に対応付けられます。
b[0]	Mfr_fault0_propagate_vout_ov Mfr_fault1_propagate_vout_ov	0:VOUT_OV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は動作なし。 1:VOUT_OV_FAULT_LIMIT障害がアサートされた場合は、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0は、ページ0のOV障害に対応付けられます。 FAULT1は、ページ1のOV障害に対応付けられます。

PMBus コマンドの詳細

障害共有の応答

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	FAULTピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0

MFR_FAULT_RESPONSE

MFR_FAULT_RESPONSE コマンドは、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ 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:

値	意味
0xC0	FAULT_INHIBIT: $\overline{\text{FAULT}}$ ピンがローになった場合、LTM4681 は出力をスリーステートにします。
0x00	FAULT_IGNORE: LTM4681 は中断することなく動作を続けます。

デバイスは以下のように動作します。

- STATUS_WORD の MFR ビットをセット
- $\overline{\text{FAULT}}_n$ 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
USER_DATA_00	0xB0	OEM の予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_01	0xB1	LTpowerPlay 用のメーカー予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA
USER_DATA_02	0xB2	OEM の予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_03	0xB3	ユーザが使用できる NVM ワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000
USER_DATA_04	0xB4	ユーザが使用できる NVM ワード。	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。予備の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

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
PMBus_REVISION	0x98	このデバイスがサポートするPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.2。	R Byte	N	Reg		FS	0x22
CAPABILITY	0x19	このデバイスがサポートするPMBusオプション通信プロトコルの概要。	R Byte	N	Reg			0xB0
MFR_ID	0x99	LTM4681のメーカーID (ASCII)。	R String	N	ASC			LTC
MFR_MODEL	0x9A	メーカー製品番号 (ASCII)。	R String	N	ASC			LTM4681
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTM4681を表すメーカー・コード。	R Word	N	Reg			0x500X

PMBus_REVISION

PMBUS_REVISIONコマンドは、デバイスが準拠するPMBusのリビジョンを示します。LTM4681は、PMBus Version 1.2のPart IとPart II.の両方に準拠しています。

この読み出し専用コマンドには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。

LTM4681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。

この読み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LTM4681のメーカーIDを示します。

この読み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LTM4681のメーカー製品番号を示します。

この読み出し専用コマンドはブロック・フォーマットです。

MFR_SPECIAL_ID

デバイスの名称とリビジョンを表す16ビットのワードです。0x414はデバイスがLTM4681であることを示し、Xはメーカーが調整できます。

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。

PMBus コマンドの詳細

障害、警告、およびステータス

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされた全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	N				NA
SMBALERT_MASK	0x1B	マスク動作。	Block R/W	Y	Reg		Y	コマンドの詳細を参照
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアします。	Send Byte	Y				NA
STATUS_BYTE	0x78	ユニットの障害状態を1バイトに要約したもの。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_WORD	0x79	ユニットの障害状態を2バイトに要約したもの。	R/W Word	Y	Reg			NA
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_CML	0x7E	通信とメモリの障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R/W Byte	Y	Reg			NA
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタル・ステータス。	R Word	N	Reg			NA
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA

CLEAR_FAULTS

CLEAR_FAULTS コマンドは、セットされた障害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 $\overline{\text{ALERT}}$ ピン信号をアサートしている場合、デバイスはその $\overline{\text{ALERT}}$ 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たときに障害がまだ残っている場合は障害ビットがセットされたままになり、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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 μs かかります。この時間枠内に障害が発生すると、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、障害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。障害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、出力を一度オフしてから再度オンにするよう指示する。
- MFR_RESET コマンドが発行される。
- 集積回路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 $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされないようにすることができます。

PMBus コマンドの詳細

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33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。

「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53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_LTM4681 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・マスク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も合わせて参照)

ステータス・レジスタ	ALERT マスク値	マスクされるビット
STATUS_VOUT	0x00	なし
STATUS_IOUT	0x00	なし
STATUS_TEMPERATURE	0x00	なし
STATUS_CML	0x00	なし
STATUS_INPUT	0x00	なし
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x11	ビット4 (内部PLLは非同期)、ビット0 (外部デバイスによりFAULTがローになる)

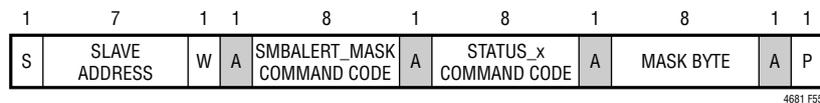


図 55. SMBALERT_MASK の書込み例

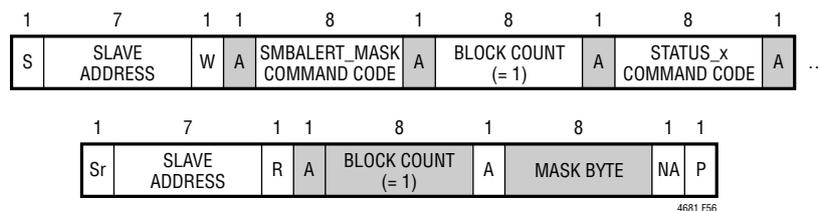


図 56. SMBALERT_MASK の読出し例

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、最も重要な障害の概要を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

ビット	ステータス・ビット名	意味
7*	BUSY	LTM4681 が応答できないので障害が宣言されました。
6	OFF	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含め、理由の如何に関わらずチャンネルが出力に電力を供給していない場合にセットされます。
5	VOUT_OV	出力過電圧障害が発生しました。
4	IOUT_OC	出力過電流障害が発生しました。
3	VIN_UV	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
2	TEMPERATURE	温度障害または警告が発生しました。
1	CML	通信、メモリ、またはロジックの障害が発生しました。
0*	NONE OF THE ABOVE	ビット [7:1] に記載されていない障害が発生しました。

* 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 をアサートすることができます。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、チャンネルの障害状態の概要を 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

ビット	ステータス・ビット名	意味
15	VOUT	出力電圧障害または警告が発生しました。
14	IOUT	出力電流障害または警告が発生しました。
13	INPUT	入力電圧障害または警告が発生しました。
12	MFR_SPECIFIC	LTM4681 に固有の障害または警告が発生しました。
11	POWER_GOOD#	このビットがセットされている場合、その POWER_GOOD 状態は誤りです。
10	FANS	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
9	OTHER	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
8	UNKNOWN	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。

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 VOUT ステータス情報を返します。

STATUS_VOUT のメッセージ内容:

ビット	意味
7	Vout 過電圧障害。
6	Vout 過電圧警告。
5	Vout 低電圧警告。
4	Vout 低電圧障害。
3	Vout 最大値警告。
2	TON 最大値障害。
1	TOFF 最大値障害。
0	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。

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、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。

このコマンドがサポートしている障害ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

STATUS_IOUT

STATUS_IOUT コマンドは、1バイトの IOUT ステータス情報を返します。

STATUS_IOUT のメッセージ内容:

ビット	意味
7	IOUT 過電流障害。
6	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
5	IOUT 過電流警告。
4:0	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。

このコマンドがサポートしている障害ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

STATUS_INPUT

STATUS_INPUT コマンドは、1バイトの V_{IN} (VINSNS) ステータス情報を返します。

STATUS_INPUT のメッセージ内容:

ビット	意味
7	V_{IN} 過電圧障害。
6	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
5	V_{IN} 低電圧警告。
4	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
3	V_{IN} が不十分なのでユニットはオフです。
2	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
1	I_{IN} 過電流警告。
0	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込むと、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。

このコマンドがサポートしている障害ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ 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 $\overline{\text{ALERT}}$ 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:

ビット	意味
7	外部過熱障害。
6	外部過熱警告。
5	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。
4	外部低温障害。
3:0	サポートされていません (LTM4681 は 0 を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに 1 を書き込むと、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。

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:

ビット	意味
7	無効なコマンドまたはサポートされていないコマンドを受信しました。
6	無効なデータまたはサポートされていないデータを受信しました。
5	パケット・エラー・チェックに失敗しました。
4	メモリ障害を検出しました。
3	プロセッサ障害を検出しました。
2	予備 (LTM4681 は 0 を返します)。
1	その他の通信障害。
0	その他のメモリ障害またはロジック障害。

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、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。

このコマンドがサポートしている障害ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

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。

ビット	意味
7	内部温度障害リミットを超えました。
6	内部温度警告リミットを超えました。
5	出荷時調整領域の NVM CRC 障害。
4	PLL の同期が外れました。
3	障害ログが存在します。
2	V _{DD33} の UV または OV 障害。
1	ShortCycle イベントを検出しました。
0	外部デバイスによって FAULT ピンがローにアサートされました。

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、特定の障害ビットをクリアすることができます。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することができます。ただし、障害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障害ビットは $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

ビット	割り当てられたデジタル・ピン
15	V _{DD33} の OV 障害
14	V _{DD33} の UV 障害
13	予備
12	予備
11	ADC の値が無効。起動時に発生します。通常動作時に電流測定チャンネルで一時的に発生することがあります。
10	外部デバイスから SYNC にクロックを入力 (SYNC ピンを駆動するように LTM4681 が設定されている場合)
9	チャンネル 1 のパワーグッド
8	チャンネル 0 のパワーグッド
7	LTM4681 が RUN1 をローに駆動
6	LTM4681 が RUN0 をローに駆動
5	RUN1 ピンの状態
4	RUN0 ピンの状態
3	LTM4681 が $\overline{\text{FAULT1}}$ をローに駆動
2	LTM4681 が $\overline{\text{FAULT0}}$ をローに駆動
1	$\overline{\text{FAULT1}}$ ピンの状態
0	$\overline{\text{FAULT0}}$ ピンの状態

「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。

PMBus コマンドの詳細

MFR_COMMON

MFR_COMMON コマンドは、アナログ・デバイスズの全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。

ビット	意味
7	モジュールは ALERT をローに駆動しません
6	LTM4681 はビジーではありません
5	計算は保留されていません
4	LTM4681 の出力は遷移中ではありません
3	NVM は初期化されています
2	予備
1	SHARE_CLK タイムアウト
0	WP ピンのステータス

この読み出し専用コマンドにはデータ・バイトが1つあります。

遠隔測定

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
READ_VIN	0x88	測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	N	L11	A		NA
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA
READ_IOUT	0x8C	測定された出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	パワー段の温度センサー。この値は、IOUT_CAL_GAIN を含む全ての温度関連処理に使われます。	R Word	Y	L11	C		NA
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。他のコントローラ・コマンドには影響しません。	R Word	N	L11	C		NA
READ_FREQUENCY	0x95	測定された PWM スイッチング周波数。	R Word	Y	L11	Hz		NA
READ_POUT	0x96	出力電力の計算値。	R Word	Y	L11	W		NA
READ_PIN	0x97	入力電力の計算値。	R Word	N	L11	W		NA
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	READ_PIN コマンドの精度を返します。	R Byte	N		%		5.0%
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IOUT の最大測定値をレポートします。	R Word	Y	L11	A		NA
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での最大外部温度測定値 (READ_TEMPERATURE_1)。	R Word	Y	L11	C		NA
MFR_READ_IIN_PEAK	0xE1	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IIN コマンドの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_READ_ICHIP	0xE4	LTM4681 が使用した測定電流。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での最大内部ダイ温度。	R Word	N	L11	C		NA
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	高速で ADC リードバックを繰り返す場合に選択される ADC 遠隔測定パラメータ。	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、LTM4681 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。

この読み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。

この読み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)。

この読み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。

- a) ISENSE ピンにかかる差動電圧の測定値
- b) IOUT_CAL_GAIN の値
- c) MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC の値、および
- d) READ_TEMPERATURE_1 の値
- e) MFR_TEMP_1_GAIN と MFR_TEMP_1_OFFSET

この読み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、パワー段検出素子の温度 (°C) を返します。

この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、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 LTM4681 のダイ温度 (°C) を返します。

この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、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。

この読み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。POUT 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。

この読み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、LTM4681 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。

この読み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 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、この場合は標準の遠隔測定ループが実行されます。全てのパラメータはラウンド・ロビン方式で更新され、代表遅延時間は 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全ての警告と障害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、全ての警告と障害およびサーボ・モードが再度イネーブルされます。

指定値	遠隔測定コマンド名	説明
0x0F		予備
0x0E		予備
0x0D		予備
0x0C	READ_TEMPERATURE_1	チャンネル1の外部温度
0x0B		予備
0x0A	READ_IOUT	チャンネル1の測定出力電流
0x09	READ_VOUT	チャンネル1の測定出力電圧
0x08	READ_TEMPERATURE_1	チャンネル0の外部温度
0x07		予備
0x06	READ_IOUT	チャンネル0の測定出力電流
0x05	READ_VOUT	チャンネル0の測定出力電圧
0x04	READ_TEMPERATURE_2	内部ジャンクション温度
0x03	READ_IIN	測定入力電源電流
0x02	MFR_READ_ICHIP	LTM4681の測定電源電流
0x01	READ_VIN	測定入力電源電圧
0x00		標準のADCラウンド・ロビン遠隔測定

予備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障害が出力されます。LTM4681は、有効なコマンド値が入力されるまでCML障害を出力し続けます。測定入力電源電圧の精度が保証されるのは、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。

この書き込み専用コマンドは1バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットに設定されています。

PMBus コマンドの詳細

NVM メモリ・コマンド

格納／復元

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
STORE_USER_ALL	0x15	ユーザの動作メモリの内容をEEPROMに格納します。	Send Byte	N				NA
RESTORE_USER_ALL	0x16	ユーザの動作メモリの内容をEEPROMから復元します。	Send Byte	N				NA
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	現在のコマンドの内容をNVMと比較します。	Send Byte	N				NA

STORE_USER_ALL

STORE_USER_ALL コマンドは、保存しておきたい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の範囲にない状態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保証できません。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。

LTM4681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_{CC}またはVDD33が供給されていて、VIN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LTM4681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。VIN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LTM4681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。LTM4681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、全ての障害をクリアして、抵抗設定ピンを読み取り、さらに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障害が生成されます。

この書込み専用コマンドにデータ・バイトはありません。

PMBus コマンドの詳細

障害ログ

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。	R Block	N	CF		Y	NA
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM への障害ログ転送を指示します。	Send Byte	N				NA
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログ用として予約された EEPROM ブロックを初期化します。	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、初めて障害が発生した後に、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障害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。障害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 秒以内に障害が発生した場合は、障害ログの最初の方のページに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。

この読み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、障害が発生した場合と同じように障害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「障害ログを有効にする」がセットされている場合、このコマンドは STATUS_MFR_SPECIFIC 障害のビット 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. 障害ログ

この表は、MFR_FAULT_LOG コマンドの読み出しブロック・データ・フォーマットの概要を示しています。

データ・フォーマット定義				LIN 11 = PMBus = Rev 1.2, Part 2, section 7.1
				LIN 16 = PMBus Rev 1.2, Part 2, section 8. 仮数部のみ
				BYTE = このコマンドの定義に従って解釈される8ビット
データ	ビット	データ・フォーマット	バイト番号	ブロック読み出しコマンド
ブロック長		BYTE	147	MFR_FAULT_LOG コマンドは147バイトの固定長です。 データ・ログ・イベントが取り込まれていない場合、ブロック長は0になります。
ヘッダ情報				
障害ログ見出し	[7:0]	ASC	0	部分的な障害ログまたは完全な障害ログが存在する場合に、バイト0で始まるLTxxを返します。xxは工場識別子で、デバイスごとに異なります。
	[7:0]		1	
	[15:8]	Reg	2	
	[7:0]		3	
障害発生源	[7:0]	Reg	4	表19を参照してください。
MFR_REAL_TIME	[7:0]	Reg	5	障害発生時の48ビット共有クロック・カウンタ値(分解能200µs)。
	[15:8]		6	
	[23:16]		7	
	[31:24]		8	
	[39:32]		9	
	[47:40]		10	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L16	11	最後の電源投入または CLEAR_PEAKS コマンド以降におけるチャンネル0の最大 READ_VOUT。
	[7:0]		12	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L16	13	最後の電源投入または CLEAR_PEAKS コマンド以降におけるチャンネル1の最大 READ_VOUT。
	[7:0]		14	
MFR_IOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L11	15	最後の電源投入または CLEAR_PEAKS コマンド以降におけるチャンネル0の最大 READ_IOUT。
	[7:0]		16	
MFR_IOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L11	17	最後の電源投入または CLEAR_PEAKS コマンド以降におけるチャンネル1の最大 READ_IOUT。
	[7:0]		18	
MFR_VIN_PEAK	[15:8]	L11	19	最後の電源投入または CLEAR_PEAKS コマンド以降における最大 READ_VIN。
	[7:0]		20	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 0)	[15:8]	L11	21	最後のイベント発生時のパワー段温度センサー0。
	[7:0]		22	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1)	[15:8]	L11	23	最後のイベント発生時のパワー段温度センサー1。
	[7:0]		24	
READ_TEMPERATURE2	[15:8]	L11	25	最後のイベント発生時のLTM4681のダイ温度センサー。
	[7:0]		26	

PMBus コマンドの詳細

周期的データ

イベント n

(障害発生時のデータ、最新のデータ)

イベント「 n 」は、障害発生時に MUX を介して ADC が読み出す 1 つの完全なサイクルを示します。例：ADC がステップ 15 を処理しているときに障害が発生した場合、ADC は読出しをステップ 25 まで続けてから、ヘッダと 6 ページのイベント・ページ全てを EEPROM に格納します。

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

イベント n-1 (障害検出前に測定されたデータ)			
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
イベント n-5 (最も古い記録データ)			
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 値	障害ログの発生源
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・デバイセス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・デバイセスへお問い合わせください。

MFR_FAULT_LOG_CLEAR

MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドは、障害ログ・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・メモリの書込み／読出し

コマンド名	コマンドコード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドおよび MFR_EE_DATA コマンドによるアクセスのために、ユーザ EEPROM のロックを解除します。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのために EEPROM を初期化します。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読出または書込みを使用して EEPROM との間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。	R/W Word	N	Reg			NA

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、LTM4681 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・デバイセスへお問い合わせください。

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確認してください。

表 25. LTM4681 の BGA ピン配置

ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
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 _{IN01}	B5	V _{IN01}	C5	V _{IN01}	D5	V _{IN01}	E5	V _{IN01}	F5	V _{IN01}
A6	V _{IN01}	B6	V _{IN01}	C6	V _{IN01}	D6	V _{IN01}	E6	V _{IN01}	F6	V _{IN01}
A7	GND	B7	GND	C7	GND	D7	GND	E7	GND	F7	GND
A8	V _{OUT0_CFG}	B8	V _{OUT1_CFG}	C8	V _{DD25_01}	D8	SHARE_CLK_01	E8	V _{DD33_01}	F8	V _{OSNS1⁻}
A9	FSWPH_01_CFG	B9	ASEL_01	C9	VTRIM1_CFG	D9	VTRIMO_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 _{OUT0}	B13	V _{OUT0}	C13	V _{OUT0}	D13	V _{OUT0}	E13	V _{OUT0}	F13	V _{OUT1}
A14	V _{OUT0}	B14	V _{OUT0}	C14	V _{OUT0}	D14	V _{OUT0}	E14	V _{OUT0}	F14	V _{OUT1}
A15	V _{OUT0}	B15	V _{OUT0}	C15	V _{OUT0}	D15	V _{OUT0}	E15	V _{OUT0}	F15	V _{OUT1}

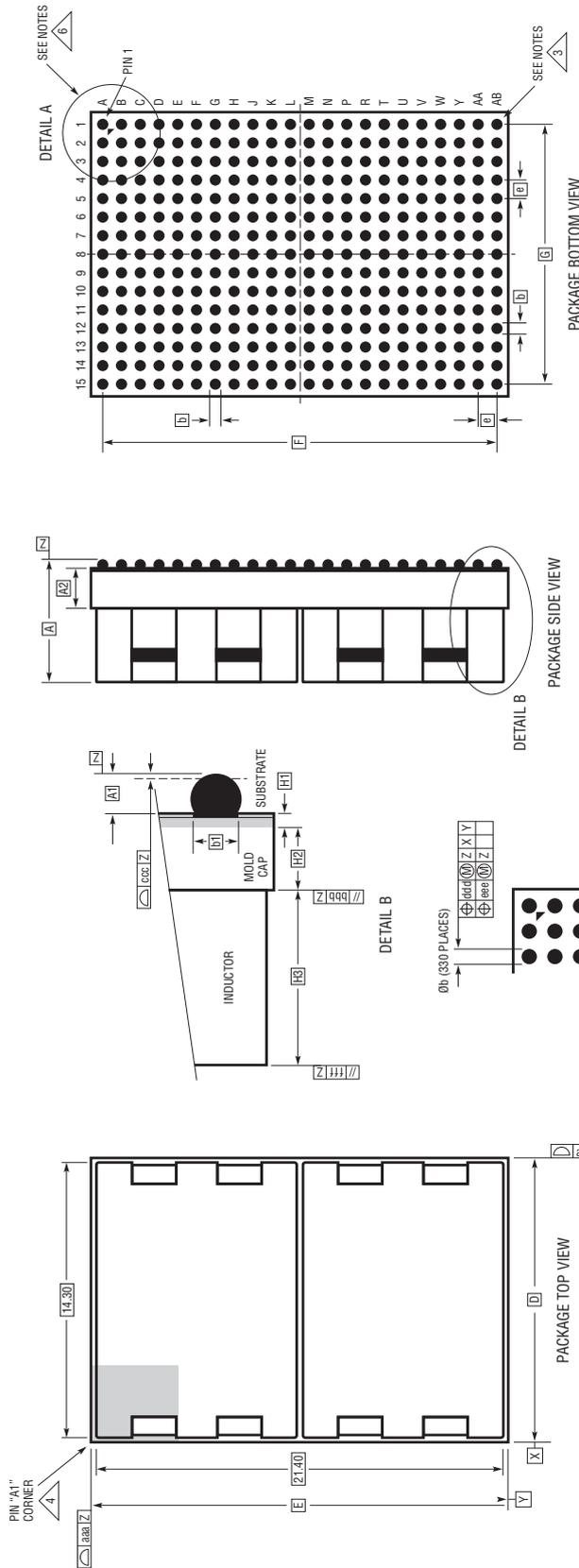
ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
G1	SW1	H1	SW1	J1	SW1	K1	GND	L1	GND	M1	GND
G2	SW1	H2	SW1	J2	SW1	K2	GND	L2	GND	M2	GND
G3	GND	H3	GND	J3	GND	K3	GND	L3	GND	M3	GND
G4	GND	H4	GND	J4	GND	K4	GND	L4	GND	M4	GND
G5	V _{IN01}	H5	V _{IN01}	J5	V _{IN01}	K5	V _{IN01}	L5	GND	M5	GND
G6	V _{IN01}	H6	V _{IN01}	J6	V _{IN01}	K6	V _{IN01}	L6	GND	M6	GND
G7	GND	H7	GND	J7	GND	K7	GND	L7	GND	M7	GND
G8	V _{OSNS1⁺}	H8	PGOOD1	J8	SV _{IN_01}	K8	GND	L8	GND	M8	GND
G9	COMP1a	H9	PGOOD0	J9	INTV _{CC_01}	K9	GND	L9	GND	M9	GND
G10	COMP0b	H10	I _{IN_01⁺}	J10	I _{IN_01⁻}	K10	GND	L10	GND	M10	GND
G11	COMP0a	H11	V _{OSNS0⁻}	J11	V _{OSNS0⁺}	K11	GND	L11	GND	M11	GND
G12	GND	H12	GND	J12	GND	K12	GND	L12	GND	M12	GND
G13	V _{OUT1}	H13	V _{OUT1}	J13	V _{OUT1}	K13	V _{OUT1}	L13	GND	M13	GND
G14	V _{OUT1}	H14	V _{OUT1}	J14	V _{OUT1}	K14	V _{OUT1}	L14	GND	M14	GND
G15	V _{OUT1}	H15	V _{OUT1}	J15	V _{OUT1}	K15	V _{OUT1}	L15	GND	M15	GND

ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
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 _{IN23}	P5	V _{IN23}	R5	V _{IN23}	T5	V _{IN23}	U5	V _{IN23}	V5	V _{IN23}
N6	V _{IN23}	P6	V _{IN23}	R6	V _{IN23}	T6	V _{IN23}	U6	V _{IN23}	V6	V _{IN23}
N7	GND	P7	GND	R7	GND	T7	GND	U7	GND	V7	GND
N8	GND	P8	V _{OSNS2} ⁺	R8	V _{OSNS2} ⁻	T8	COMP2a	U8	TSNS2	V8	SDA_23
N9	V _{IN_VBIAS}	P9	I _{IN_23} ⁻	R9	I _{IN_23} ⁺	T9	COMP2b	U9	TSNS3	V9	SYNC_23
N10	V _{BIAS}	P10	INTV _{CC_23}	R10	PGOOD2	T10	PGOOD3	U10	SGND23	V10	FAULT2
N11	RUNP	P11	SV _{IN_23}	R11	V _{OSNS3} ⁺	T11	V _{OSNS3} ⁻	U11	SGND23	V11	COMP3a
N12	GND	P12	GND	R12	GND	T12	GND	U12	GND	V12	GND
N13	V _{OUT2}	P13	V _{OUT2}	R13	V _{OUT2}	T13	V _{OUT2}	U13	V _{OUT2}	V13	V _{OUT3}
N14	V _{OUT2}	P14	V _{OUT2}	R14	V _{OUT2}	T14	V _{OUT2}	U14	V _{OUT2}	V14	V _{OUT3}
N15	V _{OUT2}	P15	V _{OUT2}	R15	V _{OUT2}	T15	V _{OUT2}	U15	V _{OUT2}	V15	V _{OUT3}

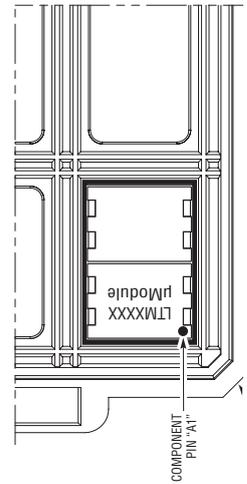
ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
W1	SW3	Y1	SW3	AA1	GND	AB1	GND
W2	SW3	Y2	SW3	AA2	GND	AB2	GND
W3	GND	Y3	GND	AA3	GND	AB3	GND
W4	GND	Y4	GND	AA4	GND	AB4	GND
W5	V _{IN23}	Y5	V _{IN23}	AA5	V _{IN23}	AB5	V _{IN23}
W6	V _{IN23}	Y6	V _{IN23}	AA6	V _{IN23}	AB6	V _{IN23}
W7	GND	Y7	GND	AA7	GND	AB7	GND
W8	ALERT_23	Y8	RUN3	AA8	V _{OUT2_CFG}	AB8	V _{OUT3_CFG}
W9	SCL_23	Y9	RUN2	AA9	FSWPH_23_CFG	AB9	VTRIM3_CFG
W10	FAULT3	Y10	V _{DD33_23}	AA10	ASEL_23	AB10	VTRIM2_CFG
W11	COMP3b	Y11	WP_23	AA11	SHARE_CLK_23	AB11	V _{DD25_23}
W12	GND	Y12	GND	AA12	GND	AB12	GND
W13	V _{OUT3}	Y13	V _{OUT3}	AA13	V _{OUT3}	AB13	V _{OUT3}
W14	V _{OUT3}	Y14	V _{OUT3}	AA14	V _{OUT3}	AB14	V _{OUT3}
W15	V _{OUT3}	Y15	V _{OUT3}	AA15	V _{OUT3}	AB15	V _{OUT3}

パッケージの説明

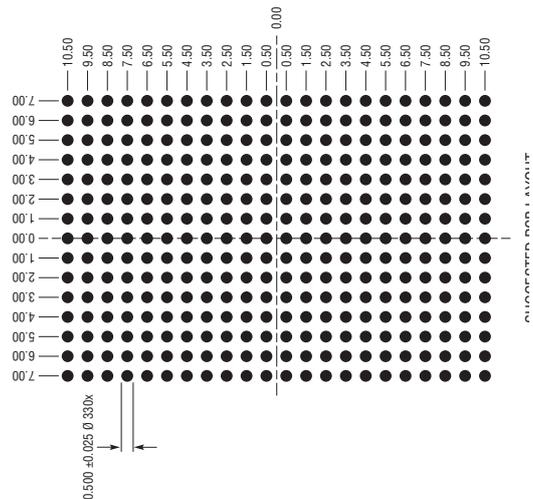
BGA Package
330-Lead (22mm × 15mm × 8.17mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1654 Rev 0)



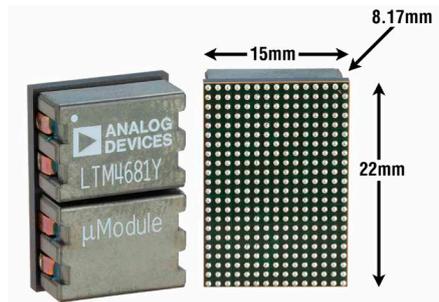
- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. BALL DESIGNATION PER JEDEC MS-028 AND JEP95
 4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 5. PRIMARY DATUM -Z- IS SEATING PLANE
 6. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG MODULE PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY



DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	7.77	8.17	8.57	
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	5.65	5.85	6.05	INDUCTOR HT
aaa	0.15			
bbb	0.10			
ccc	0.20			
ddd	0.25			
eee	0.10			
fff	0.25			



パッケージの外観



設計リソース

表題	説明	
μModule 設計と製造リソース	設計: <ul style="list-style-type: none"> 選択ガイド デモ・ボードとガーバー・ファイル 無料シミュレーション・ツール 	製造: <ul style="list-style-type: none"> クイック・スタート・ガイド PCBの設計、組立、および製造ガイドライン パッケージ・レベルとボード・レベルの信頼性
μModuleレギュレータ製品の検索	<ol style="list-style-type: none"> 製品の表をパラメータによってソートし、結果をスプレッドシートとしてダウンロードします。 Quick Power Searchパラメトリック・テーブルを使って検索を実行します。 <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Quick Power Search</p> <p>INPUT $V_{in}(\text{Min})$ <input type="text"/> V $V_{in}(\text{Max})$ <input type="text"/> V</p> <p>OUTPUT V_{out} <input type="text"/> V I_{out} <input type="text"/> A</p> <p>FEATURES <input type="checkbox"/> Low EMI <input type="checkbox"/> Ultrathin <input type="checkbox"/> Internal Heat Sink</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Multiple Outputs"/> <input type="button" value="Search"/></p> </div>	
デジタルパワー・システム・マネージメント	アナログ・デバイス製のデジタル電源管理デバイス・ファミリーは、電源の監視、管理、マージニング、およびシーケンシングなどの基本機能を提供する高集積ソリューションであり、ユーザ設定と障害ログを格納するEEPROMを搭載しています。	

関連製品

製品番号	説明	備考
LTM4675	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル9A/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
LTM4686/ LTM4686-1	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載した超薄型デュアル10A/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
LTM4676A	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル13A/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
LTM4677	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル18A/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
LTM4678	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル25A/シングル50A 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
LTM4664	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル25A/シングル50A μModuleレギュレータ、 $V_{IN} = 54V$	$30V \leq V_{IN} \leq 58V$, $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.5V$, 16mm × 16mm × 7.72mm BGA
LTM4680	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル30A/シングル60A 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
LTM4700	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を搭載したデュアル50A/シングル100A 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