

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、2022年6月1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： 2022年6月1日

製品名： **LTM4673**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 30 ページ 表の上から 6 番目

**【誤】**

IOOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT の説明の参照ページ

95 ページ

**【正】**

88 ページ

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、2022年6月1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： 2022年6月1日

製品名： **LTM4673**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 42 ページ 左の段 下から4行目

**【誤】**

「注5」

**【正】**

「注4」

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、2022年6月1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： 2022年6月1日

製品名： **LTM4673**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 72 ページ 「オン/オフ制御、マーキング、設定」の表 下から3行目

**【誤】**

MFR\_CONFIG2\_LTM4673 の説明 参照ページ 「77」

**【正】**

MFR\_CONFIG2\_LTM4673 の説明 参照ページ 「75」

# 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出力 $\mu$ Module レギュレータ

## 特長

- デジタル・インターフェースを備えた、デュアル12Aおよびデュアル5Aのクワッド出力降圧  $\mu$ Module® レギュレータ
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~15V
- デュアル12A DC出力: 0.6V~3.3V
- デュアル5A DC出力: 0.6V~5.5V
- サーボ制御による $\pm 0.5\%$ の総出力電圧レギュレーション
- $\pm 5\%$ の電流リードバック精度 (12Aチャンネル)
- 400kHz、PMBus準拠のI<sup>2</sup>Cシリアル・インターフェース
- 16ビット $\Delta\Sigma$ ADCを内蔵
- 入力電圧および4つの出力電圧、電流、温度を正確にモニタリング
- チャンネルごとにデジタル的にプログラマブルな出力電圧トリミング、シーケンシング、マーキング
- フォルトと警告を管理
- 内蔵EEPROMのフォルト・ログ記録
- デュアルの真の差動検出アンプ
- 出力電力増加のための出力並列化が可能
- クワッド出力 LTM4671 非 PSM  $\mu$ Module レギュレータとドロップイン・ピン互換
- 16mm × 16mm × 4.72mm BGAパッケージ

## アプリケーション

- テレコム、ネットワークおよび産業用機器
- 複数レールのポイント・オブ・ロード・レギュレーション
- FPGA、DSP、ASICの各アプリケーション

## 概要

LTM<sup>®</sup>4673は、デュアル12Aおよびデュアル5Aクワッド出力のスイッチング・モードDC/DC降圧  $\mu$ Module (パワー・モジュール)レギュレータで、シーケンシング、トリミング(サーボ制御)、マーキング、監視、フォルト管理、遠隔測定、フォルト・ログ作成などを行うために使用される、4チャンネルパワー・システム・マネージャが統合されています。LTM4673は、4.5V~15Vの入力電圧範囲で動作し、出力電圧範囲は12Aチャンネルでは0.6V~3.3V、5Aチャンネルでは0.6V~5.5Vです。必要なのは、バルク入力コンデンサおよびバルク出力コンデンサのみです。

LTM4673の2線式シリアル・インターフェースにより、出力の正確なマーキングやチューニングおよび出力の増加および低下のシーケンシング設定が可能です。内蔵の16ビットADCは入力および4つの出力全ての電圧、電流、温度を監視します。フォルトは、4つの出力に対する過電流および低電流、電圧、温度の各閾値と、入力の過電圧および低電圧について設定できます。

LTM4673は、RoHS準拠の端子仕上げが行われた、16mm × 16mm × 4.72mmのBGAパッケージにより供給されます。

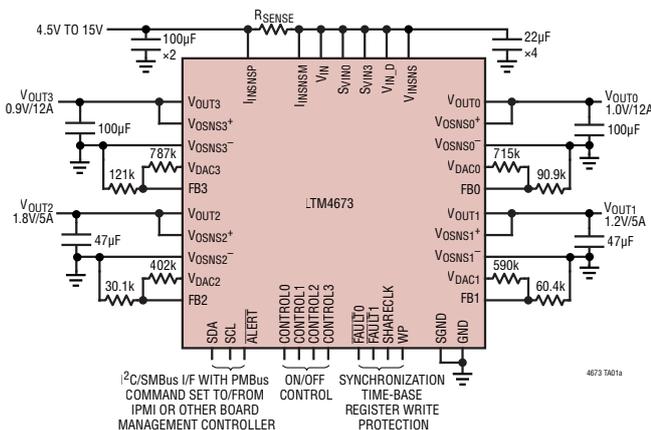
## 構成設定可能な出力アレイ



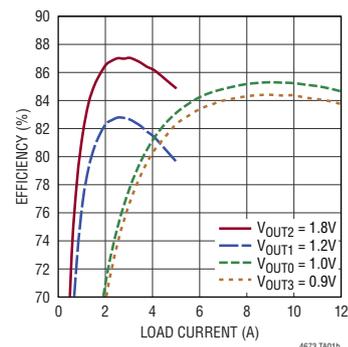
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。5481178、5847554、6580258、6304066、6476589、6774611、7382303、7420359、8648623を含む米国特許により保護されています。

## 標準的応用例

デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えたデュアル12Aデュアル5A出力のDC/DC  $\mu$ Moduleレギュレータ



効率と負荷電流の関係 (12V入力)



## 目次

特長	1	出力過電圧、低電圧、過電流、低電流フォルト	43
アプリケーション	1	出力過電圧、低電圧、過電流警告	43
標準的応用例	1	AUXFAULT 出力の設定	44
概要	1	マルチチャンネル並列動作	44
絶対最大定格	4	入力RMSリップル電流の相殺	44
ピン配置	5	時間基準シーケンス・オフを使用したカスケード・ シーケンス・オン	44
発注情報	5	出力電圧トラッキング	45
電気的特性	6	マルチチャンネルのフォルト管理	49
PMBusのタイミング図	12	アナログ・デバイセズの複数のパワー・マネージャ間の相互接続	50
代表的な性能特性	13	DC1613 USB-I <sup>2</sup> C/SMBus/PMBus コントローラとシステム内の LTM4673の接続	50
ピン機能	17	LTpowerPlay: パワー・マネージメント用対話型 GUI	53
デュアル12Aチャンネル用ピン:	17	V <sub>DAC</sub> ピンとV <sub>FB</sub> ピンの間の抵抗を選択するための4段階の手順	53
デュアル5Aチャンネル用ピン:	19	熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング	55
デジタル・パワー・システム・マネージメント用ピン	20	安全に関する考慮事項	61
ブロック図	21	レイアウトのチェックリスト/サンプル	61
デカップリング条件	22	標準的応用例	63
動作	22	PMBus コマンドの説明	67
EEPROM	24	アドレス指定と書き込み保護	67
AUXFAULT	24	PAGE	67
RESET	25	WRITE_PROTECT	68
PMBusシリアル・デジタル・インターフェース	25	WRITE-PROTECTピン	68
PMBus	25	MFR_PAGE_FF_MASK	68
デバイス・アドレス	25	MFR_I2C_BASE_ADDRESS	69
処理コマンド	26	MFR_COMMAND_PLUS	69
PMBus コマンドの概要	29	MFR_DATA_PLUS0 および MFR_DATA_PLUS1	69
アプリケーション情報	36	MFR_STATUS_PLUS0 および MFR_STATUS_PLUS1	69
概要	36	Command Plus および Mfr_data_plus0 を使用したフォルト・ログの 読出し	70
LTM4673 への給電	36	MFR_COMMAND_PLUS および MFR_DATA_PLUS0 を使用した エネルギーの読出し	71
V <sub>IN</sub> から V <sub>OUT</sub> への降圧比	36	Mfr_data_plus0 を使用したピーク動作	71
入力デカップリング・コンデンサ	36	ポーク動作のイネーブルとディスエーブル	71
出力電圧の設定とトリミング	37	Mfr_data_plus0 を使用したポーク動作	71
出力デカップリング・コンデンサ	37	Mfr_data_plus1 を使用したコマンド・プラス動作	72
強制連続電流モード (CCM)	37	オン/オフ制御、マーキング、設定	72
不連続モード / Burst Mode 動作	37	OPERATION	72
動作周波数	38	ON_OFF_CONFIG	73
周波数同期とクロック入力	38	MFR_CONFIG_LTM4673	74
ソフトスタート	39	MFR_CONFIG2_LTM4673	75
パワー・グッド	39	MFR_CONFIG3_LTM4673	76
安定性補償	39	MFR_CONFIG_ALL_LTM4673	77
コマンド・レジスタ値の設定	39	ユーザEEPROM空間のプログラミング	78
入力電流の測定	39	STORE_USER_ALL および RESTORE_USER_ALL	79
入力電圧の測定	40	ユーザEEPROM空間の一括プログラミング	79
入力電力の測定	40	MFR_EE_UNLOCK	79
入力エネルギーの測定	41	MFR_EE_ERASE	80
シーケンス、サーボ制御、マージン、再起動の各動作	41	MFR_EE_DATA	80
コマンド・ユニットのオン/オフ	41	デバイスがビジーの場合の応答	81
オン・シーケンス	41	MFR_EE 消去および書き込みのプログラミング時間	81
オン状態の動作	42		
サーボ・モード	42		
DACモード	42		
マーキング	42		
オフ・シーケンス	43		
V <sub>OUT</sub> オフ閾値電圧	43		
MFR_RESTART_DELAYピンとCONTROLピンを介した自動再起動	43		
フォルト管理	43		

## 目次

入力電圧のコマンドと制限値.....	81	CLEAR_FAULTS .....	99
VIN_ON、VIN_OFF、VIN_OV_FAULT_LIMIT、VIN_OV_WARN_LIMIT、		STATUS_BYTE.....	100
VIN_UV_WARN_LIMIT、VIN_UV_FAULT_LIMIT .....	81	STATUS_WORD.....	100
入力電流とエネルギー .....	82	STATUS_VOUT.....	101
エネルギー測定とレポート.....	82	STATUS_IOUT .....	101
MFR_EIN .....	83	STATUS_INPUT .....	101
MFR_EIN_CONFIG.....	83	STATUS_TEMPERATURE .....	102
MFR_IIN_CAL_GAIN .....	84	STATUS_CML .....	102
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC.....	84	STATUS_MFR_SPECIFIC.....	103
出力電圧のコマンドと制限値.....	85	MFR_PADS .....	103
VOUT_MODE.....	86	MFR_COMMON .....	104
VOUT_COMMAND、VOUT_MAX、VOUT_MARGIN_HIGH、VOUT_		遠隔測定.....	105
MARGIN_LOW、VOUT_OV_FAULT_LIMIT、VOUT_OV_WARN_LIMIT、		READ_VIN.....	105
VOUT_UV_WARN_LIMIT、VOUT_UV_FAULT_LIMIT、POWER_		READ_IIN.....	105
GOOD_ON、POWER_GOOD_OFF .....	86	READ_PIN.....	105
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD .....	86	READ_VOUT.....	105
MFR_DAC .....	86	READ_IOUT .....	106
出力電流のコマンドと制限値.....	87	MFR_IIN_PEAK.....	106
IOUT_CAL_GAIN .....	87	MFR_IIN_MIN.....	106
IOUT_OC_FAULT_LIMIT、IOUT_OC_WARN_LIMIT、		MFR_PIN_PEAK .....	106
IOUT_UC_FAULT_LIMIT .....	88	MFR_PIN_MIN .....	106
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC.....	88	READ_TEMPERATURE_1.....	106
外部温度コマンドと制限値 .....	88	READ_TEMPERATURE_2.....	106
OT_FAULT_LIMIT、OT_WARN_LIMIT、UT_WARN_LIMIT、		READ_POUT.....	106
UT_FAULT_LIMIT .....	89	MFR_READ_IOUT .....	107
MFR_TEMP_1_GAINおよびMFR_TEMP_1_OFFSET.....	89	MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE.....	108
MFR_T_SELF_HEAT、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV、		MFR_VIN_PEAK .....	108
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA.....	89	MFR_VOUT_PEAK .....	108
タイミング制限とクロック共有のシーケンス動作 .....	91	MFR_IOUT_PEAK.....	108
TON_DELAY、TON_RISE、TON_MAX_FAULT_LIMIT、TOFF_DELAY .....	91	MFR_TEMPERATURE_1_PEAK .....	108
MFR_RESTART_DELAY .....	92	MFR_VIN_MIN .....	108
クロック共有.....	92	MFR_VOUT_MIN .....	108
ウォッチドッグ・タイマーとパワー・グッド.....	92	MFR_IOUT_MIN.....	108
MFR_PWRGD_EN.....	92	MFR_TEMPERATURE_1_MIN .....	109
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY.....	93	フォルト・ログ記録.....	109
ウォッチドッグ動作 .....	93	フォルト・ログ動作 .....	109
MFR_WATCHDOG_T_FIRSTおよびMFR_WATCHDOG_T .....	93	MFR_FAULT_LOG_STORE.....	109
フォルト応答 .....	94	MFR_FAULT_LOG_RESTORE .....	109
ラッチされたフォルトのクリア.....	94	MFR_FAULT_LOG_CLEAR .....	110
VOUT_OV_FAULT_RESPONSEおよびVOUT_UV_FAULT_RESPONSE .....	94	MFR_FAULT_LOG_STATUS.....	110
IOUT_OC_FAULT_RESPONSEおよびIOUT_UC_FAULT_RESPONSE .....	95	MFR_FAULT_LOG .....	110
OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_		MFR_FAULT_LOG 読み出しの例.....	113
RESPONSE、VIN_UV_FAULT_RESPONSE .....	96	識別／情報 .....	117
TON_MAX_FAULT_RESPONSE .....	97	CAPABILITY .....	118
MFR_RETRY_DELAY .....	97	PMBus_REVISION.....	118
MFR_RETRY_COUNT .....	97	MFR_SPECIAL_ID .....	118
共有外部フォルト .....	98	MFR_SPECIAL_LOT.....	118
MFR_FAULTB0_PROPAGATEおよびMFR_FAULTB1_PROPAGATE .....	98	ユーザ・スクラッチパッド.....	118
MFR_FAULTB0_RESPONSEおよびMFR_FAULTB1_RESPONSE .....	98	USER_DATA_00、USER_DATA_01、USER_DATA_02、USER_DATA_03、	
フォルト、警告、およびステータス .....	99	USER_DATA_04、MFR_LTC_RESERVED_1、	
		MFR_LTC_RESERVED_2 .....	118
		パッケージの説明.....	119
		パッケージ写真.....	122
		設計リソース .....	122
		関連製品 .....	122

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ , $SV_{IN0}$ , $SV_{IN3}$ .....	-0.3V~15V
$V_{OUT0}$ , $V_{OUT3}$ .....	-0.3V~3.6V
$V_{OUT1}$ , $V_{OUT2}$ .....	-0.3V~6V
$INTV_{CC0}$ , $INTV_{CC12}$ , $INTV_{CC3}$ .....	-0.3V~3.6V
$FREQ0$ , $FREQ12$ , $FREQ3$ .....	-0.3V~3.6V
$FB0$ , $FB1$ , $FB2$ , $FB3$ .....	-0.3V~3.6V
$COMP0a$ , $COMP0b$ , $COMP3a$ , $COMP3b$ , $COMP1$ , $COMP2$ .....	-0.3V~3.6V
$RUN0$ , $RUN1$ , $RUN2$ , $RUN3$ .....	-0.3V~15V
$TRACK/SS0$ , $TRACK/SS1$ , $TRACK/SS2$ , $TRACK/SS3$ .....	-0.3V~3.6V
$PWRGD0$ , $PWRGD1$ , $PWRGD2$ , $PWRGD3$ .....	-0.3V~3.6V
$V_{OSNS0}^+$ , $V_{OSNS0}^-$ , $V_{OSNS3}^+$ , $V_{OSNS3}^-$ .....	-0.3V~3.6V
$V_{OSNS1}^+$ , $V_{OSNS1}^-$ , $V_{OSNS2}^+$ , $V_{OSNS2}^-$ .....	-0.3V~6V
$TSENSE0^+$ , $TSENSE0^-$ , $TSENSE3^+$ , $TSENSE3^-$ .....	-0.3V~0.8V
$TMON$ .....	-0.3V~3.6V
$MODE/CLKIN0$ , $MODE/CLKIN12$ , $MODE/CLKIN3$ , $CLKOUT0$ , $CLKOUT3$ .....	-0.3V~3.6V
動作ジャンクション温度 (Note 2, 9) .....	-40°C~125°C
保管温度範囲 .....	-55°C~125°C
最高ハンダ・リフロー・ボディ温度 .....	245°C

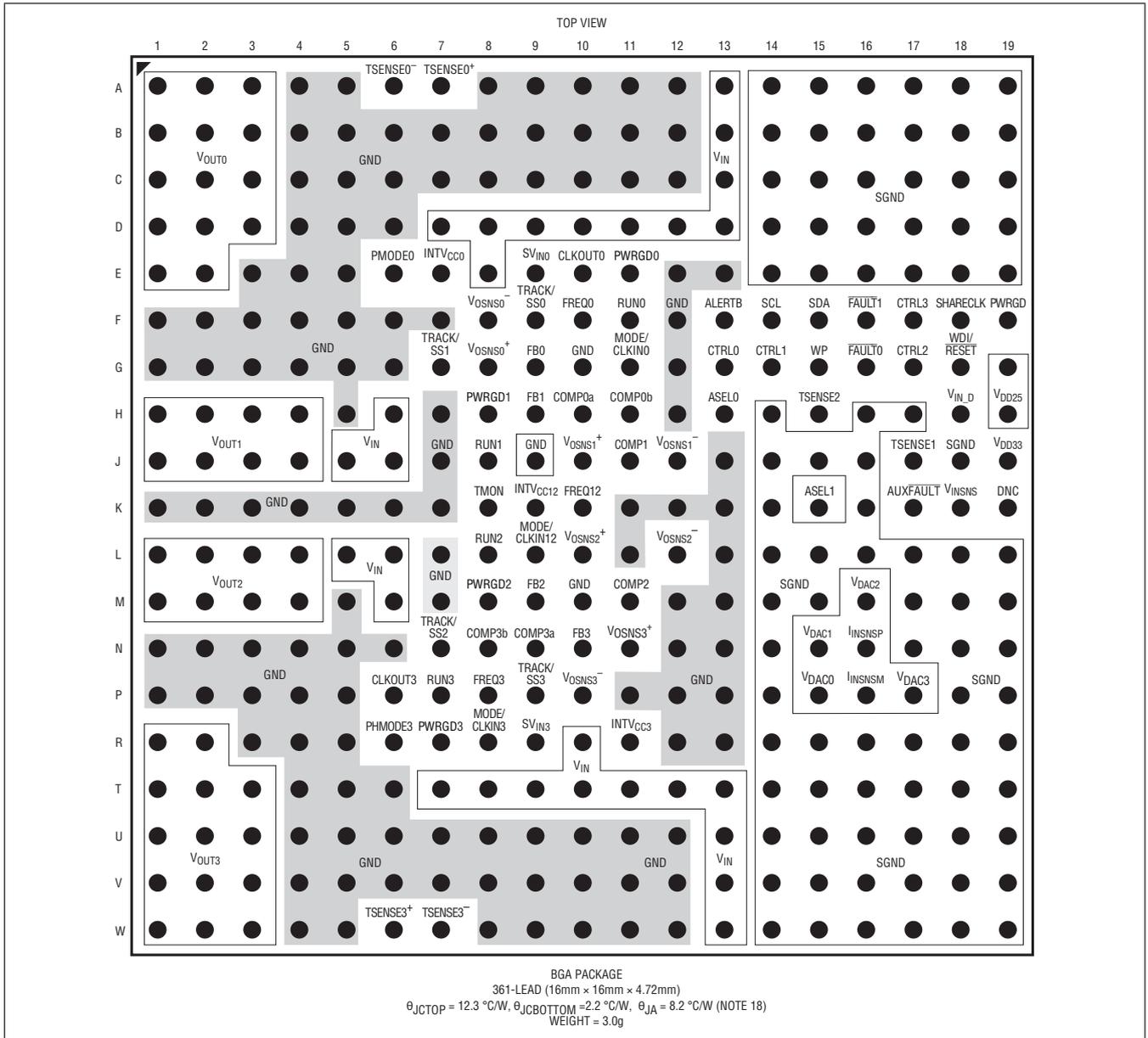
## デジタル電源電圧:

$V_{IN\_D}$ .....	-0.3V~15V
$V_{DD33}$ .....	-0.3V~3.6V
$V_{DD25}$ .....	-0.3V~2.75V

## デジタル入出力電圧:

$\overline{ALERT}$ , $SDA$ , $SCL$ , $CONTROL0$ , $CONTROL1$ , $CONTROL2$ , $CONTROL3$ .....	-0.3V~3.6V
$PWRGD$ , $SHARECLK$ , $WDI/RESET$ , $WP$ , $\overline{FAULT0}$ , $\overline{FAULT1}$ .....	-0.3V~3.6V
$ASEL0$ , $ASEL1$ .....	-0.3V~3.6V
$V_{INSNS}$ .....	-0.3V~15V
$I_{INSNSP}$ , $I_{INSNSM} \sim V_{INSNS}$ .....	-0.3V~0.3V
$I_{INSNSP}$ , $I_{INSNSM}$ .....	-0.3V~15V
$AUXFAULT$ .....	-0.3V~15V
$V_{DAC[3:0]}$ .....	-0.3V~6V
$TSENSE[3:0]$ .....	-0.3V~3.6V

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング		パッケージ・タイプ	MSL レーティング	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4673EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4673Y	e1	BGA	4	-40°C~125°C
LTM4673IY#PBF						

- ・ 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
- ・ 本製品ではセカンド・サイド・リフローを行うことは推奨しません。

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します。それぞれの出力チャンネルごとに仕様化されています。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$  (Note 2)、 $SV_{IN} = V_{IN} = 12\text{V}$ での値です。図 53 の代表的なアプリケーションを参照してください。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>Switching Regulator Section: (12A Channels)</b>							
$V_{IN}$	Input DC Voltage		● 4.5		15	V	
$V_{OUT(RANGE)}$	Output Voltage Range		● 0.6		3.3	V	
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	$C_{IN} = 22\mu\text{F}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ , CCM $SV_{IN} = V_{IN} = 4.5\text{V to } 15\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A to } 12\text{A}$ $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (DAC Disconnect) $V_{OUT} = 0.6\text{V to } 3.3\text{V}$ , (DAC Soft Connect), (Note 12)	●		1.5 0.5	% %	
$I_Q(V_{IN})$	Input Supply Bias Current	MODE/CLKIN = 3.3V, FCM, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ MODE/CLKIN = 0V, DCM, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ RUN0-3 = 0V, Shutdown		75 3 250		mA mA $\mu\text{A}$	
$I_S(V_{IN})$	Input Supply Current	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 12\text{A}$		1.7		A	
$I_{OUT(DC)}$	Output Continuous Current Range	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 14)			12	A	
$\Delta V_{OUT(LINE)}/V_{OUT}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $V_{IN} = 4.5\text{V to } 15\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$	●	0.01	0.05	%/V	
$\Delta V_{OUT(LOAD)}/V_{OUT}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A to } 12\text{A}$ (DAC Disconnect)	●	0.2	0.5	%	
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 3 \times 100\mu\text{F}$ Ceramic $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		18		mV	
$\Delta V_{OUT(START)}$	Turn-On Overshoot	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 3 \times 100\mu\text{F}$ Ceramic, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 12)		5		mV	
$t_{START}$	Turn-On Time	TRACK/SS = 0.1 $\mu\text{F}$ , $SV_{IN} = V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 3 \times 100\mu\text{F}$ Ceramic		1		ms	
$\Delta V_{OUTLS}$	Peak Deviation for Dynamic Load	Load: 0% to 25% to 0% of Full Load $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 3 \times 100\mu\text{F}$ Ceramic (Note 12)		$\pm 50$		mV	
$t_{SETTLE}$	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0% to 25% to 0% of Full Load $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 3 \times 100\mu\text{F}$ Ceramic (Note 12)		30		$\mu\text{s}$	
$I_{OUTPK}$	Output Current Limit	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$		12.5		A	
$V_{FB}$	Voltage at $V_{FB}$ Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.594	0.6	0.606	V
$I_{FB}$	Current at $V_{FB}$ Pin	(Note 16)			$\pm 50$	nA	
$R_{FB(TOP)}$	Resistor Between $V_{OUT}$ and $V_{FB}$ Pins			60.05	60.40	60.75	k $\Omega$
$V_{RUN}$	RUN Pin ON Threshold	$V_{RUN}$ Rising Hysteresis		1.10 1.20 150		1.35 mV	
$UVLO$	Undervoltage Lockout	PWRGD Falling Hysteresis		2.45 2.6 0.4		2.75 V V	
$I_{TRACK/SS}$	Track Pin Soft-Start Pull-Up Current	TRACK/SS = 0V		6		$\mu\text{A}$	
$t_{ON(MIN)}$	Minimum On-Time	(Note 13)		25		ns	
$t_{OFF(MIN)}$	Minimum Off-Time	(Note 16)		80		ns	
$V_{PWRGD}$	PWRGD Trip Level	$V_{FB}$ With Respect to Set Output $V_{FB}$ Ramping Negative $V_{FB}$ Ramping Positive		-10.5 5	-8 8	-5 10.5	% %
$R_{PWRGD}$	PWRGD Pull-Down Resistance	1mA Load		8	15	$\Omega$	
$INTV_{CC}$	Internal $V_{CC}$ Voltage			3.0	3.3	3.6	V
FREQ	Default Switching Frequency			600		kHz	
CLKIN0, CLKIN3	CLKIN Input High Threshold CLKIN Input Low Threshold			1	0.3	V V	

## 電氣的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様を示します。それぞれの出力チャンネルごとに仕様化されています。特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$  (Note 2)、 $S_{VIN} = V_{IN} = 12\text{V}$ での値です。図53の代表的なアプリケーションを参照してください。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>Switching Regulator Section: (5A Channels)</b>							
$V_{IN}$	Input DC Voltage		● 4.5		15	V	
$V_{OUT(RANGE)}$	Output Voltage Range		● 0.6		5.5	V	
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	$C_{IN} = 22\mu\text{F}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ , CCM $S_{VIN} = V_{IN} = 4.5\text{V to } 15\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A to } 5\text{A}$ $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (DAC Disconnect) $V_{OUT} = 0.6\text{V to } 5.5\text{V}$ , (DAC Soft Connect), (Note 12)	●		1.5 0.5	% %	
$I_{Q(VIN)}$	Input Supply Bias Current	MODE/CLKIN = GND, FCM, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ MODE/CLKIN = 3.3V, Burst Mode, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$		20 4		mA mA	
$I_S(VIN)$	Input Supply Current	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 5\text{A}$		0.75		A	
$I_{OUT(DC)}$	Output Continuous Current Range	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 14)			5	A	
$\Delta V_{OUT(LINE)}/V_{OUT}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $V_{IN} = 4.5\text{V to } 15\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$	●	0.01	0.1	%/V	
$\Delta V_{OUT(LOAD)}/V_{OUT}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A to } 5\text{A}$ (DAC Disconnect)	●	0.2	0.5	%	
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ Ceramic $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		4		mV	
$\Delta V_{OUT(START)}$	Turn-On Overshoot	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ Ceramic, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 12)		22		mV	
$t_{START}$	Turn-On Time	TRACK/SS = $0.01\mu\text{F}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ Ceramic		6		ms	
$\Delta V_{OUTLS}$	Peak Deviation for Dynamic Load	Load: 0% to 25% to 0% of Full Load $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ Ceramic (Note 12)		35		mV	
$t_{SETTLE}$	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0% to 25% to 0% of Full Load $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ Ceramic (Note 12)		60		$\mu\text{s}$	
$I_{OUTPK}$	Output Current Limit	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$		6		A	
$V_{FB}$	Voltage at $V_{FB}$ Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.592	0.6	0.608	V
$I_{FB}$	Current at $V_{FB}$ Pin	(Note 16)			$\pm 30$	nA	
$R_{FB(TOP)}$	Resistor Between $V_{OUT}$ and $V_{FB}$ Pins			60.05	60.40	60.75	k $\Omega$
$V_{RUN}$	RUN Pin ON Threshold	$V_{RUN}$ Rising Hysteresis		1.15	1.25 250	1.35	V mV
UVLO	Undervoltage Lockout	PWRGD Falling Hysteresis		2.25	2.5 0.5	2.7	V V
$I_{TRACK/SS}$	Track Pin Soft-Start Pull-Up Current	TRACK/SS = 0V		1.5		$\mu\text{A}$	
$t_{ON(MIN)}$	Minimum On-Time	(Note 13)		20		ns	
$t_{OFF(MIN)}$	Minimum Off-Time	(Note 16)		45		ns	
$V_{PWRGD}$	PWRGD Trip Level	$V_{FB}$ with Respect to Set Output $V_{FB}$ Ramping Negative $V_{FB}$ Ramping Positive		-10.5 5	-8 8	-5 10.5	% %
$R_{PWRGD}$	PWRGD Pull-Down Resistance	10mA Load		25		$\Omega$	
INTV <sub>CC</sub>	Internal $V_{CC}$ Voltage			3.0	3.3	3.6	V
FREQ	Default Switching Frequency			1		MHz	
MODE/CLKIN12	MODE/CLKIN12 High Threshold MODE/CLKIN12 Low Threshold			1		0.3	V V

## 電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN\_D} = V_{INSNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ ピンおよび $V_{DD25}$ ピンはフロート状態です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Digital Power Supply Characteristics</b>						
$V_{IN\_D}$	$V_{IN\_D}$ Supply Input Operating Range	$V_{DD33}$ Floating (Note 17)	● 4.5		15	V
$I_{IN\_D}$	$V_{IN\_D}$ Supply Current	$V_{DD33}$ Floating (Note 17)	●	10	13	mA
$I_{VDD33}$	$V_{DD33}$ Supply Current	$3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{IN\_D} = V_{DD33}$ (Note 17)	●	10	13	mA
$V_{UVLO\_VDD33}$	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout	$V_{DD33}$ Ramping Up, $V_{IN\_D} = V_{DD33}$ (Note 17)	● 2.25	2.55	2.8	V
	$V_{DD33}$ Undervoltage Lockout Hysteresis			120		mV
$V_{DD33}$	Supply Input Operating Range	$V_{IN\_D} = V_{DD33}$	● 3.13		3.47	V
	Regulator Output Voltage	$V_{IN\_D} = 4.5\text{V}$	● 3.13	3.26	3.47	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{IN\_D} = 4.5\text{V}$ , $V_{DD33} = 0\text{V}$	● 50	90	140	mA
$V_{DD25}$	Regulator Output Voltage	$V_{IN\_D} = 3.47\text{V}$	● 2.35	2.5	2.65	V
	Regulator Output Short-Circuit Current	$V_{IN\_D} = 3.47\text{V}$ , $V_{DD25} = 0\text{V}$	● 30	55	80	mA
$t_{INIT}$	Initialization Time	Time from $V_{IN}$ Applied Until the $TON\_DELAY$ Timer Starts (Note 17)		30		ms

**DAC Output Characteristics (Note 17)**

$N\_VDAC$	Resolution			10		Bits
$V_{FS\_VDAC}$	Full-Scale Output Voltage (Programmable)	DAC Code = 0x3FF	Buffer Gain Setting_0	1.38		V
		DAC Polarity = 1	Buffer Gain Setting_1	2.65		V
$INL\_VDAC$	Integral Nonlinearity	(Note 5)			$\pm 2$	LSB
$DNL\_VDAC$	Differential Nonlinearity	(Note 5)			$\pm 2.4$	LSB
$V_{OS\_VDAC}$	Offset Voltage	(Note 5)			$\pm 15$	mV
$V_{DAC}$	Load Regulation	$V_{DACn} = 2.65\text{V}$ , $I_{VDACn}$ Sourcing = 2mA		100		ppm/mA
		$V_{DACn} = 0.1\text{V}$ , $I_{VDACn}$ Sinking = 2mA		100		ppm/mA
	PSRR	DC: $3.13\text{V} \leq V_{DD33} \leq 3.47\text{V}$ , $V_{IN\_D} = V_{DD33}$		60		dB
	Leakage Current	$V_{DACn}$ Hi-Z, $0\text{V} \leq V_{DACn} \leq 6\text{V}$			$\pm 100$	nA
	Short-Circuit Current Low	$V_{DACn}$ Shorted to GND			-6	mA
	Short-Circuit Current High	$V_{DACn}$ Shorted to $V_{DD33}$			6	mA
$C_{OUT}$	Output Capacitance	$V_{DACn}$ Hi-Z		10		pF
$t_{S\_VDAC}$	DAC Output Update Rate	Fast Servo Mode		250		$\mu\text{s}$

**Voltage Supervisor Characteristics (Note 17)**

$V_{VS}$	Voltage Range (Programmable)	Low Resolution Mode	0	6	V
		High Resolution Mode	0	3.8	V
$N\_VS$	Voltage Sensing Resolution	0V to 3.8V Range: High Resolution Mode		4	mV/LSB
		0V to 6V Range: Low Resolution Mode		8	mV/LSB
$TUE\_VS$	Total Unadjusted Error	$2\text{V} \leq V_{VS} \leq 6\text{V}$ , Low Resolution Mode		$\pm 1.25$	% of Reading
		$1.5\text{V} < V_{VS} \leq 3.8\text{V}$ , High Resolution Mode		$\pm 1.0$	% of Reading
		$0.8\text{V} \leq V_{VS} \leq 1.5\text{V}$ , High Resolution Mode		$\pm 1.5$	% of Reading
$t_{S\_VS}$	Update Period			12.21	$\mu\text{s}$

## 電氣的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN\_D} = V_{INSNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$  ピンおよび  $V_{DD25}$  ピンはフロート状態です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Current Supervisor Characteristics (Note 17)</b>						
$V_{IN\_CS}$	Current Sense Range (Note 17)	Differential Voltage	-170		170	mV
$N\_CS$	Current Sense Resolution (Note 3)	$I_{OUT\_OC\_FAULT\_LIMIT} \cdot I_{OUT\_CAL\_GAIN}$ $I_{OUT\_UC\_FAULT\_LIMIT} \cdot I_{OUT\_CAL\_GAIN}$		400		$\mu\text{V}/\text{LSB}$
$TUE\_CS$	Total Unadjusted Error	$50\text{mV} \leq  V_{CS}  \leq 170\text{mV}$			$\pm 3$	% of Reading
		$ V_{CS}  < 50\text{mV}$			$\pm 1.5$	mV
$V_{OS\_CS}$	Offset Error	$V_{CS} = 0$			$\pm 600$	$\mu\text{V}$
$t_{S\_CS}$	Update Period			12.21		$\mu\text{s}$
$I_{O\_RB\_ACC}$	Output Current, Readback Accuracy	$READ\_I_{OUTn}$ , Channels 0 and 3, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUTn} = 1.0\text{V}$ , $0 \leq I_{OUTn} \leq 12\text{A}$ (Note 15)	●		$\pm 0.36\text{A}$ of Reading	A
		$READ\_I_{OUTn}$ , Channels 1 and 2, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUTn} = 1.0\text{V}$ , $0 \leq I_{OUTn} \leq 3\text{A}$ (Note 15)			$\pm 0.5\text{A}$ of Reading	A
<b>V<sub>INSNS</sub> Input Characteristics (Note 17)</b>						
$V_{INSNS}$	$V_{INSNS}$ Input Voltage Range	(Note 10)	0		15	V
$I_{VINSNS}$	$V_{INSNS}$ Input Current	$V_{VINSNS} = 4.5\text{V}$		140		$\mu\text{A}$
		$V_{VINSNS} = 12\text{V}$		250		$\mu\text{A}$
		$V_{VINSNS} = 15\text{V}$		300		$\mu\text{A}$
$TUE_{VINSNS\_T}$	$V_{IN\_ON}$ , $V_{IN\_OFF}$ Threshold Total Unadjusted Error	$4.5\text{V} \leq V_{VINSNS} \leq 8\text{V}$			$\pm 2.0$	% of Reading
		$V_{VINSNS} > 8\text{V}$			$\pm 1.0$	% of Reading
$TUE_{VIN}$	$READ\_VIN$ Total Unadjusted Error	$4.5\text{V} \leq V_{VINSNS} \leq 15\text{V}$			$\pm 0.5$	% of Reading
<b>DAC Soft-Connect Comparator Characteristics (Note 17)</b>						
$V_{OS\_CMP}$	Offset Voltage	$V_{DACn} = 0.2\text{V}$		$\pm 1$	$\pm 18$	mV
		$V_{DACn} = 1.3\text{V}$		$\pm 2$	$\pm 26$	mV
		$V_{DACn} = 2.65\text{V}$		$\pm 3$	$\pm 52$	mV
<b>Input Current Sense Characteristics (Note 17)</b>						
$V_{IIN}$	Common Mode Input Range	$V_{IINSNP} = V_{IINSNSM}$ (Note 10)	4.5		15	V
$I_{IIN}$	$I_{IINSNP}$ , $I_{IINSNSM}$ Input Current	$V_{IINSNP} = V_{IINSNSM} = V_{INSNS}$		0.5	2	$\mu\text{A}$
$FS\_IIN$	Full-Scale Input Current Sense Voltage Range	Referred to $(V_{IINSNP} - V_{IINSNSM})$				
		High Range	-100		100	mV
		Medium Range	-50		50	mV
		Low Range	-20		20	mV
$TUE\_IIN$	Total Unadjusted Error	$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 100\text{mV}$ , High Range			$\pm 0.6$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 50\text{mV}$ , Medium Range			$\pm 0.65$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 20\text{mV}$ , Low Range			$\pm 0.75$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 20\text{mV}$ , High Range			$\pm 1$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 15\text{mV}$ , Medium Range			$\pm 1$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 10\text{mV}$ , Low Range			$\pm 1$	% of Reading
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 0\text{mV}$ , High Range			$\pm 100$	$\mu\text{V}$
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 0\text{mV}$ , Medium Range			$\pm 75$	$\mu\text{V}$
		$ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 0\text{mV}$ , Low Range			$\pm 50$	$\mu\text{V}$
$CMRR\_IIN$	DC CMRR	$4.5\text{V} \leq V_{IINSNP} = V_{IINSNS} \leq 15\text{V}$ $ V_{IINSNP} - V_{IINSNSM}  = 100\text{mV}$ High Range	85			dB
	AC CMRR	$V_{IINSNP} = V_{IINSNS} = 12\text{V} \pm 100\text{mV}$ $f = 62.5\text{kHz}$		85		dB

## 電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN\_D} = V_{INSNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$ ピンおよび $V_{DD25}$ ピンはフロート状態です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{CONV\_JIN}$	Conversion Time (Note 4)			25		ms
$t_{UPDATE}$	Update Rate (Note 4)			5.4		Hz

## Power Stage Temperature Sensor Characteristics (READ\_TEMPERATURE\_1) (Note 17)

$t_{CONV\_TSENSE}$	Conversion Time	For One Channel, (Total Latency for All Channels Is $4 \cdot 66\text{ms}$ )		66		ms
$I_{TSENSE\_HI}$	$T_{SENSE}$ High Level Current			-64		$\mu\text{A}$
$I_{TSENSE\_LOW}$	$T_{SENSE}$ Low Level Current			-4		$\mu\text{A}$
TUE_TS	Total Unadjusted Error (Note 15)	Ideal Diode Assumed (12A Channels)		$\pm 3$		$^\circ\text{C}$
		Ideal Diode Assume (5A Channels); $-40^\circ\text{C}$ to $0^\circ\text{C}$		$\pm 14$		$^\circ\text{C}$
		Ideal Diode Assume (5A Channels); $0^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$		$\pm 5$		$^\circ\text{C}$
N_TS	Maximum Ideality Factor	READ_TEMPERATURE_1 = $175^\circ\text{C}$ MFR_TEMP_1_GAIN = $1/N_{TS}$			1.10	$^\circ\text{C}$

## IC Temperature Sensor Characteristics (READ\_TEMPERATURE\_2) (Note 17)

TUE_TS2	Total Unadjusted Error			$\pm 1$		$^\circ\text{C}$
---------	------------------------	--	--	---------	--	------------------

## General Purpose Output (AUXFAULT) Characteristics (Note 17)

$V_{AUXFAULT}$	Output High Voltage	$I_{AUXFAULT} = -5\mu\text{A}$ , $V_{DD33} = 3.13\text{V}$		13		V
$I_{AUXFAULT}$	Output Sourcing Current	AUXFAULT Pull-Up Enabled, $V_{AUXFAULT} = 1\text{V}$		-7		$\mu\text{A}$
	Output Sinking Current	Strong Pull-Down Enabled, $V_{AUXFAULT} = 0.4\text{V}$		5		mA
	Output Leakage Current	Internal Pull-Up Disabled, $0\text{V} \leq V_{AUXFAULT} \leq 15\text{V}$			$\pm 1$	$\mu\text{A}$

## Energy Meter Characteristics (Note 17)

TUE_ETB	Energy Meter Time-Base Error			$\pm 1.5$		% of Reading
TUE_PIN	READ_PIN Total Unadjusted Error	$V_{IINSNSP} - V_{IINSNSM} = 50\text{mV}$ , Medium Range		$\pm 1$		% of Reading
TUE_EIN	Energy Meter Total Unadjusted Error	$V_{IINSNSP} - V_{IINSNSM} = 50\text{mV}$ , Medium Range		$\pm 2.5$		% of Reading

## EEPROM Characteristics

Endurance	(Notes 6, 9)	$0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations		10,000		Cycles
Retention	(Notes 6, 9)	$T_J < 125^\circ\text{C}$		10		Years
$t_{MASS\_WRITE}$	Mass Write Operation Time (Note 7)	STORE_USER_ALL, $0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations		440	4100	ms

## Digital Inputs SCL, SDA, CONTROL0, CONTROL1, CONTROL2, CONTROL3, WDI/RESET, FAULT0, FAULT1, WP (Note 17)

$V_{IH}$	High Level Input Voltage	FAULT0, FAULT1, SDA, SCL, WDI/RESET, WP		2.1		V
		CONTROL <sub>n</sub> Only		1.85		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	FAULT0, FAULT1, SDA, SCL, WDI/RESET, WP			1.5	V
		CONTROL <sub>n</sub> Only			1.6	V
$V_{HYST}$	Input Hysteresis			20		mV
$I_{LEAK}$	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$			$\pm 2$	$\mu\text{A}$
$t_{SP}$	Pulse Width of Spike Suppressed	FAULT0, FAULT1, CONTROL <sub>n</sub>		10		$\mu\text{s}$
		SDA, SCL		98		ns
$t_{FAULT\_MIN}$	Minimum Low Pulse Width for Externally Generated Faults			180		ms
$t_{RESET}$	Pulse Width to Assert Reset	$V_{WDI/RESET} \leq 1.5\text{V}$		300		$\mu\text{s}$
$t_{WDI}$	Pulse Width to Reset Watchdog Timer	$V_{WDI/RESET} \leq 1.5\text{V}$		0.3	200	$\mu\text{s}$

## 電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN\_D} = V_{INSNS} = 12\text{V}$ 、 $V_{DD33}$  ピンおよび  $V_{DD25}$  ピンはフロート状態です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$f_{WDI}$	Watchdog Timer Interrupt Input Frequency				1	MHz
$C_{IN}$	Input Capacitance			10		pF

## Digital Input SHARECLK (Note 17)

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

## Digital Outputs SDA, ALERT, SHARECLK, FAULT0, FAULT1, PWRGD (Note 17)

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

## Digital Inputs ASEL0, ASEL1 (Note 17)

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

## Serial Bus Timing Characteristics (Note 17)

$f_{SCL}$	Serial Clock Frequency (Note 8)		10		400	kHz
$t_{LOW}$	Serial Clock Low Period (Note 8)		1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HIGH}$	Serial Clock High Period (Note 8)		0.6			$\mu\text{s}$
$t_{BUF}$	Bus Free Time Between Stop and Start (Note 8)		1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HD,STA}$	Start Condition Hold Time (Note 8)		600			ns
$t_{SU,STA}$	Start Condition Setup Time (Note 8)		600			ns
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Setup Time (Note 8)		600			ns
$t_{HD,DAT}$	Data Hold Time (LTM4673 Receiving Data) (Note 8)		0			ns
	Data Hold Time (LTM4673 Transmitting Data) (Note 8)		300		900	ns
$t_{SU,DAT}$	Data Setup Time (Note 8)		100			ns
$t_{SP}$	Pulse Width of Spike Suppressed (Note 8)			98		ns
$t_{TIMEOUT\_BUS}$	Time Allowed to Complete any PMBus Command After Which Time SDA Will Be Released and Command Terminated	$Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout = 0$		25	35	ms
		$Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout = 1$		200	280	ms

## Additional Digital Timing Characteristics

$t_{OFF\_MIN}$	Minimum Off-Time for Any Channel	(Note 17)		100		ms
----------------	----------------------------------	-----------	--	-----	--	----

## 電気的特性

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

**Note 2:** LTM4673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。LTM4673Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲内で性能仕様を満たすよう設計されています。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲全体における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。LTM4673Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全内部動作温度範囲で仕様を満たすよう設計されています。これらの仕様に見合う最高周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因に加え、個々の動作条件によって決定されることに留意してください。

**Note 3:** 電流検出の分解能は、L11フォーマットと返される値(mV単位)で決まります。例えば、170mVのフルスケール値は、 $0 \times \text{F2A8} = 680 \cdot 2^{-2} = 170$ というL11値を返します。これが、L11の仮数をオーバーフローすることなくこの値を表せる最小レンジで、このレンジでの1LSBの分解能は $2^{-2} \text{mA} = 250 \mu\text{A}$ となります。LSBのサイズを半分にしてレンジをこれより順次小さくして行くことに、分解能は向上します。

**Note 4:** 逐次ADC変換の間の公称時間(ADCのレイテンシー)はどのチャンネルに対しても、 $t_{\text{UPDATE\_ADC}}$ です。

**Note 5:** 非直線性は、最大オフセット仕様値以上の最初のコードからフルスケールコード1023の範囲で定義されます。

**Note 6:** EEPROMの書換え回数およびデータ保持時間は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。最小データ保持時間仕様は、EEPROMのサイクル回数が最小書換え回数仕様値未満のデバイスに適用されます。

**Note 7:** STORE\_USER\_ALLコマンドを実行している場合、LTM4673はMFR\_COMMONを除きどのPMBusコマンドにもアクノレージしません。動作のセクションも参照してください。

**Note 8:** SCLおよびSDAの最大容量性負荷 $C_B$ は、400pFです。データおよびクロックの立上がり時間( $t_r$ )と立下がり時間( $t_f$ )は、 $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_r < 300$ ns、および、 $(20 + 0.1 \cdot C_B)$  (ns)  $< t_f < 300$ nsとなります。 $C_B$ は、1つのバス・ラインの容量(pF)です。SCLおよびSDAの外部プルアップ電圧 $V_{IO}$ は、 $3.13\text{V} < V_{IO} < 3.6\text{V}$ です。

**Note 9:**  $T_J > 125^\circ\text{C}$ の場合、EEPROM書換え回数およびデータ保持時間は低下します。

**Note 10:** READ\_VINは $0\text{V} \leq V_{\text{INSENS}} \leq 15\text{V}$ で動作しますが、READ\_IIN、READ\_PIN、MFR\_EINの有効動作範囲は $4.5\text{V} \leq V_{\text{INSENS}} \leq 15\text{V}$ です。

**Note 11:**  $V_{\text{SENSE}}$ および $I_{\text{SENSE}}$ の入力電流は、入力電流および入力差動電流で特性が決まります。入力電流は1つのデバイス・ピンに流れ込む電流として定義されます(注2参照)。入力差動電流は、 $(I^+ - I^-)$ で定義されます。ここで、 $I^+$ は正側デバイス・ピンに流れる電流、 $I^-$ は負側デバイス・ピンに流れる電流です。

**Note 12:** 公称条件下のベンチでテストしています。

**Note 13:** 最小オン時間のテストは、ウェーハ選別時に行っています。

**Note 14:** 異なる $V_{\text{IN}}$ 、 $V_{\text{OUT}}$ 、 $T_A$ についての出力電流ディレーティング曲線を参照してください。

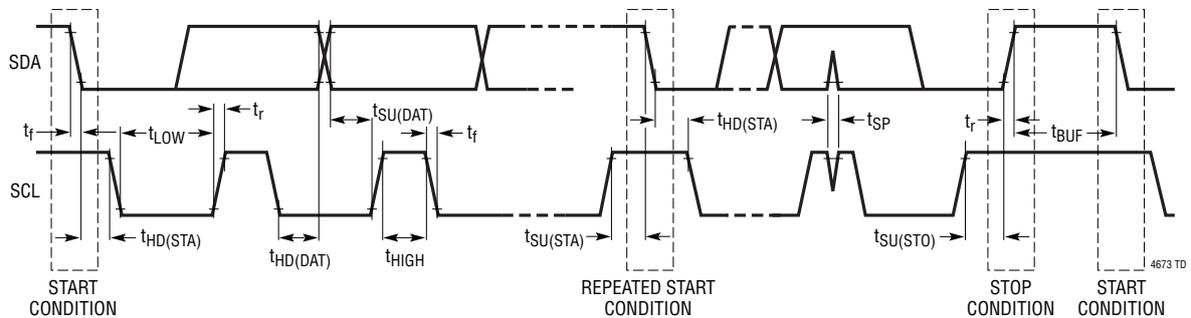
**Note 15:** 設計により性能を確保。

**Note 16:** ウェーハ・レベルで100%テストしています。

**Note 17:** ICレベルのATEでテストしています。

**Note 18:**  $\theta_{\text{JA}}$ の値はJESD51の条件に従ったシミュレーションにより決定されます。 $\theta_{\text{JA}}$ の値はデモ・ボードを使用して取得しています。

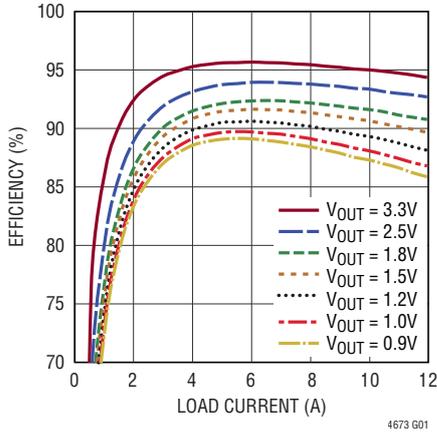
## PMBusのタイミング図



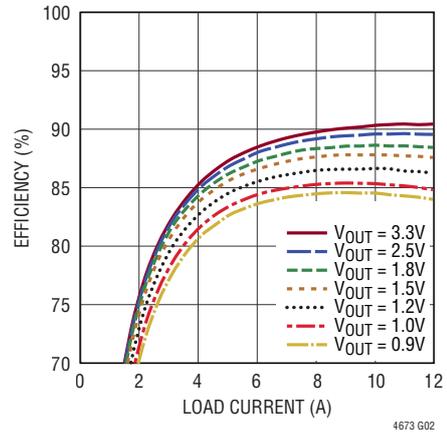
代表的な性能特性

デュアル12Aチャンネル

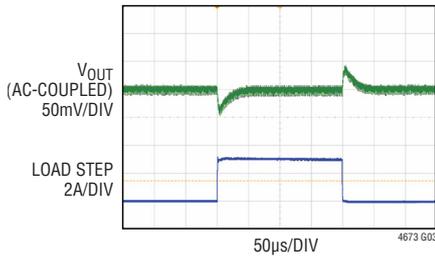
5V<sub>IN</sub>での効率と負荷電流の関係



12V<sub>IN</sub>での効率と負荷電流の関係

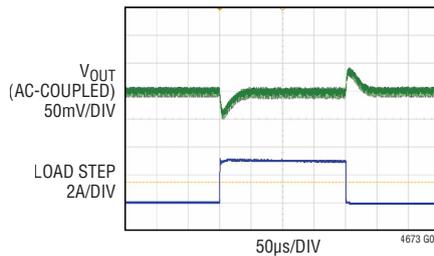


1.0V出力の過渡応答



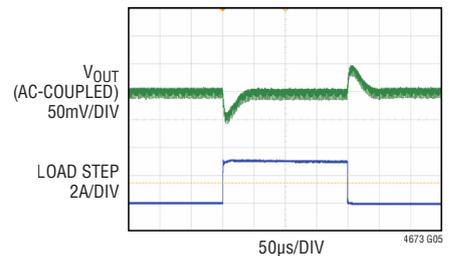
V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

1.2V出力の過渡応答



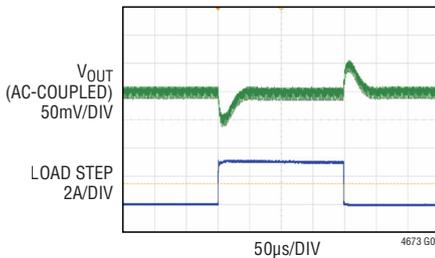
V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.2V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

1.5V出力の過渡応答



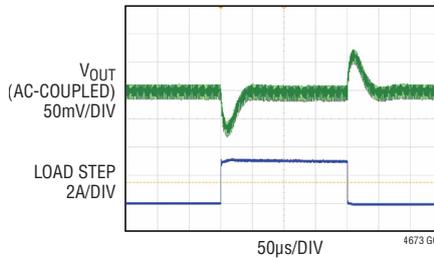
V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.5V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

1.8V出力の過渡応答



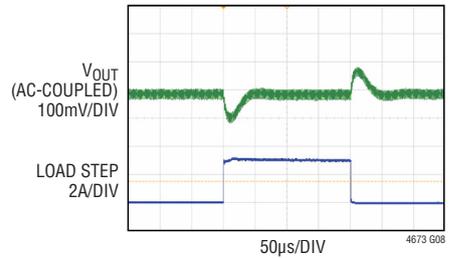
V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.8V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

2.5V出力の過渡応答



V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 2.5V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

3.3V出力の過渡応答

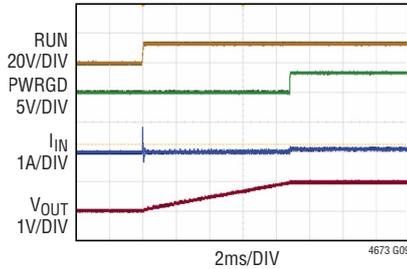


V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 3.3V  
FREQUENCY = 600kHz  
C<sub>OUT</sub> = 100µF ×3 CERAMIC CAPACITORS  
EXT COMP: R<sub>TH</sub> = 5k, C<sub>TH</sub> = 2200pF, C<sub>FF</sub> = 33pF  
3A (25%) LOAD STEP, 1A/µs

## 代表的な性能特性

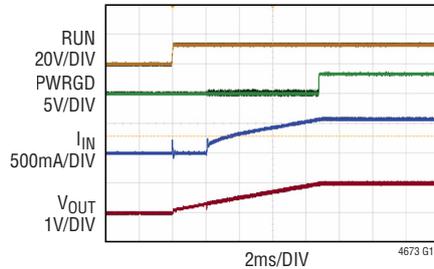
### デュアル12Aチャンネル

無負荷電流時の  
スタートアップ波形



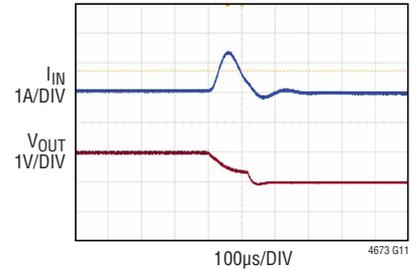
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 330\mu F \times 1$  POSCAP  
 $100\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{SS} = 0.1\mu F$

12A 負荷電流印加時の  
スタートアップ波形



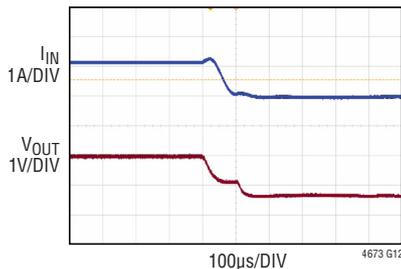
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 330\mu F \times 1$  POSCAP  
 $100\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{SS} = 0.1\mu F$

無負荷電流時の短絡時波形、  
 $V_{OUT}$  低電圧フォルト応答



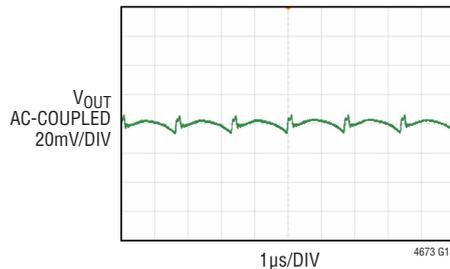
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 330\mu F \times 1$  POSCAP  
 $100\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS

12A 負荷電流時の短絡時波形、  
 $V_{OUT}$  低電圧フォルト応答



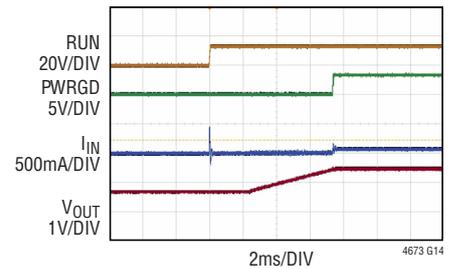
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 330\mu F \times 1$  POSCAP  
 $100\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS

出力電圧リップル



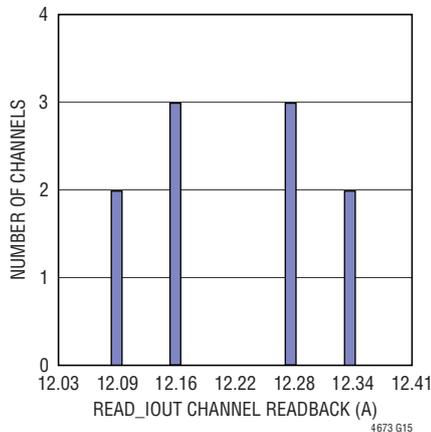
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 100\mu F \times 3$  CERAMIC CAPACITORS

出力がプリバイアスされた状態  
への起動



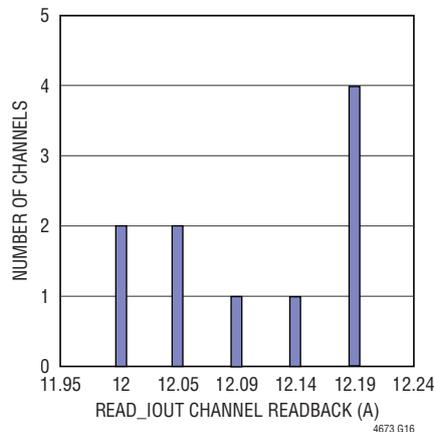
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1.5V$   
 $V_{OUT}$  PREBIASED TO 0.9V  
 FREQUENCY = 600kHz  
 $C_{OUT} = 330\mu F \times 1$  POSCAP  
 $100\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS

10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)



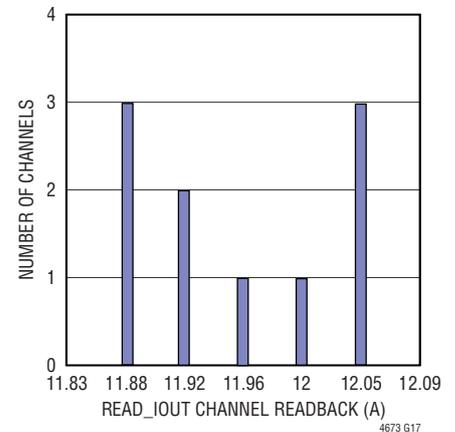
$12V_{IN}$ ,  $1V_{OUT}$ ,  $T_J = -40^\circ C$ ,  $I_{OUTn} = 12A$ ,  
 SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
 STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)



$12V_{IN}$ ,  $1V_{OUT}$ ,  $T_J = 25^\circ C$ ,  $I_{OUTn} = 12A$ ,  
 SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
 STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)

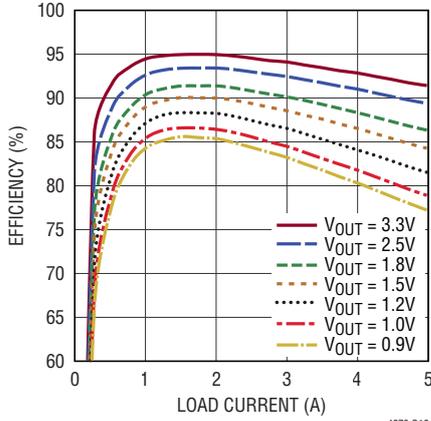


$12V_{IN}$ ,  $1V_{OUT}$ ,  $T_J = 125^\circ C$ ,  $I_{OUTn} = 12A$ ,  
 SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
 STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

代表的な性能特性

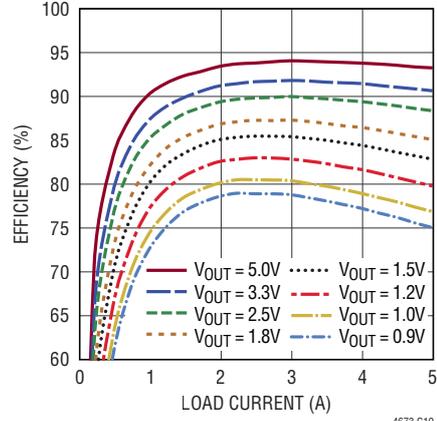
デュアル5Aチャンネル

5VINでの効率と負荷電流の関係



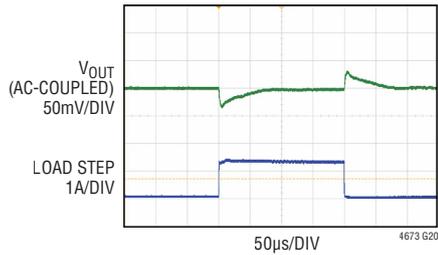
4673 G18

12VINでの効率と負荷電流の関係



4673 G19

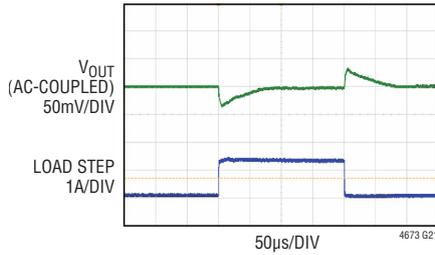
1.0V出力の過渡応答



4673 G20

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

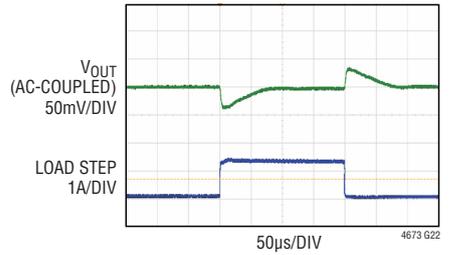
1.2V出力の過渡応答



4673 G21

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.2V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

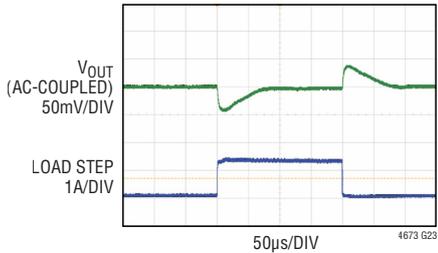
1.5V出力の過渡応答



4673 G22

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.5V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

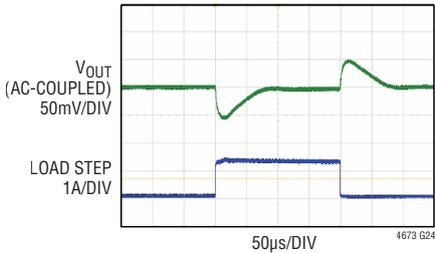
1.8V出力の過渡応答



4673 G23

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 1.8V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

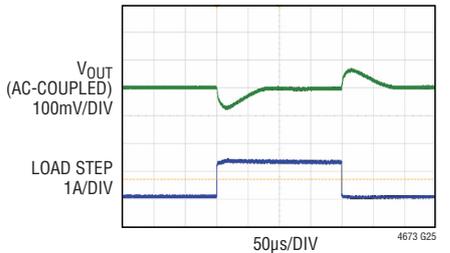
2.5V出力の過渡応答



4673 G24

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 2.5V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

3.3V出力の過渡応答



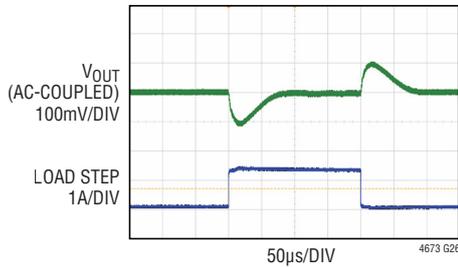
4673 G25

V<sub>IN</sub> = 12V  
V<sub>OUT</sub> = 3.3V  
FREQUENCY = 1MHz  
C<sub>OUT</sub> = 10μF ×1, 47μF ×2 CERAMIC CAPACITORS  
INTERNALLY COMPENSATED  
C<sub>FF</sub> = 33pF  
1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/μs

## 代表的な性能特性

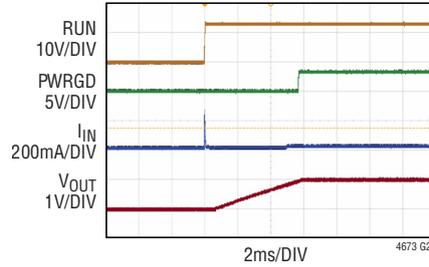
### デュアル5Aチャンネル

#### 5V出力の過渡応答



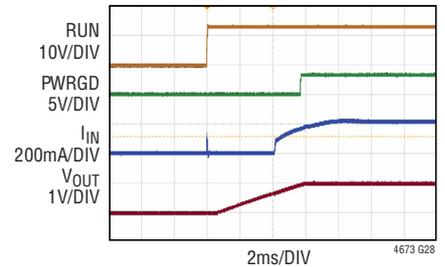
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 10\mu F \times 1, 47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 INTERNALLY COMPENSATED  
 $C_{FF} = 33pF$   
 1.25A (25%) LOAD STEP, 1A/ $\mu s$

#### 無負荷電流時の スタートアップ波形



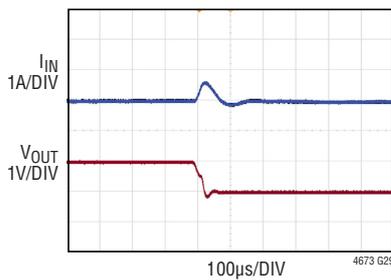
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 10\mu F \times 1$  POSCAP  
 $47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF, C_{SS} = 0.1\mu F$

#### 5A負荷電流印加時の スタートアップ波形



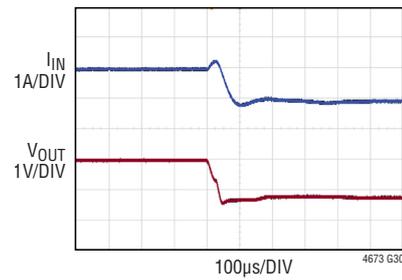
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 10\mu F \times 1$  POSCAP  
 $47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF, C_{SS} = 0.1\mu F$

#### 無負荷電流時の短絡時波形、 $V_{OUT}$ 低電圧フォルト応答



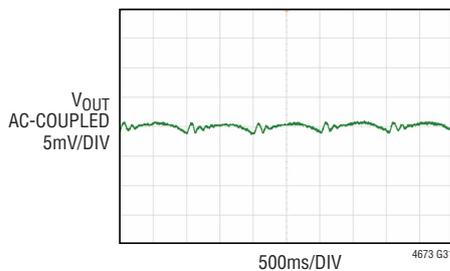
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 100\mu F \times 1, 47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF$

#### 5A負荷電流時の短絡時波形、 $V_{OUT}$ 低電圧フォルト応答



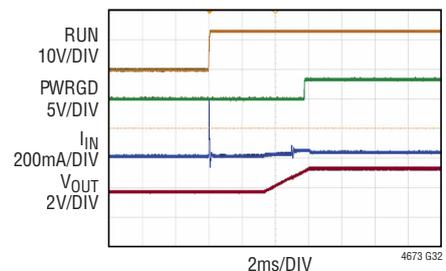
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 10\mu F \times 1, 47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF$

#### 無負荷電流時の出力リップル



$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1V$   
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 1 \times 10\mu F, 47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF$

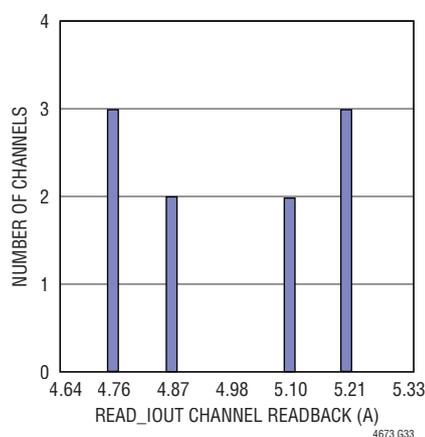
#### 出力がプリバイアスされた状態への起動



$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 3.3V$   
 $V_{OUT}$  PREBIASED TO 1.8V  
 FREQUENCY = 1MHz  
 $C_{OUT} = 10\mu F \times 1$  POSCAP  
 $47\mu F \times 2$  CERAMIC CAPACITORS  
 $C_{FF} = 100pF, C_{SS} = 0.1\mu F$

## 代表的な性能特性

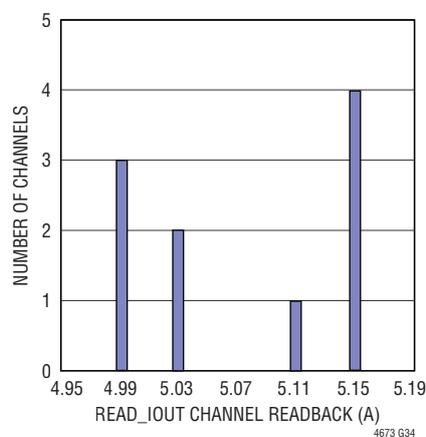
10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)



12V<sub>IN</sub>, 2.5V<sub>OUT</sub>, T<sub>J</sub> = -40°C, I<sub>OUT</sub> = 5A,  
SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

4673 G33

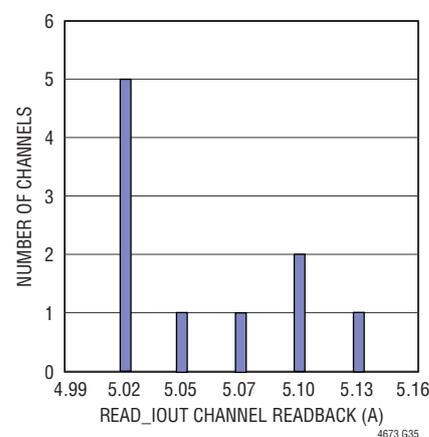
10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)



12V<sub>IN</sub>, 2.5V<sub>OUT</sub>, T<sub>J</sub> = 25°C, I<sub>OUT</sub> = 5A,  
SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

4673 G34

10個のLTM4673チャンネルの  
READ\_IOUT (DC2810A)



12V<sub>IN</sub>, 2.5V<sub>OUT</sub>, T<sub>J</sub> = 125°C, I<sub>OUT</sub> = 5A,  
SYSTEM HAVING REACHED THERMALLY  
STEADY-STATE CONDITION, NO AIRFLOW

4673 G35

## 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** (ピン A4-A5、A8-A12、B4-B12、C4-C12、D4-D6、E3-E5、E12-E13、F1-F7、F12、G1-G6、G10、G12、H5、H7、H12、J7、J9、J13、K1-K7、K11-K13、L7、L11、L13、M5、M7、M10、M12-M13、N1-N6、N12-N13、P1-P5、P11-P13、R3-R5、R12-R13、T4-T6、U4-U12、V4-V12、W4-W5、W8-W12) : 入出力リターン用電源グラウンド・ピン。PCBの大面積銅領域を使用して全てのGNDを互いに接続してください。

**V<sub>IN</sub>** (ピン A13、B13、C13、D7-D13、E8、H6、J5-J6、L5-L6、M6、R10、T7-T13、U13、V13、W13) : 電源入力。これらのピンは、内部の上側MOSFETのドレインと、各スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルの制御回路用3.3V内部レギュレータへの信号V<sub>IN</sub>に接続されます。これらのピンとGNDピンの間に入力電圧を印加します。各V<sub>IN</sub>ピンとGNDピンの間には、入力デカップリング・コンデンサを直接接続することを推奨します。

### デュアル12Aチャンネル用ピン:

**V<sub>OUT0</sub>** (ピン A1-A3、B1-B3、C1-C3、D1-D3、E1-E2)、**V<sub>OUT3</sub>** (ピン R1-R2、T1-T3、U1-U3、V1-V3、W1-W3) : 12Aスイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの電力出力ピン。これらのピンとGNDピンの間に出力負荷を加えます。これらのピンとGNDピンの間には、デカップリング・コンデンサを直接接続することを推奨します。出力の並列化については、[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。

**TSENSE0<sup>-</sup>** (ピン A6)、**TSENSE3<sup>-</sup>** (ピン W7) : 内蔵温度モニタの低電圧側。

**TSENSE0<sup>+</sup>** (ピン A7)、**TSENSE3<sup>+</sup>** (ピン W6) : 12Aスイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの温度モニタ。NPNトランジスタに接続された内部ダイオードがTSENSE<sup>+</sup>ピンとTSENSE<sup>-</sup>ピンの間に配置されています。[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。

**PHMODE0** (ピン E6)、**PHMODE3** (ピン R6) : 12Aスイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの位相セクタへの制御入力。内部発振器とCLKOUTの間の位相関係を決定します。2相動作の場合はこのピンをINTV<sub>CC</sub>に接続してください。3相動作の場合はSGNDに接続し、4相動作の場合はフローティング状態にします。詳細については[アプリケーション情報の](#)セクションを参照してください。

## ピン機能

**INTV<sub>CC0</sub> (ピン E7)、INTV<sub>CC3</sub> (ピン R11)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの 3.3V 内部レギュレータ出力。内部のパワー・ドライバと制御回路は、この電圧を電力源としています。このピンは、2.2μF 以上の局所的な低 ESR セラミック・コンデンサを用いて GND とデカップリングします。

**SV<sub>IN0</sub> (ピン E9)、SV<sub>IN3</sub> (ピン R9)** : 信号 V<sub>IN</sub>。オンチップ 3.3V レギュレータへのフィルタ処理された入力電圧。ほとんどのアプリケーションでは、このピンを V<sub>IN</sub> に接続します。あるいは、SV<sub>IN</sub> を最低 4V かつ V<sub>OUT</sub> より高い電圧の外部電圧源に接続します。

**CLKOUT0 (ピン E10)、CLKOUT3 (ピン P6)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの PolyPhase 動作用クロック信号出力。CLKIN を基準とする CLKOUT の位相は、対応する PHMODE ピンの状態によって決まります。CLKOUT のピーク to ピーク振幅は INTV<sub>CC</sub> ~ GND です。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。

**PWRGD0 (ピン E11)、PWRGD3 (ピン R7)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとのオープンドレイン・ロジックによるパワー・グッド出力。FB ピンの電圧が内部 0.6V リファレンスの ±8% から外れると、PWRGD はグラウンドに引き下げられます。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>-</sup> (ピン F8)、V<sub>OSNS3</sub><sup>-</sup> (ピン P10)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの差動リモート検出アンプの負側入力。特定のチャンネルの出力電圧を設定するには、FB ピンと V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> ピンの間に外部抵抗を接続します。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**TRACK/SS0 (ピン F9)、TRACK/SS3 (ピン P9)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用して出力電圧の立上がり時間を制御できます。このピンの電圧を 0.6V 未満にすると、エラー・アンプの内部リファレンス入力をバイパスし、FB ピンを TRACK 電圧になるようにサーボ制御します。0.6V を超えると、トラッキング機能は停止され、内部リファレンスによるエラー・アンプの制御が再開されます。このピンには INTV<sub>CC</sub> からの内部 6μA プルアップ電流があるため、コンデンサを配置することによりソフトスタート機能を備えることができます。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**FREQ0 (ピン F10)、FREQ3 (ピン P8)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとのスイッチング周波数設定ピン。周波数は内部で 600kHz にセットされています。外付け抵抗をこのピンと GND の間に配置すると周波数を増加で

き、また、このピンと INTV<sub>CC</sub> の間に配置すると周波数を減少できます。周波数調整については [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。

**RUN0 (ピン F11)、RUN3 (ピン P7)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの動作制御入力。対応する CONTROL<sub>n</sub> 出力に内部接続されています。これらのピンはフロート状態のままにしておきます。

**V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup> (ピン G8)、V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup> (ピン N11)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの差動リモート検出アンプの正側入力。このピンは、60.4kΩ の 0.5% 高精度抵抗を介して V<sub>FB</sub> に内部接続されています。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**FB0 (ピン G9)、FB3 (ピン N10)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとのエラー・アンプの負側入力。このピンは、60.4kΩ の高精度抵抗を介して V<sub>OSNS0</sub><sup>+</sup> または V<sub>OSNS3</sub><sup>+</sup> に内部接続されています。FB ピンと V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> ピンの間に抵抗を追加することで、出力電圧を設定できます。PolyPhase<sup>®</sup> 動作では、FB ピンを互いに接続することで並列動作させることができます。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**MODE/CLKIN0 (ピン G11)、MODE/CLKIN3 (ピン R8)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの不連続モード選択ピンおよび位相検出器への外部同期入力。不連続モードの動作を行うには、MODE/CLKIN を GND に接続します。MODE/CLKIN をフロート状態にするか 1V を超える電圧に接続すると、強制連続モードが選択されます。また、MODE/CLKIN を外部クロックに接続すると、システム・クロックが外部クロックに同期し、デバイスは強制連続モードになります。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。

**COMP0a (ピン H10)、COMP3a (ピン N9)** : 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの電流制御閾値とエラー・アンプの補償点。内部電流コンパレータの閾値はこの電圧に正比例します。並列動作させる場合は、COMP<sub>a</sub> ピンを互いに接続してください。デバイスは、内部で補償されています。内部補償を使用するためには、それぞれ、COMP0b または COMP3b に接続します。また、カスタマイズした補償を使用する場合は、タイプ II の C-R-C ネットワークに接続します。

## ピン機能

**COMP0b (ピン H11)、COMP3b (ピン N8) :** 12A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの内部ループ補償ネットワーク。大多数のアプリケーションで内部補償を使用するためには、それぞれ、COMP0a または COMP3a に接続します。

### デュアル 5A チャンネル用ピン:

**TRACK/SS1 (ピン G7)、TRACK/SS2 (ピン N7) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用して出力電圧の立ち上がり時間を制御できます。このピンの電圧を 0.6V 未満にすると、エラー・アンプの内部リファレンス入力をバイパスし、FB ピンを TRACK 電圧になるようにサーボ制御します。0.6V を超えると、トラッキング機能は停止され、内部リファレンスによるエラー・アンプの制御が再開されます。このピンには INTV<sub>CC</sub> からの内部 1.4μA プルアップ電流があるため、コンデンサを配置することによりソフトスタート機能を備えることができます。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**V<sub>OUT1</sub> (ピン H1-H4、J1-J4)、V<sub>OUT2</sub> (ピン L1-L4、M1-M4) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの電力出力ピン。これらのピンと GND ピンの間に出力負荷を加えます。これらのピンと GND ピンの間には、デカップリング・コンデンサを直接接続することを推奨します。出力の並列化については、[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。

**PWRGD1 (ピン H8)、PWRGD2 (ピン M8) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとのオープンドレイン・ロジックによるパワー・グッド出力。FB ピンの電圧が内部 0.6V リファレンスの ±8% から外れると、PWRGD はグラウンドに引き下げられます。

**FB1 (ピン H9)、FB2 (ピン M9) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとのエラー・アンプの負側入力。このピンは、60.4kΩ の高精度抵抗を介して V<sub>OSNS1</sub> または V<sub>OSNS2</sub> に内部接続されています。FB ピンと GND ピンの間に抵抗を追加することで、出力電圧を設定できます。PolyPhase 動作では、FB ピンを互いに接続することで並列動作させることができます。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**RUN1 (ピン J8)、RUN2 (ピン L8) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの動作制御入力。対応する CONTROL<sub>n</sub> 出力に内部接続されています。これらのピンはフロート状態のままにしておきます。

**V<sub>OSNS1</sub><sup>+</sup> (ピン J10)、V<sub>OSNS2</sub><sup>+</sup> (ピン L10) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの正側出力電圧検出ピン。このピンは、60.4kΩ の 0.5% 高精度抵抗を介して V<sub>FB</sub> に内部接続されています。帰還パスとなるためこれらのピンを V<sub>OUT</sub> に接続することが非常に重要です。また、オープンのままにすることはできません。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

**V<sub>OSNS1</sub><sup>-</sup> (ピン J12)、V<sub>OSNS2</sub><sup>-</sup> (ピン L12) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの負側出力電圧検出ピン。

**COMP1 (ピン J11)、COMP2 (ピン M11) :** 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの電流制御閾値とエラー・アンプの補償点。内部電流コンパレータの閾値はこの電圧に正比例します。並列動作させる場合は、COMP ピンを互いに接続してください。これらのチャンネルは内部補償されています。

**TMON (ピン K8) :** 5A 出力チャンネルの温度モニタ。測定したダイ温度に比例する電圧がこのピンに発生します。電圧と温度のスケール係数は 200°K/V です。TMON 機能の詳細については、[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。温度モニタ回路を無効化するには、このピンを INTV<sub>CC12</sub> に接続します。

**INTV<sub>CC12</sub> (ピン K9) :** 両 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルの 3.3V 内部レギュレータ出力。内部のパワー・ドライバと制御回路は、この電圧を電力源としています。このピンは、2.2μF 以上の局所的な低 ESR セラミック・コンデンサを用いて GND とデカップリングします。

**FREQ12 (ピン K10) :** 両 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルのスイッチング周波数設定ピン。周波数は内部で 1MHz にセットされています。外付け抵抗をこのピンと GND の間に配置すると周波数を増加でき、また、このピンと INTV<sub>CC</sub> の間に配置すると周波数を減少できます。周波数の調整については [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。

**MODE/CLKIN12 (ピン L9) :** 両 5A スイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルのモード選択および外部同期入力ピン。強制連続電流動作の場合にはこのピンを GND に接続します。このピンをフロート状態にするか INTV<sub>CC12</sub> に接続すると、軽負荷時に高効率の Burst Mode 動作が可能です。外部クロックでこのピンを駆動すると、フェーズ・ロック・ループによりチャンネル 1 のターンオン信号が CLKIN12 信号の立ち上がりエッジに同期します。チャンネル 2 も 180° 位相シフトした

## ピン機能

CLKIN12の立上がりエッジに同期します。詳細については [アプリケーション情報](#) のセクションを参照してください。

### デジタル・パワー・システム・マネージメント用ピン

**SGND (ピン A14-A19、B14-B19、C14-C19、D14-D19、E14-E19、H14、H16-H17、J14-J16、J18、K14、K16、L14-L19、M14-M15、M17-M19、N14、N17-N19、P14、P18-P19、R14-R19、T14-T19、U14-U19、V14-V19、W14-W19) :** LTM4673の信号グラウンド・リターン・パス。SGNDは内部でGNDに接続されていません。SGNDはLTM4673の近くにあるGNDに接続してください。

**ALERT (ピン F13) :** オープンドレイン出力。フォルト／警告の状況で割込み要求を生成します。

**SCL (ピン F14) :** PMBus シリアル・クロック入力ピン(最大400kHz)。

**SDA (ピン F15) :** PMBus 双方向シリアル・データ・ピン。

**SHARECLK (ピン F18) :** 双方向クロック分担ピン。5.49kΩのプルアップ抵抗をV<sub>DD33</sub>に接続します。システム内の他のSHARECLKピンと互いに接続します。

**PWRGD (ピン F19) :** パワー・グッド・オープン・ドレイン出力。選択した出力がパワー・グッドであることを示します。システムのパワーオン・リセットとして使用できます。

**CONTROL0 (ピン G13)、CONTROL1 (ピン G14)、CONTROL2 (ピン G17)、CONTROL3 (ピン F17) :** それぞれ、チャンネル0、1、2、3の制御入力ピン。このピンを立上がり閾値より高い電圧に引き上げると、対応するチャンネルがTON\_DELAY後にイネーブルされます。CONTROLピンはフロート状態のままにしないでください。

**WP (ピン G15) :** デジタル入力。アクティブ・ハイの書込み保護入力ピン。フロート状態のままにしないでください。

**FAULT0 (ピン G16)、FAULT1 (ピン F16) :** オープンドレイン出力およびデジタル入力。それぞれ、アクティブ・ローの双方向フォルト・インジケータ-0およびインジケータ-1。10kΩのプルアップ抵抗をV<sub>DD33</sub>に接続します。

**WDI/RESET (ピン G18) :** ウォッチドッグ・タイマー割込みとチップ・リセットの入力10kΩのプルアップ抵抗をV<sub>DD33</sub>に接続します。立上がりエッジでウォッチドッグ・カウンタがリセットされます。このピンをt<sub>RESET</sub>より長くローに保持すると、内部のデジタルICがリセットされます。

**V<sub>DD25</sub> (ピン G19、H19) :** 2.5V内部レギュレーション電圧出力。V<sub>DD25</sub>ピンには他のデバイスを接続しないでください。外付けのデカップリングは必要ありません。

**ASEL0 (ピン H13)、ASEL1 (ピン K15) :** 3種アドレス選択ピン0およびピン1の入力。V<sub>DD33</sub>またはGNDに接続するかフロート状態にして、3つのロジック状態の1つをエンコードします。

**V<sub>IN\_D</sub> (ピン H18) :** 内部デジタルICへの電源入力(4.5V~15V)。4.5V~15Vの電源電圧が使用できない場合は、V<sub>IN\_D</sub>とV<sub>DD33</sub>を短絡し、3.3Vの電源から直接電力を供給します。

**TSENSE1 (ピン J17)、TSENSE2 (ピン H15) :** 5Aスイッチング・モード・レギュレータ・チャンネルごとの温度モニタ。NPNトランジスタに接続された内部ダイオードがTSENSEピンとSGNDピンの間に配置されています。[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。

**V<sub>DD33</sub> (ピン J19) :** V<sub>IN\_D</sub>に短絡した場合、3.13V~3.47Vの電源入力ピンとして機能します。それ以外の場合、これは3.3V内部レギュレーション電圧の出力となります。内部レギュレータを使用してV<sub>DD33</sub>を供給する場合、他のデバイスのV<sub>DD33</sub>ピンには接続しないでください。外付けのデカップリングは必要ありません。

**AUXFAULT (ピン K17) :** 補助フォルト出力ピン。オプションで5μAで12Vにプルアップされた高電圧出力。OV/OC/UCが検知されるとローにプルダウンするよう設定できます。

**V<sub>INSNS</sub> (ピン K18) :** V<sub>IN</sub> SENSEの入力。この電圧は、4つの出力をイネーブルするタイミングを決めるために、V<sub>IN</sub>のオン電圧閾値と比較されます。同様にディスエーブルするタイミングを決めるためにオフ電圧閾値と比較されます。

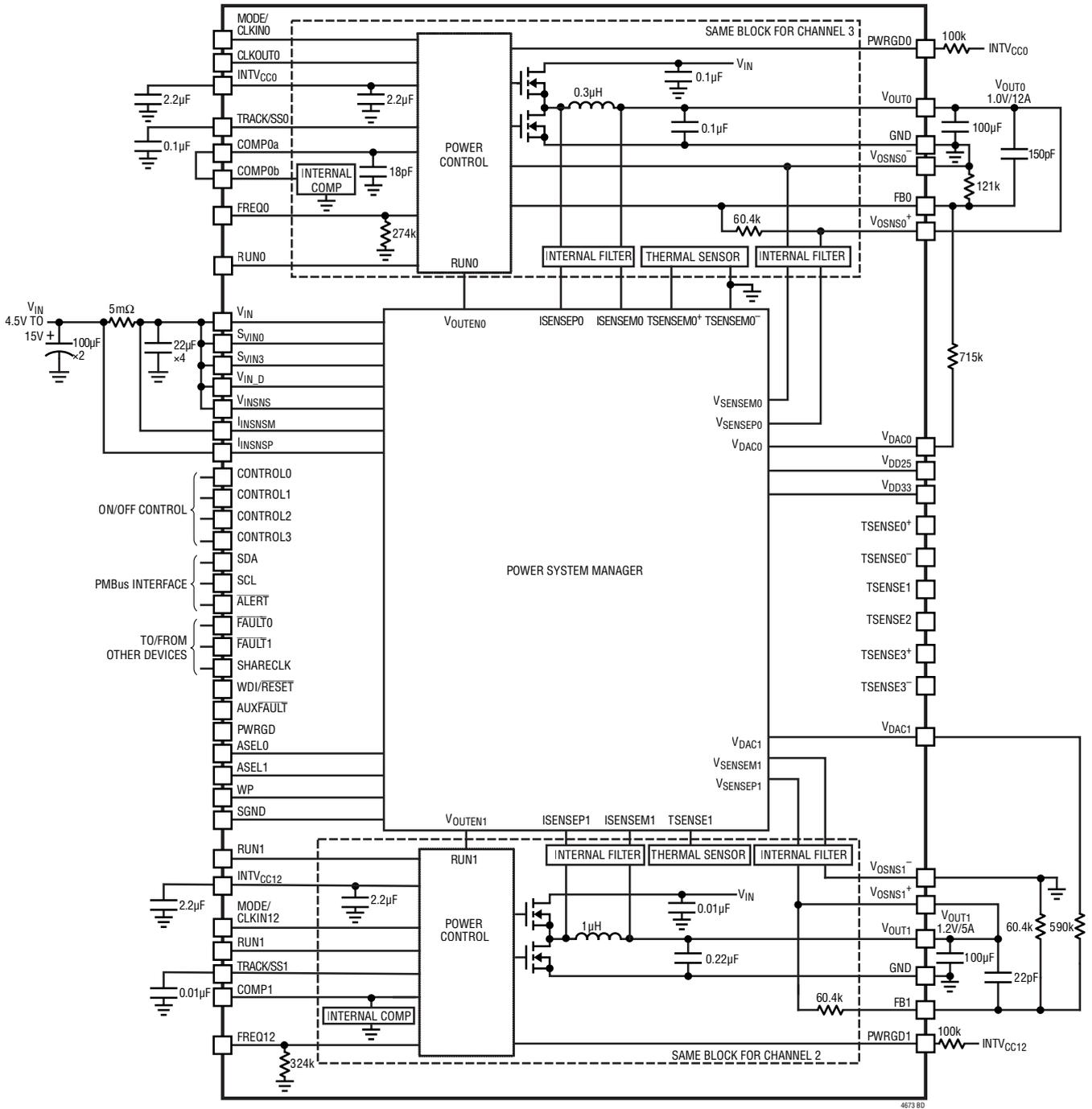
**DNC (ピン K19) :** このピンは外部回路には接続しないでください。このピンはフロート状態にします。機械的な完全性を確保するため、このピンをPCボードのマウント・パッドにハンダ付けしてください。

**I<sub>INSP</sub> (ピン N16) :** 差動(+)入力電流検出ピン。使用しない場合はV<sub>INSNS</sub>に接続します。

**I<sub>INSM</sub> (ピン P16) :** 差動(-)入力電流検出ピン。使用しない場合はV<sub>INSNS</sub>に接続します。

**V<sub>DAC0</sub> (ピン P15)、V<sub>DAC1</sub> (ピン N15)、V<sub>DAC2</sub> (ピン M16)、V<sub>DAC3</sub> (ピン P17) :** それぞれ、チャンネル0、1、2、3のDAC出力。

ブロック図



## デカップリング条件

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
C <sub>IN</sub>	External Input Capacitor Requirement (V <sub>IN</sub> = 4.5V to 15V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V)		44	66		μF
C <sub>OUT0</sub> , C <sub>OUT3</sub>	External Output Capacitor Requirement (V <sub>IN</sub> = 4.5V to 15V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V)	I <sub>OUT</sub> = 12A	100	200		μF
C <sub>OUT1</sub> , C <sub>OUT2</sub>	External Output Capacitor Requirement (V <sub>IN</sub> = 4.5V to 15V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V)	I <sub>OUT</sub> = 5A	22	47		μF

## 動作

LTM4673は、クワッド出力のスタンドアロン非絶縁型スイッチ・モードDC/DC電源で、パワー・システム・マネージャLTC<sup>®</sup>2975を内蔵しています。入力電圧範囲は4.5V~15Vです。4つの独立したレギュレータ・チャンネルが組み込まれており、これによってわずかな数の外付けの入力コンデンサおよび出力コンデンサを使用して、12A、12A、5A、5Aの連続電流を出力します。2つの12Aレギュレータは、0.6V~3.3Vに設定可能な正確にレギュレーションされた電圧を出力し、他の2つの5Aレギュレータ・チャンネルは、それぞれ1つの外部抵抗を介して0.6V~5.5Vの電圧を出力できます。大電流チャンネルには2つの真の差動リモート検出アンプがあり、負荷点での正確なレギュレーションが実現できます。代表的なアプリケーション回路図を図53に示します。

LTM4673は、オン時間が一定な4つの個別のバレー電流モード・レギュレータ、パワーMOSFET、インダクタ、その他のサポート用ディスクリート部品を内蔵しています。スイッチング・ノイズの影響を受けやすいアプリケーションのために、スイッチング周波数を外部抵抗で調整でき、μModuleはクロックに外部同期できます。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。

電流モード制御と内部帰還ループ補償を使用することにより、LTM4673は、全てセラミック出力コンデンサを使用する場合も含め、多様な出力コンデンサで十分な安定性マージンと優れたトランジェント性能が得られます。デュアル12A出力レールでは、タイプII C-R-C外部補償ネットワークをオプションで使用して、安定性とトランジェント性能をカスタマイズすることもできます。

電流モード制御には、いくつかのレギュレータ・チャンネルを並列化して正確な電流分担を行える柔軟性があります。LTM4673には、2つのレギュレータ・チャンネル間でのクロッ

ク・インターリーブ機能が内蔵されているため、2+1+1または2+2のチャンネル並列動作が容易に可能であり、FPGAなどの複数レールPOLアプリケーションよりも柔軟性が高いものになっています。

更に、LTM4673には周波数同期用にCLKINピンおよびCLKOUTピンがあるため、最大8相の12Aチャンネルまたは5Aチャンネルが可能なPolyPhaseの複数デバイスをカスケード接続して、同時に動作させることができます。

また、電流モード制御は、サイクルごとに高速の電流モニタリングも行います。出力帰還電圧がレギュレーション・ポイントの±8%の範囲から外れると、内蔵の過電圧コンパレータと低電圧コンパレータがオープンドレインのPWRGD出力をローにします。更に、過電圧状態の場合、内部の上側MOSFETがオフ、下側MOSFETがオンになり、過電圧状態が解消されるまでこれを維持します。

RUNピンの電圧を0.6V未満に低下させるとコントローラはシャット・ダウン状態に入り、両方のパワーMOSFETとほとんどの内部制御回路をオフにします。軽負荷電流時には、MODE/PLLINピンをフロート状態にするかINTV<sub>CC</sub>に接続することによりBurst Mode動作を有効にすることで、デュアル5Aチャンネルの連続モードより高い効率が得られます。電源のトラッキングとソフトスタート・プログラミングには、TRACK/SSピンを使用します。アプリケーション情報のセクションを参照してください。

モジュール内には5種類の温度検出ピンがあり、チャンネルごとにモジュールの温度をモニタできます。詳細についてはアプリケーション情報のセクションを参照してください。

## 動作

LTM4673では、モジュール内にパワー・システム・マネージャ LTC2975を内蔵しています。パワー・システム・マネージメント、レール・シーケンシング、フォルトのモニタリングとレポートを可能とするLTM4673の機能は、次のとおりです。

- PMBusに対応したプログラミング・コマンドを受け入れる。
- 入力電流、入力電圧、入力電力、累積入力エネルギーを読み出す。
- クローズド・ループ・サーボ動作モードで、自律的にまたはPMBusのプログラミングにより、全4チャンネルの出力電圧(通常0.02%刻み)をトリミングする。
- 全4チャンネルの出力電圧をPMBusでプログラムした制限値に対しマーキングする。
- 入力電圧、4つの出力電圧、4つの出力電流、4つのインダクタ温度、内蔵パワー・システム・マネージメント・コントローラ温度をモニタする。
- PMBusのプログラミングおよびCONTROL入力ピンを使用してDC/DCコンバータの起動シーケンスを設定する。LTM4673は時間基準のシーケンシングとトラッキング・シーケンシングに対応しています。時間基準のシーケンスをオフにしたカスケード・シーケンス・オンにも対応しています。
- パワー・グッド出力を通じて4つの出力電圧状態をレポートする。
- サポートしているPMBusフォルトおよび警告にตอบสนองしてALERTピンをアサートすることで割込み要求を生成する。
- LTM4673のFAULT0ピンおよびFAULT1ピンに接続されている全てのDC/DCコンバータに対しシステム全体のフォルト応答を調整する。
- SHARECLKピンを使用して複数デバイスの遅延またはシャット・ダウンのシーケンスを同期する。
- PMBusのプログラミングにより、CRCを含むコマンド・レジスタの内容をEEPROMに格納する。
- PMBusのプログラミングを通じて、または、パワーオン時にV<sub>DD33</sub>が印加された場合に、EEPROMの内容を再生する。
- フォルトによりオフになった状態に対応して遠隔測定とステータス・データのログをEEPROMに記録する。
- プログラマブルなウォッチドッグ・タイマーを使用して外部のマイクロコントローラの動作がストール状態になっていないか監視し、必要に応じてリセットする。
- 動作を無限に継続、プログラマブルなデグリッチ期間後にラッチオフ、直ちにラッチオフ、TOFF\_DELAY後にシーケンシャルにオフ、のいずれかによってフォルト状態にตอบสนองする。ラッチオフ状態から自動復帰するには再試行モードを使用してください。再試行を有効化する場合、MFR\_RETRY\_COUNTによって全ページの再試行回数(0~6または無限)をプログラムできます。
- ソフトウェアとハードウェアによってコマンド・レジスタの書き込み保護を行う。
- OV、UV、OC、UCの各フォルト出力にตอบสนองして、監視対象のDC/DCコンバータへの電圧入力を無効化する。
- 入力電圧、入力電流、入力パワー、出力電圧、出力電流、出力温度の最小値と最大値を記録する。
- RAM空き容量を変えずに、ユーザのEEPROMのデータを直接読書きする(Mfr\_ee\_unlock、Mfr\_ee\_erase、Mfr\_ee\_data)。組織内での一括プログラミングが容易になります。
- DC/DCコンバータの出力電圧が当初のマーキングまたは公称目標値に達した後、オプションでその電圧のトリミングを停止する。目標電圧がV<sub>OUT</sub>警告制限値外に変化した場合、オプションでトリミングを再開することもできます。
- 独自のアルゴリズムを使用してインダクタの自己過熱トラジェントを正確に処理する。これらの自己過熱の影響は、電流監視回路の精度を向上するための外部温度センサーの読み取りおよびADCの電流測定に関係します。
- DC/DCコンバータが、電源投入サイクル後プログラマブルな時間(MFR\_RESTART\_DELAY)が経過し、出力がプログラマブルなスレッシュホールド電圧(MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD)未満に低下するまで、オン状態に再移行しないようにする。
- Command Plusを使用して複数ホストに対応する。

## 動作

### EEPROM

LTM4673は、構成設定とフォルト・ログ情報を保存するためのEEPROM（不揮発性メモリ）を内蔵しています。EEPROMの書換え回数、データ保持期間、一括書込み動作時間は、動作温度範囲全域で仕様規定されています。電気的特性および絶対最大定格のセクションを参照してください。

125°Cを超える温度でEEPROMを動作させると、データ保持期間特性が低下する可能性があります。フォルト・ログ記録機能は、高温時に発生するシステムの問題をデバッグする際に有用ですが、書込み先はEEPROMのフォルト・ログ位置に限られます。85°Cを超えた状態でこれらのレジスタへの書込みが何度か発生すると、フォルト・ログのデータ保持特性がわずかに低下する可能性があります。

TJ > 125°Cの場合は、EEPROMの書込みには、STORE\_USER\_ALLや一括プログラミングを使用しないことを推奨します。

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

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

ここで、

AF = 加速係数

Ea = 活性化エネルギー = 1.4eV

k = 8.617 · 10<sup>-5</sup> eV/K

T<sub>USE</sub> = 125°Cで規定されるジャンクション温度

T<sub>STRESS</sub> = 実際のジャンクション温度(°C)

例:145°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<sub>STRESS</sub> = 145°C

T<sub>USE</sub> = 125°C

AF = 8.65

125°Cでの等価動作時間は86.5時間になります。

したがって、145°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86.5時間短くなります。125°Cの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は175,200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無視できることに注意してください。

### AUXFAULT

AUXFAULTピンは、第3の出力レベルを使用して、一部のフォルト状態が検出された場合にこれを示すよう設定できます。このマルチプレクスの概念図については図1を参照してください。

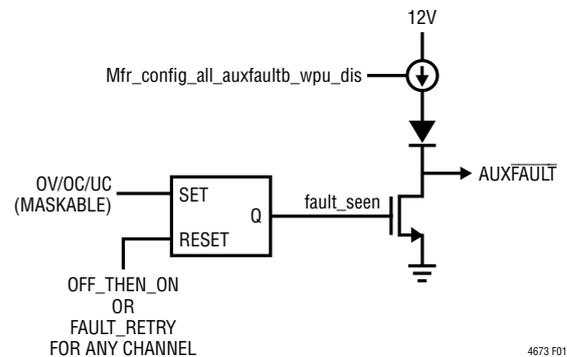


図1. AUXFAULTのマルチプレクス

MFR\_CONFIG2\_LTM4673コマンドとMFR\_CONFIG3\_LTM4673コマンドをチャンネルごとに使用して、どのフォルト状態が生じた場合にAUXFAULTピンを第3の出力レベル(GNDへの高速プルダウン)に駆動するかを選択できます。AUXFAULTピンに伝搬できるフォルトの種類は、過電圧フォルトおよび過電流/低電流フォルトのみです。

MFR\_CONFIG\_ALL\_AUXFAULTB\_WPUは、AUXFAULTピンを高インピーダンス状態にするか、5μAの電流を使用して約12Vに緩やかにプルアップするかを選択します。図1に示すように、GNDへプルダウンすることで、イネーブルされたフォルトが検出された場合にこれをオーバーライドします。

## 動作

### RESET

WDI/RESETピンを $\overline{\text{tRESET}}$ より長い時間ローに保持すると、LTM4673はパワーオン・リセット状態に移行します。パワーオン・リセット状態の場合、デバイスはI<sup>2</sup>Cバスでは通信を行いません。WDI/RESETピンの後続の立上がりエッジに続き、LTM4673はEEPROMに保存されているユーザ設定に従ってパワーオン・シーケンスを実行します。WDI/RESETは10kΩの抵抗を使用してV<sub>DD33</sub>に接続します。WDI/RESETには、256μsのデグリッチ・フィルタが内蔵されているため、このピンにフィルタ用のコンデンサを追加することは推奨しません。

### PMBusシリアル・デジタル・インターフェース

LTM4673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PMBusのタイミング図に示します。バスを使用していない場合は、2本のバス・ライン(SDAとSCL)をハイにする必要があります。これらのラインには、外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTM4673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LTM4673と通信できます。

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

以下のSMBusコマンドがサポートされています。

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

前述のSMBusプロトコルを図2～図14に示します。全てのトランザクションはPEC(パケット・エラー検査)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。そのため、SMBusのタイムアウトは、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout設定を使用して延長できます。

### PMBus

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

PMBus 2線式インターフェースはSMBusの拡張版です。SMBusはI<sup>2</sup>Cを基本に構築されたもので、タイミング、DCパラメータ、プロトコルが少し異なっています。SMBusプロトコルは、バスのハングを防ぐためのタイムアウトとデータの完全性を確保するためのオプションのパケット・エラー検査(PEC)機能を備えているため、単純なI<sup>2</sup>Cバイト・コマンドよりも堅牢です。一般に、I<sup>2</sup>C通信用に設定が可能なマスタ・デバイスは、ハードウェアやファームウェアにごくわずかな変更を加えるだけでPMBus通信にも使用することができ、場合によってはまったく変更が不要なこともあります。

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 1.1: Section 5: Transportを参照してください。これは、[www.pmbus.org](http://www.pmbus.org)に掲載されています。

また、SMBusとI<sup>2</sup>Cの相違については、System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0: Appendix B – Differences Between SMBus and I<sup>2</sup>Cを参照してください。これは、[www.smbus.org](http://www.smbus.org)に掲載されています。

I<sup>2</sup>Cコントローラを使用してPMBusデバイスと通信を行う場合、コントローラは停止することなく1バイトのデータを書き込めることが重要です。これにより、コントローラは、開始コマンド・バイト書込みをI<sup>2</sup>C読出しと連結することでPMBus読出しコマンドの反復スタートを正しく形成できます。

### デバイス・アドレス

LTM4673のI<sup>2</sup>C/SMBusアドレスはベース・アドレス+Nに等しくなります。ここで、Nは0～8の数値です。Nの設定は、ASEL0ピンとASEL1ピンをV<sub>DD33</sub>、GND、またはFLOATに設定することで行うことができます。表1を参照してください。1つのベース・アドレスと9個のNの値を使用すると、9個のLTM4673を互いに接続して36個の出力を制御できます。ベース・アドレスは、MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタに保存されます。ベース・アドレスは任意の値に設定できますが、目的のアドレス範囲が既存アドレスと重ならない限り、一般的には変更する必要はありません。アドレス範囲が、I<sup>2</sup>C/SMBusマルチプレクサやバス・バッファを含む、他のI<sup>2</sup>C/SMBusデバイスやグローバル・アドレスに重ならないよう注意してください。こうすることで余計な問題を回避できます。

LTM4673は、ASELピンとMFR\_I2C\_BASE\_ADDRESSレジスタの状態に関わらず、常にLTM4673のグローバル・アドレスおよびSMBusアラート応答アドレスに応答します。

## 動作

### 処理コマンド

LTM4673は全てのコマンドに高速で応答するよう、専用の処理ブロックを使用します。前のコマンドを処理しているためにデバイスが後続のコマンドをNACKするという例外が、わずかにあります。これらの概要を次の表に示します。MFR\_

COMMONは、デバイスがビジー中でも常に読み出すことができる特別なコマンドです。これは、ホストがLTM4673がビジーであるかどうかを判定するための代替方法となります。

### EEPROM関連コマンド

コマンド	代表的遅延*	コメント
STORE_USER_ALL	$t_{\text{MASS\_WRITE}}$	電気的特性の表を参照してください。LTM4673は、レジスタの内容をEEPROMに転送している間、どのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
RESTORE_USER_ALL	30ms	LTM4673は、EEPROMのデータをコマンド・レジスタに転送している間、どのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	175ms	LTM4673は、フォルト・ログのEEPROMスペースを初期化している間、どのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_STORE	20ms	LTM4673は、フォルト・ログのRAMバッファをEEPROMスペースに転送している間、どのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
Internal Fault log	20ms	内部フォルト・ログ・イベントは、フォルトにตอบสนองしてフォルト・ログの内容をEEPROMにアップロードする、一度限りのイベントです。内部フォルト・ログ記録は無効化することもできます。このEEPROM書き込みの間に受け取ったコマンドはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	2ms	LTM4673は、EEPROMのデータをフォルト・ログのRAMバッファに転送している間、どのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。

\*代表的遅延は、コマンドが停止してから次のコマンドが開始するまでを測定します。

### その他のコマンド

コマンド	代表的遅延*	コメント
MFR_CONFIG	<50 $\mu$ s	LTM4673は、このコマンドを終了するまでどのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。
IOUT_CAL_GAIN	<500 $\mu$ s	LTM4673は、このコマンドを終了するまでどのコマンドも受け付けません。コマンド・バイトはNACKされます。MFR_COMMONは常に読み出すことができます。

\*遅延は、コマンドが停止してから次のコマンドが開始するまでを測定します。

### PMBusのタイミングに関するその他の注意

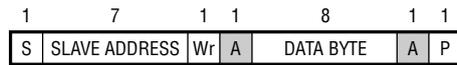
コマンド	コメント
CLEAR_FAULTS	LTM4673はこのコマンドの終了処理中でも他のコマンドを受け付けますが、影響を受けるステータス・フラグは、最大500 $\mu$ s間クリアされません。

動作

表 1. MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS を 7 ビット 0x5C に設定した場合の LTM4673 アドレス参照テーブル

ADDRESS PINS		DESCRIPTION	HEX DEVICE ADDRESS		BINARY DEVICE ADDRESS							
ASEL1	ASEL0		7-Bit	8-Bit	6	5	4	3	2	1	0	R/W
X	X	Alert Response	0C	19	0	0	0	1	1	0	0	1
X	X	Global	5B	B6	1	0	1	1	0	1	1	0
L	L	N = 0	5C*	B8	1	0	1	1	1	0	0	0
L	NC	N = 1	5D	BA	1	0	1	1	1	0	1	0
L	H	N = 2	5E	BC	1	0	1	1	1	1	0	0
NC	L	N = 3	5F	BE	1	0	1	1	1	1	1	0
NC	NC	N = 4	60	C0	1	1	0	0	0	0	0	0
NC	H	N = 5	61	C2	1	1	0	0	0	0	1	0
H	L	N = 6	62	C4	1	1	0	0	0	1	0	0
H	NC	N = 7	63	C6	1	1	0	0	0	1	1	0
H	H	N = 8	64	C8	1	1	0	0	1	0	0	0

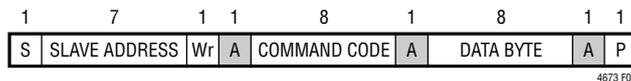
H = VDD33 に接続、NC = 未接続 = オープンまたはフロート、L = GND に接続、X = ドント・ケア  
 \*MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS = 7 ビット 0x5C (工場出荷時のデフォルト)



- S START CONDITION
- Sr REPEATED START CONDITION
- Rd READ (BIT VALUE OF 1)
- Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)
- $\bar{A}$  NOT ACKNOWLEDGE (HIGH)
- A ACKNOWLEDGE (LOW)
- P STOP CONDITION
- PEC PACKET ERROR CODE
- MASTER TO SLAVE
- SLAVE TO MASTER
- ... CONTINUATION OF PROTOCOL

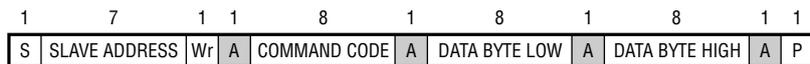
4673 F02

図 2. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



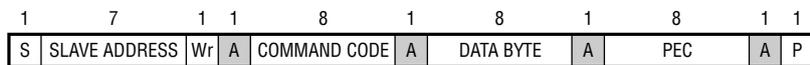
4673 F03

図 3. バイト書き込みプロトコル



4673 F04

図 4. ワード書き込みプロトコル



4673 F05

図 5. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

## 動作

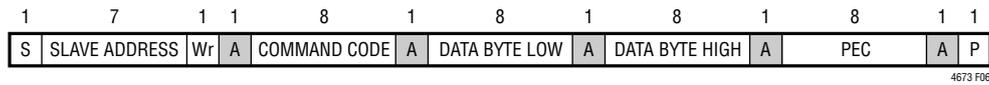


図6. PEC 付きワード書き込みプロトコル

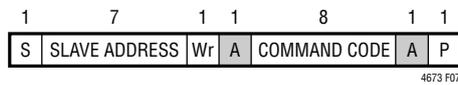


図7. バイト送信プロトコル

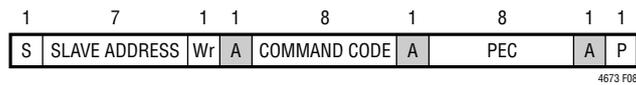


図8. PEC 付きバイト送信プロトコル

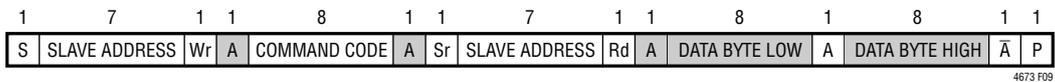


図9. ワード読出しプロトコル

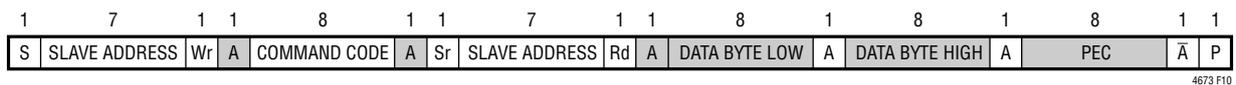


図10. PEC 付きワード読出しプロトコル

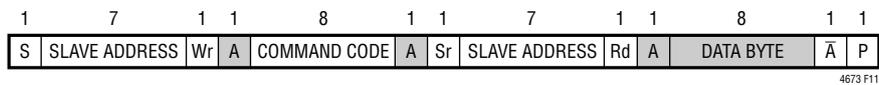


図11. バイト読出しプロトコル

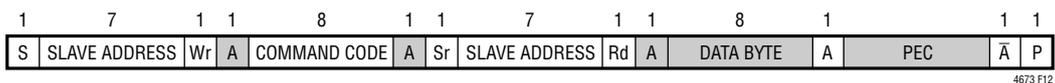


図12. PEC 付きバイト読出しプロトコル

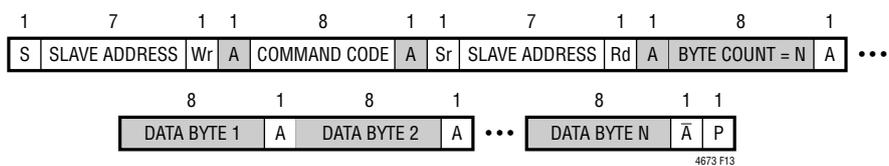


図13. ブロック読出し

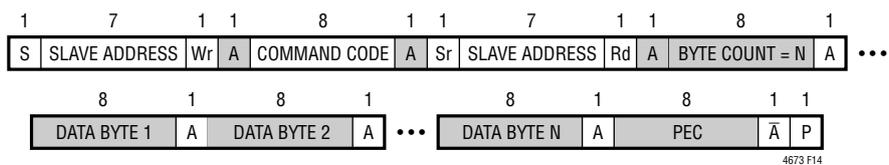


図14. PEC 付きブロック読出し

## PMBus コマンドの概要

### 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照 ページ
PAGE	0x00	ページ指定をサポートするコマンド用に現在選択されているチャンネルまたはページ	R/W Byte	N	Reg			0x00	67
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、上側マージン設定、下側マージン設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	72
ON_OFF_CONFIG	0x02	CONTROL ピンおよびPMBusのオン/オフ・コマンドの設定値。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	73
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされたフォルト・ビットをクリア。	Send Byte	Y				NA	99
WRITE_PROTECT	0x10	意図せぬ変更を防ぐためにデバイスが提供する保護レベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	68
STORE_USER_ALL	0x15	操作メモリ全体の内容をEEPROMに格納。	Send Byte	N				NA	79
RESTORE_USER_ALL	0x16	操作メモリ全体をEEPROMから復元。	Send Byte	N				NA	79
CAPABILITY	0x19	このデバイスがサポートしているPMBusオプション通信プロトコルの概要。	R Byte	N	Reg			0xB0	118
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のデータ・フォーマットと仮数指数 ( $2^{-13}$ )。	R Byte	Y	Reg			0x13	86
VOUT_COMMAND	0x21	サーボ制御の目標。DC/DC コンバータ出力電圧の公称設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.0 0x2000 Pg01: 1.2 0x2666 Pg02: 1.8 0x399A Pg03: 0.9 0x1CCD	86
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	Pg00: 4.0 0x8000 Pg01: 6.0 0xC000 Pg02: 6.0 0xC000 Pg03: 4.0 0x8000	86
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧の上側マージン設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.05 0x219A Pg01: 1.26 0x2852 Pg02: 1.89 0x3C7B Pg03: 0.945 0x1E3E	86
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧の下側マージン設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.95 0x1E66 Pg01: 1.14 0x247A Pg02: 1.71 0x36B9 Pg03: 0.855 0x1B5C	86
VIN_ON	0x35	電力変換をイネーブルできる入力電圧の下限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.5 0xCA40	81
VIN_OFF	0x36	電力変換がディスエーブルされる入力電圧の上限値全てのRUNピンは直ちにオフになるか、TOFF_DELAY後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_chann 参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.4 0xCA33	81
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R Word	Y	L11	mΩ	Y	Trimmed at ATE, read-only, paged, stored in factory-only NVM <sub>1</sub>	87
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.10 0x2333 Pg01: 1.32 0x2A3D Pg02: 1.98 0x3F5D Pg03: 0.99 0x1FAE	86

注: データ・フォーマットを示す略号の詳細は、この表の末尾に記載されています。

## PMBus コマンドの概要

## 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照 ページ
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	94
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.07 0x2266 Pg01: 1.29 0x2947 Pg02: 1.94 0x3DEC Pg03: 0.97 0x1EF6	86
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.93 0x1D9A Pg01: 1.11 0x2385 Pg02: 1.67 0x3548 Pg03: 0.83 0x1AA4	86
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルト・リミット。Ton_max_faultおよびパワー・グッド・デアサートのために使用。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.90 0x1CCD Pg01: 1.08 0x228F Pg02: 1.62 0x33D7 Pg03: 0.81 0x19EC	86
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7F	94
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流フォルト制限値。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: 17 0xDA20 Pg01: 8 0xD200 Pg02: 8 0xD200 Pg03: 17 0xDA20	95
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力過電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	95
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告制限値。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: 13 0xD340 Pg01: 6 0xCB00 Pg02: 6 0xCB00 Pg03: 13 0xD340	88
IOUT_UC_FAULT_LIMIT	0x4B	出力低電流フォルト制限値。逆電流を検出するために使用。負値であることが必要。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: -3 0xC500 Pg01: -1.5 0xBD00 Pg02: -1.5 0xBD00 Pg03: -3 0xC500	88
IOUT_UC_FAULT_RESPONSE	0x4C	出力低電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	95
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサーの過熱フォルト制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	128 0xF200	89
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサーで過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	96
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサーの過熱警告制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	125 0xE8E8	89
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサーの低温警告制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-20.0 0xDD80	89
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサーの低温フォルト制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-45.0 0xE530	89
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサーで低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	96
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VINSNS ピンで測定される入力過電圧フォルト制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	81
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x80	96

## PMBus コマンドの概要

### 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照 ページ
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VINSNS ピンで測定される入力過電圧警告制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	81
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VINSNS ピンで測定される入力低電圧警告制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	81
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VINSNS ピンで測定される入力低電圧フォルト制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	81
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	96
POWER_GOOD_ON	0x5E	パワー・グッドがアサートされる出力電圧の下限値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.96 0x1EB8 Pg01: 1.15 0x24DD Pg02: 1.73 0x374C Pg03: 0.86 0x1BA6	86
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrpd_off_uses_uv がクリアされたときにパワー・グッドがデアサートされる出力電圧の上限値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.94 0x1E14 Pg01: 1.13 0x2418 Pg02: 1.69 0x3625 Pg03: 0.85 0x1B13	86
TON_DELAY	0x60	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドが ON になってから RUN ピンが ON になるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	1.0 0xBA00	91
TON_RISE	0x61	RUN ピンがハイになってから、LTM4673 がオプションで DAC にソフト接続され出力電圧を目標値にサーボ制御するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	10.0 0xD280	91
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	RUN ピンが UV 状態を許容してから TON_MAX_FAULT 状態が生じるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	15.0 0xD3C0	91
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	97
TOFF_DELAY	0x64	CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドが OFF になってから RUN ピンが OFF になるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	1.0 0xBA00	91
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態を1バイトに要約したもの。	R Byte	Y	Reg			NA	100
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態を2バイトに要約したもの。	R Word	Y	Reg			NA	100
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトと警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	101
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流のフォルトと警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	101
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源のフォルトと警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	101
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1 の外部温度フォルトおよび警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	102
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトと警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	102
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトと状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	103
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	105
READ_IIN	0x89	DC/DC コンバータの入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	105
READ_VOUT	0x8B	DC/DC コンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	105
READ_IOUT	0x8C	DC/DC コンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	106

## PMBus コマンドの概要

## 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照ページ
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	106
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	制御ICのダイ温度。	R Word	N	L11	°C		NA	106
READ_POUIT	0x96	DC/DCコンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	106
READ_PIN	0x97	DC/DCコンバータの入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	105
PMBUS_REVISION	0x98	このデバイスがサポートしているPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.1です。	R Byte	N	Reg			0x11	118
USER_DATA_00	0xB0	LTpowerPlay用にメーカー指定済み。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_01	0xB1	LTpowerPlay用にメーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_02	0xB2	OEM指定済み。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	118
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	118
MFR_LTC_RESERVED_1	0xB5	メーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	118
MFR_T_SELF_HEAT	0xB8	外部温度センサーによる測定値を超える、出力電流検出デバイスの自己過熱による温度上昇分の計算値。	R Word	Y	L11	°C		NA	89
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	$4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}}$ でスケールされたMfr_t_self_heatの変化の時定数の逆数。	R/W Word	Y	L11		Y	0.0 0x8000	89
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタのコアから外部温度センサーの測定ポイントまでの熱抵抗。	R/W Word	Y	L11	°C/W	Y	0.0 0x8000	89
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUTの代替データ・フォーマット。1LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	107
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg			NA	118
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	79
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	80
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読みまたは書き込みを使用してEEPROMとの間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。	R/W Word	N	Reg			NA	80
MFR_EIN	0xC0	入力エネルギーのデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	83
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	エネルギーと入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	83
MFR_SPECIAL_LOT	0xC2	工場でのプログラミングされEEPROMに保存されているユーザ設定を識別する顧客ごとのコード。デフォルト値についてはアナログ・デバイスにお問い合わせください。	R Byte	Y	Reg		Y	NA	118
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xC3	IIN_CAL_GAINに適用される温度係数。	R/W Word	N	CF	ppm	Y	0x0000	84
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IINの最大測定値	R Word	Y	L11	A		NA	106
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IINの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	106
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PINの最大測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	106
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PINの最小測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	106

## PMBus コマンドの概要

### 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照ページ
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読み出しやその他のデータへの代替アクセス。全ての追加ホストに対するコマンド。	R/W Word	N	Reg				69
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読み出しやその他のデータへの代替アクセス。追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg				69
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読み出しやその他のデータへの代替アクセス。追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg				69
MFR_CONFIG_LTM4673	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	Pg00: 0x0088 Pg01: 0x1088 Pg02: 0x2088 Pg03: 0x3088	74
MFR_CONFIG_ALL_LTM4673	0xD1	全ページに共通な設定ビット。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0F7B	77
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	フォルトにより発生したチャンネルのオフ状態がFAULT0ピンに伝搬するかどうかを決める設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	98
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	フォルトにより発生したチャンネルのオフ状態がFAULT1ピンに伝搬するかどうかを決める設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	98
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESETのステータスと個々のチャンネルのパワー・グッドをPWRGDピンにマッピングする設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	92
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULT0ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	98
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULT1ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	98
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUTの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	108
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUTの最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	108
MFR_CONFIG2_LTM4673	0xD9	チャンネル固有の設定ビット	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	75
MFR_CONFIG3_LTM4673	0xDA	チャンネル固有の設定ビット	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	76
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	200 0xF320	97
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	実際のCONTROLアクティブ・エッジから仮想CONTROLアクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	N	L11	mS	Y	400 0xFB20	92
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	108
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	108
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	108
MFR_DAC	0xE0	10ビットDACのコードを含むメーカー用レジスタ。	R/W Word	Y	Reg			0x01FF	86
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	パワー・グッド出力アサーション遅延。	R/W Word	N	L11	mS	Y	100 0xEB20	93
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	最初のウォッチドッグ・タイマー間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	0 0x8000	93
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマー間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	0 0x8000	93

## PMBus コマンドの概要

## 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	EEPROM	デフォルト値: 浮動16進	参照ページ
MFR_PAGE_FF_MASK	0xE4	グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) に応答するチャンネルを定義する設定。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x0F	68
MFR_PADS	0xE5	選択したデジタル I/O パッドの現在の状態。	R/W Word	N	Reg			NA	103
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I <sup>2</sup> C/SMBus アドレス・バイトの基準値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	69
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTM4673 を指定するメーカー・コード。	R Word	N	Reg		Y	0x448X	118
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	5.0 0xCA80	84
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	V <sub>OUT</sub> のオフ閾値電圧を決めるための VOUT_COMMAND の乗算係数。	R/W Word	Y	L11		Y	2.0 0xC200	86
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM へのフォルト・ログ転送を指示します。	Send Byte	N				NA	109
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前に EEPROM に保存されたフォルト・ログを RAM に戻すコマンド。	Send Byte	N				NA	109
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログ記録用として予約された EEPROM ブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアします。	Send Byte	N				NA	110
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	フォルト・ログ記録の状態。	R Byte	N	Reg		Y	NA	110
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。シーケンシャルに取得されたこのデータは、完全なフォルト・ログを作成するために使用されます。	R Block	N	Reg		Y	NA	110
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	104
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	IOUT_CAL_GAIN に適用される温度係数。	R Word	Y	CF	ppm	Y	3900 0x0F3C	88
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	フォルト処理され再試行をイネーブルする全てのオフ状態に対する再試行回数。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x07	97
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部ダイオードの温度非理想係数の逆数。1LSB = 2 <sup>-14</sup> 。	R/W Word	Y	CF		Y	1 0x4000	89
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度のオフセット値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	89
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	V <sub>ISENSEP</sub> - V <sub>ISENSEM</sub> の絶対値。1LSB = 3.05μV。	R Word	Y	CF	3.05μV		NA	108
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	108
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	108
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	109

## PMBus コマンドの概要

### データ・フォーマット

L11	Linear_5s_11s	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]  値 = <math>Y \cdot 2^N</math>  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  例：  READ_VIN = 10V  b[15:0] = 0xD280 = 1101_0010_1000_0000b の場合  値 = <math>640 \cdot 2^{-6} = 10</math>  PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1 を参照</p>
L16	Linear_16u	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0]  値 = <math>Y \cdot 2^N</math>  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 -13 にハードワイヤード接続  例：  VOUT_COMMAND = 4.75V  b[15:0] = 0x9800 = 1001_1000_0000_0000b の場合  値 = <math>38912 \cdot 2^{-13} = 4.75</math>  PMBus Spec Part II: Paragraph 8.3.1 を参照</p>
Reg	Register	<p>PMBus のデータ・フィールド b[15:0] または b[7:0]。  ビット・フィールドの意味は詳細な PMBus コマンド・レジスタの説明で定義されています。</p>
CF	Custom Format	<p>PMBus データ・フィールド b[15:0]  値は詳細な PMBus コマンド・レジスタの説明で定義されています。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>

## アプリケーション情報

### 概要

LTM4673の代表的なアプリケーション回路を図53に示します。外付け部品は、主に入力電圧、出力電圧、および最大負荷電流によって選定します。特定のアプリケーションの外付け出力コンデンサの条件は表6を参照してください。

LTM4673は4チャンネルのパワー・システム・マネージメント・モジュールで、シーケンス実行、マーゼニング、トリミング、OV/UV状態のための出力電圧監視、OC/UC状態のための出力電流監視、フォルト管理、4つのDC/DCコンバータ・チャンネルの電圧/電流/温度のリードバック、ハイ・サイド入力電流、入力電圧、入力電力、入力エネルギー、ジャンクション温度のリードバックなどが可能です。アナログ・デバイスの複数のパワー・システム・マネージャは、SHARECLK、FAULT、CONTROLの各ピンを使用して動作を調整できます。LTM4673はPMBus準拠のインターフェースとコマンド・セットを使用します。

### LTM4673への給電

LTM4673は、次の2つの方法で電力を供給できます。最初の方法では、4.5V~15Vの電圧をVIN\_Dピンに印加する必要があります。図15を参照してください。内部のリニア電圧コンバータが、VIN\_DをINTVCCに変換し、これがLTM4673の全ての内部回路を駆動するために使用されます。

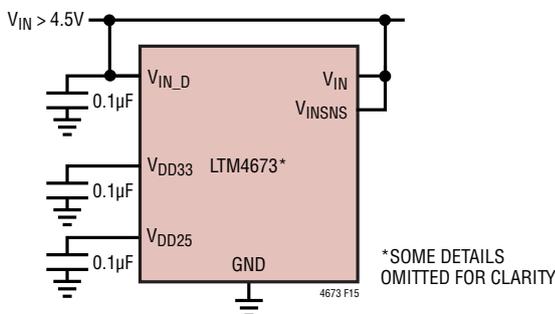


図15. 中間バスからのLTM4673への直接給電

もう1つの方法として、外部3.3V電源を使用し、3.2V~3.6Vの電圧を直接VDD33に印加することもできます。図16を参照してください。VIN\_DピンはVDD33ピンに接続します。この2番目の給電方法を使用する場合でも、全ての機能が使用できます。RUNピンに必要なより高い電圧やVSENSEピンのバイアスは、VDD33からチャージ・ポンプされます。

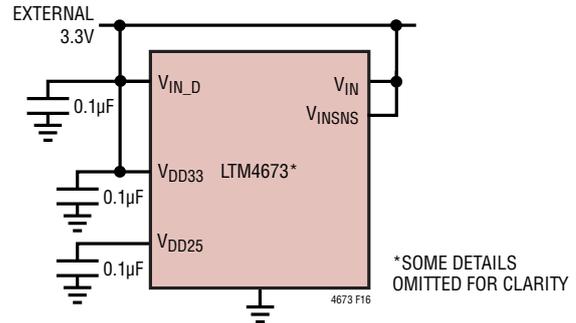


図16. 3.3V外部電源からのLTM4673への給電

### VINからVOUTへの降圧比

各レギュレータの最小オフ時間制限および最小オン時間制限により、与えられた入力電圧に対して実現可能なVINからVOUTへの最大降圧比については、いくつかの制約があります。最小オフ時間制限によってデューティ・サイクルの最大値は決まり、式2を使用して計算できます。

$$D_{(MAX)} = 1 - t_{OFF(MIN)} \cdot f_{SW} \quad (2)$$

ここで、tOFF(MIN)は最小オフ時間でLTM4673の代表値は80nsです。また、fswはスイッチング周波数です。これに対してデューティ・サイクルの最小値はコンバータの最小オン時間制限によって決まり、式3を使用して計算できます。

$$D_{(MIN)} = t_{ON(MIN)} \cdot f_{SW} \quad (3)$$

ここで、tON(MIN)は最小オン時間で、LTM4673の代表値は25nsです。デューティ・サイクルの最小値を超えるまれなケースでは、出力電圧はレギュレーション状態を維持するもののスイッチング周波数は設定値より低くなります。これらの制約は、VINからVOUTへの降圧比とラベル付けされて代表的な性能特性のグラフに示されています。熱によるディレーティングが追加されることにも注意してください。本データシートの熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティングのセクションを参照してください。

### 入力デカップリング・コンデンサ

LTM4673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。RMSリップル電流を除去するため、12Aレギュレータ・チャンネルごとに22µFの入力セラミック・コンデンサが1個、5Aレギュレータ・チャンネルごとに10µFの入力セラミック・コンデンサが1個必要です。バルクの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

## アプリケーション情報

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。バルク・コンデンサには、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。

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電流は式4で概算できます。

$$I_{\text{CIN(RMS)}} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}}}{\eta\%} \cdot \sqrt{D \cdot (1-D)} \quad (4)$$

ここで、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。

### 出力電圧の設定とトリミング

PWMコントローラは、0.6Vのリファレンス電圧を内蔵しています。

12Aチャンネル(CH0、CH3)では、60.4k $\Omega$ 、0.5%の内部帰還抵抗が各レギュレータ・チャンネルのV<sub>OSNS</sub><sup>+</sup>ピンとFBピンを接続しています。FBピンとV<sub>OSNS</sub><sup>-</sup>の間に抵抗R<sub>FB</sub>を追加することで出力電圧が設定されます。

5Aチャンネル(CH1、CH2)では、60.4k $\Omega$ 、0.5%の内部帰還抵抗が各レギュレータ・チャンネルのV<sub>OSNS</sub><sup>+</sup>ピンとFBピンを接続しています。FBピンとGNDの間に抵抗R<sub>FB</sub>を追加することで次式のように出力電圧が設定されます(式5)。

$$V_{\text{OUT}} = 0.6V \cdot \frac{60.4k + R_{\text{FB}}}{R_{\text{FB}}} \quad (5)$$

LTM4673は、V<sub>DAC</sub>とV<sub>FB</sub>の間に抵抗を接続することで、出力電圧のトリミングやマーキングができます。クロードループ・アルゴリズムによって、補償電圧がV<sub>DAC</sub>ピンに発生します。例については、図53を参照してください。抵抗値を決定するには、アプリケーション情報のセクションの設計例を参照してください。

N個のチャンネルを並列動作させるには、V<sub>OUT</sub>ピン、FBピン、V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup>ピンを互いに接続しますが、V<sub>OUT</sub>に接続するのは1つのV<sub>OSNS</sub><sup>+</sup>(V<sub>OSNS</sub>)ピンだけにして、並列チャンネル全てが同じエラー・アンプおよび同じ上側60.4k $\Omega$ 帰還抵抗を共有できるようにします。詳細についてはPolyPhase動作のセクションを参照してください。

表2. V<sub>FB</sub>抵抗と出力電圧の関係

V <sub>OUT</sub> (V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
R <sub>FB</sub> (k)	OPEN	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

### 出力デカップリング・コンデンサ

高周波数、広帯域幅に設計が最適化されている場合、各レギュレータ・チャンネルに低ESRのセラミック出力コンデンサを1個追加するだけで、低出力電圧リップルと優れた過渡応答を実現できます。出力リップルまたは動的トランジェント・スパイクを更に削減する必要がある場合、設計時に出力フィルタの追加が必要となる場合があります。表6に25%の負荷ステップ・トランジェントが発生した場合に電圧低下やオーバーシュートを最小限に抑えるための、様々な出力電圧と出力コンデンサの組み合わせを示します。マルチフェーズの動作では、フェーズの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の相殺との関係について解説していますが、それよりも安定性と過渡応答によって出力容量は決まります。アナログ・デバイスの設計ツールLTpowerCAD<sup>®</sup>は、出力リップル、安定性および過渡応答の解析や、位相数をN倍に増加させたときの出力リップル低減の計算ができ、オンラインでダウンロードできます。

### 強制連続電流モード (CCM)

低電流での効率より固定周波数の動作が重要なアプリケーション、および出力リップルを最小限に抑える必要があるアプリケーションでは、強制連続動作を使用します。このモードでは、低出力負荷の間、インダクタ電流を反転させることができ、COMP電圧が終始電流コンパレータの閾値を制御し、上側MOSFETは常に発振器のパルスごとにオンになります。

12Aチャンネル(CH0、CH3)では、MODE/CLKIN0またはMODE/CLKIN3ピンを対応するINTV<sub>CC</sub>に接続するか単にフロート状態にすることで、CCMをイネーブルできます。

5Aチャンネル(CH1、CH2)では、MODE/CLKIN12ピンをGNDに接続することでCCMをイネーブルできます。

起動時には強制連続モードは無効になっており、LTM4673の出力電圧が安定するまでインダクタ電流が反転するのを防ぎます。

### 不連続モード / Burst Mode 動作

中間電流で高効率が必要なアプリケーションでは、不連続モードまたはBurst Mode動作を実行できます。

## アプリケーション情報

12Aチャンネル(CH0、CH3)では、MODE/CLKIN0またはMODE/CLKIN3ピンをGNDに接続することで不連続モード(DCM)を実行できます。不連続モードでは、逆電流コンパレータがインダクタ電流を検出し、インダクタ電流がゼロに低下するか負になった場合に下側MOSFETをオフにします。両方のパワーMOSFETはオフのままになり、COMP電圧がゼロ電流閾値を超えて次のスイッチング・サイクルが開始されるまで、出力コンデンサが負荷電流を供給します。

5Aチャンネル(CH1、CH2)では、MODE/CLKIN12ピンをINTV<sub>CC12</sub>に接続するか単にフロート状態にすることで、Burst Mode動作を実行できます。Burst Mode動作では、逆電流コンパレータ(I<sub>REV</sub>)が負のインダクタ電流を検知して下側のパワーMOSFETをオフにすることで、不連続動作状態になり効率が向上します。両方のパワーMOSFETは、COMP電圧がゼロ電流レベルを超えて次のサイクルが開始されるまで、オフのままになります。この間、出力コンデンサは負荷電流を供給し、デバイスは低電流スリープ・モードに置かれます。

### 動作周波数

LTM4673の動作周波数は、小型のパッケージ・サイズと最小の出力リップル電圧、および高効率を実現できるよう最適化されています。デフォルトの動作周波数は、12Aチャンネルに対し600kHz、5Aチャンネルに対し1MHzに内部設定されています。ほとんどのアプリケーションでは、これ以上周波数を調整する必要はありません。

12Aチャンネル(CH0、CH3)の場合、アプリケーションが600kHz以外の動作周波数を必要とする場合、FREQ0ピンまたはFREQ3ピンとSGNDの間に抵抗R<sub>FSET</sub>を追加することで、動作周波数を増加できます。動作周波数は式6により計算できます。

$$f(\text{Hz}) = \frac{3.2e^{11}}{274k \parallel R_{FSET}(\Omega)} \quad (6)$$

FREQ0ピンまたはFREQ3ピンとINTV<sub>CC0</sub>またはINTV<sub>CC3</sub>の間に抵抗R<sub>FSET</sub>を追加すると、周波数を600kHz未満に減少させることができ、これは式7で計算できます。

$$R_{FSET}(\text{M}\Omega) = \frac{2.04}{4.6 - (7.5 \cdot 10^{-6} \cdot \text{FREQ}(\text{Hz}))} \quad (7)$$

チャンネル0とチャンネル3のプログラマブルな動作周波数範囲は、400kHz～3MHzです。

5Aチャンネル(CH1、CH2)の場合、アプリケーションが1MHz以外の動作周波数を必要とする場合、FREQ12ピンとSGNDの間に抵抗R<sub>FSET</sub>を追加することで、動作周波数を増加できます。動作周波数は式8を使用して計算します。

$$f(\text{Hz}) = \frac{3.2e^{11}}{324k \parallel R_{FSET}(\Omega)} \quad (8)$$

FREQ12ピンとINTV<sub>CC12</sub>の間に抵抗R<sub>FSET</sub>を追加すると、周波数を1MHz未満に減少させることができ、これは式9で計算できます。

$$R_{FSET}(\text{M}\Omega) = \frac{2.1}{3.77 - (3.54 \cdot 10^{-6} \cdot \text{FREQ}(\text{Hz}))} \quad (9)$$

チャンネル1とチャンネル2のプログラマブルな動作周波数範囲は、500kHz～3MHzです。また、μModuleを設定動作周波数を中心とする±30%のクロックに外部同期させることもできます。

### 周波数同期とクロック入力

このパワー・モジュールは、内部電圧制御発振器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。これにより、内部の全上側MOSFETのターンオンを同じ外部クロックの立上がりエッジに同期させることができます。外部クロックの周波数は、設定周波数の±30%の範囲内であることが必要です。

パルス検出回路を使用して、CH0(12A)チャンネルではMODE/CLKIN0ピン、CH3(12A)チャンネルではMODE/CLKIN3ピン、CH1およびCH2の両5AチャンネルではMODE/CLKIN12ピンでクロックを検出すると、フェーズ・ロック・ループをオンにできます。

クロックに必要な最小パルス幅は400nsです。クロックのハイ・レベルは1Vより大きく、ロー・レベルは0.3Vより小さくしてください。レギュレータの起動時には、PLL機能は無効になっています。モジュールを外部クロックで駆動する場合、強制連続モード(CCM)が自動的にイネーブルされます。

## アプリケーション情報

### ソフトスタート

TRACK/SSピンを使用して、各レギュレータ・チャンネルのソフトスタート、または異なる電源のトラッキングが可能です。TRACK/SSピンに接続されたコンデンサによって、出力電圧の上昇率が設定されます。ソフトスタートの内部電流源が、外付けのソフトスタート・コンデンサをINTV<sub>CC</sub>電圧まで充電します。TRACK/SS電圧が0.6V未満の場合、このコンデンサが0.6Vの内部リファレンス電圧から引き継いで出力電圧を制御します。ソフトスタートの合計時間は式10を使用して計算できます。

$$t_{SS} = 0.6 \cdot \frac{C_{SS}}{I_{SS}} \quad (10)$$

ここで、C<sub>SS</sub>はTRACK/SSピンの容量、I<sub>SS</sub>はソフトスタート電流で、この電流は、12A出力チャンネル(CH0、CH3)では6μA、5A出力チャンネル(CH1、CH2)では1.4μAです。

### パワー・グッド

パワー・チャンネルの4つのPWRGDピンはオープンドレイン・ピンで、出力電圧が有効にレギュレーションされていることをモニターするために使用できます。このピンは、レギュレーション・ポイントを中心として±10%の範囲をモニターします。モニタリングのため、抵抗を使用して特定の電源電圧までプルアップすることができます。トランジェント時またはV<sub>OUT</sub>の動的変化時に不要なPWRGDグリッチが生じるのを防ぐため、LTM4673のPWRGDの立下がりエッジには、約52スイッチング・サイクルのブランキング遅延が含まれています。

モジュール内のパワー・システム・マネージャのパワー・グッド・ピンは、オープンドレイン出力です。これは、選択した出力がパワー・グッドであることを示します。このピンは、システムのパワーオン・リセットとして使用できます。PMBusコマンドの説明のセクションのレジスタMFR\_PWRGD\_ENおよびその説明を参照してください。

### 安定性補償

LTM4673モジュールの各レギュレータ・チャンネルの内部補償ループは、低ESRのセラミック出力コンデンサ専用アプリケーション用に設計と最適化が行われています(12Aチャンネルの場合COMPbとCOMPaを結合)。表6は、この最適化された内部補償を使用するほとんどのアプリケーション条件に対応しています。全てのセラミック出力コンデンサを出力リップルまたは動的なトランジェント・スパイクを除去す

るために必要とする場合は、10pF～15pFの位相ブースト・コンデンサ(C<sub>FF</sub>)をV<sub>OUT</sub>ピンとFBピンの間に追加する必要があります。

デュアル12Aチャンネル用に特定の最適化条件がある場合は、COMPbをCOMPaから切り離し、タイプIIのC<sub>TH</sub>-R<sub>TH</sub>-C<sub>THP</sub>補償ネットワークをCOMPaとSGNDの間に適用し、外部補償を行います。

LTpowerCAD設計ツールをオンラインでダウンロードして、特定の制御ループの最適化を実行し、また、制御安定性と負荷過渡応答性能を分析できます。

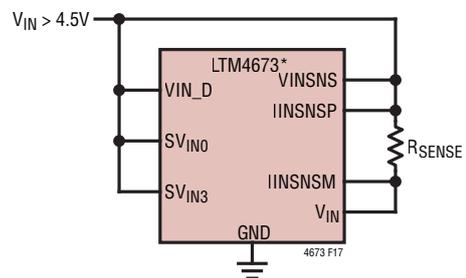
### コマンド・レジスタ値の設定

ここで説明するコマンド・レジスタ設定は、リファレンスとして使用されることを意図しており、ソフトウェア開発環境でのレジスタを理解するためのものです。実際の適用においては、LTM4673は、DC1613 USB to I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラおよび直感的なメニュー主導オブジェクトを使用するソフトウェアGUIを用いたスタンドアロン動作ができるよう、完全に設計されています。

### 入力電流の測定

LTM4673は入力電源の電流を測定できます。またこのデバイスは、入力電源電圧も測定できるため、入力電力の計算が可能です。LTM4673には正確なタイム・ベースが内蔵されており、エネルギーは電力と時間の積であることから、入力エネルギーを正確に計算できます。測定される各パラメータの単位は、アンペア、ボルト、ワット、ミリジュールです。

入力電流は、検出抵抗R<sub>SENSE</sub>を目的の電流負荷経路に直列に配置することで測定できます(図17参照)。R<sub>SENSE</sub>が温度ドリフトの低いものであれば、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TCレジスタの値をゼロに設定できます。そうでない場合は、



\*SOME DETAILS OMITTED FOR CLARITY

図17. LTM4673の入力電流検出回路

## アプリケーション情報

R<sub>SENSE</sub>の温度ドリフトを補償するよう、MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TCの設定値(ppm/°C)を選択します。

最良の結果を得るために、R<sub>SENSE</sub>はLTM4673の近くの等温領域に配置することを推奨します。

入力電流経路には、除去比が62.5kHzで32dB(代表値)のアンチエイリアス・ロー・パス・フィルタが内蔵されています。

Mfr\_ein\_config\_iin\_rangeのビットを使用して、入力電流検出アンプの高、中、低の3レンジのいずれかを選択します。R<sub>SENSE</sub>の値はこの入力範囲を満たすよう選択する必要があります。可能な最大入力範囲は、高レンジでは±100mV、中レンジでは±50mV、低レンジでは±20mVです。最高の精度を得るには、最大入力信号を含む最小のレンジ設定を使用してください。

アプリケーションに適したR<sub>SENSE</sub>値とMfr\_ein\_config\_iin\_range設定を選択する助けとして、電気的特性のセクションの表にあるTUE\_IINと図18および図19を使用してください。図18と図19は外装されたガイドとして使用でき、また、電気的特性の表はテスト済みのTUE\_IINを示しています。R<sub>SENSE</sub>の選択後、その値をMFR\_IIN\_CAL\_GAINレジスタにmΩ単位で書き込みます。READ\_IINは検出電流をアンペア単位で返します。図18は、予想される最も厳しいREAD\_IINの総合未調整誤差TUE\_IINの絶対値をμV単位で示し、図19はV<sub>IINSNS</sub>の電流検出入力電圧の読み取り値に対する相対%を示しています。どちらも、高レンジ、中レンジ、低レンジについてV<sub>IINSNS</sub>(V<sub>IINSNSP</sub> - V<sub>IINSNSM</sub>)の関数として示されています。

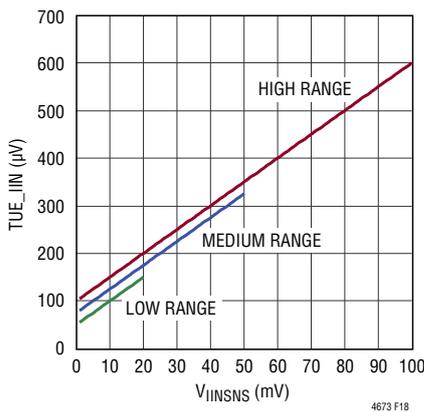


図18. TUE\_IINとREAD\_IIN入力電圧の関係(μV)

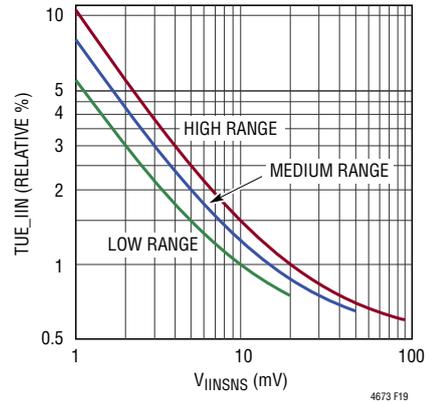
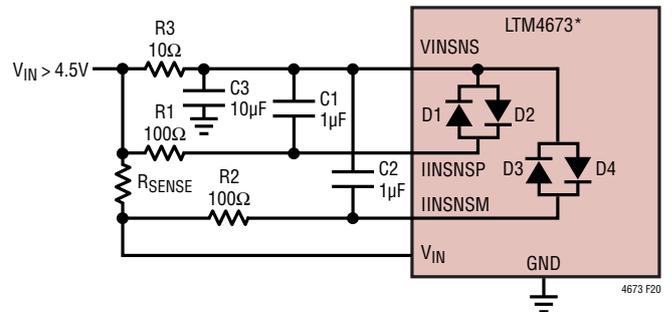


図19. TUE\_IINとREAD\_IIN入力電圧の関係(パーセンテージ)

### 入力電圧の測定

READ\_VINは、V<sub>IINSNS</sub>の入力電圧を返します。TUE\_VINはREAD\_VINの測定誤差を反映しています。V<sub>IINSNS</sub>ピンに大きなリップルがあると、READ\_VIN、READ\_PIN、MFR\_EINの精度に影響する可能性があります。リップルを原因とする測定誤差を減らすため、図20に示すようにアンチエイリアシング・フィルタ部品をオプションで追加することを検討してください。R3とC3により、V<sub>IINSNS</sub>に対し62.5kHzで30dBの減衰を行うフィルタ処理ができます。R1、R2、C1、C2は、I<sub>IINSNS</sub>入力のフィルタリング処理を追加するもので、内部ダイオードD1~D4がオンになるのを防ぎます。



\*SOME DETAILS OMITTED FOR CLARITY

図20. オプションのV<sub>IINSNS</sub>フィルタリング

### 入力電力の測定

READ\_PINは、最新のV<sub>IINSNS</sub>およびI<sub>IINSNS</sub>測定の積から計算した入力電力をワット単位で返します。電気的特性の表には代表的な条件下でのREAD\_PIN総合未調整誤差(TUE\_PIN)のみが仕様規定されていますが、実際にはTUE\_PINは、TUE\_IINとTUE\_VINの合計を反映したものです。

$$TUE\_PIN \leq TUE\_IIN + TUE\_VIN$$

## アプリケーション情報

例えば、 $15\text{mV} < |V_{\text{IINSNS}}| < 50\text{mV}$  で電流検出アンプが中レンジ ( $\text{TUE\_IIN} \leq 1\%$ ) に設定されている場合、 $\text{TUE\_PIN}$  は、 $1\% (\text{TUE\_IIN}) + 0.5\% (\text{TUE\_VIN}) = 1.5\%$  未満となります。

電流検出範囲には正負の入力が含まれるため、 $\text{READ\_PIN}$  は電力転送の大きさと方向を示す符号付きの値を返します。

### 入力エネルギーの測定

12バイトのデータ・ブロック  $\text{MFR\_EIN}$  には、 $\text{mJ}$  を単位とする48ビットの累積エネルギー測定値  $\text{Energy\_value}[47:0]$  と、エネルギーの累積を開始してからの48ビットの経過時間 (ミリ秒単位)  $\text{Energy\_time}[47:0]$  が含まれています。累積エネルギーおよび経過時間のデータ・アクセスに関する詳細は、[PMBus コマンドの説明の入力電流とエネルギー](#)のセクションと [MFR\\_COMMAND\\_PLUS](#) のセクションを参照してください。 $\text{Energy\_value}$  は、満杯になって最初の状態に戻るまでに、最大  $(2^{48}-1)\text{mJ}$  のエネルギーを累積できます。 $\text{Energy\_time}$  が満杯になるまでに累積できる時間は、 $(2^{48}-1)\text{ms}$  (約8925年) です。負の電力測定値が累積されると  $\text{Energy\_value}$  は減少し、0ミリジュールに達すると電力量計は飽和します。

電力量計の時間ベース誤差 ( $\text{TUE\_ETB}$ ) は、内部の時間ベース精度の誤差を規定します。すなわち、 $\text{Energy\_time}$  の精度は  $\text{TUE\_ETB}$  の最大誤差です。累積エネルギーには、電流検出測定値、電圧検出測定値、内部時間ベースによるそれぞれの誤差が含まれます。 $\text{Energy\_value}$  の誤差 ( $\text{TUE\_EIN}$ ) は、 $\text{TUE\_IIN}$ 、 $\text{TUE\_VIN}$ 、 $\text{TUE\_ETB}$  の和を反映します。

$$\text{TUE\_EIN} \leq \text{TUE\_IIN} + \text{TUE\_VIN} + \text{TUE\_ETB}$$

例えば、 $V_{\text{IINSNS}} = 20\text{mV}$  で電流検出アンプが高レンジの場合、 $\text{TUE\_IIN}$  の誤差は1%未満、 $\text{TUE\_VIN}$  の誤差は0.5%未満、 $\text{TUE\_ETB}$  の誤差は1.5%未満です。したがって、エネルギー測定誤差 ( $\text{TUE\_EIN}$ ) は3%未満となります。

## シーケンス、サーボ制御、マージン、再起動の各動作

### コマンド・ユニットのオン/オフ

3つの制御パラメータによって、特定のチャンネルをオン/オフする方法が決まります。その3つとは、 $\text{CONTROL}$  ピン、 $\text{OPERATION}$  コマンド、そして、 $V_{\text{INSNS}}$  ピンで測定した入力電圧の値 ( $V_{\text{IN}}$ ) です。どの場合でも、デバイスが  $\text{CONTROL}$  ピンまたは  $\text{OPERATION}$  コマンドに応答できるよう、 $V_{\text{IN}}$  が  $\text{VIN\_ON}$  を上回っている必要があります。 $V_{\text{IN}}$  が  $\text{VIN\_OFF}$  を下回ると、直ちにオフになるか、全チャンネルの  $\text{TOFF\_DELAY}$  の後にシーケンシャルにオフになります。(  $\text{Mfr\_track\_en\_chann}$  を参照)。 $\text{ON\_OFF\_CONFIG}$  コマンドの詳細については、データシートの [動作](#) のセクションを参照してください。

オン/オフ設定のいくつかの代表例を以下に示します。

1. DC/DC コンバータは、 $V_{\text{IN}}$  が  $\text{VIN\_ON}$  を超えた場合にいつでもオンになるよう設定できます。
2. DC/DC コンバータは、 $\text{OPERATION}$  コマンドを受信した場合にのみオンになるよう設定できます。
3. DC/DC コンバータは、 $\text{CONTROL}$  ピンを介してのみオンになるよう設定できます。
4. DC/DC コンバータは、 $\text{OPERATION}$  コマンドを受信し  $\text{CONTROL}$  ピンがアサートされた場合にのみオンになるよう設定できます。

### オン・シーケンス

$\text{TON\_DELAY}$  コマンドは、 $\text{ON}$  シーケンスの開始後  $\text{RUN}$  ピンが DC/DC コンバータをイネーブルするまでにチャンネルが待機する時間を設定します。DC/DC コンバータがイネーブルされた後は、 $\text{TON\_RISE}$  の値によって、どの時点でデバイスが DAC をソフト接続し DC/DC コンバータの出力が  $\text{VOUT\_COMMAND}$  の値になるようサーボ制御するかが決まります。 $\text{TON\_MAX\_FAULT\_LIMIT}$  の値は、どの時点でデバイスが低電圧状態をチェックするかを定めます。 $\text{TON\_MAX\_FAULT}$  が生じた場合、DC/DC コンバータをディスエーブルし、双方向  $\text{FAULT}$  ピンを使用してそのフォルトを他のチャンネルに伝搬するよう、そのチャンネルを設定できます。[図 21](#) に、 $\text{CONTROL}$  ピンを使用した代表的なオン・シーケンスを示します。なお、過電圧フォルトは、デバイスがパワー・アップ

## アプリケーション情報

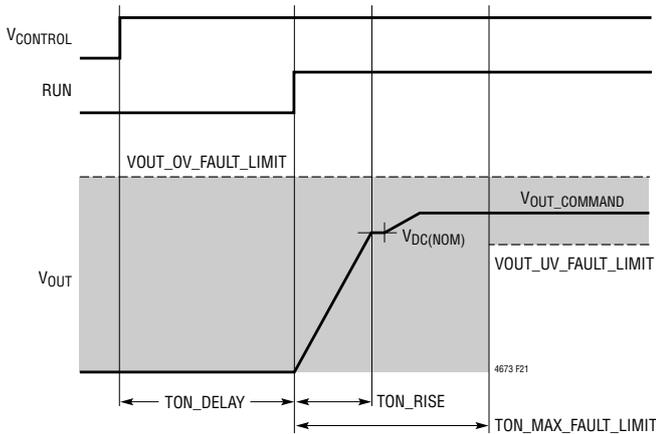


図 21. 制御ピンを使用する代表的なオン・シーケンス

されている間は常にVOUT\_OV\_FAULT\_LIMITの値に対してチェックされており、OVを無視する間はリセット状態になることもマーキングが行われることもありません。

## オン状態の動作

チャンネルがON状態になった後は、OPERATIONコマンドを使用してDC/DCコンバータの出力に、上側のマージン設定をする、下側のマージン設定をする、またはVOUT\_COMMANDで指定された公称出力電圧に戻る、のいずれかをコマンドできます。ユーザは、DC/DCコンバータの出力をVOUT\_COMMAND電圧に連続的に調整するようチャンネルを設定することも選択できます。または、チャンネルのV<sub>DACn</sub>出力を高インピーダンス状態に置くことにより、DC/DCコンバータの出力電圧が公称値V<sub>DCn(NOM)</sub>になるようにすることもできます。出力電圧のサーボを設定する方法の詳細は、MFR\_CONFIG\_LTM4673コマンドを参照してください。

## サーボ・モード

ADC、DAC、内部プロセッサによって、いくつかの便利なモードで動作するよう設定できるデジタル・サーボ・ループが構成されています。サーボ制御の目標は必要とする出力電圧です。

連続/非連続トリミング・モード:MFR\_CONFIG\_LTM4673 b[7]。連続トリミング・モードの場合、サーボ制御は、VOUTを読み出すたびにDACをクローズド・ループ方式で更新します。更新レートは、ADC MUXを通過するのに要する時間(わずかとUPDATE\_ADC)で決まります。電気的特性の表の注5を参照してください。非連続トリミング・モードの場合、サーボ制御は、ADCが目的の出力電圧を測定するまでDACを駆動し、その後DACの更新を停止します。

連続/非連続トリミング・モードの一部として、高速サーボ・モードを使用し、マーキング・コマンドやONイベントなどの大出力の遷移を加速できます。これを使用するには、Mfr\_config\_fast\_servo\_offを0に設定します。高速サーボが有効化されている場合、その開始は、目標電圧の変更または新たなソフト接続によって行われます。DACは、新しい目標電圧に近づくまで、ts\_VDACの周期ごとに1LSBだけ増加/減少し、その後オーバーシュートを回避するため、低速サーボ・モードになります。

非連続サーボ・オン警告モード:MFR\_CONFIG\_LTM4673 b[7]=0, b[6]=1。非連続モードの場合、出力がOVまたはUVの警告制限値を超えると、LTM4673は出力を再トリミング(再サーボ制御)します。

## DACモード

V<sub>DACn</sub>ピンを駆動するDACは、いくつかの有用なモードで動作できます。MFR\_CONFIG\_LTM4673を参照してください。

- ソフト接続。アナログ・デバイセズが特許を保有するソフト接続機能を用いると、DAC出力は、接続前にDC/DCの帰還ノード電圧の1LSB以内に駆動され、出力にトランジェントが発生するのを防止できます。このモードは、出力電圧をサーボ制御している場合に使用します。起動時、LTM4673はTON\_RISEが経過するのを待ってから、DACを接続します。これは最も一般的な動作モードです。
- 切断。DAC出力は高インピーダンスです。
- ソフト接続を使用したDACの手動操作。非サーボ・モードです。DACは帰還ノードにソフト接続されます。ソフト接続は、DACコードを帰還ノードの電圧に一致するようにします。接続後、DACコードをMFR\_DACに書き込むことでDACは移動されます。
- ハード接続を使用したDACの手動動作。非サーボ・モードです。DACは、MFR\_DACの現在の値を使用して帰還ノードに接続されます。接続後、DACコードをMFR\_DACに書き込むことでDACは移動されます。

## マーキング

LTM4673は、DAC出力と帰還ノードまたはトリミング・ピンの間に接続された外部抵抗に電圧を印加することで、DC/DCコンバータの出力のマーキングとトリミングを行います。マーキング用にプリセットされた制限値はVOUT\_MARGIN\_HIGH/LOWの両レジスタに保存されています。

## アプリケーション情報

マーゼニングは、OPERATIONレジスタに適切な値を書き込むことで有効化します。

マーゼニングを行うにはDACが接続されていることが必要です。DACが切り離されている場合に行われるマーゼン要求は無視されます。

### オフ・シーケンス

オフ・シーケンスの開始は、CONTROLピンまたはOPERATIONコマンドを使用して行います。TOFF\_DELAYの値は、オフ・シーケンスの開始から各チャンネルのV<sub>OUT\_EN</sub>ピンがローに引き下げられDC/DCコンバータがディスエーブルされるまでに経過する時間を定めます。

### V<sub>OUT</sub> オフ閾値電圧

MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDコマンド・レジスタを使用すると、ユーザは、オフ閾値を指定できます。チャンネルがオン状態に入る／復帰する前に、出力電圧はこのオフ閾値未満に低下しなくてはなりません。オフ閾値電圧は、MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLDとVOUT\_COMMANDの積で指定されます。オン状態に入ろうとする前に出力電圧がオフ閾値未満に低下しない場合、チャンネルはオフ状態を継続し、STATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタに適切なビットが設定され、ALERTピンはローにアサートされます。出力電圧がオフ閾値未満に低下すると、チャンネルはオン状態になることができます。

### MFR\_RESTART\_DELAYピンとCONTROLピンを介した自動再起動

CONTROLピンを10 $\mu$ sより長くオフ状態に駆動してリリースすることで、自動再起動シーケンスを開始できます。自動再起動によって、全てのRUNピンがMFR\_RESTART\_DELAYの時間だけローになり、その後、各RUNピンはそれぞれのTON\_DELAYに従ってハイになります(図22参照)。RUNピンは、MFR\_CONFIG\_LTM4673コマンドによってCONTROLピンのいずれかにマッピングできます。この機能により、ホストは制御された方法で電源を再起動できます。

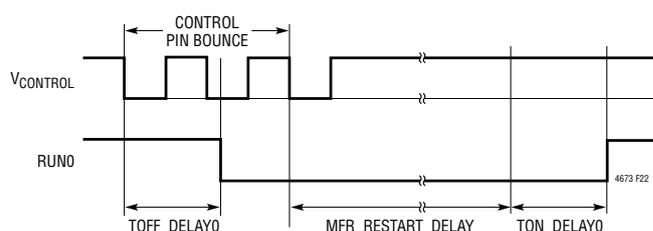


図 22. 自動再起動を使用するオフ・シーケンス

## フォルト管理

### 出力過電圧、低電圧、過電流、低電流フォルト

高速電圧監視回路のOVフォルト閾値はVOUT\_OV\_FAULT\_LIMITコマンド、UVフォルト閾値はVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITコマンドを使用して、設定できます。VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEコマンドとVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、OV/UVフォルトに対する応答を定めます。更に、後続電流監視回路のOCフォルト閾値はIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITコマンド、UCフォルト閾値はIOUT\_UC\_FAULT\_LIMITコマンドを使用して、設定できます。IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSEコマンドとIOUT\_UC\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、OC/UCフォルトに対する応答を定めます。フォルト応答には、DC/DCコンバータの即時オフ、DC/DCコンバータをディスエーブルする前にフォルト状態が一定時間継続するかどうかを確認するために待機、フォルトにも関わらずDC/DCコンバータの動作を継続など、幅があります。DC/DCコンバータがディスエーブルされている場合、LTM4673は、1~6回の再試行、無制限の連続再試行、またはラッチオフのいずれかを行うよう設定できます。再試行間隔は、MFR\_RETRY\_DELAYコマンドを使用して指定します。ラッチされたフォルトは、CONTROLピンをトグルするか、OPERATIONコマンドを使用するか、または、V<sub>INSNS</sub>ピンからバイアス電圧を除去し再印加することで、リセットします。全てのフォルト状態および警告状態により、ALERTピンがアサートされ、対応するビットがステータス・レジスタに設定されます。CLEAR\_FAULTSコマンドはステータス・レジスタの内容をリセットし、ALERT出力をデアサートします。

### 出力過電圧、低電圧、過電流警告

OV、UV、OCの警告閾値はLTM4673のADCによって処理されます。これらの閾値は、それぞれ、VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT、VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT、IOUT\_OC\_WARN\_LIMITの各コマンドで設定されます。I<sub>OUT</sub>のUC警告閾値

## アプリケーション情報

はないことに注意してください。警告が発生すると、ステータス・レジスタの対応ビットが設定され、ALERT出力がローにアサートされます。なお、警告が発生してもV<sub>OUT\_EN</sub>ピンがDC/DCコンバータをディスエーブルすることはありません。

### AUXFAULT出力の設定

AUXFAULT出力を使用すると、出力のOV、OC、またはUCフォルトを指示することができます。V<sub>OUT\_OV</sub>、I<sub>OUT\_OC</sub>、またはI<sub>OUT\_UC</sub>の各フォルト状態に対応してAUXFAULTピンをローにアサートするよう設定するには、MFR\_CONFIG2\_LTM4673レジスタおよびMFR\_CONFIG3\_LTM4673レジスタを使用します。AUXFAULT出力は、LTM4673がフォルトによってオフになった後再度オン状態になるようコマンドが送られた場合に、ローへのプルダウンを停止します。

チャージ・ポンプされた5μAによる12Vへのプルアップも、AUXFAULT出力で行うことができます。詳細については、PMBusコマンドの説明のセクションのMFR\_CONFIG\_ALL\_LTM4673レジスタの説明を参照してください。

### マルチチャンネル並列動作

アプリケーションが12Aより大きな出力電流を必要とする場合、LTM4673の複数のレギュレータ・チャンネルを並列に接続し、位相をずらして動作させることで、入出力の電圧リップルを増やさずに出力電流を増やすことが容易にできます。

12Aチャンネル(CH0、CH3)の場合、各チャンネルには固有のMODE/CLKINおよびCLKOUTピンがあります。CLKOUT信号を後段のCLKINピンに接続すれば、システム全体の周波数と位相の両方を揃えることができます。PHMODEピンをINTV<sub>CC</sub>ピンまたはSGNDピンに接続するかフロート状態のままにすると、MODE/CLKINピンに加えたクロックとCLKOUTの間に位相差が生じます。それぞれの場合の位相差は180°、120°、あるいは90°で、これらは2相動作、3相動作、または4相動作に相当します。

5Aチャンネル(CH1、CH2)の場合、チャンネル1とチャンネル2の間には180°の位相差が組み込まれています。MODE/CLKIN12によって、どちらのチャンネルも外部クロックまたはいずれかの12AチャンネルからのCLKOUT信号に同期できます。

図23に、クロック位相同期のための、2+2および4チャンネル並列回路の概念図を示します。

マルチフェーズの電源は、入力コンデンサと出力コンデンサのリップル電流の量を大幅に減らします。RMS入力リップル電流は、使用した位相の数に応じて小さくなり、実効リップル周波数は位相数を乗じた値になります(入力電圧が、出力電圧に使用した位相数を乗じた値より大きいと仮定します)。また、出力リップル振幅も、2つの2相設計を行うためにチャンネルの各ペアを並列化した場合、使用した位相の数だけ小さくなります。

LTM4673は本質的に電流モードで制御されるデバイスであるため、並列接続されたモジュールは優れた電流分担を示します。これにより、設計上、熱のバランスが良くなります。並列に配置された各チャンネルのCONTROLピン、RUNピン、TRACK/SSピン、FBピン、COMPピンは互いに接続してください。図54に並列動作時のピン接続の例を示します。

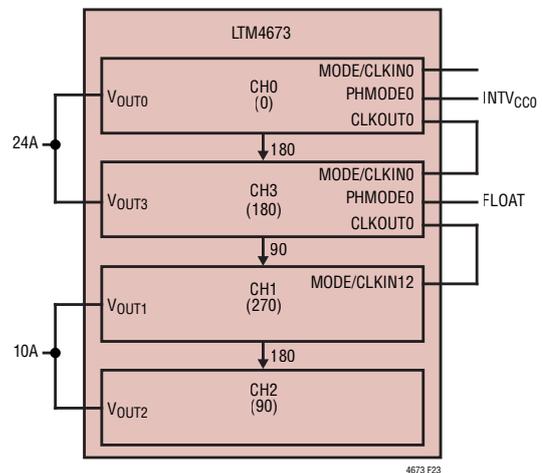


図23. 2+2および4チャンネル並列回路の概念図

### 入力RMSリップル電流の相殺

アプリケーション・ノート77ではマルチフェーズ動作の詳細を解説しています。入力RMSリップル電流の相殺について数学的な導出が説明されていると共に、RMSリップル電流が、インターリーブされた位相数の関数として減少する様子をグラフで示しています。図24にこのグラフを示します。

### 時間基準シーケンス・オフを使用したカスケード・シーケンス・オン

カスケード・シーケンスをオンにすると、各チャンネルのパワー・グッド出力をチェーンの次のチャンネルの制御ピンに接続することで、マスタ・チャンネルは、シーケンスに従って一連のスレーブ・チャンネルをオンにできます。パワー・グッ

## アプリケーション情報

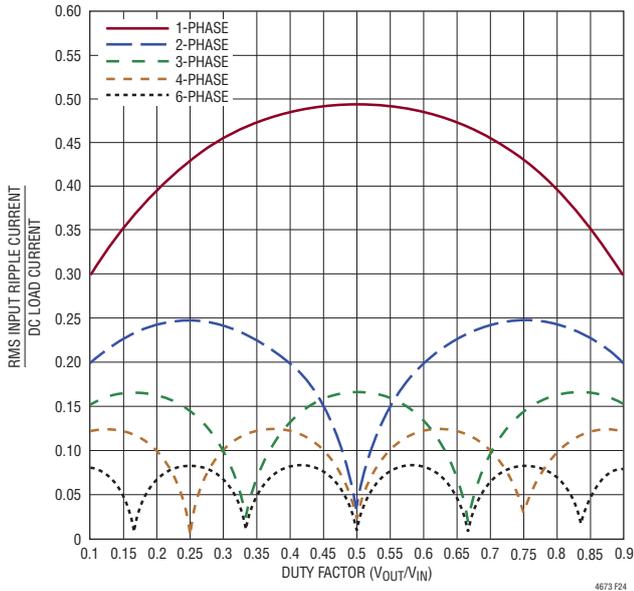


図24. デューティ・サイクルを関数としたときのDC負荷電流に対する入力RMS電流の比

ド信号は電源のパワー・グッド信号であり、LTM4673の内部パワー・グッド処理で生成されたものではない点に注意してください。パワー・グッド基準のカスケード・シーケンス・オフはサポートされていません。オフ・シーケンスは、即時オフまたは時間基準シーケンスのオフを用いて管理する必要があります。トラッキング基準のシーケンスのセクションも参照してください。

カスケード・シーケンス・オンを図25に例示します。スレーブ・チャンネルごとにMfr\_config\_cascade\_onがハイにアサートされ、関連する制御入力直前の電源のパワー・グッド出力に接続されます。この設定では、各スレーブ・チャンネルの起動は直前のチャンネルがパワー・アップするまで遅延します。

カスケード・シーケンス・オフは直接的にはサポートされていません。チャンネルをオフにする場合にシーケンスを逆転するには、以下のオプションがあります。

- OPERATIONコマンドを使用し、適切なオフ遅延を設けて全チャンネルをオフにする。
- FAULTピンを使用して、全チャンネルを即時オフにするか適切な遅延時間を持つシーケンスでオフにする。

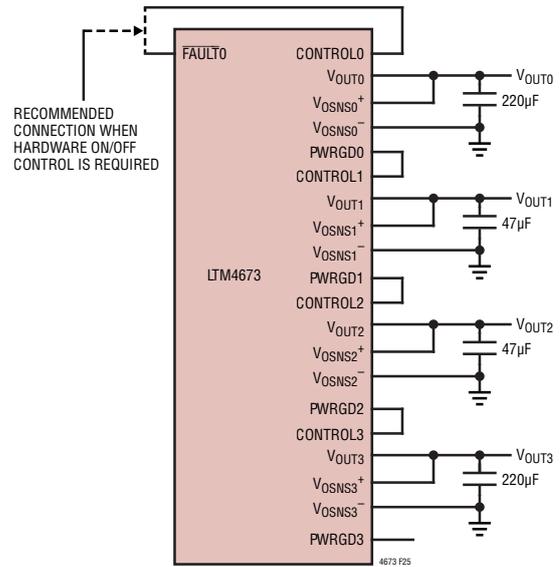


図25. カスケード・シーケンス・オンおよび時間基準シーケンス・オフに設定されたLTM4673

Mfr\_config\_cascade\_onがアサートされている場合、スレーブ・チャンネルは制御ピンがローになっている場合でもフォルト再試行を実行できます。また、システムがゼロ回または有限回の再試行後にフォルト・オフした場合でも、OPERATIONコマンドを使用すると、全カスケード・チャンネルをオフにしたのちオンにして、スレーブの制御ピンがローの場合にフォルト・オフされた状態をクリアできます。そのため、制御ピンはシーケンス・ピンとして再定義されるものとみなすことができます。

図26の波形は、図25に図示した設定を用いたカスケード・オンと時間基準のシーケンス・オフを示しています。この例では、FAULT0ピンはブロードキャスト・オフ信号として使用されています。FAULT0でシステムをオフにするには、全スレーブ・チャンネルがMfr\_faultb0\_response\_channをハイにアサートした状態で設定されることが必要です。システムがオフになった後、LTM4673は、全スレーブ・チャンネルがStatus\_mfr\_fault0\_inイベントを示している状態でALERTをアサートします。

## 出力電圧トラッキング

LTM4673の出力電圧トラッキングは、制御信号の適切なシーケンスで各レギュレータ・チャンネルのTRACK/SSピンを使用し、外部からプログラミングできます。図27を参照してください。マスタ・チャンネルをトラッキングするチャンネルは、マスタ・チャンネルが起動する前にイネーブルされ、マスタ・チャンネルが停止した後にディスエーブルされる必要があります。マスタの停止中にスレーブ・チャンネルをイネーブ

## アプリケーション情報

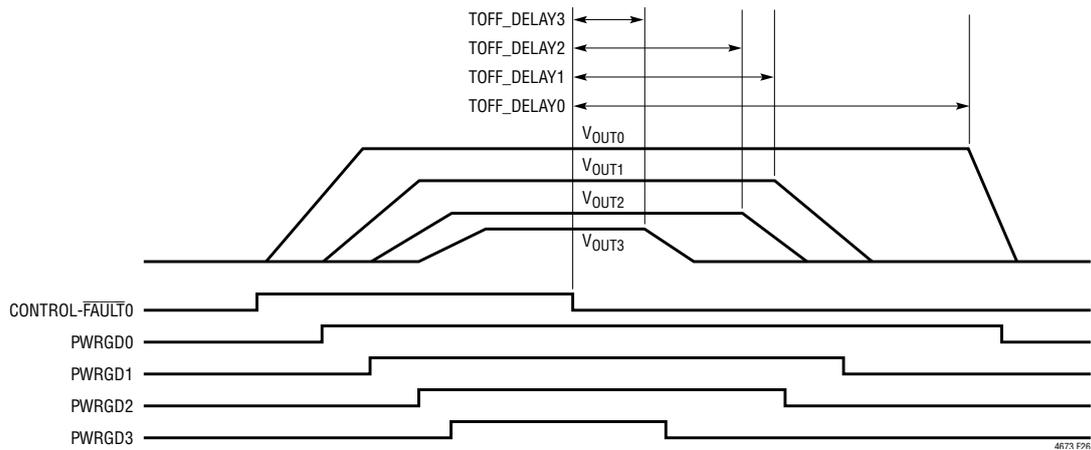


図 26. FAULT0 で時間基準シーケンス・ダウンとなるカスケード・シーケンス・オン

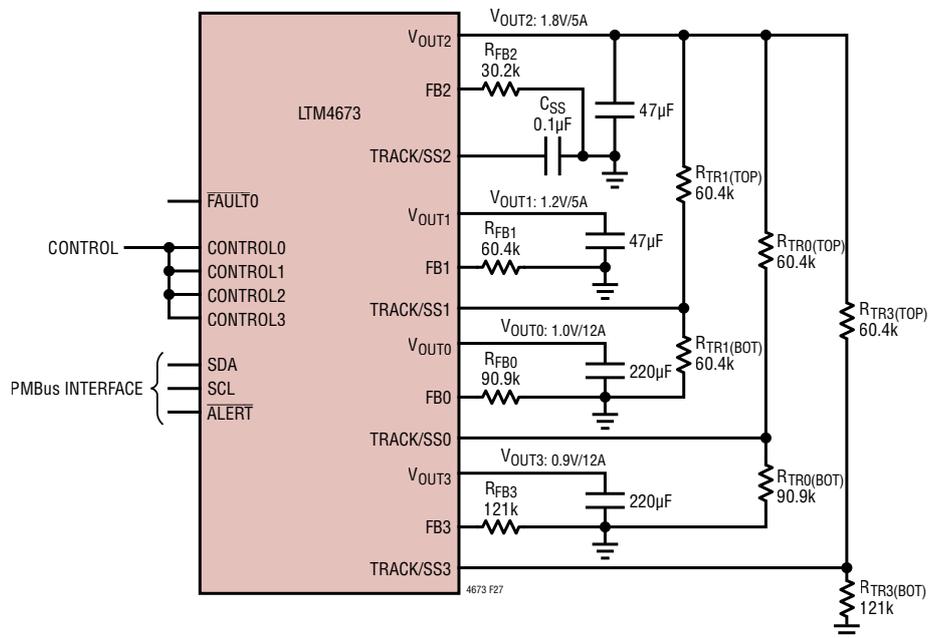


図 27. 出力電圧トラッキングにより全 4 チャンネルの制御、監視、モニタを行うよう設定された LTM4673

## アプリケーション情報

ルするためには、スレーブがUV検出をディスエーブルすることを監視回路がモニタしている必要があります。スレーブがマスタの停止をトラッキングしている場合には、スレーブのUC検出もディスエーブルして、UCイベントの誤検出を防止する必要があります。トラッキングを行うよう設定された全てのチャンネルは、いずれかのチャンネルのフォルト、または1つ以上のチャンネルを停止する可能性のあるその他の状態に対応して、一斉にトラッキングをオフにする必要があります。CONTROLピンを介し早まってスレーブ・チャンネルをディスエーブルすると、そのチャンネルがシャット・ダウンし、シーケンスを逸脱する可能性があります(図30参照)。

LTM4673の重要な機能の1つは、マスタ・チャンネルのオンおよびオフをトラッキングするよう設定された全スレーブ・チャンネルの制御、モニタ、監視ができることです。

LTM4673は、以下のトラッキング機能をサポートしています。

- スレーブ・チャンネルがトラッキングを開始または終了しているときに、誤ったUV/UCイベントを発生することなく、チャンネルのオンおよびオフをトラッキングする。
- スレーブまたはマスタのフォルトにตอบสนองして全チャンネルのトラッキングを終了する。
- V<sub>INSNS</sub>がVIN<sub>OFF</sub>を下回る、共有クロックがローのままになっている、RESTORE\_USER\_ALLが発行される、のいずれか場合に全チャンネルのトラッキングを終了する。
- トラッキング・グループの一部となっている選択チャンネルを、グループがトラッキングを開始した後にシーケンスを開始し、グループがトラッキングを終了した後にシーケンスを終了するよう設定できる。

LTM4673は、Ton\_delay、Ton\_rise、Toff\_delay、Mfr\_track\_en\_channのプログラミングを調整することによってトラッキングに対応します。マスタ・チャンネルは、全スレーブ・チャンネルがオンになった後にオンになり、全スレーブ・チャンネルがオフになる前にオフになるよう設定する必要があります。マスタより前にイネーブルされるスレーブは、トラッキング・ピンによってオンになるまでオフのままです。スレーブは、RUNピンがアサートされたままでもトラッキング・ピンを介してオフになります。Ton\_riseは、TRACKピンの立上りを基準として終了できるよう、スレーブに拡張しておく必要があります。

Mfr\_track\_en\_channがイネーブルされている場合、チャンネルは以下を行えるよう再設定されます。

- フォルト、VIN<sub>OFF</sub>、SHARECLKがロー、またはRESTORE\_USER\_ALLの場合にシーケンスを終了。

- TOFF\_DELAYの間、UVとUCを無視。なお、TON\_RISEとTON\_MAX\_FAULTの間にUVおよびUCを無視することは、このビットの設定状況によらず常に生じます。

次の例は、1つのマスタと3つのスレーブを使用してLTM4673を構成する場合を示したものです。

マスタ・チャンネル2

TON\_DELAY = Ton\_delay\_master

TON\_RISE = Ton\_rise\_master

TOFF\_DELAY = Toff\_delay\_master

MFR\_TRACK\_EN\_CHAN 2 = 0

スレーブ・チャンネル0、1、3

TON\_DELAY = Ton\_delay\_slave

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

TOFF\_DELAY = Toff\_delay\_master + T\_off\_delay\_slave

MFR\_TRACK\_EN\_CHAN 0, 1, 3 = 1

ここで、

Ton\_delay\_master > Ton\_delay\_slave

Toff\_delay\_slave > マスタ・チャンネルが停止するまでの時間

制御ピンのトグルに対するシステム応答を図28に示します。

スレーブ・チャンネルにUVフォルトが発生した場合のシステム応答を図29に示します。

スレーブ・レギュレータのTRACK/SSは抵抗分圧器R<sub>TR</sub>(TOP)/R<sub>TR</sub>(BOT)を介してマスタ・レギュレータの出力に接続されており、TRACK/SS電圧が0.6Vより低いときはこの電圧がスレーブの出力電圧をレギュレーションするため、スレーブの出力電圧とマスタの出力電圧はスタートアップの間、式11を満足します。

$$V_{OUT(SL)} \cdot \frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} = V_{OUT(MA)} \cdot \frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}} \quad (11)$$

R<sub>FB</sub>(SL)は帰還抵抗、R<sub>TR</sub>(TOP)/R<sub>TR</sub>(BOT)はスレーブ・レギュレータのTRACK/SSピンに接続された抵抗分圧器です(図27参照)。

アプリケーション情報

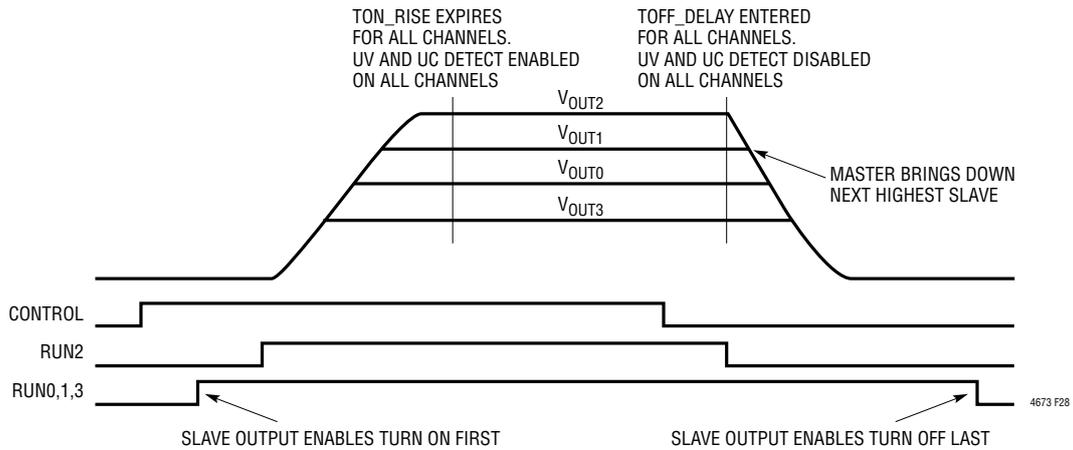


図28. 全電源の起動と停止をトラッキングする制御ピン

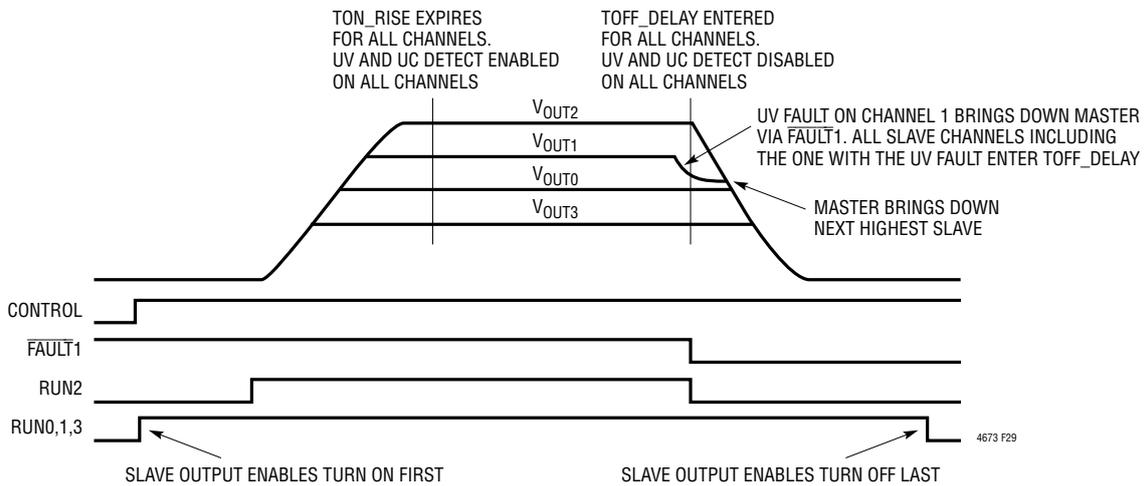


図29. 全電源の停止をトラッキングするチャンネル1でのフォルト

## アプリケーション情報

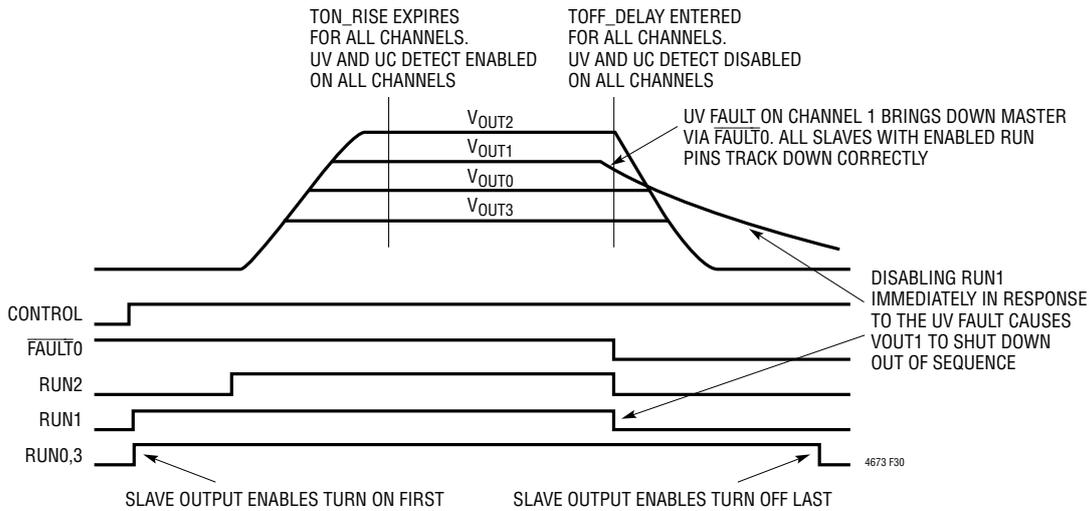


図30. フォルトが発生したチャンネルに対するフォルト応答が不適切に設定されているために生じるトラッキングの中断

式12から、マスタの出力スルー・レート(MR)とスレーブの出力スルー・レート(SR)は式12によって求められます。単位は電圧/時間です。

$$\frac{MR}{SR} = \frac{\frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}} \quad (12)$$

図28に示す同時出力トラッキングでは、マスタの出力スルー・レート(SR)はスレーブの出力スルー・レート(SR) (式13)と同じです。

$$\frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} = \frac{R_{TR(TOP)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}} \quad (13)$$

式13から、同時トラッキングではスレーブ・レギュレータのTRACK/SSピンの抵抗分圧器は帰還分圧器と常に等しいことが容易に分かります。

図27に示す例で、 $R_{TR0(TOP)} = R_{TR1(TOP)} = R_{TR3(TOP)} = 60.4k$ 、 $R_{TR0(BOT)} = 90.9k$ 、 $R_{TR1(BOT)} = 60.4k$ 、 $R_{TR3(BOT)} = 121k$ という設定は、 $V_{OUT2(MA)} = 1.8V$ 、 $V_{OUT0(SL)} = 1.0V$ 、 $V_{OUT1(SL)} = 1.2V$ 、 $V_{OUT3(SL)} = 0.9V$ を同時トラッキングするための良い組み合わせです。

抵抗分圧器を使用してその特定のチャンネルでトラッキングを実行する場合、TRACK1ピンとTRACK2ピンでは1.5 $\mu$ Aの電流源、TRACK0ピンとTRACK3ピンでは6 $\mu$ Aの電流

源がオンになっています。そのため、TRACKピンの入力にオフセットが発生してしまいます。この場合、式13で計算した抵抗値と同じ比率で、より小さな値の抵抗を使用することができます。例えば、チャンネル3の抵抗分圧器に60.4kおよび121kを使用していたところを、6.04kおよび12.1kを使用することで、TRACKピンのオフセットを無視できる値まで低減することができます。

## マルチチャンネルのフォルト管理

双方向FAULTピンを用いることで、マルチチャンネルのフォルト管理ができます。図31に、チャンネルとFAULTピンの間の接続方法を示します。

- MFR\_FAULTBn\_PROPAGATE コマンドは、特定のチャンネル(PAGE)の faulted\_off 状態をどちらかのFAULT出力に伝搬させる、プログラマブル・スイッチのように作用します。MFR\_FAULTBn\_RESPONSE コマンドは、各チャンネルへの入力における同様のスイッチを制御します。このスイッチはFAULTピンの組み合わせに応じていずれかのチャンネルをシャット・ダウンさせます。FAULTピンのプルダウンに反応するチャンネルは、該当のFAULTピンがフォルト・チャンネルによってリリースされると、新しいシーケンスを開始しようとします。
- また、FAULTピンは、10 $\mu$ sのデグリッチ遅延の後に即時オフ・シーケンスを開始するため、外部ドライバでアサートすることもできます。

## アプリケーション情報

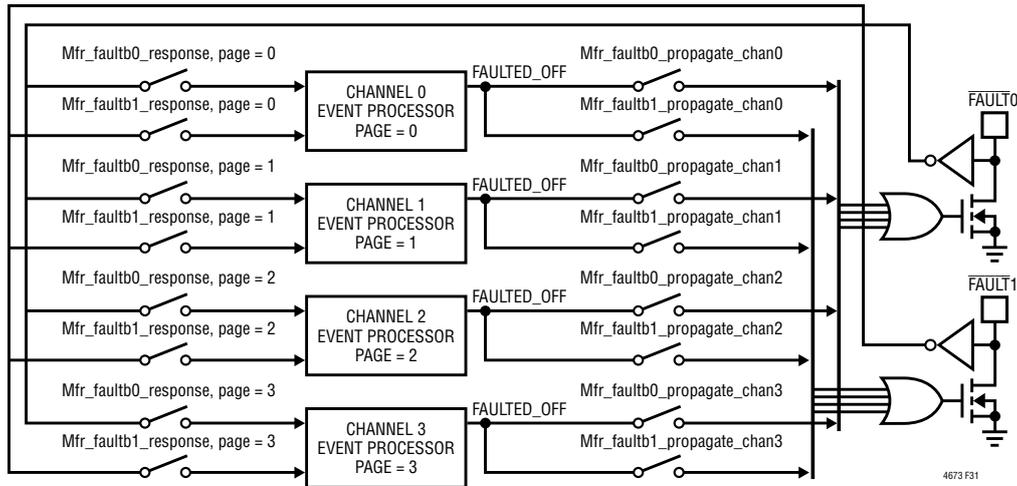


図31. チャンネル・フォルト管理のブロック図

## アナログ・デバイセズの複数のパワー・マネージャ間の相互接続

図32に、代表的な複数LTM4673アレイでのピン間接続を示します。

- 全ての $V_{INSNS}$ ラインは、 $V_{IN}$ の検出ポイントでスター状に接続します。これにより、 $V_{IN}$ に基づいてLTM4673を起動しCONTROLラインとOPERATIONコマンドを無視するようON\_OFF\_CONFIGが設定されている場合に、タイミング・エラーを最小限に抑えることができます。タイミングの違いの影響を受けやすいマルチデバイス・アプリケーションでは、MFR\_CONFIG\_ALL\_LTM4673レジスタの $V_{in\_share\_enable}$ ビットをハイに設定し、SHARECLKが $V_{IN\_ON}$ 閾値および $V_{IN\_OFF}$ 閾値に応答してオン/オフ・シーケンスに同期できるようにすることを推奨します。
- 全てのAUXFAULTラインを一緒に接続することで、アレイ内のDC/DCコンバータ出力の選択されたフォルトによって共通入力スイッチをオフにできるようになります。
- $\overline{ALERT}$ は、PMBusコンバータのアレイでは通常1本のラインです。LTM4673では、フォルトや警告の多様な組み合わせが $\overline{ALERT}$ ピンを伝搬できます。
- WDI/RESETを使用して、LTM4673をパワーオン・リセット状態にすることができます。この状態にするには、 $t_{RESET}$ 以上の時間、WDI/RESETをローに引き下げてください。

- $\overline{FAULT}$ ラインを互いに接続することで、フォルトの依存関係を作成できます。図32は、いずれかの $\overline{FAULT}$ のフォルトがそれ以外の全てをローに引き下げる構成を示しています。これは、いずれかのチャンネルが起動しない場合に起動シーケンスを中止する必要があるアレイで役に立ちます(図33参照)。
- PWRGDは、MFR\_PWRGD\_ENコマンドによってマッピングされた出力のステータスを反映します。図32では全てのPWRGDピンが接続されていますが、任意の組み合わせを使用できます。

DC1613 USB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラとシステム内のLTM4673の接続

DC1613 USB to I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラは、プログラミング、遠隔測定、システム・デバッグを行うために、基板上のLTM4673とのインターフェースとして機能できます。このコントローラは、LTpowerPlayソフトウェアと併用することで、電源システム全体のデバッグを行うことのできる強力な手段を提供します。遠隔測定、フォルト・ステータス・レジスタ、フォルト・ログを使って異常を手早く診断し、短時間で最終的な構成を完了して、それをLTM4673のEEPROMに格納することができます。

図34と図35に、システム電源の有無に関係なく、アナログ・デバイセズのI<sup>2</sup>C/SMBus/PMBusコントローラを介して1つ以上のLTM4673に対する電力供給、プログラミング、通信を行うためのアプリケーション回路図を示します。

アプリケーション情報

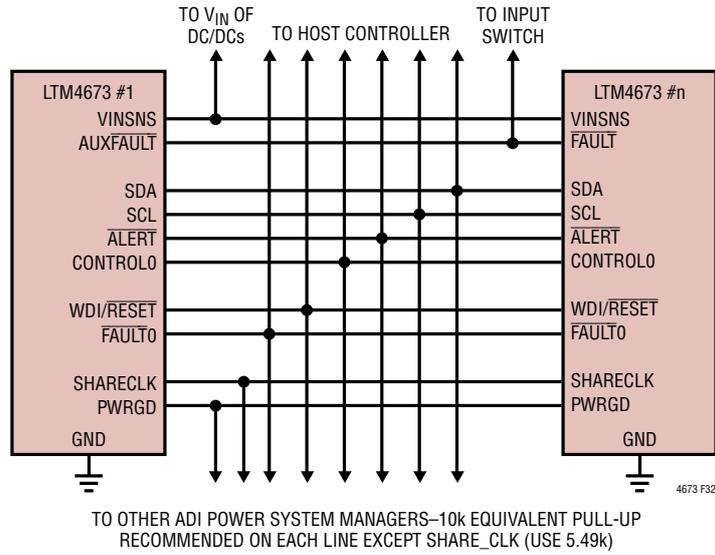


図 32. アナログ・デバイセズの複数の電源システムマネージャ間の代表的な接続

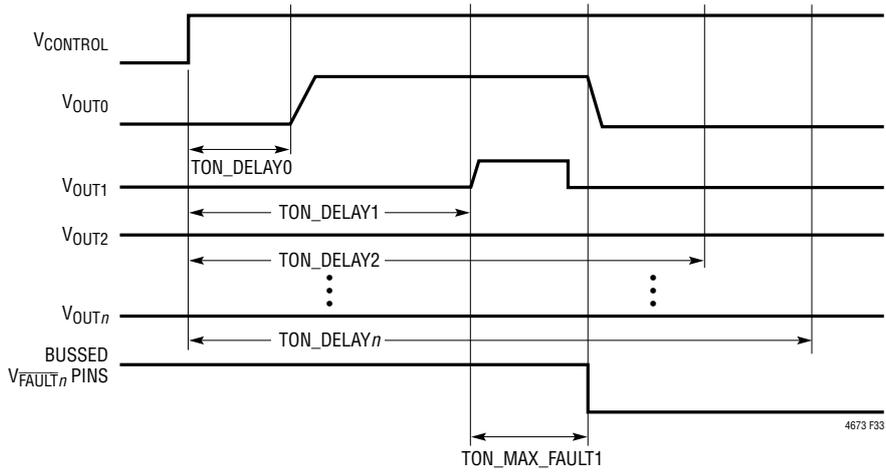


図 33. チャンネル1の短絡によりアボートされたオン・シーケンス

## アプリケーション情報

図34は、LTM4673がV<sub>IN\_D</sub>ピンを介してシステムの間接バスによって給電されている場合に使用する推奨回路図です。

図35は、LTM4673がV<sub>DD33</sub>ピンおよびV<sub>IN\_D</sub>ピンを介してシステムの3.3Vから給電されている場合に使用する推奨回路図です。LTC4412の理想的な論理和回路により、コントローラまたはシステムのどちらかがLTM4673に電力を供給できます。

コントローラの電流供給能力は限られているので、OR接続の3.3V電源から電力を供給するのは、LTM4673と、それに付随するプルアップ抵抗およびI<sup>2</sup>C/SMBusのプルアップ抵抗だけにしてください。更に、I<sup>2</sup>C/SMBusバス接続を

LTM4673と共有しているデバイスでは、SDA/SCLピンとそのV<sub>DD</sub>ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないようにする必要があります。ボディ・ダイオードが形成されると、システム電源が存在しない場合にバス通信に干渉するからです。

アナログ・デバイスサイズのコントローラのI<sup>2</sup>C/SMBus接続は、PCのUSBとフォトカプラにより絶縁されています。コントローラおよびLTM4673のV<sub>DD33</sub>ピンから供給される3.3Vは並列化できます。この電圧を発生するアナログ・デバイスサイズのLDOを逆方向に駆動して引き出す電流を10μA未満にできるためです。コントローラの3.3Vの電流制限値は100mAです。

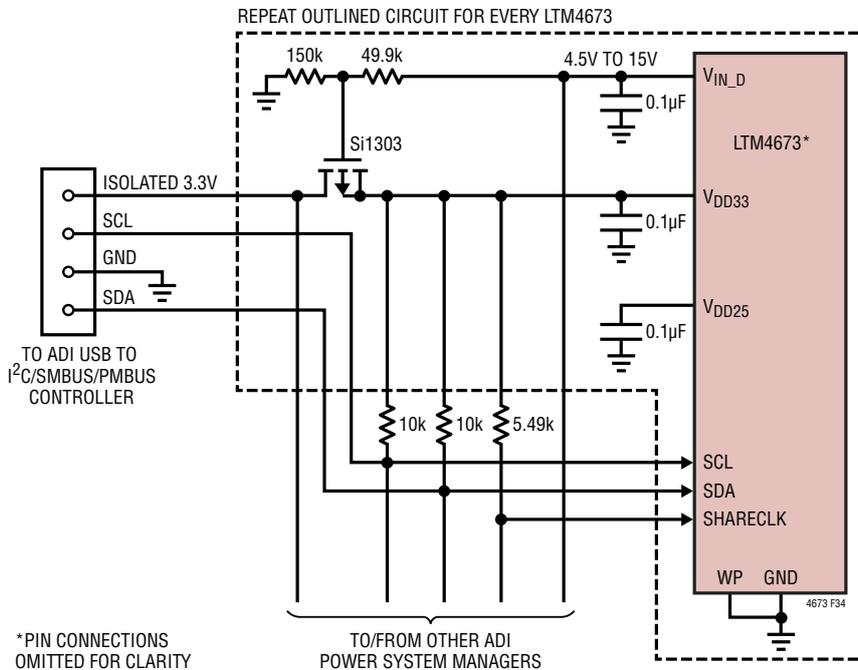


図 34. V<sub>IN\_D</sub> 使用時の LTM4673 接続

## アプリケーション情報

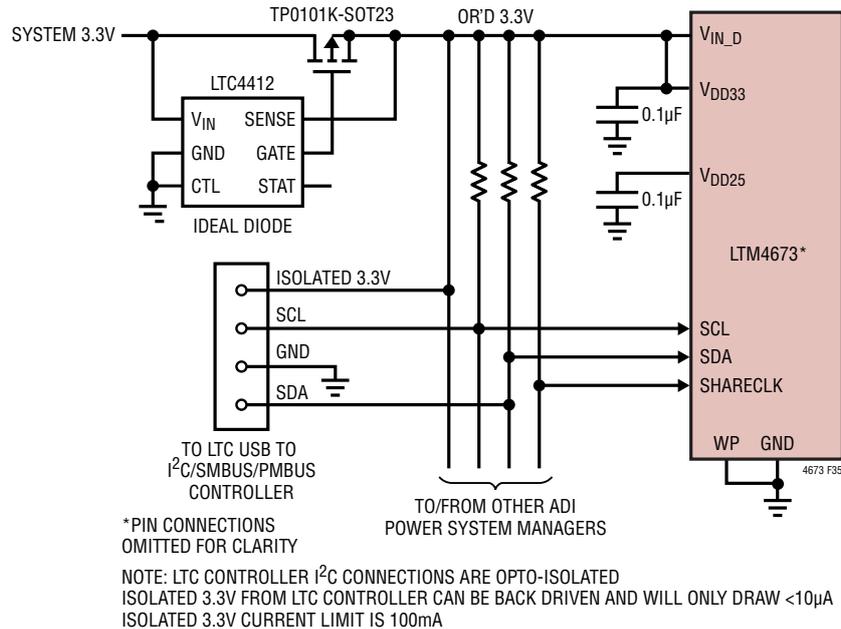


図 35. LTM4673 を 3.3V で直接給電する場合の接続

## LTpowerPlay: パワー・マネージメント用対話型 GUI

LTpowerPlay は、LTM4673 を含むアナログ・デバイセズのパワー・マネージャICをサポートする、Windows ベースの強力な開発環境です。このソフトウェアは様々な作業をサポートします。LTpowerPlay を使用すると、Linear Technology の IC をデモ・ボード・システムに接続して評価できます。また、LTpowerPlay は、マルチチップの構成ファイルを作成するためにオフライン・モード（ハードウェアなしの状態）で使用することもできます。このファイルは、保存して後で再ロードすることができます。LTpowerPlay は従来にない診断機能とデバッグ機能を備えており、システムのパワー・マネージメント方法をプログラミングする場合に、基板の機能確認時の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 DC1613 USB-I<sup>2</sup>C/SMBus/PMBus コントローラを利用して、DC2022 デモ・ボード・セット、DC1508 ソケット・プログラミング・ボード、ユーザ・ターゲット・システムなどを含む様々なターゲットの1つと通信を行います。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状態を常に維持します。また、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・ヘルプも使用できます。詳細については[こちら](#)を参照してください。

V<sub>DAC</sub> ピンと V<sub>FB</sub> ピンの間の抵抗を選択するための4段階の手順

次の4段階の手順を使用すると、[図 53](#) に示すアプリケーション回路に必要な抵抗値を計算できます。または、LTpowerCAD ソフトウェア・ツールを用いて R<sub>DAC</sub> の値を計算することもできます。

1. 下側 V<sub>FB</sub> の抵抗値を定めます。

上側 V<sub>FB</sub> の帰還抵抗はモジュール内部にあり、その抵抗値は 60.4kΩ なので、下側 V<sub>FB</sub> の抵抗値は、公称出力電圧から求められます ([式 14](#))。

$$R_{FB(BOT)} = \frac{60.4k \cdot V_{FB}}{V_{DC(NOM)} - I_{FB} \cdot 60.4k - V_{FB}} \quad (14)$$

V<sub>DC(NOM)</sub> は、LT4673 の V<sub>DAC0</sub> ピンが高インピーダンス状態にある場合の DC/DC コンバータの出力電圧です。R<sub>FB(BOT)</sub> は、V<sub>DC(NOM)</sub>、ループがレギュレーション状態時の帰還ノードの電圧 (V<sub>FB</sub>)、帰還ノードの入力電流 (I<sub>FB</sub>) の3つの関数です。

チャンネル 0 を例にとると、V<sub>DC(NOM)</sub> = 1.0V、I<sub>FB</sub> = 50nA、V<sub>FB</sub> = 0.6V なので、R<sub>FB(BOT)</sub> は 90.9kΩ と計算されます。

## アプリケーション情報

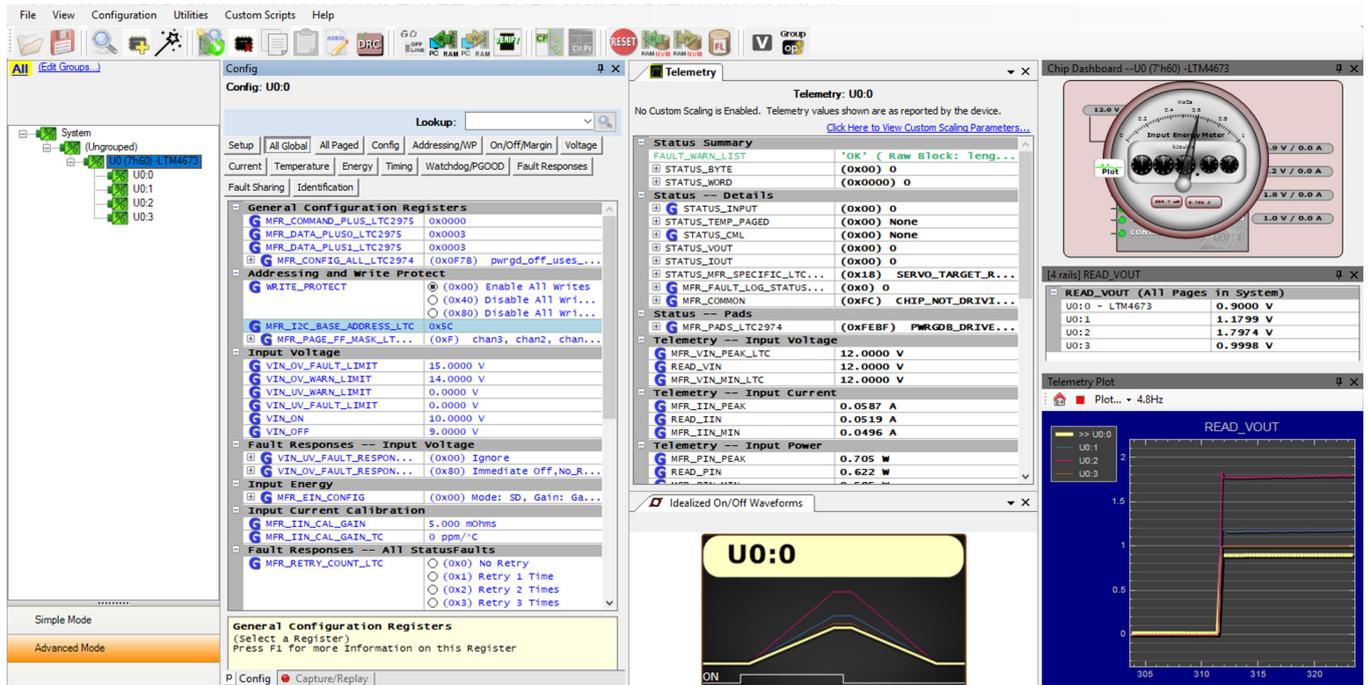


図36. LTpowerPlayのスナップショット

2. 必要な最大DC/DCコンバータ出力電圧  $V_{DC(MAX)}$  を生成する  $R_{VDAC}$  の値を求めます。

$V_{DAC0}$  が 0V の場合の DC/DC コンバータの出力が最大電圧となります(式15)。

$$R_{DAC} \leq \frac{60.4k \cdot V_{FB}}{V_{DC(MAX)} - V_{DC(NOM)}} \quad (15)$$

チャンネル0の場合、 $V_{DC(NOM)} = 1.0V$ 、 $V_{DC(MAX)}$  の設定値 =  $1.05V$ 、 $V_{FB} = 0.6V$  で、 $R_{DAC0}$  は  $715k\Omega$  を決して超えることがないので、 $R_{DAC0} = 715k\Omega$  と設定することになります。

3. 必要な最小DC/DCコンバータ出力電圧  $V_{DC(MIN)}$  を生成するのに必要な、 $V_{DAC0}$  の最小値を求めます。

DACのフルスケール設定値には、 $1.38V$  と  $2.65V$  の2つがあります。適切なフルスケール設定値を選択するために、必要な最小  $V_{FS\_VDAC}$  出力電圧を計算します(式16)。

$$V_{FS\_VDAC} > (V_{DC(NOM)} - V_{DC(MIN)}) \cdot \frac{R_{DAC}}{60.4k} + V_{FB} \quad (16)$$

チャンネル0の場合、 $V_{DC(NOM)} = 1.0V$ 、 $V_{DC(MIN)}$  の設定値 =  $0.95V$ 、 $V_{FB} = 0.6V$  で、 $V_{FS\_VDAC0}$  は  $1.4V$  を決して超えることがないので、 $V_{FS\_VDAC} = 1.38V$  (`MFR_CONFIG_LTM4673[1]=0`) に設定します。

4. DC/DCコンバータの出力電圧の最小値、公称値、最大値と、その結果生じるマージング分解能を再計算します(式17~式20)。

$$V_{DC(NOM)} = V_{FB} \cdot \left( 1 + \frac{60.4k}{R_{FB(BOT)}} \right) + I_{FB} \cdot 60.4k \quad (17)$$

$$V_{DC(MIN)} = V_{DC(NOM)} - \frac{60.4k}{R_{DAC}} \cdot (V_{FS\_VDAC} - V_{FB}) \quad (18)$$

$$V_{DC(MAX)} = V_{DC(NOM)} + \frac{60.4k}{R_{DAC}} \cdot V_{FB} \quad (19)$$

$$V_{RES} = \frac{60.4k}{R_{DAC}} \cdot \frac{V_{FS\_VDAC}}{1023} \quad \text{V/DAC LSB} \quad (20)$$

チャンネル0の場合、 $V_{FB} = 0.6V$ 、 $I_{FB} = 50nA$ 、 $R_{FB(BOT)} = 90.9k$ 、 $V_{FS\_VDAC} = 1.38V$  です。出力電圧の公称値、最小値、最大値は次のように計算されます。

## アプリケーション情報

$V_{DC(NOM)} = 1.0V$ 、 $V_{DC(MIN)} = 0.95V$ 、 $V_{DC(MAX)} = 1.05V$ 。  
 $V_{RES} = 0.114mV/DAS\ LSB$ 。

### 熱に関する考慮事項と出力電流のディレーティング

このデータシートのピン配置のセクションに記載されている熱抵抗は、JESD51-9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、JESD51-9 (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  $\mu$ Module パッケージを実装して行われた、熱的モデリング、シミュレーション、およびハードウェア評価との相関付けから得られた結果を利用します。これらの熱係数を提供する理由は、JESD51-12 (Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information) に記載されています。

設計者の多くは、様々な電気的および環境的動作条件下における自らのアプリケーションでの  $\mu$ Module レギュレータの熱性能を予想するため、FEA ソフトウェアを使用した作業の補足を目的として実験機器やデモ基板などのテスト手段を使用することがあります。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示す熱抵抗はそれ自体では熱性能のガイドとなりませんが、その代わりにこのデータシートにあるディレーティング曲線をアプリケーションの利用に関する考察やガイドとして使用でき、また熱性能とアプリケーションとの関係を把握するために応用できます。

ピン配置のセクションには JESD51-12 に明示的に定義された 4 つの熱係数の代表値が示されており、これらは以下のように説明されます。

1.  $\theta_{JA}$  はジャンクションから環境への熱抵抗であり、1 立方フィートの密閉された容器内で測定された、自然対流によるジャンクションから周囲の空気への熱抵抗です。この環境は「静止空気」と呼ばれることもありますが、実際には自然対流により空気の動きが生じます。この値はパーツを JESD51-9 定義のテスト基板にマウントして得られたものであり、実際のアプリケーションや現実的な動作条件を反映したものではありません。
2.  $\theta_{JCbottom}$  はジャンクションから製品底部までの熱抵抗であり、全てのコンポーネントからの熱放散がパッケージ底部を通じて起こるものとして決定されます。代表的な  $\mu$ Module レギュレータでは熱の大半はパッケージ底部を通じて流出しますが、周囲環境への熱放散も常に発生します。この結果として、この熱抵抗の値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものではありません。
3.  $\theta_{JCtop}$  (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。代表的な  $\mu$ Module の電気的接続はパッケージ底部で行われるため、熱の大半がパーツ上端のジャンクション経由で放散されるようなアプリケーションはまれです。 $\theta_{JCbottom}$  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。

前述の熱抵抗を視覚的に表したものが図 37 です。青色の部分が  $\mu$ Module レギュレータ内部の熱抵抗で、緑色の部分は  $\mu$ Module 外部の熱抵抗です。

実践的な注意点として、JESD51-12 に定義されている、あるいはピン配置のセクションに示す 4 種類の熱抵抗パラメータのいずれも、あるいはそれらのサブグループも、 $\mu$ Module の通常の動作条件を反映したものではないことに留意してください。例えば、通常の基板-実装アプリケーションでは、JESD51-12 が  $\theta_{JCtop}$  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) が全て  $\mu$ Module 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。実際には電力損失はパッケージから両方の方向に熱として放散され、ヒート・シンクと空気流がない場合は熱の大半は基板へと流れます。

SIP (システム・イン・パッケージ) モジュール内部には、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、

## アプリケーション情報

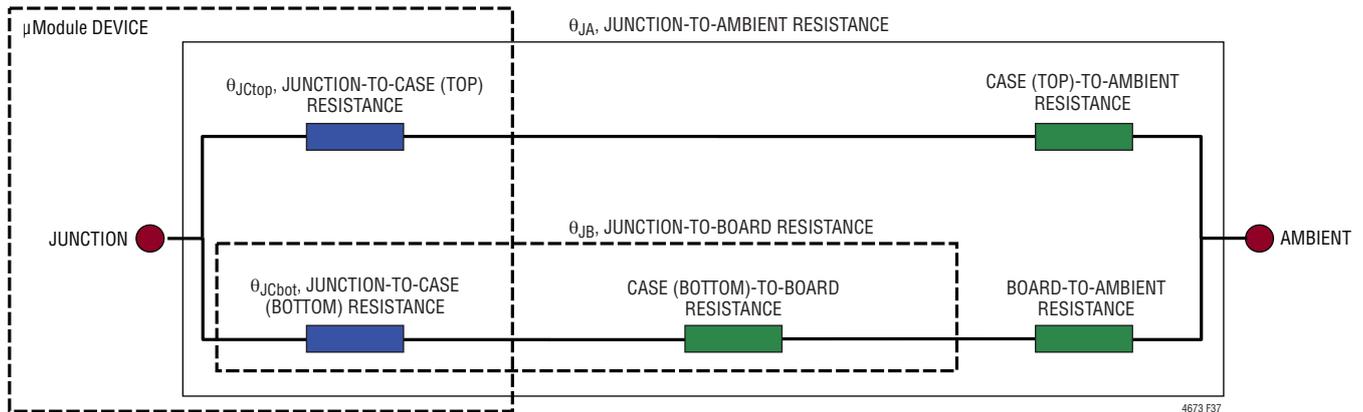


図 37. 熱係数の概要を示す図、JESD51-12 の用語を含む

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、相関付けを行っています。(1)まず、FEA ソフトウェアを使って  $\mu$ Module と指定された PCB の物理的形狀を、素材の適切な係数と正確な電力損失源の定義と共に正確に構築します。(2)このモデルは JESD 51-9 に即したソフトウェア定義の JEDEC 環境をシミュレートすることにより、JEDEC に定義された熱抵抗値を計算できるよう、様々なインターフェースでの電力損失熱フローと温度測定値を予測します。(3)このモデルと FEA ソフトウェアを使い、ヒート・シンクと空気流がある場合の  $\mu$ Module を評価します。(4)これらの熱抵抗値を計算して分析し、またソフトウェア・モデル内において様々な動作条件をシミュレートした上で、実験室での徹底した評価により環境制御チャンバー内で熱電対を使用して行ったシミュレーションの条件を再現し、またシミュレーションと同じ電力損失下においてデバイスを動作させます。必要な注意事項を踏まえた上で、この結果からこのデータシートの他のセクションに記載された一連のデレレーティング曲線が得られます。これらのテストを実行して  $\mu$ Module モデルと相関をとると、 $\theta_{JA}$  には、適切に定義されたチャンバー内における空

気流とヒート・シンクのない状態で得られた  $\mu$ Module モデルと非常に良い相関関係が得られます。この  $\theta_{JA}$  の値は [ピン配置](#) のセクションに記載されており、 $\theta_{JA}$  の値と正確に一致します。空気流や上面のヒート・シンクがない状態では、電力損失のほぼ 100% がジャンクションから基板を通じて周辺に流れるためです。

[図 38](#)～[図 41](#) に示す 1.0V、1.5V、3.3V、5V の電力損失曲線と、[図 42](#)～[図 51](#) の負荷電流デレレーティング曲線を組み合わせることで使用することにより、様々なヒート・シンク条件および空気流条件下における LTM4673 の熱抵抗  $\theta_{JA}$  の概算値を求めることができます。電力損失曲線は室温で得られたものであり、周囲温度に応じて乗算的に増加します。これらの乗算係数は、1 (40°C)、1.05 (50°C)、1.1 (60°C)、1.15 (70°C)、1.2 (80°C)、1.25 (90°C)、1.3 (100°C)、1.35 (110°C)、1.4 (120°C) です。デレレーティング曲線は並列出力ごとに 100% 負荷で出力電流が開始し、周囲温度が 40°C の場合についてプロットされています。出力電圧は 1V および 1.5V です。これらは熱抵抗との相関を検証するため、低めの出力電圧範囲と高めの出力電圧範囲を含めるよう選択されています。熱モデルは温度制御チャンバー内での複数回の温度測定と、熱モデリングによる分析から得られています。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。デレ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、

アプリケーション情報

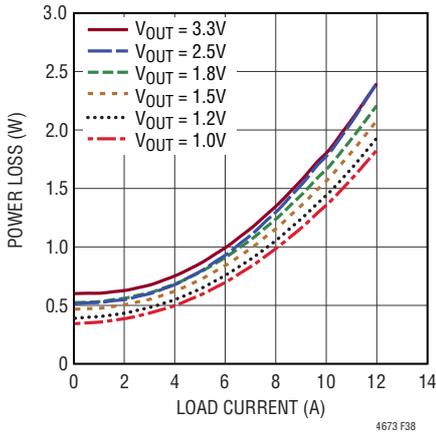


図38. チャンネル0およびチャンネル3の  $5V_{IN}$  時の出力電力損失シーケンス

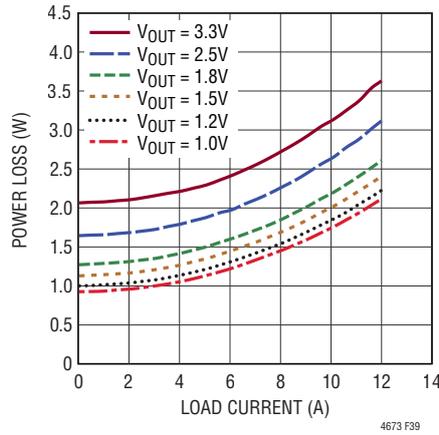


図39. チャンネル0およびチャンネル3の  $12V_{IN}$  時の出力電力損失

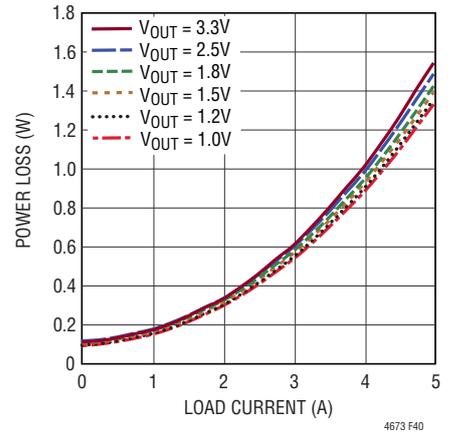


図40. チャンネル1およびチャンネル2の  $5V_{IN}$  時の出力電力損失

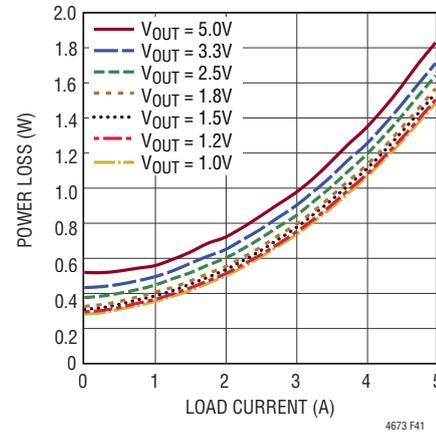


図41. チャンネル1およびチャンネル2の  $12V_{IN}$  時の出力電力損失

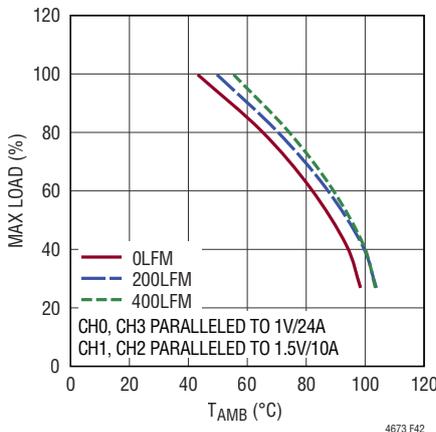


図42.  $12V_{IN}$  時のディレーティング曲線、ヒート・シンクなし

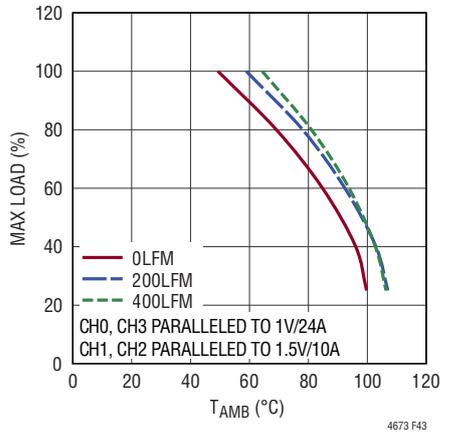


図43.  $12V_{IN}$  時のディレーティング曲線、ヒート・シンクあり

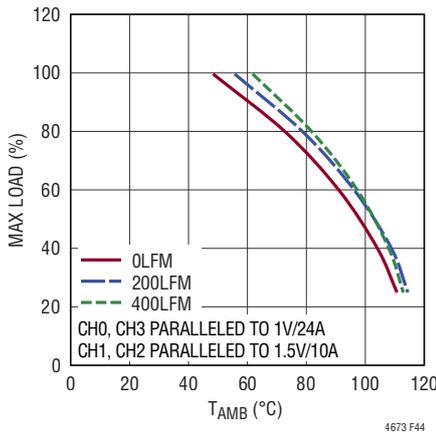


図44.  $5V_{IN}$  時のディレーティング曲線、ヒート・シンクなし

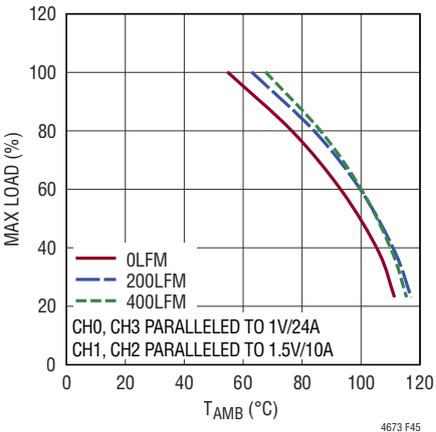


図45.  $5V_{IN}$  時のディレーティング曲線、ヒート・シンクあり

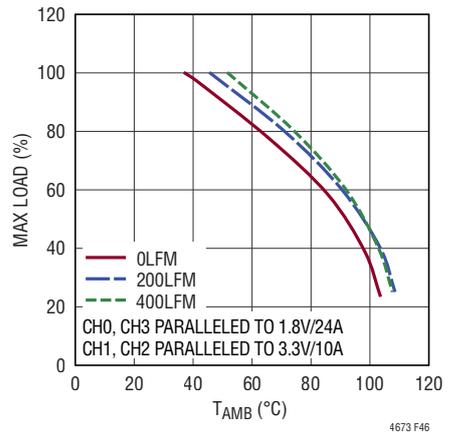


図46.  $5V_{IN}$  時のディレーティング曲線、ヒート・シンクなし

## アプリケーション情報

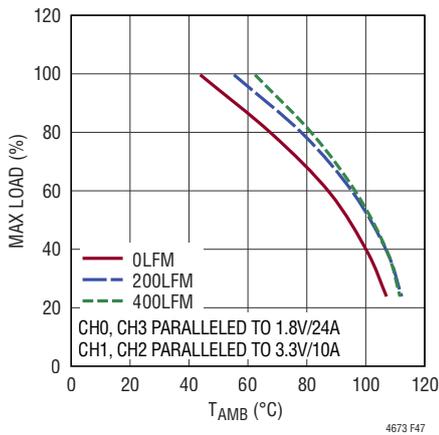


図 47. 5VIN 時のデレーティング曲線、ヒート・シンクなし

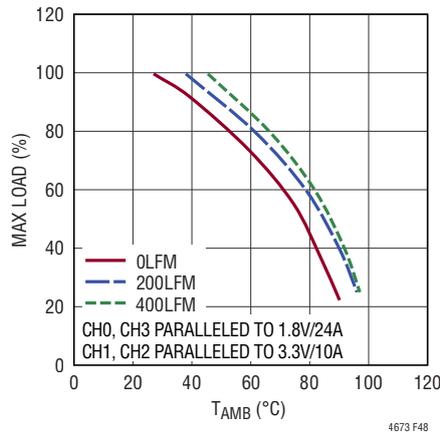


図 48. 12VIN 時のデレーティング曲線、ヒート・シンクなし

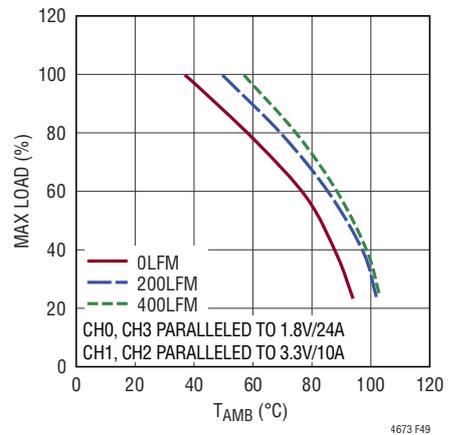


図 49. 12VIN 時のデレーティング曲線、ヒート・シンクあり

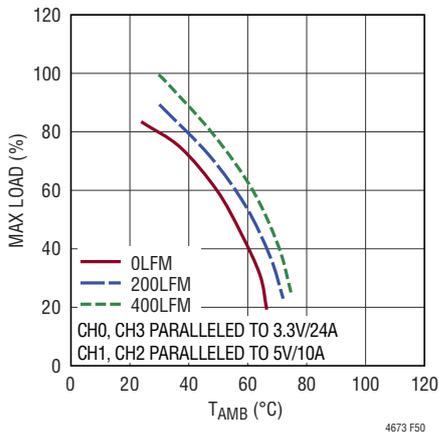


図 50. 12VIN 時のデレーティング曲線、ヒート・シンクなし

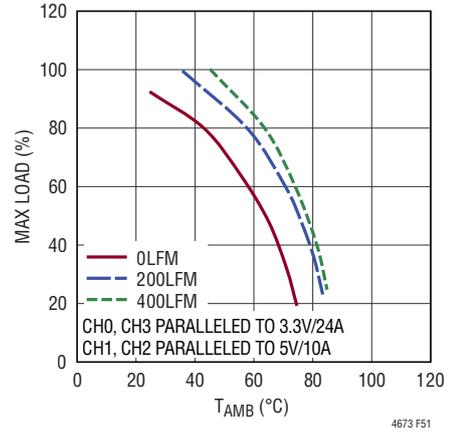


図 51. 12VIN 時のデレーティング曲線、ヒート・シンクあり

## アプリケーション情報

ジャンクションは最大120°Cを維持します。この出力電流の低下により、周囲温度が増加すると共にモジュール内部の損失が低下します。モニタされた120°Cのジャンクション温度から周囲動作温度を差し引いた値により、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定できます。図42の例のように、空気流やヒート・シンクがない状態で約80°Cの場合、負荷電流は、並列化されたチャンネル0とチャンネル3では約14A、並列化されたチャンネル1とチャンネル2では約6Aにディレーティングされます。この負荷条件で12Vを1.0Vおよび1.5Vに降圧する場合の電力損失は、約5Wになります。室温では、図39の12V<sub>IN</sub>から1.0V<sub>OUT</sub>への降圧のグラフにより、チャンネル0とチャンネル3の7A時の損失はそれぞれ1.3Wと推定されます。図41の12V<sub>IN</sub>から1.5V<sub>OUT</sub>への降圧のグラフによれば、チャンネル1とチャンネル2の3A時の損失はそれぞれ0.8Wと推定されます。室温での合計損失は4.2Wとなります。この4.2Wの温度損失に、80°Cの周囲温度での乗算係数である1.2を乗じると、この周囲温度での電力損失は5Wになります。周囲温度80°Cをジャンクション温度の120°Cから差し引き、その40°Cの差を5Wで除算すると、8°C/Wの熱抵抗 $\theta_{JA}$ になります。表3は、この計算に

よる推定値と一致する8°C/Wという値が規定されています。表3～表5に、空気流とヒート・シンクがある場合とない場合の1.0V、1.5V、1.8V、3.3V、5Vの出力の組み合わせに対する等価熱抵抗を示します。表3～表5に示す様々な条件下で得られた熱抵抗値に周囲温度から計算された電力損失値を乗算すれば周囲温度からの温度上昇幅が得られ、それに基づいて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、更に前述の周囲温度の倍率で調整することができます。プリント回路基板は1.6mm厚の4層基板で、外側2層に2オンスの銅層、内側2層に1オンスの銅層が使用されています。PCBの寸法は95mm × 76mmです。BGAヒート・シンクは表4に示されています。

表3.  $V_{OUT0} = V_{OUT3} = 1V$ 、 $V_{OUT1} = V_{OUT2} = 1.5V$

DERATING CURVE	V <sub>IN</sub> (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 42, Figure 43	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	None	8
Figure 42, Figure 43	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	None	7
Figure 42, Figure 43	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	None	6.5
Figure 44, Figure 45	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	BGA Heat Sink	7
Figure 44, Figure 45	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	BGA Heat Sink	6
Figure 44, Figure 45	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	BGA Heat Sink	5.5

## アプリケーション情報

表 4.  $V_{OUT0} = V_{OUT3} = 1.8V$ 、 $V_{OUT1} = V_{OUT2} = 3.3V$ 

DERATING CURVE	$V_{IN}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 46, Figure 47	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	None	8
Figure 46, Figure 47	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	None	7
Figure 46, Figure 47	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	None	6.5
Figure 48, Figure 49	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	BGA Heat Sink	7
Figure 48, Figure 49	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	BGA Heat Sink	6
Figure 48, Figure 49	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	BGA Heat Sink	5.5

表 5.  $V_{OUT0} = V_{OUT3} = 3.3V$ 、 $V_{OUT1} = V_{OUT2} = 5V$ 

DERATING CURVE	$V_{IN}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIRFLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
Figure 50	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	None	9
Figure 50	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	None	8
Figure 50	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	None	7
Figure 51	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	0	BGA Heat Sink	7.5
Figure 51	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	200	BGA Heat Sink	6
Figure 51	5, 12	Figure 38, Figure 39, Figure 40, Figure 41	400	BGA Heat Sink	5.5

## アプリケーション情報

表 6. 出力電圧応答と部品の対応関係 (図 53 参照)、0~25% の負荷ステップで測定した代表値

C <sub>IN</sub> (CERAMIC)			C <sub>OUT</sub> (CERAMIC)			C <sub>OUT</sub> (BULK)		
VENDOR	VALUE	PART NUMBER	VENDOR	VALUE	PART NUMBER	VENDOR	VALUE	PART NUMBER
Murata	22 $\mu$ F, X5R, 25V, 1206	GRM31CR61E226KE15L	Murata	100 $\mu$ F, 6.3V, X5R, 1206	GRM31CR60J107KE39L	PANASONIC	330 $\mu$ F, 6.3V, 10m $\Omega$	6TPF330M9L
			Murata	47 $\mu$ F	GRM31CR60J476ME19L			

V <sub>OUT</sub> (V)	C <sub>IN</sub> (CERAMIC) ( $\mu$ F)	C <sub>IN</sub> (BULK)	C <sub>OUT1</sub> (CERAMIC) ( $\mu$ F)	C <sub>OUT2</sub> (BULK) ( $\mu$ F)	C <sub>TH</sub> (pF)	R <sub>TH</sub> (k $\Omega$ )	CFF (pF)	V <sub>IN</sub> (V)	P-P DERIVATION (mV)	RECOVERY TIME ( $\mu$ s)	LOAD STEP (A)	LOAD STEP SLEW RATE (A/ $\mu$ s)	R <sub>FB</sub> (k $\Omega$ )
CH0 and CH3 Transient Response													
1	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	91.0	30	3	10	90.9
1	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NA	12	83	30	3	10	90.9
1.2	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	94.4	30	3	10	60.4
1.2	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NONE	12	89	30	3	10	60.4
1.5	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	103.8	30	3	10	40.2
1.5	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NONE	12	103.8	30	3	10	40.2
1.8	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	117.8	40	3	10	30.1
1.8	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NONE	12	114.5	40	3	10	30.1
2.5	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	154.0	40	3	10	19.1
2.5	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NONE	12	145.3	40	3	10	19.1
3.3	4x 22	2x 100	3x 100	NA	2200	5	33	12	199.0	40	3	10	13.3
3.3	4x 22	2x 100	100	330	1000	8	NONE	12	189	40	3	10	13.3
CH1 and CH2 Transient Response													
1	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	66.3	60	1.25	10	90.9
1.2	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	69.6	60	1.25	10	60.4
1.5	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	73.6	60	1.25	10	40.2
1.8	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	83.0	70	1.25	10	30.1
2.5	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	107.8	70	1.25	10	19.1
3.3	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	146.0	70	1.25	10	13.3
5	4x 22	2x 100	2x 47 + 10	NA	Internal	Internal	33	12	219.0	80	1.25	10	8.25

## 安全に関する考慮事項

LTM4673 モジュールの V<sub>IN</sub> と V<sub>OUT</sub> は、電氣的に絶縁されていません。また、内部ヒューズもありません。必要に応じて、最大入力電流の 2 倍の定格値を持つ低速溶断ヒューズを使って、各ユニットを致命的損傷から保護してください。デバイスは、サーマル・シャット・ダウンと過電流保護に対応しています。

## レイアウトのチェックリスト/サンプル

LTM4673 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<sub>IN</sub>、GND、V<sub>OUT1</sub>、V<sub>OUT2</sub> などの大電流パスには、PCB 上で面積の広い配線を使用します。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。

## アプリケーション情報

- 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  $V_{IN}$ 、 $GND$ 、 $V_{OUT}$  の各ピンのすぐ近くに配置します。
- 熱電圧を最小限に抑えるため、差動電流検出入力を互いにできるだけ近づけて配線し、ビアを最小限にします。
- モジュールの下には専用の電源グラウンド・レイヤを配置します。
- ビアの伝導損失を最小限に抑えると共にモジュールの熱応力を軽減するため、最上層レイヤと他の電力レイヤの間には複数のビアを使用してください。
- 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  $SGND$  グラウンド銅箔領域を使用します。 $SGND$  はモジュールの下で  $GND$  と接続してください。
- モジュールを並列して使用する場合、 $V_{OUT}$ 、 $V_{FB}$ 、 $COMP$  の各ピンを互いに接続してください。内側の層を使用してこれらのピンを互いに短い距離で接続します。 $TRACK$  ピンはレギュレータのソフトスタート用に共通のコンデンサに接続できます。
- モニタリングのため、信号ピンからテスト・ポイントを引き出します。

LTM4671 は、LTM4673 とピン互換のドロップイン製品で、LTM4673 の非 PSM 版です。同じ長方形の BGA フットプリントで、A1～W11 のピン配置を共有します。図 52 を参照してください。LTM4671 は、LTM4673 の既存設計で使用し、PSM 機能が不要な場合には同じ DC/DC コンバータ性能を実現できます。LTM4671 を使用するために標準的なデモ回路に変更を加える必要はありません。LTM4671 は、同じクワッド出力 (12A、5A、5A、12A) の DC/DC 降圧コンバータで、チャンネルを並列化することで高電流アプリケーションが可能です。

推奨レイアウトの例を図 52 に示します。

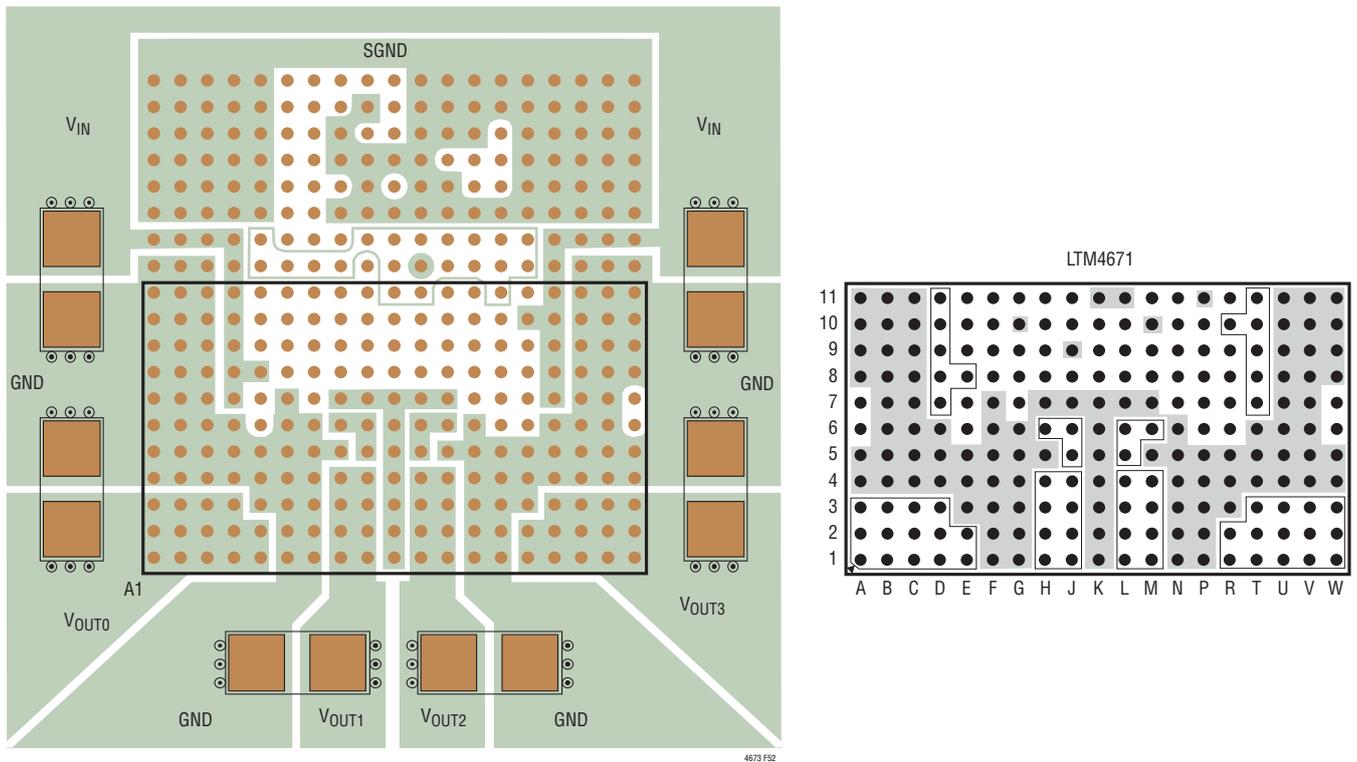


図 52. LTM4673 および LTM4671 の PCB レイアウト、パッケージの上面図

標準的応用例

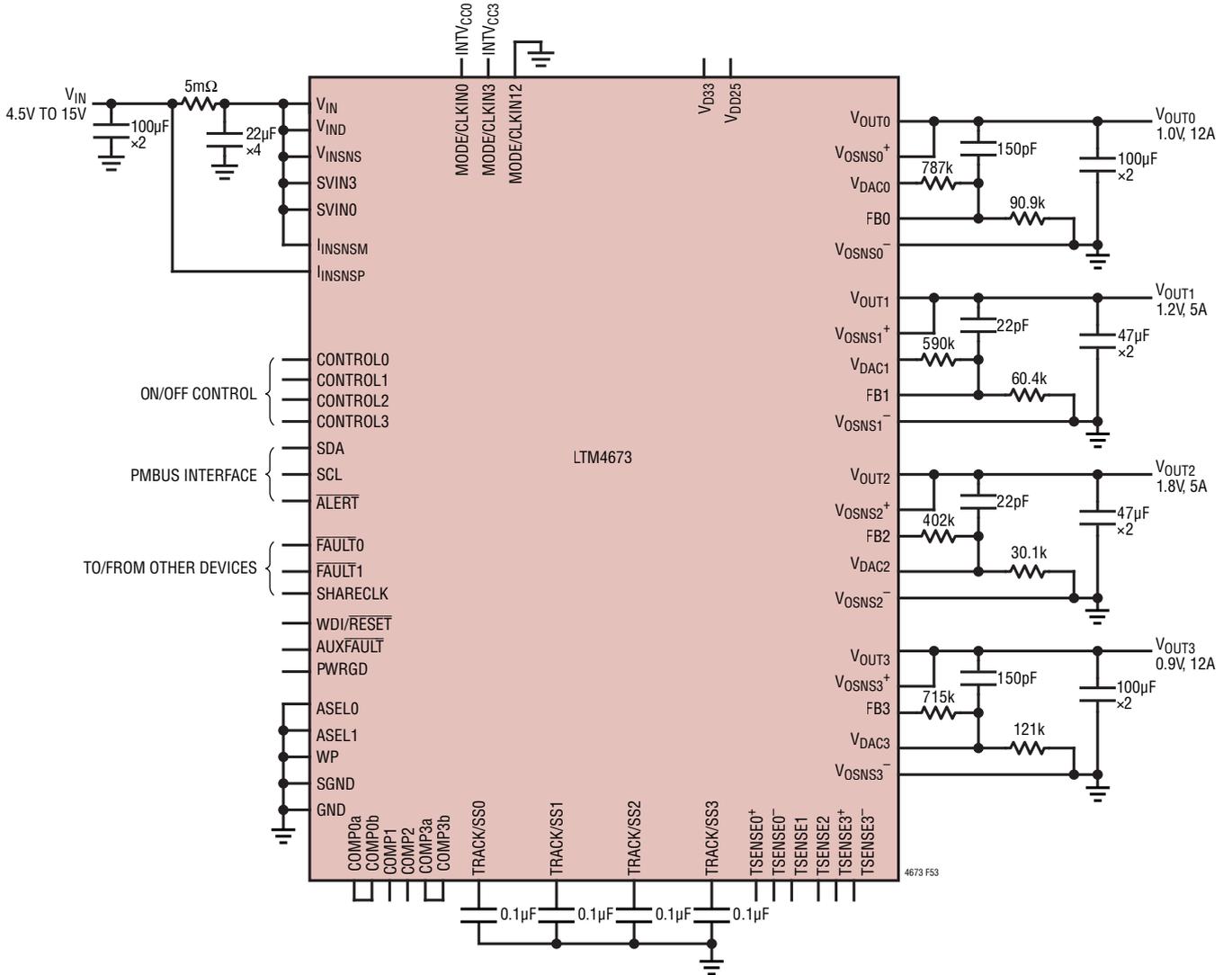


図 53. 4.5V~15V 入力、クワッド出力設計

## 標準的応用例

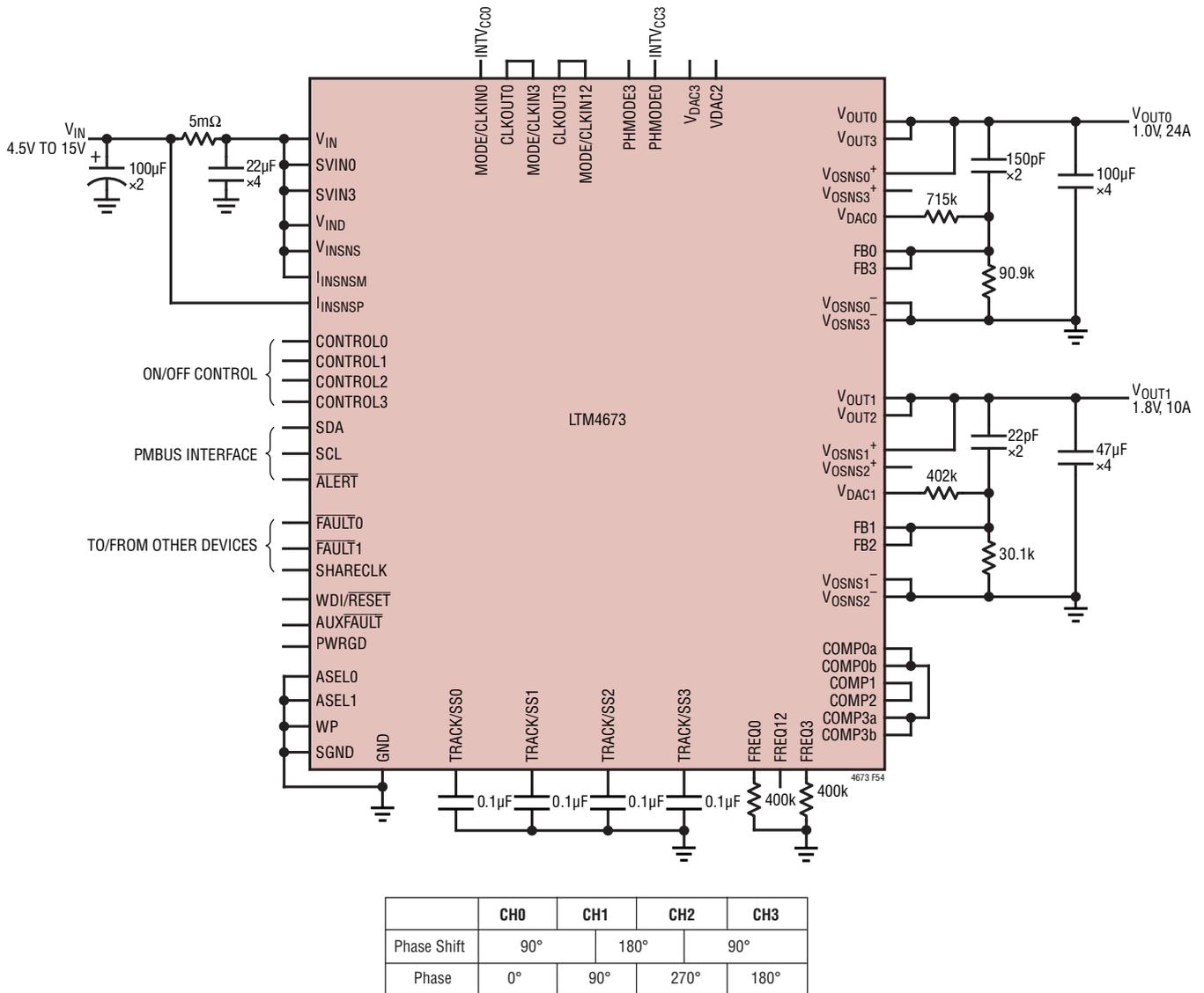


図 54. 1MHz クロックと位相インターリーブを使用した並列動作

標準的応用例

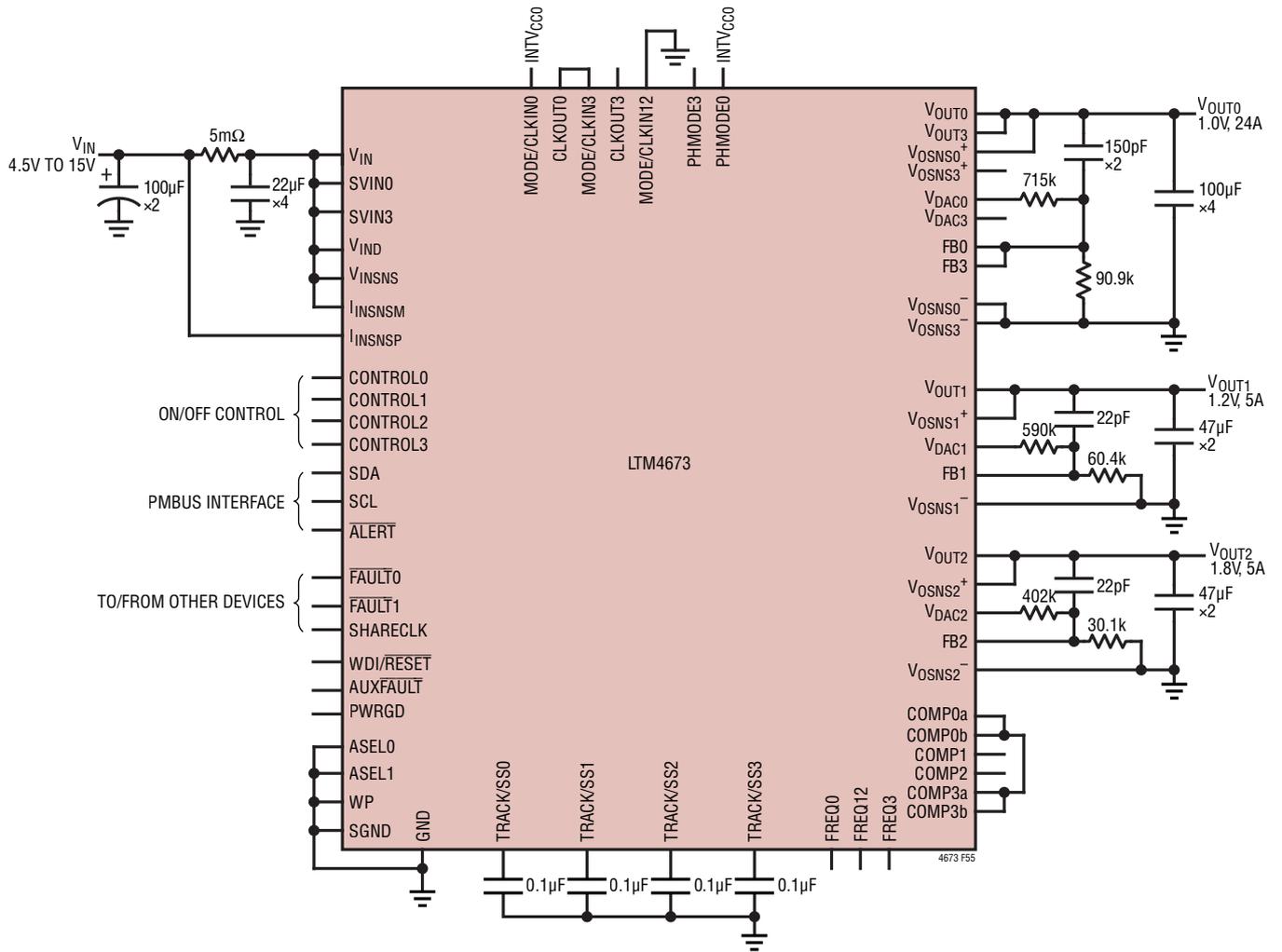


図 55. 2つの単相 5A 出力と1つの2相単一24A 出力

## 標準的応用例

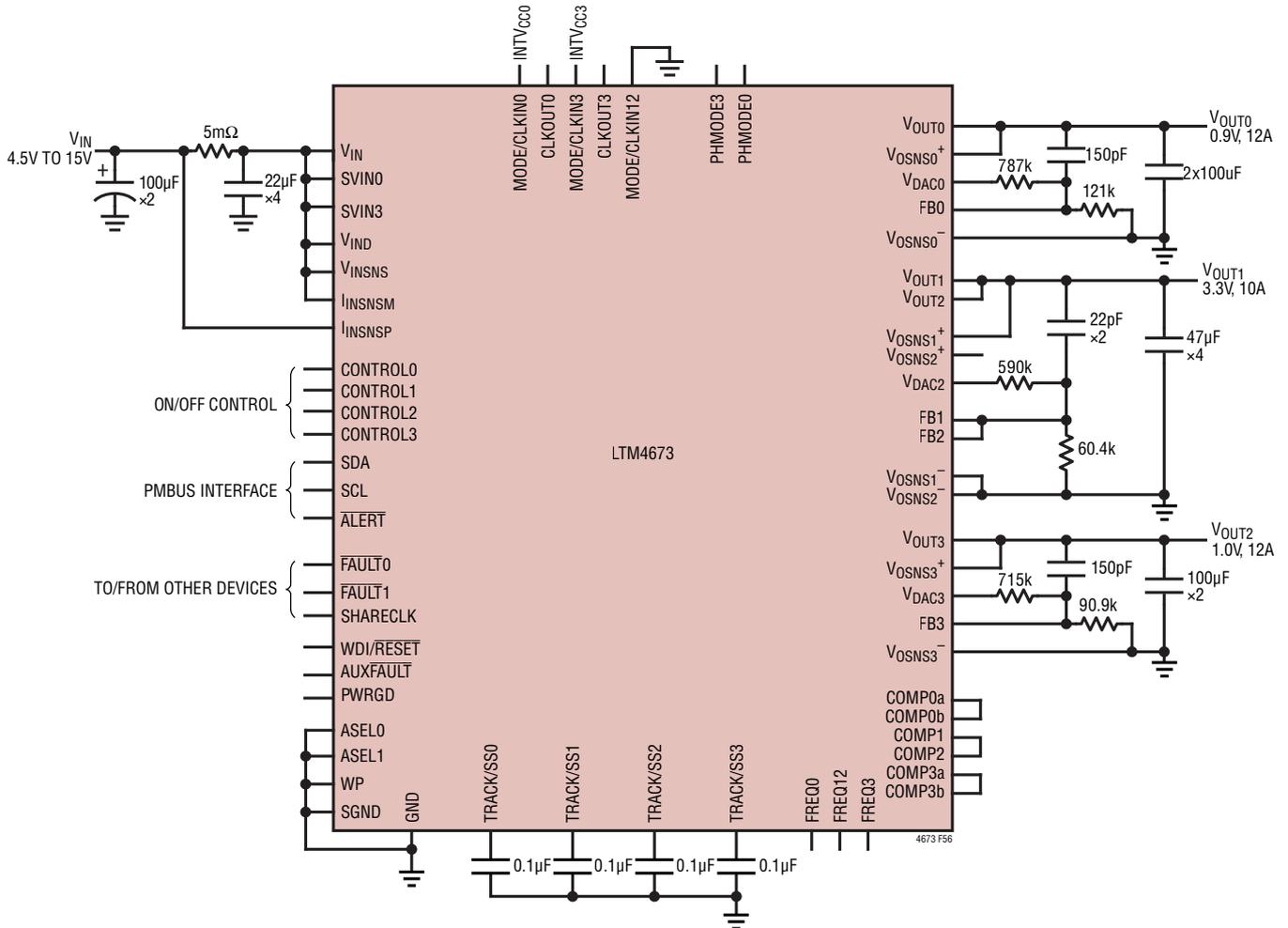


図 56. 2つの单相 12A 出力と1つの2相単一 10A 出力

## PMBus コマンドの説明

### アドレス指定と書き込み保護

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
PAGE	0x00	ページ指定をサポートするコマンド用に現在選択されているチャンネルまたはページ	R/W Byte	N	Reg			0x00	67
WRITE_PROTECT	0x10	意図せぬ変更を防ぐためにデバイスが提供する保護レベル。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	68
MFR_I2C_BASE_ADDRESS	0xE6	I <sup>2</sup> C/SMBus アドレス・バイトの基準値。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x5C	69
MFR_PAGE_FF_MASK	0xE4	グローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) に応答するチャンネルを定義する設定。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x0F	68
MFR_COMMAND_PLUS	0xC8	ブロック読出しやその他のデータへの代替アクセス。全ての追加ホストに対するコマンド。	R/W Word	N	Reg				69
MFR_DATA_PLUS0	0xC9	ブロック読出しやその他のデータへの代替アクセス。追加ホスト0のデータ。	R/W Word	N	Reg				69
MFR_DATA_PLUS1	0xCA	ブロック読出しやその他のデータへの代替アクセス。追加ホスト1のデータ。	R/W Word	N	Reg				69

### PAGE

LTM4673 には、管理できる4つの DC/DC コンバータに対応する4つのページがあります。各 DC/DC コンバータは、該当するページを最初に設定することで、個別にプログラムできます。

PAGE = 0xFF と設定すると、全ページへの同時書き込みが可能となり、グローバル・ページ・プログラミングをサポートするいくつかの PMBus コマンドが実行できます。PAGE = 0xFF に対応コマンドできるコマンドは、CLEAR\_FAULTS、OPERATION、ON\_OFF\_CONFIG のみです。追加オプションについては MFR\_PAGE\_FF\_MASK を参照してください。ページ指定された PMBus レジスタを PAGE = 0xFF で読み出すと、予測できないデータが返され、CML フォルトがトリガされます。PAGE = 0xFF に対応していないページに PAGE = 0xFF で書き込みを行うと、無視されて CML フォルトが生成されます。

### PAGE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	Page	ページ指定動作。 0x00: 全 PMBus コマンドがチャンネル/ページ0をアドレス指定。 0x01: 全 PMBus コマンドがチャンネル/ページ1をアドレス指定。 0x02: 全 PMBus コマンドがチャンネル/ページ2をアドレス指定。 0x03: 全 PMBus コマンドがチャンネル/ページ3をアドレス指定。 0xFF: このモードをサポートするコマンドへの単一の PMBus 書き込み/送信を行うと、MFR_PAGE_FF_MASK をイネーブルすることで全チャンネル/ページが同時にアドレス指定されます。

## PMBus コマンドの説明

### WRITE\_PROTECT

WRITE\_PROTECT コマンドは、LTM4673 のコマンド・レジスタに意図しないプログラミングが行われることを防止します。サポートされる全コマンドは WRITE\_PROTECT 設定に関わらずそのパラメータが読み込まれ、EEPROM の内容も WRITE\_PROTECT 設定に関わらず読み込まれます。

保護には2つのレベルがあります。

- レベル1: 書き込み保護レベル自体を除き、何も変更できない。値は全ページから読み出すことができます。この設定は EEPROM に保存できます。
- レベル2: 保護レベル、チャンネルのオン/オフ状態、フォルトのクリアを除き、何も変更できない。値は全ページから読み出すことができます。この設定は EEPROM に保存できます。

### WRITE\_PROTECT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	Write_protect[7:0]	1000_0000b: レベル1保護 - WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL の各コマンドを除き全ての書き込みをディスエーブルします。 0100_0000b: レベル2保護機能 - WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL、OPERATION、MFR_PAGE_FF_MASK、CLEAR_FAULTS の各コマンドを除き全ての書き込みをディスエーブルします。 0000_0000b: 全てのコマンドへの書き込みをイネーブルします。 xxxx_xxxx b: その他全ての値のための予備。

### WRITE-PROTECT ピン

この WP ピンを使用して、ユーザは LTM4673 の設定レジスタの書き込み保護ができます。WP ピンはアクティブ・ハイで、アサートされるとレベル2の保護を行います。つまり、WRITE\_PROTECT、PAGE、MFR\_EE\_UNLOCK、STORE\_USER\_ALL、OPERATION、MFR\_PAGE\_FF\_MASK、CLEAR\_FAULTS コマンドを除き全ての書き込みはディスエーブルされます。WP ピンと WRITE\_PROTECT コマンドの間で最も制限が厳しい設定はオーバーライドされます。例えば、WP = 1、WRITE\_PROTECT = 0x80 の場合、WRITE\_PROTECT コマンドが最も制限が厳しいため、オーバーライドされます。

### MFR\_PAGE\_FF\_MASK

MFR\_PAGE\_FF\_MASK コマンドを使用すると、グローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) の使用時に応答するチャンネルを選択できます。

### MFR\_PAGE\_FF\_MASK のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:4]	Reserved	常に 0000b を返します
b[3]	Mfr_page_ff_mask_chan3	チャンネル3でのグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) の読書きをマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンドの読書きを無視 1 = グローバル・ページ・コマンドの読書きに全て応答
b[2]	Mfr_page_ff_mask_chan2	チャンネル2でのグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) の読書きをマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンドの読書きを無視 1 = グローバル・ページ・コマンドの読書きに全て応答
b[1]	Mfr_page_ff_mask_chan1	チャンネル1でのグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) の読書きをマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンドの読書きを無視 1 = グローバル・ページ・コマンドの読書きに全て応答

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PAGE\_FF\_MASK のデータ内容

ビット	記号	動作
b[0]	Mfr_page_ff_mask_chan0	チャンネル0でのグローバル・ページ・コマンド (PAGE=0xFF) の読書きをマスキング 0 = グローバル・ページ・コマンドの読書きを無視 1 = グローバル・ページ・コマンドの読書きに全て応答

### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS

MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS コマンドは、I<sup>2</sup>C/SMBus のアドレス・バイトの基準値を定めます。0～8のオフセットがこの基準アドレスに追加されて、デバイスのI<sup>2</sup>C/SMBus アドレスが生成されます。デバイスはこのデバイス・アドレスに応答します。例えば、MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS の工場出荷デフォルト値が5Cで、ASEL0とASEL1が共にハイ(オフセットN = 2)の場合、デバイスのアドレスは、0x5C+2 = 0x5Eとなります。

### MFR\_I2C\_BASE\_ADDRESS のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Reserved	読出し専用。常に0を返します。
b[6:0]	I2c_base_address	この7ビット値は、7ビットのI <sup>2</sup> C/SMBus アドレスの基準値を定めます。動作のセクションのデバイス・アドレスの節を参照してください。

### MFR\_COMMAND\_PLUS

#### MFR\_DATA\_PLUS0 および MFR\_DATA\_PLUS1

#### MFR\_STATUS\_PLUS0 および MFR\_STATUS\_PLUS1

PAGEレジスタと同様、これらのレジスタによって、ユーザは間接的にメモリをアドレス指定できます。これらのレジスタは、以下に説明するように、熟練ユーザがメモリの読出しや書込みを行う場合に便利です。

Command Plus 動作は、ワード・コマンドのシーケンスを使用して以下をサポートします。

- ・ シーケンシャルな標準のワード読出しを使用してブロック・データを読み出すための代替方法。
- ・ 各ホストに固有ページがある場合に PMBus ワード・プロトコルを使用し、最大2つの追加ホストが内部レジスタを読み出すことができるピーク動作。
- ・ 各ホストに固有ページがある場合に PMBus ワード・プロトコルを使用し、最大2つの追加ホストが内部レジスタに書き込むことができるポーク動作。
- ・ Peek、Poke、Command Plus のブロック読出しは、通常の PMBus のアクセスや PAGE で設定されたページ値には影響しません。これにより、複数のマスタが最大3つのホストをサポートできます。

### MFR\_COMMAND\_PLUS のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15]	Mfr_command_plus_reserved	予備。常に0を返します。
b[14]	Mfr_command_plus_id	コマンド・プラスのホストの ID 0: Mfr_command_plus のポインタとページは、Mfr_data_plus0 の全ての読書きのためにキャッシュすることや使用することができます。 1: Mfr_command_plus のポインタとページは、Mfr_data_plus1 の全ての読書きのためにキャッシュすることや使用することができます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_COMMAND\_PLUS のデータ内容

b[13:9]	Mfr_command_plus_page	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 を介してピークまたはポークを行う場合に使用するページ。0~3 の値が可能です。このページ値は、このレジスタに書込みが行われる場合の Mfr_command_plus_id の値に応じて、Mfr_data_plus0 と Mfr_data_plus1 に別々にキャッシュされます。
b[8:0]	Mfr_command_plus_pointer	Mfr_data_plus0 または Mfr_data_plus1 によってアクセスされる内部メモリの場所。Mfr_data_plus0 ポインタと Mfr_data_plus1 ポインタは別々にキャッシュされます。PMBus コマンドの概要の表のコマンド・コードの列に適格値を示します。ポーク動作のイネーブルとディスエーブルのセクションに示す特定のポーク・イネーブル/ディスエーブル値と、Mfr_status_plus0 および Mfr_status_plus1 について以下に示したコマンド値を除き、他の全ての値は予め決まっています。

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

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_data_plus0 Mfr_data_plus1	このレジスタからの読出しは、対応する最後の Mfr_command_plus 書込みによって参照されるデータを返します。具体的には、ホスト 0 による Mfr_command_plus への書込みは Mfr_data_plus0 を更新し、ホスト 1 による Mfr_command_plus への書込みは Mfr_data_plus1 を更新します。ポインタが Mfr_fault_log であるときの複数のシーケンシャル読出しは、ブロック読出しバッファの全内容を返します。バッファ末尾以降のブロック読出しはゼロを返します。  このレジスタへの書込みは、Mfr_data_plus0 を使用したポーク動作のセクションで説明するポーク動作プロトコルに続く場合、対応する最後の Mfr_command_plus_pointer によって参照される場所にデータを転送します。

### MFR\_STATUS\_PLUS0 および MFR\_STATUS\_PLUS1 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:2]	Reserved	
b[1]	Mfr_status_plus_block_peek_failed0 Mfr_status_plus_block_peek_failed1	対応するホストに対する最新のブロック・ピークの状態 0:最新のブロック・ピークはアポートされませんでした。 1:介入したフォルト・ログEEPROM書込み、MFR_FAULT_LOG_STORE コマンド、または MFR_FAULT_LOG の標準的な PMBus ブロック読出しによって、最新のブロック・ピークがアポートされました。介入動作は常に問題なく完了します。
b[0]	Mfr_status_plus_poke_failed0 Mfr_status_plus_poke_failed1	対応するホストに対する最新のポークの状態 0:最新のポーク動作は失敗しませんでした。 1:ポーク動作のイネーブルとディスエーブルのセクションで説明するように、ポークがイネーブルされなかったために最新のポーク動作は失敗しました。

MFR\_STATUS\_PLUS0 のコマンドのロケーションは 0x2C、MFR\_STATUS\_PLUS1 のコマンドのロケーションは 0x2D です。これらは PMBus コマンドの予約済みのロケーションに対応します。これらの 2 つのステータス・レジスタは、Command Plus ピークを介してのみ読み出すことができます。

### Command Plus および Mfr\_data\_plus0 を使用したフォルト・ログの読出し

Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = 0xEE を書き込みます。Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出します。読出しごとに MFR\_FAULT\_LOG コマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- 最初のワード読出しは Byte\_count[15:0] = 0x00FF です。
- 次のワード読出しのセットは 2 バイトを 1 ワードに収めたプリアンブルです。詳細についてはフォルト・ログのセクションを参照してください。
- 次のワード読出しのセットは 1 ワードあたり 2 バイトの循環ループ・データです。詳細についてはフォルト・ログのセクションを参照してください。
- これ以上の読出しはゼロが返されます。
- インターリーブされた PMBus ワード・コマンドとバイト・コマンドは、進行中の Command Plus ブロック読出しには影響しません。
- MFR\_FAULT\_LOG のインターリーブされた PMBus ブロック読出しは、このコマンドに割り込みます。

## PMBus コマンドの説明

ステータスを確認し、単なるデータ読出しが全て有効であったことを確認してください。

- Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = 0x2C を書き込みます。
- Mfr\_data\_plus0 からデータを読出し、Mfr\_status\_plus\_block\_peek\_failed0 = 0 を確認します。

### MFR\_COMMAND\_PLUS および MFR\_DATA\_PLUS0 を使用したエネルギーの読出し

Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = 0xC0 を書き込みます。

Mfr\_data\_plus\_0 からデータを読み出します。読出しごとに MFR\_EIN コマンドの次のデータ・ワードが返されます。

- Byte\_count[15:0] = 0x000C
- Energy\_value[15:0]
- Energy\_value[31:16]
- Energy\_value[47:32]
- Energy\_time[15:0]
- Energy\_time[31:16]
- Energy\_time[47:32]

### Mfr\_data\_plus0 を使用したピーク動作

内部のワードおよびバイトは、Command Plus を使用して読み出すことができます。

Mfr\_command\_plus\_page = PAGE および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = CMD\_CODE を書き込みます。

CMD\_CODE は [PMBus コマンドの概要](#) の表に記載されています。

Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出します。データの読出しは常にワード読出しで行います。上位バイトが0に設定されたバイト・データが返されます。

### ポーク動作のイネーブルとディスエーブル

Mfr\_data\_plus0 のポーク動作は Mfr\_command\_plus = 0x0BF6 を書き込むことでイネーブルされます。

Mfr\_data\_plus0 のポーク動作は Mfr\_command\_plus = 0x01F6 を書き込むことでディスエーブルされます。

Mfr\_data\_plus1 のポーク動作は Mfr\_command\_plus = 0x4BF6 を書き込むことでイネーブルされます。

Mfr\_data\_plus1 のポーク動作は Mfr\_command\_plus = 0x41F6 を書き込むことでディスエーブルされます。

### Mfr\_data\_plus0 を使用したポーク動作

内部のワードおよびバイトは、Command Plus を使用して書き込むことができます。

Mfr\_data\_plus0 のポーク・アクセスをイネーブルします。これを行う必要があるのは、起動後または WDI リセット後のみです。

Mfr\_command\_plus\_page = PAGE および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = CMD\_CODE を書き込みます。

CMD\_CODE は [PMBus コマンドの概要](#) の表に記載されています。

新しいデータ値を MFR\_DATA\_PLUS0 に書き込みます。

データが正しく書き込まれていることを確かめるためにステータスを確認することもできます。

- Mfr\_command\_plus\_page = 0 および Mfr\_command\_plus\_id = 0 として Mfr\_command\_plus\_pointer = 0x2C を書き込みます。

## PMBus コマンドの説明

- Mfr\_data\_plus0 からデータを読み出し、Mfr\_status\_plus\_poke\_failed0 = 0 を確認します。

### Mfr\_data\_plus1 を使用したコマンド・プラス動作

これまでの動作は全て、Mfr\_command\_plus\_id value を 1 に設定することで Mfr\_data\_plus1 を介してアクセスできます。ポーク動作は Mfr\_data\_plus1 についてイネーブルする必要があります。

### オン/オフ制御、マーキング、設定

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、上側マージン設定、下側マージン設定	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	72
ON_OFF_CONFIG	0x02	CONTROLピンおよびPMBusのオン/オフ・コマンドの設定	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	73
MFR_CONFIG_LTM4673	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Word	Y	Reg		Y	Pg00:0x0088 Pg01:0x1088 Pg02:0x2088 Pg03:0x3088	74
MFR_CONFIG2_LTM4673	0xD9	チャンネル固有の設定ビット	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	77
MFR_CONFIG3_LTM4673	0xDA	チャンネル固有の設定ビット	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	76
MFR_CONFIG_ALL_LTM4673	0xD1	全ページに共通な設定ビット	R/W Word	N	Reg		Y	0x0F7B	77

### OPERATION

OPERATION コマンドは、ユニットをオン/オフするために CONTROL ピンおよび ON\_OFF\_CONFIG と組み合わせて使用します。このコマンド・レジスタは、グローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) に応答します。データ・バイトの内容と機能を以下の表に示します。ユニットをオフにしその後 ADC 遠隔測定ループ時間で全サイクルを完了できるように、使用している任意の OPERATION コマンドの間に、最低限の t<sub>OFF\_MIN</sub> 待機時間を設けなくてはなりません。

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

記号 ビット	動作	OPERATION_CONTROL[1:0]	OPERATION_MARGIN[1:0]	OPERATION_FAULT[1:0]	予備 (読み出し専用)
		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	直ちにターンオフ	00	XX	XX	00
	シーケンス・オン	10	00	XX	00
	下側マージン設定(フォルトと警告を無視)	10	01	01	00
	下側マージン設定	10	01	10	00
	上側マージン設定(フォルトと警告を無視)	10	10	01	00
	上側マージン設定	10	10	10	00
	公称値のマージンでシーケンス・オフ	01	00	XX	00
	下側マージンでシーケンス・オフ(フォルトと警告を無視)	01	01	01	00
	下側マージンでシーケンス・オフ	01	01	10	00
	上側マージンでシーケンス・オフ(フォルトと警告を無視)	01	10	01	00
	上側マージンでシーケンス・オフ	01	10	10	00
	予備	その他の全ての組み合わせ			

## PMBus コマンドの説明

### OPERATION のデータ内容 (On\_off\_config\_use\_pmbus = 0) オンまたはオフ

記号	動作	OPERATION_CONTROL[1:0]	OPERATION_MARGIN[1:0]	OPERATION_FAULT[1:0]	予備 (読み専用)
ビット		b[7:6]	b[5:4]	b[3:2]	b[1:0]
機能	公称値で出力	00, 01 or 10	00	XX	00
	下側マージン設定(フォルトと警告を無視)	00, 01 or 10	01	01	00
	下側マージン設定	00, 01 or 10	01	10	00
	上側マージン設定(フォルトと警告を無視)	00, 01 or 10	10	01	00
	上側マージン設定	00, 01 or 10	10	10	00
	予備	その他の全ての組み合わせ			

### ON\_OFF\_CONFIG

ON\_OFF\_CONFIG コマンドは、以下の表に示すように、パワーオン動作を含む LTM4673 のオン/オフに必要な、CONTROL ピン入力と PMBus コマンドの組み合わせを設定します。このコマンド・レジスタは、グローバル・ページ・コマンド (PAGE = 0xFF) に応答します。デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータが  $V_{\text{INSNS}}$  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、 $V_{\text{IN\_ON}}$  の閾値を超えている必要があります。 $V_{\text{IN}}$  が最初に印加されてからデバイスが TON\_DELAY タイマーを初期化して始動させるまでに通常は  $t_{\text{INIT}}$  の時間を要し、電圧と電流のリードバックには更に  $t_{\text{UPDATE\_ADC}}$  の時間待機が必要なことがあります。ユニットをオフにしその後オンに戻すためにトグルを使用する CONTROL ピンには、最低限の  $t_{\text{OFF\_MIN}}$  待機時間を設ける必要があります。

### ON\_OFF\_CONFIG のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:5]	Reserved	ドント・ケア。常に 0 を返します。
b[4]	On_off_config_controlled_on	デフォルトの自律パワーオン動作を制御 0: ユニットの、CONTROL ピンまたは OPERATION 値によらずパワー・アップします。ユニットは常にシーケンスに従いパワー・アップします。シーケンスを使用せずユニットをオンにするには、TON_DELAY を 0 に設定します。 1: CONTROL ピンやシリアル・バスの OPERATION コマンドで指示されない限り、ユニットはパワー・アップしません。On_off_config[3:2] = 00 の場合、ユニットは常にパワー・アップしません。
b[3]	On_off_config_use_pmbus	シリアル・バスを介して受信したコマンドに対するユニットの応答を制御します。 0: ユニットの、Operation_control[1:0] を無視します。 1: ユニットの、Operation_control[1:0] に応答します。On_off_config_use_control の設定によっては、ユニットを起動するために CONTROL ピンをアサートすることが必要となる場合があります。
b[2]	On_off_config_use_control	CONTROL ピンに対するユニットの応答方法を制御します。 0: ユニットの CONTROL ピンを無視します。 1: ユニットの起動するために CONTROL ピンをアサートする必要があります。On_off_config_use_pmbus の設定によっては、OPERATION コマンドがデバイスに起動するよう指示する必要もあります。
b[1]	Reserved	サポートされていません。常に 1 を返します。
b[0]	On_off_config_control_fast_off	ユニットをオフにするコマンドが発せられた場合、CONTROL ピンはアクションをオフにします。 0: プログラムされた TOFF_DELAY を使用します。 1: 可能な限り速やかに出力をオフにしエネルギーの転送を停止します。出力電圧の立下がり時間を短縮するために、デバイスは電流をシンクしません。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_LTM4673

このコマンドは、メーカー指定の様々な動作パラメータをチャンネルごとに設定するために使用します。

## MFR\_CONFIG\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[14]	Mfr_config_cascade_on	チャンネルの制御ピンをカスケード・シーケンス・オンに設定します。カスケード・シーケンス・オフの用意はありません。時間基準のシーケンス・オフのオプションを参照してください。
b[13:12]	Mfr_config_controln_sel[1:0]	このチャンネルにアクティブな制御ピン入力を選択します (CONTROL0、CONTROL1、CONTROL2、または CONTROL3)。 0: CONTROL0 ピンを選択します。 1: CONTROL1 ピンを選択します。 2: CONTROL2 ピンを選択します。 3: CONTROL3 ピンを選択します。
b[11]	Mfr_config_fast_servo_off	出力電圧のマージニングまたはトリミングを行う場合に高速サーボ制御を無効にします。 0: 高速サーボを有効化。 1: 高速サーボを無効化。
b[10]	Mfr_config_supervisor_resolution	電圧監視の分解能を選択します 0: 高分解能 = 4mV/LSB、 $V_{VSENSEPN} - V_{VSENSEMn}$ のレンジは 0~3.8V。 1: 低分解能 = 8mV/LSB、 $V_{VSENSEPN} - V_{VSENSEMn}$ のレンジは 0~6.0V。
b[9:8]	Reserved	常に0を返します。
b[7]	Mfr_config_servo_continuous	VOUTが新しいマージンまたは公称目標値に達した後に、ユニットがVOUTを連続してサーボ制御するかどうかを選択します。Mfr_config_dac_mode = 00b の場合にのみ適用されます。 0: 初期目標値に達した後は、連続的にはVOUTをサーボ制御しません。 1: 連続的にVOUTを目標値にサーボ制御します。
b[6]	Mfr_config_servo_on_warn	再サーボ・オン警告機能を制御します。Mfr_config_dac_mode = 00b および Mfr_config_servo_continuous = 0 の場合にのみ適用されます。 0: Vout 警告閾値に達した場合やこれを越えた場合に、ユニットが再びサーボ制御しないようにします。 1: 次の場合に、ユニットはVOUTを再びサーボ制御できます。 $V_{OUT} \geq V(V_{out\_ov\_warn\_limit})$ または、 $V_{OUT} \leq V(V_{out\_uv\_warn\_limit})$
b[5:4]	Mfr_config_dac_mode	チャンネルがオン状態で TON_RISE の時間が経過した場合の DAC の使用方法を定めます。 00: ソフト接続 (必要な場合) し、目標値にサーボ制御します。 01: DAC を接続しません。 10: MFR_DAC コマンドからの値を使用して直ちに DAC を接続します。これがリセット後または RESTORE_USER_ALL 後の設定の場合は、MFR_DAC は未定義であるため、必要な値を書き込む必要があります。 11: DAC をソフト接続します。ソフト接続の完了後、MFR_DAC に書き込みが行われます。
b[3]	Mfr_config_vo_en_wpu_en	VOUT_EN ピンがチャージ・ポンプされ、電流制限プルアップが有効化されます。 0: 弱いプルアップを無効化します。VOUT_EN ピン・ドライバは、チャンネルがオンになるとスリーステートとなります。 1: チャンネルがオンになると VOOUT_EN ピンに弱い電流制限プルアップを使用します。
b[2]	Mfr_config_vo_en_wpd_en	VOUT_EN ピンがチャージ・ポンプされ、電流制限プルアップが有効化されます。 0: 何らかの理由でチャンネルがオフの場合、高速Nチャンネル・デバイスを使用してVOOUT_EN ピンをプルダウンします。 1: CONTROL ピンや OPERATION コマンドによるソフト・ストップによってチャンネルがオフになった場合、弱い電流制限プルダウンを使用してVOOUT_EN ピンを放電します。フォルトによってチャンネルがオフになった場合は、VOOUT_EN ピンに高速プルダウンを使用します。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[1]	Mfr_config_dac_gain	DAC バッファのゲイン。 0: DAC バッファのゲインに dac_gain_0 (1.38V フルスケール) を使用します。 1: DAC バッファのゲインに dac_gain_1 (2.65V フルスケール) を使用します。
b[0]	Mfr_config_dac_pol	DAC 出力の極性。 0: 負の (反転の) DC/DC コンバータ・トリム入力をエンコードします。 1: 正の (非反転の) DC/DC コンバータ・トリム入力をエンコードします。

### MFR\_CONFIG2\_LTM4673

このコマンド・レジスタは、所定チャンネルに発生した V<sub>OUT</sub> 過電圧フォルトまたは過電流フォルトによって AUXFAULT ピンがローに引き下げられるかどうかを定めます。

### MFR\_CONFIG2\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Mfr_auxfaultb_oc_fault_response_chan3	チャンネル3の IOUT_OC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[6]	Mfr_auxfaultb_oc_fault_response_chan2	チャンネル2の IOUT_OC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[5]	Mfr_auxfaultb_oc_fault_response_chan1	チャンネル1の IOUT_OC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[4]	Mfr_auxfaultb_oc_fault_response_chan0	チャンネル0の IOUT_OC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[3]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan3	チャンネル3の VOUT_OV_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[2]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan2	チャンネル2の VOUT_OV_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[1]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan1	チャンネル1の VOUT_OV_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[0]	Mfr_auxfaultb_ov_fault_response_chan0	チャンネル0の VOUT_OV_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG3\_LTM4673

このコマンド・レジスタは、所定チャンネルに発生した  $V_{OUT}$  低電流フォルトによって  $\overline{AUXFAULT}$  ピンがローに引き下げられるかどうかを定めます。このコマンドは任意のチャンネルのトラッキングをイネーブルすることもできます。

## MFR\_CONFIG3\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Mfr_auxfaultb_uc_fault_response_chan3	チャンネル3の IOUT_UC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[6]	Mfr_auxfaultb_uc_fault_response_chan2	チャンネル2の IOUT_UC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[5]	Mfr_auxfaultb_uc_fault_response_chan1	チャンネル1の IOUT_UC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[4]	Mfr_auxfaultb_uc_fault_response_chan0	チャンネル0の IOUT_UC_FAULT に応答します。 1 = 高速プルダウンを使用して AUXFAULT をローに引き下げます。 0 = AUXFAULT をローに引き下げません。
b[3]	Mfr_track_en_chan3	トラッキングされる電源システムでチャンネル3がスレープかどうかを選択します。 0: トラッキングされる電源システムで、チャンネルがスレープではありません。 1: トラッキングされる電源システムで、チャンネルはスレープです。このビットをセットすると、TOFF_DELAY の間 UV と UC の検出はディスエーブルされます。
b[2]	Mfr_track_en_chan2	トラッキングされる電源システムでチャンネル2がスレープかどうかを選択します。 0: トラッキングされる電源システムで、チャンネルがスレープではありません。 1: トラッキングされる電源システムで、チャンネルはスレープです。このビットをセットすると、TOFF_DELAY の間 UV と UC の検出はディスエーブルされます。
b[1]	Mfr_track_en_chan1	トラッキングされる電源システムでチャンネル1がスレープかどうかを選択します。 0: トラッキングされる電源システムで、チャンネルがスレープではありません。 1: トラッキングされる電源システムで、チャンネルはスレープです。このビットをセットすると、TOFF_DELAY の間 UV と UC の検出はディスエーブルされます。
b[0]	Mfr_track_en_chan0	トラッキングされる電源システムでチャンネル0がスレープかどうかを選択します。 0: トラッキングされる電源システムで、チャンネルがスレープではありません。 1: トラッキングされる電源システムで、チャンネルはスレープです。このビットをセットすると、TOFF_DELAY の間 UV と UC の検出はディスエーブルされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTM4673

このコマンドは、デバイスの全チャンネルに共通なパラメータを設定するために使用します。任意の PAGE 設定から設定または確認を行うことができます。

### MFR\_CONFIG\_ALL\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:12]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[11]	Mfr_config_all_pwrzd_off_uses_uv	全チャンネルのPWRGDデアサートのソースを選択します。 0: PWRGDは、V <sub>OUT</sub> がPOWER_GOOD_OFF以下の場合にデアサートされます。このオプションはADCを使用します。応答時間は約100ms~200msです。 1: PWRGDは、V <sub>OUT</sub> がV <sub>OUT_UV_LIMIT</sub> 以下の場合にデアサートされます。このオプションは高速監視回路を使用します。応答時間は約12μsです。
b[10]	Mfr_config_all_fast_fault_log	フォルト・ログ・メモリをEEPROMに転送する前に完了するADC読出しの数を制御します。 0: 全てのADC遠隔測定値は、フォルト・ログがEEPROMに転送される前に更新されます。低速です。 1: 遠隔測定値はフォルトの検出後24ms以内にフォルト・ログからEEPROMに転送されます。高速です。
b[9]	Mfr_config_all_control3_pol	CONTROL3ピンのアクティブな極性を選択します。 0: アクティブ・ロー(ピンをローにしてユニットを起動) 1: アクティブ・ハイ(ピンをハイにしてユニットを起動)
b[8]	Mfr_config_all_control2_pol	CONTROL2ピンのアクティブな極性を選択します。 0: アクティブ・ロー(ピンをローにしてユニットを起動) 1: アクティブ・ハイ(ピンをハイにしてユニットを起動)
b[7]	Mfr_config_all_fault_log_enable	フォルトにตอบสนองしてEEPROMへのフォルト・ログ記録をイネーブルします。 0: EEPROMへのフォルト・ログ記録をディスエーブルします。 1: EEPROMへのフォルト・ログ記録をイネーブルします。
b[6]	Mfr_config_all_vin_on_clr_faults_en	VIN_ONの立上がりエッジで、全てのラッチされたフォルトをクリアします。 0: VIN_ONのフォルト・クリア機能は無効化されます。 1: VIN_ONのフォルト・クリア機能は有効化されます。
b[5]	Mfr_config_all_control1_pol	CONTROL1ピンのアクティブな極性を選択します。 0: アクティブ・ロー(ピンをローにしてユニットを起動) 1: アクティブ・ハイ(ピンをハイにしてユニットを起動)

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_CONFIG\_ALL\_LTM4673 のデータ内容

ビット	記号	動作
b[4]	Mfr_config_all_control0_pol	CONTROL0 ピンのアクティブな極性を選択します。 0: アクティブ・ロー (ピンをローにしてユニットを起動) 1: アクティブ・ハイ (ピンをハイにしてユニットを起動)
b[3]	Mfr_config_all_vin_share_enable	V <sub>IN</sub> が VIN_ON より大きい値に増加しない、または、VIN_OFF より小さい値になる場合に、このユニットが Share-clock ピンをローに保持できるようにします。イネーブルの場合、このユニットは、Share-clock ピンがローに保持されるのに応答して全チャンネルをオフにすることもできます。 0: Share-clock ローをディスエーブル。 1: Share-clock ローをイネーブル。
b[2]	Mfr_config_all_pec_en	PMBus パケット・エラー・チェックをイネーブル。 0: PEC は受け入れられますが、必須ではありません。 1: PEC をイネーブルします。
b[1]	Mfr_config_all_longer_pmbus_timeout	PMBus のタイムアウト間隔を 8 倍に増加。フォルト・ログ記録の場合に推奨されます。 0: PMBus タイムアウトは 8 倍にされません。 1: PMBus タイムアウトは 8 倍にされます。
b[0]	Mfr_config_all_auxfaultb_wpu_dis	AUXFAULT がチャージ・ポンプされ、電流制限プルアップが無効化されます。 0: フォルトによって AUXFAULT がオフにされない限り、起動後に弱い電流制限プルアップを AUXFAULT に対して使用します。 1: 弱いプルアップを無効化します。フォルトによって AUXFAULT がオフにされない限り、起動後に AUXFAULT ドライバはスリーステートになります。

## ユーザ EEPROM 空間のプログラミング

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
STORE_USER_ALL	0x15	操作メモリ全体の内容を EEPROM に格納。	Send Byte	N				NA	79
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリ全体を EEPROM から復元。	Send Byte	N				NA	79
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	79
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	80
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読み出しまたは書き込みを使用して EEPROM との間で転送されるデータ。一括プログラミングをサポートします。	R/W Word	N	Reg			NA	80

## PMBus コマンドの説明

### STORE\_USER\_ALL および RESTORE\_USER\_ALL

STORE\_USER\_ALL コマンドと RESTORE\_USER\_ALL コマンドにより、ユーザ EEPROM 空間へアクセスできます。コマンドがユーザ EEPROM に格納されると、デバイスに電力が供給された後または Reset ピンのトグル後のパワーオン・リセットからデバイスが起動する場合に、そのコマンドは明示的な復元コマンドで復元されます。これらのコマンドのいずれかが処理される間、デバイスは、ビジーであることを示します。81 ページの [デバイスがビジーの場合の応答](#) のセクションを参照してください。

STORE\_USER\_ALL。このコマンドを発すると動作中の全てのメモリ・コマンドが、対応する EEPROM メモリ・ロケーションに格納されます。

RESTORE\_USER\_ALL。このコマンドを発すると、全てのコマンドが EEPROM から復元されます。動作中のメモリに EEPROM が転送される間全てのモニタリングは停止され、また、EEPROM からの中間値は動作中のメモリに最初に格納された値とは一致していない可能性があるため、デバイスをイネーブルしている間はこのコマンドを実行しないことを推奨します。

### ユーザ EEPROM 空間の一括プログラミング

MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATA の各コマンドは、サード・パーティの EEPROM プログラミング・メーカーやエンド・ユーザが、PMBus コマンド間の順序依存性や遅延に関わりなく LTM4673 を容易にプログラミングできる方法を提供します。全てのデータ転送は、EEPROM との間で直接行われ、その時点でデバイスを設定している揮発性 RAM 空間には影響しません。

最初の手順は、マスタ・リファレンス・デバイスを目的の設定にプログラミングすることです。その後、MFR\_EE\_UNLOCK と MFR\_EE\_DATA を使用して、ユーザ EEPROM 空間にある全データをシーケンシャル・ワードとしてリードバックします。この情報は、マスタ・プログラミング HEX ファイルに保存されます。以降のデバイスは、MFR\_EE\_UNLOCK、MFR\_EE\_ERASE、MFR\_EE\_DATA を使用してデータをマスタ HEX ファイルから転送し、マスタ・デバイスと一致するようクローン化できます。これらのデバイスは、RAM 空間に保存されたデバイス設定とは無関係に、EEPROM で直接動作します。EEPROM のアクセスの間、デバイスは以下に示すようにビジーであることを示します。

単純なプログラミングのフィクスチャをサポートするため、この一括プログラミング機能は PMBus のワード・コマンドとバイト・コマンドのみを使用します。MFR\_UNLOCK は適切なアクセス・モードを設定し、内部アドレス・ポインタをリセットして、一連のワード・コマンドがアドレス・ポインタを動作ごとにインクリメントしてブロック読出しまたはブロック書込みとして作用できるようにします。PEC の使用はオプションで、MFR\_EE\_UNLOCK 動作で設定できます。

### MFR\_EE\_UNLOCK

MFR\_EE\_UNLOCK コマンドは、通常動作時の意図しない EEPROM のアクセスを防止し、一括初期化、シーケンシャル書込み、またはシーケンシャル読出しに必要な EEPROM 一括プログラミングを設定します。MFR\_EE\_UNLOCK は、書込み保護によって提供される保護を強化します。必要な動作のためにデバイスのロックを解除すると、内部のアドレス・ポインタがリセットされ、一連の MFR\_EE\_DATA 読出しおよび書込みが、ブロック読出しやブロック書込みと同じように、シーケンシャルにデータを転送できるようになります。MFR\_EE\_UNLOCK コマンドによって、必要なエラー保護レベルに応じた PEC モードのクリアや設定ができます。MFR\_EE\_UNLOCK のシーケンスには、2 バイトの書込みコマンドを使用した 2 つのアンロック・コードの書込みがあります。以下の表に、可能なシーケンスを示します。サポートされていないシーケンスを書き込むとデバイスがロックされます。MFR\_EE\_UNLOCK を読み出すと、最後に書き込まれたバイトが返され、デバイスがロックされている場合にはゼロが返されます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_EE\_UNLOCKのデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	Mfr_ee_unlock[7:0]	<p>ユーザEEPROM空間のロックを解除して、PECを許可するMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読出しまたは書き込みを行うには:0x2bの後に0xd4を書き込みます。</p> <p>ユーザEEPROM空間のロックを解除して、PECが必須のMfr_ee_eraseおよびMfr_ee_dataの読出しまたは書き込みを行うには:0x2bの後に0xd5を書き込みます。</p> <p>ユーザおよびメーカーEEPROM空間のロックを解除して、PECを許可するMfr_ee_dataの読出し専用動作を行うには:0x2b、0x91、0xe4の順に書き込みます。</p> <p>ユーザおよびメーカーEEPROM空間のロックを解除して、PECが必須のMfr_ee_dataの読出し専用動作を行うには:0x2b、0x91、0xe5の順に書き込みます。</p>

### MFR\_EE\_ERASE

MFR\_EE\_ERASEコマンドを使用するとユーザEEPROMの全ての内容を消去でき、この空間で新しいプログラム・データを受け入れるよう設定できます。0x2B以外の値を書き込むとデバイスがロックされます。読出しでは、書き込まれた最新の値が返されます。

### MFR\_EE\_ERASEのデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	Mfr_ee_erase[7:0]	<p>ユーザEEPROMを消去し新しいデータを受け入れるよう設定するには:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>適切なMfr_ee_unlockシーケンスを使用して、PECを使用するMfr_ee_eraseコマンドまたはPECを使用しないMfr_ee_eraseコマンドを設定します。</li> <li>0x2BをMfr_ee_eraseに書き込みます。</li> </ol> <p>後述のメカニズムによって、デバイスはEEPROMの消去中はビジーであることを示します。</p>

### MFR\_EE\_DATA

MFR\_EE\_DATAコマンドを使用すると、ユーザは、RAM空間に影響を与えることなくEEPROMとの間で直接データを転送できます。

ユーザEEPROM空間を読み出すには、適切なMfr\_ee\_unlockコマンドを発行し、EEPROMの読出しが完了するまでMfr\_ee\_dataの読出しを実行します。更に読出しを行うとデバイスはロックされゼロが返されます。最初の読出しでは、ROMに保存されている16ビットのEEPROMパッキング・リビジョンIDが返されます。2番目の読出しでは、使用可能な16ビット・ワードの数が返されます。これは、全メモリ・ロケーションにアクセスするための読出しまたは書き込みの数です。更に読出しを行うと最小アドレスで始まるEEPROMデータが返されます。

ユーザEEPROM空間に書き込むためには、適切なMfr\_ee\_unlockコマンドおよびMfr\_ee\_eraseコマンドを発行し、続けてEEPROMが一杯になるまで連続的にMfr\_ee\_dataのワード書き込みを行います。更に書き込みを行うとデバイスはロックします。最初の書き込みは最小アドレスに対して行います。

Mfr\_ee\_dataの読出しと書き込みを混合することはできません。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_EE\_DATA のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	Mfr_ee_data[7:0]	<p>ユーザ空間を読み出すには</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用して、PEC を使用する Mfr_ee_data コマンドまたは PEC を使用しない Mfr_ee_data コマンドを設定します。</li> <li>Mfr_ee_data[0] = PackingId (メーカー固有 ID) を読み出します。</li> <li>Mfr_ee_data[1] = NumberOfUserWords (使用可能な合計 16 ビット・ワード数) を読み出します。</li> <li>Mfr_ee_data[2] ~ Mfr_ee_data[NumberOfWord+1] (ユーザ EEPROM のデータ内容) を読み出します。</li> </ol> <p>ユーザ空間に書き込むには</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>MFR_EE_ERASE コマンドで説明したシーケンスを使用してユーザ・メモリを初期化します。</li> <li>適切な Mfr_ee_unlock シーケンスを使用して、PEC を使用する Mfr_ee_data コマンドまたは PEC を使用しない Mfr_ee_data コマンドを設定します。</li> <li>Mfr_ee_data[0] ~ Mfr_ee_data[NumberOfWord-1] に書き込みます (ユーザ EEPROM に書き込むデータ内容)。</li> </ol> <p>後述のメカニズムによって、デバイスは EEPROM の消去中はビジーであることを示します。</p>

### デバイスがビジーの場合の応答

以下のメカニズムによって、デバイスは EEPROM へのアクセス中はビジーであることを示します。

- 1) MFR\_COMMON レジスタの Mfr\_common\_busyb をクリアします。このバイトは常に読み出され、デバイスがビジーであってもバイト読出し要求を NACK することはありません。
- 2) MFR\_COMMON 以外のコマンドを NACK します。

### MFR\_EE 消去および書き込みのプログラミング時間

ワードごとのプログラム時間は 0.17ms (代表値) で、書き込みを確実に完了するには、I<sup>2</sup>C/SMBus の書き込みと書き込みの間に 0.17ms より長い間隔をとる必要があります。Mfr\_ee\_erase コマンドの所要時間は約 400ms です。ハンドシェーキングに MFR\_COMMON を使用することを推奨します。

### 入力電圧のコマンドと制限値

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VIN_ON	0x35	電力変換をイネーブルできる入力電圧の下限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.5 0xCA40	81
VIN_OFF	0x36	電力変換がディスエーブルされる入力電圧の上限値全ての V <sub>OUT_EN</sub> ピンは直ちにオフになるか、TOFF_DELAY 後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_chann 参照)。	R/W Word	N	L11	V	Y	4.4 0xCA33	81
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	VINSNS ピンで測定される入力過電圧フォルト制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	15.0 0xD3C0	81
VIN_OV_WARN_LIMIT	0x57	VINSNS ピンで測定される入力過電圧警告制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	14.0 0xD380	81
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	VINSNS ピンで測定される入力低電圧警告制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	81
VIN_UV_FAULT_LIMIT	0x59	VINSNS ピンで測定される入力低電圧フォルト制限値。	R/W Word	N	L11	V	Y	0 0x8000	81

### VIN\_ON、VIN\_OFF、VIN\_OV\_FAULT\_LIMIT、VIN\_OV\_WARN\_LIMIT、VIN\_UV\_WARN\_LIMIT、VIN\_UV\_FAULT\_LIMIT

これらのコマンドは、入力電圧 V<sub>INSNS</sub> に電圧監視制限値を設定します。

## PMBus コマンドの説明

### 入力電流とエネルギー

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_EIN	0xC0	入力エネルギーのデータ・バイト。	R Block	N	Reg			NA	83
MFR_EIN_CONFIG	0xC1	エネルギーと入力電流の設定レジスタ。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	83
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xC3	IIN_CAL_GAIN に適用される温度係数。	R/W Word	N	CF	ppm	Y	0x0000	84
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	5.0 0xCA80	84

### エネルギー測定とレポート

入力エネルギーの測定とモニタリングでは以下の事項をサポートしています。

- READ\_VIN と READ\_IIN の積を累積したデータから得られる入力エネルギー。
- 48ビットの整数値として入力エネルギー値をレポート (mJ 単位)。ジュール単位で値を返すことでホストが時間を管理する必要がなくなります。
- 48ビットの整数値として入力エネルギー時間をレポート (ms 単位)。入力エネルギー時間とは、エネルギーのモニタリングが最後にリセットされてからの経過時間を指します。
- MFR\_EIN\_CONFIG に書き込みが行われている場合は常に時間とエネルギーのアクムレータをリセット。
- 時間とエネルギーのアクムレータが満杯になった場合に最初の状態に戻す。
- 他の ADC 測定の間 READ\_VIN と READ\_IIN を ADC が測定するようにすることで、ユーザがエネルギー測定を優先できるようにする、オプションの HD モード。
- エネルギー値と時間値を同期してレポート。
- チャンネルのオフ時にノイズの整流や蓄積を抑えるためにエネルギーをデクリメントすることが可能。エネルギーをゼロ未満にデクリメントすることはできません。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_EIN

読出し専用です。この 12 バイトのデータ・ブロックは、入力エネルギーの値と時間を返します。ブロックの読出しが開始されると、MFR\_EIN の更新はこのブロック読出しが完了するまで停止します。ただし、エネルギーと時間はブロック読出しの間も内部で累積を続けます。

表 7. MFR\_EIN のデータ・ブロック内容

データ	バイト*	説明
Energy_value [7:0]	0	エネルギー値 (mJ) Mfr_ein_config への最後の書き込み以降の累積エネルギーです。
Energy_value [15:8]	1	
Energy_value [23:16]	2	
Energy_value [31:24]	3	
Energy_value [39:32]	4	
Energy_value [47:40]	5	
Energy_time [7:0]	6	エネルギー時間 (ms) Mfr_ein_config への最後の書き込み以降の経過時間です。
Energy_time [15:8]	7	
Energy_time [23:16]	8	
Energy_time [31:24]	9	
Energy_time [39:32]	10	
Energy_time [47:40]	11	

### MFR\_EIN\_CONFIG

このコマンドは、エネルギーと入力電流に関連するパラメータを設定します。

#### MFR\_EIN\_CONFIG のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:3]	Mfr_ein_config_reserved	ドント・ケア。常に 0 を返します。
b[2]	Mfr_ein_config_hd	より高分解能の入力エネルギー測定のために ADC のポーリング・シーケンスを最適化します。 0: 標準の ADC ポーリング・シーケンス 1: Read_vin 測定と Read_iin 測定が、それ以外の ADC 測定の間ごとにインターリーブされます。
b[1:0]	Mfr_ein_config_iin_range	入力検出アンプのレンジ設定。 0: 高レンジ 1: 中レンジ 2: 低レンジ 3: 予備 レンジは、フルスケール入力電圧レンジ (FS_IIN) を設定します。低レンジの設定では入力換算ノイズが低下します。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN

MFR\_IIN\_CAL\_GAIN コマンドを使用すると、入力電流検出ピンの電圧と検出された電流の比を設定できます。固定電流検出抵抗を使用するデバイスでは、この値は検出抵抗の抵抗値と同じ値です(単位はmΩを使用)。MFR\_IIN\_CAL\_GAINは、0.01mΩ～1,000mΩの値に内部で制限されています。レジスタのリードバック値は、常に最後の書込み値を返し、内部制限値は反映しません。

計算はIIN\_CAL\_GAINを使用し、以下のようになります。

$$\text{READ\_IIN} = \frac{V_{\text{IINSPn}} - V_{\text{IINSMn}}}{(\text{MFR\_IIN\_CAL\_GAIN}) \cdot T_{\text{CORRECTION}}} \quad (21)$$

ここで、

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

注:

T<sub>CORRECTION</sub>は、ハードウェアによって0.25～4.0の値に制限されています。

READ\_TEMPERATURE\_2は内部のダイ温度です。

Mfr\_ein\_config\_iin\_range[1:0]を使用すると、低検出抵抗値を用いるシステムのノイズを最小限に抑えることができます。

### MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TC

MFR\_IIN\_CAL\_GAIN\_TCは、MFR\_IIN\_CAL\_GAINレジスタの値の温度係数をppm/°Cを単位として設定します。このコマンドは内部のダイ温度を使用します。

適切な使用法の詳細についてはMFR\_IIN\_CAL\_GAINを参照してください。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TCのデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_iin_cal_gain_tc	温度係数を表す16ビットの2の補数形式の整数。 Value = Y、ここで、Y = b[15:0]は2の補数。 例: Mfr_iin_cal_gain_tc = 3900ppm For b[15:0] = 0x0F3C Value = 3900

## PMBus コマンドの説明

### 出力電圧のコマンドと制限値

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のデータ・フォーマットと仮数指数 ( $2^{-13}$ )。	R Byte	Y	Reg			0x13	86
VOUT_COMMAND	0x21	サーボ制御の目標。DC/DC コンバータ出力電圧の公称設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.0 0x2000 Pg01: 1.2 0x2666 Pg02: 1.8 0x399A Pg03: 0.9 0x1CCD	86
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	Pg00: 4.0 0x8000 Pg01: 6.0 0xC000 Pg02: 6.0 0xC000 Pg03: 4.0 0x8000	86
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	DC/DC コンバータ出力電圧の上側マージン設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.05 0x219A Pg01: 1.26 0x2852 Pg02: 1.89 0x3C7B Pg03: 0.945 0x1E3E	86
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	DC/DC コンバータ出力電圧の下側マージン設定値	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.95 0x1E66 Pg01: 1.14 0x247A Pg02: 1.71 0x36B9 Pg03: 0.855 0x1B5C	86
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.10 0x2333 Pg01: 1.32 0x2A3D Pg02: 1.98 0x3F5D Pg03: 0.99 0x1FAE	86
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 1.07 0x2266 Pg01: 1.29 0x2947 Pg02: 1.94 0x3DEC Pg03: 0.97 0x1EF6	86
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.93 0x1D9A Pg01: 1.11 0x2385 Pg02: 1.67 0x3548 Pg03: 0.83 0x1AA4	86
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルト・リミット。Ton_max_fault およびパワー・グッド・デアサートのために使用。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.90 0x1CCD Pg01: 1.08 0x228F Pg02: 1.62 0x33D7 Pg03: 0.81 0x19EC	86
POWER_GOOD_ON	0x5E	パワー・グッドがアサートされる出力電圧の下限値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.96 0x1EB8 Pg01: 1.15 0x24DD Pg02: 1.73 0x374C Pg03: 0.86 0x1BA6	86
POWER_GOOD_OFF	0x5F	Mfr_config_all_pwrgrd_off_uses_uv がクリアされたときにパワー・グッドがデアサートされる出力電圧の上限値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	Pg00: 0.94 0x1E14 Pg01: 1.13 0x2418 Pg02: 1.69 0x3625 Pg03: 0.85 0x1B13	86
MFR_VOUT_DISCHARGE_THRESHOLD	0xE9	VOUT のオフ閾値電圧を決めるための VOUT_COMMAND の乗算係数。	R/W Word	Y	L11		Y	2.0 0xC200	86
MFR_DAC	0xE0	10 ビット DAC のコードを含むメーカー用レジスタ。	R/W Word	Y	Reg			0x01FF	86

## PMBus コマンドの説明

### VOUT\_MODE

このコマンドは読出し専用で、L16 データ形式の全コマンドのモードと指数を指定します。35 ページの [データ・フォーマット](#) を参照してください。

#### VOUT\_MODE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:5]	Vout_mode_type	線形モードをレポートします。000b にハードウェア配線されます。
b[4:0]	Vout_mode_parameter	線形モードの指数。5 ビットの 2 の補数形式の整数。0x13 (10 進数で -13) にハードウェア配線されます。

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

これらのコマンドはチャンネルの出力電圧に対し、様々なサーボ、マーージニング、監視の制限を設定します。

#### MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD

このレジスタには、関連するチャンネルのオフ閾値電圧を決めるために、VOUT\_COMMAND の乗算係数が含まれています。オン状態に入る (再び入る) コマンドをチャンネルが受け取る前に、出力電圧が  $MFR\_VOUT\_DISCHARGE\_THRESHOLD \cdot VOUT\_COMMAND$  未満に低下しない場合、STATUS\_MFR\_SPECIFIC レジスタの Status\_mfr\_discharge ビットが設定され、ALERT ピンがローにアサートされます。更に、出力がそのオフ閾値電圧未満に低下するまで、チャンネルはオン状態にはなりません。これを 1.0 より大きな値に設定すると、DISCHARGE\_THRESHOLD のチェックが実質的に無効化され、チャンネルは出力電圧がまったく低下しない場合でもオンに戻ることができます。

その他のチャンネルは、特定の出力が双方向 FAULT<sub>n</sub> ピンを使用して放電できない場合でも、オフを維持できます (MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_RESPONSE レジスタおよび MFR\_FAULTB<sub>n</sub>\_PROPOGATE レジスタを参照)。

#### MFR\_DAC

このコマンド・レジスタにより、ユーザは 10 ビット DAC を直接プログラムできます。DAC の手動書込みの場合、チャンネルがオン状態であり、TON\_RISE が経過し、MFR\_CONFIG\_LTM4673 b[5:4] = 10b または 11b であることが必要です。MFR\_CONFIG\_LTM4673 b[5:4] = 10b を書き込むと、DAC は Mfr\_dac\_direct\_val の値とハード接続するよう指示されます。b[5:4] = 11b を書き込むと、DAC はソフト接続するよう指示されます。DAC がソフト接続されると、Mfr\_dac\_direct\_val は、DAC が電源に影響することなく接続できる値を返します。MFR\_DAC への書込みは、MFR\_CONFIG\_LTM4673 b[5:4] = 00b または 01b の場合、無視されます。

#### MFR\_DAC のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:10]	Reserved	読出し専用。常に 0 を返します。
b[9:0]	Mfr_dac_direct_val	DAC のコード値です。

## PMBus コマンドの説明

### 出力電流のコマンドと制限値

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出素子の公称抵抗値 (mΩ)。	R Word	Y	L11	mΩ	Y	Trimmed; (typical) Pg00: (2.85mΩ) Pg01: (15.5mΩ) Pg02: (15.5mΩ) Pg03: (2.85mΩ)	87
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流フォルト制限値。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: 17 0xDA20 Pg01: 8 0xD200 Pg02: 8 0xD200 Pg03: 17 0xDA20	88
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告制限値。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: 13 0xD340 Pg01: 6 0xCB00 Pg02: 6 0xCB00 Pg03: 13 0xD340	88
IOUT_UC_FAULT_LIMIT	0x4B	出力低電流フォルト制限値。逆電流を検出するために使用。負値であることが必要。	R/W Word	Y	L11	A	Y	Pg00: -3 0xC500 Pg01: -1.5 0xBD00 Pg02: -1.5 0xBD00 Pg03: -3 0xC500	88
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	IOUT_CAL_GAIN に適用される温度係数。	R Word	Y	CF	ppm	Y	3900 0x0F3C	88

### IOUT\_CAL\_GAIN

IOUT\_CAL\_GAIN コマンドを使用すると、電流検出ピンの電圧と検出された電流の比を設定できます。固定電流検出抵抗を使用するデバイスでは、この値はその抵抗の抵抗値と同じ値です (単位は mΩ を使用)。IOUT\_CAL\_GAIN は、0.01mΩ ~ 1,000mΩ の値に内部で制限されています。レジスタのリードバック値は、常に最後の書込み値を返し、内部制限値は反映しません。

計算は IOUT\_CAL\_GAIN を使用し、以下のようになります。

$$V_{IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT} = IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT \cdot IOUT\_CAL\_GAIN \cdot T_{CORRECTION}$$

$$V_{IOUT\_UC\_FAULT\_LIMIT} = IOUT\_UC\_FAULT\_LIMIT \cdot IOUT\_CAL\_GAIN \cdot T_{CORRECTION}$$

ここで、

$$T_{CORRECTION} = (1 + MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC \cdot 1E-6 \cdot (READ\_TEMPERATURE\_1 + MFR\_T\_SELF\_HEAT - 25.0))$$

$$READ\_IOUT = \frac{V_{IOUT\_SNSPn} - V_{IOUT\_SNSMn}}{(IOUT\_CAL\_GAIN) \cdot T_{CORRECTION}} \quad (22)$$

注:

T<sub>CORRECTION</sub> は、ハードウェアによって 0.25 ~ 4.0 の値に制限されています。

関連の T<sub>SENSE</sub> ネットワークが有効な温度を検出できない場合は、READ\_TEMPERATURE\_1 の代わりに READ\_TEMPERATURE\_2 を使用します。詳細については、READ\_TEMPERATURE\_1 を参照してください。

## PMBus コマンドの説明

### IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT、IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT、IOUT\_UC\_FAULT\_LIMIT

IOUT 監視回路のフォルト制限値および警告制限値。

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT はゼロ以上の値に内部で制限されています。レジスタのリードバック値は、常に最後の書き込み値を返し、内部制限値は反映しません。

IOUT\_UC\_FAULT\_LIMIT はゼロ未満の値に内部で制限されています。レジスタのリードバック値は、常に最後の書き込み値を返し、内部制限値は反映しません。

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

MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC は、IOUT\_CAL\_GAIN レジスタ値の温度係数を ppm/°C 単位で設定する、ページ指定されたコマンドです。このコマンドは、関連ページに対して外部温度ダイオードで測定した温度を使用します。

適切な使用法の詳細については IOUT\_CAL\_GAIN を参照してください。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TC のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_tc	温度係数を表す 16 ビットの 2 の補数形式の整数。 Value = Y、ここで、Y = b[15:0] は 2 の補数。 例： Mfr_iout_cal_gain_tc = 3900ppm For b[15:0] = 0x0F3C Value = 3900

### 外部温度コマンドと制限値

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部温度センサーの過熱フォルト制限設定値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	128 0xF200	89
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部温度センサーの過熱警告制限値	R/W Word	Y	L11	°C	Y	125 0xEBE8	89
UT_WARN_LIMIT	0x52	外部温度センサーの低温警告制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-20.0 0xDD80	89
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部温度センサーの低温フォルト制限値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	-45.0 0xE530	89
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部ダイオードの温度非理想係数の逆数。1LSB = $2^{-14}$ 。	R/W Word	Y	CF		Y	1 0x4000	89
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度のオフセット値。	R/W Word	Y	L11	°C	Y	0 0x8000	89
MFR_T_SELF_HEAT	0xB8	外部温度センサーによる測定値を超える、出力電流検出デバイスの自己過熱による温度上昇分の計算値。	R Word	Y	L11	°C		NA	89
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TAU_INV	0xB9	$4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}}$ でスケールされた Mfr_t_self_heat の変化の時定数の逆数。	R/W Word	Y	L11		Y	0.0 0x8000	89
MFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA	0xBA	インダクタのコアから外部温度センサーの測定ポイントまでの熱抵抗。	R/W Word	Y	L11	°C/W	Y	0.0 0x8000	89

## PMBus コマンドの説明

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

これらのコマンドは、外部ダイオードで測定した温度に対する監視制限値を設定します。

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

MFR\_TEMP\_1\_GAIN コマンドは、温度センサーの理想係数の逆数を指定します。MFR\_TEMP\_1\_OFFSET では、測定温度にオフセットを加えることができます。

これらのページ指定されたコマンドを使用して、以下のように計算できます。

$$\text{READ\_TEMPERATURE\_1} = T_{\text{EXT}} \cdot \text{MFR\_TEMP\_1\_GAIN} - 273.15 + \text{MFR\_TEMP\_1\_OFFSET}$$

ここで、

$T_{\text{EXT}}$  = 測定した外部温度(ケルビン単位)

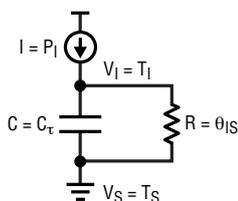
関連の  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワークが有効な温度を検出できない場合は、READ\_TEMPERATURE\_1 の代わりに READ\_TEMPERATURE\_2 を使用します。これらの条件下では MFR\_TEMP\_1\_GAIN と MFR\_TEMP\_1\_OFFSET は、何ら影響しません。詳細については、READ\_TEMPERATURE\_1 を参照してください。

### MFR\_TEMP\_1\_GAIN のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_temp_1_gain[15:0]	温度非理想係数の逆数を示す 16 ビット整数。Value = $Y \cdot 2^{14}$ 、ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なしの整数。 例: MFR_TEMP_1_GAIN = 1.0 For b[15:0] = 0x4000 Value = $16384 \cdot 2^{-14} = 1.0$

### MFR\_T\_SELF\_HEAT、MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV、MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA

LTM4673 は、外部温度センサーからインダクタ・コアまでの温度上昇を動的にモデル化する、革新的な(特許申請中の)アルゴリズムを使用しています。この温度上昇は、MFR\_T\_SELF\_HEAT と名付けられ、IOUT\_CAL\_GAIN に必要な最終温度補正を計算するために用いられます。温度上昇は、インダクタの DCR での消費電力、インダクタ・コアからリモートの温度センサーまでの熱抵抗、インダクタから基板までのシステムの熱時定数の関数です。このアルゴリズムは、外部温度センサーの配置条件を単純化すると共に、インダクタ・コアから主要なインダクタ・ヒート・シンクまでの定常状態とトランジェントの大きな温度誤差を補正します。



- $P_1$  = CURRENT REPRESENTING THE POWER DISSIPATED BY THE INDUCTOR ( $V_{\text{DCR}} \cdot \text{READ\_IOUT}$  WHERE  $V_{\text{DCR}} = (V_{\text{ISENSEP}} - V_{\text{ISENSM}})$ )
- $C_t$  = CAPACITANCE REPRESENTING THERMAL HEAT CAPACITY OF THE INDUCTOR (INCLUDED IN MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV)
- $T_1$  = VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE OF THE INDUCTOR
- $\theta_{\text{IS}}$  = RESISTANCE REPRESENTING THE THERMAL RESISTANCE FROM THE DCR TO THE REMOTE TEMPERATURE SENSOR (MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA)
- $T_S$  = VOLTAGE REPRESENTING THE TEMPERATURE AT THE REMOTE TEMPERATURE SENSOR

4673 F57

図 57. インダクタ温度モデルの電氣的アナロジー

## PMBus コマンドの説明

インダクタ内の自己過熱効果を理解する最も良い方法は、[図 57](#)の回路アナロジーを使用してシステムをモデル化することです。上記モデルの一次微分方程式は、以下の差分方程式で近似できます。

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

これから、

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

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

ここで、

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

および、 $\Delta t$  は外部温度用 ADC のサンプリング周期です。

LTM4673 は、式 3 と式 4 を使用する自己過熱アルゴリズムを採用しています。ここで、各パラメータは以下のとおりです。

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

$$P_I = \text{READ\_IOUT} \cdot (V_{\text{ISENSEP}} - V_{\text{ISENSEM}})$$

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

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

$$\Delta t = 4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}} \cdot (\text{外部温度制御ループ 1 周期分})$$

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

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

最初は自己過熱はゼロに設定されています。各温度測定後に、自己過熱は更新され、それまでの自己過熱の値が  $\Delta \text{MFR\_T\_SELF\_HEAT}$  分だけインクリメントまたはデクリメントされます。

$C_\tau$  の実際の値は不要です。重要な量は、熱時定数  $\tau_{INV} (= \theta_{IS} C_\tau)$  です。例えば、インダクタの熱時定数が  $\tau_{INV} = 5$  秒の場合、

$$\text{MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INV} = (4 \cdot t_{\text{CONV\_SENSE}})/5 = 4 \cdot 66\text{ms}/5\text{s} = 0.0528$$

$\theta_{IS}$  および  $\tau_{INV}$  のキャリブレーションの詳細については、アプリケーションのセクションを参照してください。

関連の  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワークが有効な温度を検出できない場合は、 $\text{READ\_TEMPERATURE\_1}$  の代わりに  $\text{READ\_TEMPERATURE\_2}$  を使用します。その条件下では、 $T_S = \text{READ\_TEMPERATURE\_2}$  で、自己過熱の補正は内部のダイ温度を使用して適用されます。詳細については、 $\text{READ\_TEMPERATURE\_1}$  を参照してください。

### MFR\_T\_SELF\_HEAT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_t_self_heat	値は、0°C~50°C の範囲に限定されます。

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_THETA のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_theta	値が 0 以下の場合、MFR_T_SELF_HEAT をゼロに設定。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IOUT\_CAL\_GAIN\_TAU\_INVのデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_iout_cal_gain_tau_inv	値が0以下の場合、MFR_T_SELF_HEATをゼロに設定。 値が1以上の場合、MFR_T_SELF_HEATをMFR_IOUT_CAL_GAIN_THETA・READ_IOUT・(V <sub>ISENSEP</sub> - V <sub>ISENSEM</sub> )に設定。

### タイミング制限とクロック共有のシーケンス動作

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
TON_DELAY	0x60	CONTROLピンまたはOPERATIONコマンドがONになってからRUNピンがONになるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	1.0 0xBA00	91
TON_RISE	0x61	RUNピンがハイになってから、LTM4673がオープンでDACにソフト接続され出力電圧を目標値にサーボ制御するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	10.0 0xD280	91
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	RUNピンがUV状態を許容してからTON_MAX_FAULT状態が生じるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	15.0 0xD3C0	91
TOFF_DELAY	0x64	CONTROLピンまたはOPERATIONコマンドがOFFになってからRUNピンがOFFになるまでの時間。	R/W Word	Y	L11	mS	Y	1.0 0xBA00	91
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	実際のCONTROLアクティブ・エッジから仮想CONTROLアクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	N	L11	mS	Y	400 0xFB20	92

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

これらのコマンドは同じフォーマットを共有し、シーケンス動作を行うと共に、ms単位のタイマー・フォルト遅延および警告遅延を提供します。

TON\_DELAYは、ONシーケンスの開始後RUNピンがDC/DCコンバータをイネーブルするまでにチャンネルが待機する時間を、ミリ秒単位で設定します。この遅延はSHARECLKのみを用いてカウントされます。

TON\_RISEは、電源がイネーブルされてからLTM4673のDACがソフト接続され、Mfr\_dac\_mode = 00bの場合に出力電圧を目的のレベルにサーボ制御するまでの経過時間を、ms単位で設定します。この遅延はSHARECLKのみを用いてカウントされます。

TON\_MAX\_FAULT\_LIMITは、LTM4673に制御されている電源がVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達することなく、出力に電源投入を試みることができる最大時間です。達した場合は、TON\_MAX\_FAULTが宣言されます。出力がTON\_MAX\_FAULT\_LIMITより前にVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITに達した場合、LTM4673はVOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT閾値のマスキングを解除します(値がゼロの場合、電源が出力電圧の発生を試みる時間に制限がないことを意味する点に注意してください)。この遅延はSHARECLKのみを用いてカウントされます。

TOFF\_DELAYは、CONTROLピンやOPERATIONコマンドがデアサートされた後チャンネルがディスエーブル(ソフトオフ)されるまでの経過時間です。この遅延は、SHARECLKが使用可能な場合はこれを使用してカウントされます。そうでない場合は内部発振器が使用されます。

上記TON遅延とTOFF遅延のどちらも、内部で655msまでに制限されており、最も近い10 $\mu$ sに丸められます。これらのコマンドの読出し値は最後に書き込まれた値を常に返し、内部制限値は反映しません。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_RESTART\_DELAY

このコマンドは実質的に、CONTROL ピンによって起こされた再起動のオフ時間を設定します。CONTROL ピンが最低 10 $\mu$ s 間オフにトグルされてからオンにトグルされた場合、依存する全チャンネルはディスエーブルされ、Mfr\_restart\_delay の時間だけオフを維持し、その後シーケンスを再開します。オフ時間が Mfr\_restart\_delay を超える CONTROL ピンの遷移は、このコマンドの影響を受けません。値が全てゼロの場合はこの機能は無効化されます。この遅延は SHARECLK のみを用いてカウントされます。

この遅延は、内部で 13.1 秒までに制限されており、最も近い 200 $\mu$ s に丸められます。このコマンドの読出し値は最後に書き込まれた値を常に返し、内部制限値は反映しません。

### クロック共有

オープンドレインの SHARECLK 入出力をワイヤード OR としてプルアップ抵抗にまとめて接続することで、1つのアプリケーションでアナログ・デバイセズの複数の PMBus デバイスのクロックを同期させることができます。この場合、最も高速のクロックがクロック機能を担い、他の全てのチップを立下がりエッジに同期させます。

SHARECLK は、オプションで MFR\_CONFIG\_ALL レジスタの Mfr\_config\_all\_vin\_share\_enable ビットを設定し、複数チップ間で V<sub>IN</sub> のオン/オフ依存性を同期するために使用することもできます。このように設定されると、チップは、ユニットが不十分な入力電圧に対しオフになった場合、SHARECLK をローに保持し、SHARECLK がローに保持されていることを検知した場合には、短いデグリッチ時間の後に全チャンネルをディスエーブルします。SHARECLK ピンが増加できるようになると、チップは起動シーケンスを開始することで応答します。この場合、最も遅い VIN\_ON 検出がこの機能を担い、他のチップをその起動シーケンスに同期させます。

### ウォッチドッグ・タイマーとパワー・グッド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_PWRGD_EN	0xD4	WDI/RESET のステータスと個々のチャンネルのパワー・グッドを PWRGD ピンにマッピングする設定。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	92
MFR_POWERGOOD_ASSERTION_DELAY	0xE1	パワー・グッド出力アサーション遅延。	R/W Word	N	L11	mS	Y	100 0xEB20	93
MFR_WATCHDOG_T_FIRST	0xE2	最初のウォッチドッグ・タイマー間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	0 0x8000	93
MFR_WATCHDOG_T	0xE3	ウォッチドッグ・タイマー間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	0 0x8000	93

### MFR\_PWRGD\_EN

このコマンド・レジスタは、ウォッチドッグとチャンネルのパワー・グッド・ステータスを PWRGD ピンにマッピングする方法を制御します。

### MFR\_PWRGD\_EN のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:9]	Reserved	読出し専用。常に 0 を返します。
b[8]	Mfr_pwrzd_en_wdog	ウォッチドッグ。 1 = ウォッチドッグ・タイマーの期限切れでないステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルの PWRGD ステータスとの論理積がとられ、PWRGD ピンがアサートされるタイミングを決定します。 0 = ウォッチドッグ・タイマーは PWRGD ピンには影響しません。
b[7:4]	Reserved	常に 0000b を返します。
b[3]	Mfr_pwrzd_en_chan3	チャンネル 3。 1 = このチャンネルの PWRGD ステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルの PWRGD ステータスとの論理積がとられ、PWRGD ピンがアサートされるタイミングを決定します。 0 = このチャンネルの PWRGD ステータスは PWRGD ピンには影響しません。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_PWRGD\_EN のデータ内容

ビット	記号	動作
b[2]	Mfr_pwrzd_en_chan2	チャンネル2。 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積がとられ、PWRGDピンがアサートされるタイミングを決定します。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しません。
b[1]	Mfr_pwrzd_en_chan1	チャンネル1。 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積がとられ、PWRGDピンがアサートされるタイミングを決定します。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しません。
b[0]	Mfr_pwrzd_en_chan0	チャンネル0。 1=このチャンネルのPWRGDステータスと、同様にイネーブルされたチャンネルのPWRGDステータスとの論理積がとられ、PWRGDピンがアサートされるタイミングを決定します。 0=このチャンネルのPWRGDステータスはPWRGDピンには影響しません。

### MFR\_POWERGOOD\_ASSERTION\_DELAY

このコマンド・レジスタによって、ユーザは、内部のパワー・グッド信号が有効となったときからパワー・グッド出力がアサートされるまでの遅延をプログラムできます。この遅延は、SHARECLKが使用可能な場合はこれを使用してカウントされます。そうでない場合は内部発振器が使用されます。この遅延は、内部で13.1秒までに制限されており、最も近い200 $\mu$ sに丸められます。このコマンドの読出し値は最後に書き込まれた値を常に返し、内部制限値は反映しません。

パワー・グッドのデアサーションの遅延と閾値のソースは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uvによって制御されます。高速のパワー・グッド・デアサーションが必要なシステムでは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv = 1と設定する必要があります。これはVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITと高速コンパレータを使用してPWRGDピンをデアサートします。別々のパワー・グッド・オフ閾値が必要なシステムでは、Mfr\_config\_all\_pwrzd\_off\_uses\_uv = 0と設定する必要があります。これはより低速のADCポーリング・ループとPOWER\_GOOD\_OFFを使用してPWRGDピンをデアサートします。

### ウォッチドッグ動作

MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタにゼロ以外の値を書き込むとウォッチドッグ・タイマーがリセットされます。WDI/RESETピンがローからハイに遷移した場合もウォッチドッグ・タイマーがリセットされます。タイマーの時間が終了するとALERTがアサートされます。また、PWRGD出力はオプションでデアサートされ、MFR\_PWRGD\_ASSERTION\_DELAY (ms)の時間が経過した後、再アサートされます。MFR\_WATCHDOG\_TレジスタまたはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタのどちらかに0を書き込むと、タイマーはディスエーブルされます。

### MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTおよびMFR\_WATCHDOG\_T

MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタによって、ユーザはPWRGDピンがウォッチドッグ・タイマーのステータスを反映するものと仮定して、PWRGDピンのアサーション後の最初のウォッチドッグ・タイマー間隔の時間をプログラムできます。PWRGDのアサーションがウォッチドッグ・タイマーのステータスを条件とするものではない場合は、MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTがタイマー・イネーブル後の最初のタイミング間隔に適用されます。MFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTレジスタに0msを書き込むと、ウォッチドッグ・タイマーはディスエーブルされます。この遅延は、内部で65秒までに制限されており、最も近い1msに丸められます。

MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタによって、ユーザはMFR\_WATCHDOG\_T\_FIRSTのタイミング間隔の後のウォッチドッグ・タイマー間隔をプログラムできます。MFR\_WATCHDOG\_Tレジスタに0msを書き込むと、ウォッチドッグ・タイマーはディスエーブルされます。この遅延は、内部で655msまでに制限されており、最も近い10 $\mu$ sに丸められます。

どちらのタイマーもSHARECLKとは無関係な内部クロックで動作します。どちらのコマンドの読出し値も最後に書き込まれた値を常に返し、内部制限値は反映しません。

## PMBus コマンドの説明

### フォルト応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	94
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7F	94
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力過電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	95
IOUT_UC_FAULT_RESPONSE	0x4C	出力低電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	95
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部温度センサーで過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	96
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部温度センサーで低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	96
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x80	96
VIN_UV_FAULT_RESPONSE	0x5A	入力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	96
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	97
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT 再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	N	L11	mS	Y	200 0xF320	97
MFR_RETRY_COUNT	0xF7	フォルト処理され再試行をイネーブルする全てのオフ状態に対する再試行回数。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x07	97

### ラッチされたフォルトのクリア

ラッチされたフォルトは、CONTROL ピンをトグルするか、OPERATION コマンドを使用するか、または、VINSNS ピンからバイアス電圧を除去し再印加することで、リセットします。全てのフォルト状態および警告状態により、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンがアサートされ、対応するビットがステータス・レジスタに設定されます。CLEAR\_FAULTS コマンドはステータス・レジスタの内容をリセットし、 $\overline{\text{ALERT}}$  出力をデアサートします。CLEAR\_FAULTS は、フォルト・オフ状態をクリアせず、チャンネルをオンに戻すこともしません。

### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE および VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE

ここで説明するフォルト応答は、高速監視回路で測定される電圧に対するものです。これらの電圧は短時間で測定されますが、デグリッチ時間を必要とすることもあります。これらのコマンドで説明される応答に加え、LTM4673 は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の適切なビットをセット。
- STATUS\_WORD の適切なビットをセット。
- 対応する STATUS\_VOUT レジスタの適切なビットをセット。
- $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをローに引き下げてホストに通知。

## PMBus コマンドの説明

### VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE および VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:6]	Vout_ov_fault_response_action, Vout_uv_fault_response_action	<p>応答動作:</p> <p>00b: ユニットは中断することなく動作を続けます。</p> <p>01b: ユニットは、t<sub>s_VS</sub>ごとにビット [2:0] で指定された遅延時間で動作を続けます。電気的特性の表を参照してください。遅延時間の最後になってもフォルトが残る場合は、ユニットは直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_channを参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。</p> <p>10b-11b: ユニットは直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_channを参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。</p>
b[5:3]	Vout_ov_fault_response_retry, Vout_uv_fault_response_retry	<p>応答再試行動作:</p> <p>000b: 再試行設定値をゼロにするとユニットは再起動しようとはしません。出力はフォルト状態が解消されるまでデイスエーブルのままになります。</p> <p>001b-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフのコマンドが送られるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャット・ダウンされるまで、グローバルな Mfr_retry_count[2:0] で指定された回数だけ再起動しようとしています。</p> <p>そのチャンネルの次の「オフしてオン」のシーケンスまでは、値を変更しても有効になりません。</p>
b[2:0]	Vout_ov_fault_response_delay, Vout_uv_fault_response_delay	<p>このサンプリング・カウントによって、フォルトが最初に検出された後そのフォルトをユニットが無視する時間が決まります。この遅延を使用して高速のフォルトをデグリッチします。</p> <p>000b: フォルト検出に適用される追加のデグリッチ遅延はありません。</p> <p>001b-111b: フォルトは、t<sub>S_VS</sub>のサンプリング時間(代表値 12.2μs)でb[2:0] サンプル分のデグリッチ時間だけデグリッチされます。</p>

### IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE および IOUT\_UC\_FAULT\_RESPONSE

ここで説明するフォルト応答は、高速監視回路で測定される電流に対するものです。これらの電流は短時間で測定されますが、デグリッチ時間を必要とすることもあります。これらのコマンドで説明される応答に加え、LTM4673は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の適切なビットをセット。
- STATUS\_WORD の適切なビットをセット。
- 対応する STATUS\_IOUT レジスタの適切なビットをセット。
- $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをローに引き下げてホストに通知。

### IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE および IOUT\_UC\_FAULT\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:6]	Iout_oc_fault_response_action, Iout_uc_fault_response_action	<p>応答動作:</p> <p>00b および 01b: ユニットは中断することなく動作を続けます。電流は Iout_oc_fault_limit または Iout_uc_fault_limit の値に限定されるわけではない点に注意してください。</p> <p>10b: ユニットは、ビット [2:0] で指定された遅延時間で動作を続けます。遅延時間の最後になってもフォルトが残る場合は、ユニットは直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_channを参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。電流は Iout_oc_fault_limit または Iout_uc_fault_limit の値に限定されるわけではない点に注意してください。</p> <p>11b: ユニットは直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_channを参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。</p>

## PMBus コマンドの説明

## IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE および IOUT\_UC\_FAULT\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作																
b[5:3]	lout_oc_fault_response_retry, lout_uc_fault_response_retry	<p>応答再試行動作:</p> <p>000b: 再試行設定値をゼロにするとユニットは再起動しようとはしません。出力はフォルト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。</p> <p>001-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフのコマンドが送られるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャット・ダウンされるまで、グローバルな Mfr_retry_count[2:0] で指定された回数だけ再起動しようとしています。そのチャンネルの次の「オフしてオン」のシーケンスまでは、値を変更しても有効になりません。</p>																
b[2:0]	lout_oc_fault_response_delay, lout_uc_fault_response_delay	<p>このサンプリング・カウントによって、フォルトが最初に検出された後そのフォルトをユニットが無視する時間が決まります。この遅延を使用して高速のフォルトをデグリッチします。</p> <p>000b: フォルト検出に適用される追加のデグリッチ遅延はありません。</p> <p>001b-111b: フォルトは、以下のように b[2:0] で選択された間隔でデグリッチされます。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>b[2:0]</th> <th>デグリッチ間隔</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>001b</td> <td>100µs</td> </tr> <tr> <td>010b</td> <td>1ms</td> </tr> <tr> <td>011b</td> <td>5ms</td> </tr> <tr> <td>100b</td> <td>10ms</td> </tr> <tr> <td>101b</td> <td>20ms</td> </tr> <tr> <td>110b</td> <td>50ms</td> </tr> <tr> <td>111b</td> <td>100ms</td> </tr> </tbody> </table>	b[2:0]	デグリッチ間隔	001b	100µs	010b	1ms	011b	5ms	100b	10ms	101b	20ms	110b	50ms	111b	100ms
b[2:0]	デグリッチ間隔																	
001b	100µs																	
010b	1ms																	
011b	5ms																	
100b	10ms																	
101b	20ms																	
110b	50ms																	
111b	100ms																	

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

ここで説明するフォルト応答は、ADC で測定される値に対するものです。これらのコマンドで説明される応答に加え、LTM4673 は以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の適切なビットをセット。
- STATUS\_WORD の適切なビットをセット。
- 対応する STATUS\_VIN レジスタまたは STATUS\_TEMPERATURE レジスタの適切なビットをセット。
- $\overline{\text{ALERT}}$  ピンをローに引き下げてホストに通知。

## OT\_FAULT\_RESPONSE、UT\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_OV\_FAULT\_RESPONSE、VIN\_UV\_FAULT\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:6]	Ot_fault_response_action, Ut_fault_response_action, Vin_ov_fault_response_action, Vin_uv_fault_response_action	<p>応答動作:</p> <p>00b: ユニットの中断することなく動作を続けます。</p> <p>01b-11b: ユニットの直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY 後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_chann を参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。</p>
b[5:3]	Ot_fault_response_retry, Ut_fault_response_retry, Vin_ov_fault_response_retry, Vin_uv_fault_response_retry	<p>応答再試行動作:</p> <p>000b: 再試行設定値をゼロにするとユニットは再起動しようとはしません。出力はフォルト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。</p> <p>001b-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスがオフのコマンドが送られるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャット・ダウンされるまで、グローバルな Mfr_retry_count[2:0] で指定された回数だけ再起動しようとしています。そのチャンネルの次の「オフしてオン」のシーケンスまでは、値を変更しても有効になりません。</p>
b[2:0]	Ot_fault_response_delay, Ut_fault_response_delay, Vin_ov_fault_response_delay, Vin_uv_fault_response_delay	000b にハード・コード: フォルト検出に適用される追加のデグリッチ遅延はありません。

## PMBus コマンドの説明

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE

このコマンドは、TON\_MAX\_FAULT に対する LTM4673 の応答を定義します。起動時に出力が短絡した場合に保護するために使用します。起動後の出力短絡に対する保護には、VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE を使用します。

デバイスは以下の動作も行います。

- STATUS\_BYTE の HIGH\_BYTE ビットをセット。
- STATUS\_WORD の VOUT ビットをセット。
- STATUS\_VOUT レジスタの TON\_MAX\_FAULT をセット。
- $\overline{\text{ALERT}}$  をアサートすることによってホストに通知。

### TON\_MAX\_FAULT\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:6]	Ton_max_fault_response_action	応答動作: 00b: ユニットは中断することなく動作を続けます。 01b-11b: ユニットは直ちにシャット・ダウンするか、TOFF_DELAY 後にシーケンシャルにオフになります (Mfr_track_en_chann を参照)。シャット・ダウン後、デバイスは、ビット [5:3] の再試行設定に従って応答します。
b[5:3]	Ton_max_fault_response_retry	応答再試行動作: 000b: 再試行設定値をゼロにするとユニットは再起動しようとはしません。出力はフォルト状態が解消されるまでディスプレイのままになります。 001b-111b: PMBus デバイスは、(CONTROL ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) デバイスにオフのコマンドが送られるか、バイアス電源が遮断されるか、あるいは別のフォルト状態が原因でユニットがシャット・ダウンされるまで、グローバルな Mfr_retry_count[2:0] で指定された回数だけ再起動しようとしています。そのチャンネルの次の「オフしてオン」のシーケンスまでは、値を変更しても有効になりません。
b[2:0]	Ton_max_fault_response_delay	000b にハード・コード: フォルト検出に適用される追加のデグリッチ遅延はありません。

### MFR\_RETRY\_DELAY

このコマンドは、LTM4673 がフォルト状態に対応した再試行モードにある場合の再試行間隔を定めます。この遅延は SHARECLK のみを用いてカウントされます。この遅延は、内部で 13.1 秒までに制限されており、最も近い 200 $\mu$ s に丸められます。このコマンドの読出し値は最後に書き込まれた値を常に返し、内部制限値は反映しません。

### MFR\_RETRY\_COUNT

MFR\_RETRY\_COUNT はグローバル・コマンドで、いずれかのチャンネルがフォルトによりオフになった場合に、フォルト応答再試行フィールドにゼロ以外の値を設定することで再試行数を設定します。

再試行フォルトが同じチャンネルに複数回発生したり繰り返し発生したりする場合、再試行の合計数は MFR\_RETRY\_COUNT に等しくなります。チャンネルが 16 秒間以上、フォルトによりオフにならないければ、再試行カウンタはクリアされます。チャンネルの CONTROL ピンをオフにトグルするか OPERATION オフを発行すると、これに同期してオン・コマンドが再試行カウンタをクリアします。

### MFR\_RETRY\_COUNT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:3]	Reserved	常にゼロを返します。
b[2:0]	Mfr_retry_count [2:0]	0: 再試行なし: 1-6: 再試行回数。 7: 無限の再試行。 そのチャンネルの次の「オフしてオン」のシーケンスまでは、値を変更しても有効になりません。

## PMBus コマンドの説明

### 共有外部フォルト

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULTB0_PROPAGATE	0xD2	フォルトにより発生したチャンネルのオフ状態がFAULT0ピンに伝搬するかどうかを決める設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	98
MFR_FAULTB1_PROPAGATE	0xD3	フォルトにより発生したチャンネルのオフ状態がFAULT1ピンに伝搬するかどうかを決める設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	98
MFR_FAULTB0_RESPONSE	0xD5	FAULT0ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	98
MFR_FAULTB1_RESPONSE	0xD6	FAULT1ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	98

### MFR\_FAULTB0\_PROPAGATEおよびMFR\_FAULTB1\_PROPAGATE

これらのメーカー指定コマンドは、フォルトによりオフになったチャンネルがその状態を適切なフォルト・ピンに伝搬できるようにします。MFR\_FAULTB0\_PROPAGATEでは、チャンネルのフォルト・オフ状態がFAULT0ピンに伝搬されます。MFR\_FAULTB1\_PROPAGATEでは、チャンネルのフォルト・オフ状態がFAULT1ピンに伝搬されます。

フォルト・ピンをローに引き下げても、MFR\_FAULTBn\_RESPONSEが0に設定されているチャンネルには影響しない点に注意してください。チャンネルは中断することなく動作を続けます。このフォルト応答は、LTpowerPlayではIgnore (0x0)と名付けられています。

### MFR\_FAULT0\_PROPAGATEのデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:1]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[0]	Mfr_faultb0_propagate	フォルトの伝搬をイネーブルします。 0:チャンネルのフォルト・オフ状態はFAULT0をローにアサートしません。 1:チャンネルのフォルト・オフ状態はFAULT0をローにアサートします。

### MFR\_FAULT1\_PROPAGATEのデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:1]	Reserved	ドント・ケア。常に0を返します。
b[0]	Mfr_faultb1_propagate	フォルトの伝搬をイネーブルします。 0:チャンネルのフォルト・オフ状態はFAULT1をローにアサートしません。 1:チャンネルのフォルト・オフ状態はFAULT1をローにアサートします。

### MFR\_FAULTB0\_RESPONSEおよびMFR\_FAULTB1\_RESPONSE

これらのメーカー指定コマンドは同じフォーマットを共有し、FAULTピンのアサーションへの対応を指定します。MFR\_FAULTB0\_RESPONSEは、そのFAULTピンがローにアサートされた場合にシャット・オフされるチャンネルを定め、MFR\_FAULTB1\_RESPONSEは、そのFAULTピンがローにアサートされた場合にシャット・オフされるチャンネルを定めます。チャンネルがFAULTnピンに応答してシャット・オフすると、そのFAULTピンがローにアサートされ、STATUS\_MFR\_SPECIFICレジスタの該当ビットが設定されます。図を用いた説明として、図31に示したチャンネル・フォルト管理のブロック図の左側のスイッチを参照してください。

MFR\_FAULTBn\_RESPONSEが0に設定されているチャンネルにはフォルトは伝搬されません。チャンネルは中断することなく動作を続けます。このフォルト応答は、LTpowerPlayではNo Actionと名付けられています。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULTB0\_RESPONSE および MFR\_FAULTB1\_RESPONSE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:4]	Reserved	読み出し専用。常に 0000b を返します。
b[3]	Mfr_faultb0_response_chan3, Mfr_faultb1_response_chan3	チャンネル3の応答。 0: チャンネルは中断することなく動作を続けます。 1: 対応する FAULT ピンが 10 $\mu$ s 経過後もアサートされている場合、このチャンネルはシャット・ダウンします。その後 FAULT ピンがデアサートされると、チャンネルは TON_DELAY と TON_RISE の設定に従ってオンに戻ります。
b[2]	Mfr_faultb0_response_chan2, Mfr_faultb1_response_chan2	チャンネル2の応答。 0: チャンネルは中断することなく動作を続けます。 1: 対応する FAULT ピンが 10 $\mu$ s 経過後もアサートされている場合、このチャンネルはシャット・ダウンします。その後 FAULT ピンがデアサートされると、チャンネルは TON_DELAY と TON_RISE の設定に従ってオンに戻ります。
b[1]	Mfr_faultb0_response_chan1, Mfr_faultb1_response_chan1	チャンネル1の応答。 0: チャンネルは中断することなく動作を続けます。 1: 対応する FAULT ピンが 10 $\mu$ s 経過後もアサートされている場合、このチャンネルはシャット・ダウンします。その後 FAULT ピンがデアサートされると、チャンネルは TON_DELAY と TON_RISE の設定に従ってオンに戻ります。
b[0]	Mfr_faultb0_response_chan0, Mfr_faultb1_response_chan0	チャンネル0の応答。 0: チャンネルは中断することなく動作を続けます。 1: 対応する FAULT ピンが 10 $\mu$ s 経過後もアサートされている場合、このチャンネルはシャット・ダウンします。その後 FAULT ピンがデアサートされると、チャンネルは TON_DELAY と TON_RISE の設定に従ってオンに戻ります。

### フォルト、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	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされたフォルト・ビットをクリア。	Send Byte	Y				NA	99
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態を1バイトに要約したものの。	R Byte	Y	Reg			NA	100
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態を2バイトに要約したものの。	R Word	Y	Reg			NA	100
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトと警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	101
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流のフォルトと警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	101
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源のフォルトと警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	101
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度フォルトおよび警告のステータス。	R Byte	Y	Reg			NA	102
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトと警告のステータス。	R Byte	N	Reg			NA	102
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトと状態の情報。	R Byte	Y	Reg			NA	103
MFR_PADS	0xE5	選択したデジタルI/Oパッドの現在の状態。	R/W Word	N	Reg			NA	103
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	104

### CLEAR\_FAULTS

CLEAR\_FAULTS コマンドは、セットされたフォルト・ビットをクリアするために使用します。このコマンドはページ指定されていない全てのステータス・レジスタおよびその時点のPAGE設定で選択されているページ指定されたステータス・レジスタにある、全てのフォルト・ビットと警告ビットをクリアします。同時に、デバイスは、ALERT に対する影響を無効に（クリア、リリース）します。

CLEAR\_FAULTS コマンドがフォルト状態によってラッチオフされたユニットを再起動することはありません。詳細については、[ラッチされたフォルトのクリア](#)のセクションを参照してください。

フォルトがクリアされたのちもフォルトがある場合は、そのフォルト・ステータス・ビットが再度設定され、通常の方法でホストに通知します。

注意: このコマンドはグローバルなページ・コマンドに回答します。(PAGE = 0xFF)

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_BYTE

STATUS\_BYTE コマンドは、次の表に示すように、発生した最も重要なフォルトまたは警告の概要を返します。STATUS\_BYTE は STATUS\_WORD のサブセットで、同じ情報が重複されています。

#### STATUS\_BYTE のデータ内容

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

### STATUS\_WORD

STATUS\_WORD コマンドは、ユニットのフォルト条件の概要を2バイトの情報で返します。これらのバイトの情報に基づき、ホストは適切な詳細ステータス・レジスタを読み出すことでより多くの情報を得ることができます。

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

#### STATUS\_WORD のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15]	Status_word_vout	出力電圧フォルトまたは警告が発生しました。STATUS_VOUT を参照してください。
b[14]	Status_word_iout	出力電流フォルトまたは警告が発生しました。STATUS_IOUT を参照してください。
b[13]	Status_word_input	入力電圧フォルトまたは警告が発生しました。STATUS_INPUT を参照してください。
b[12]	Status_word_mfr	メーカー固有のフォルトが発生しました。STATUS_MFR_SPECIFIC を参照してください。
b[11]	Status_word_power_not_good	PWRGD ピンはイネーブルされている場合、無効にされます。電力の状態が良好ではありません。
b[10]	Status_word_fans	サポートされていません。常に0を返します。
b[9]	Status_word_other	サポートされていません。常に0を返します。
b[8]	Status_word_unknown	サポートされていません。常に0を返します。
b[7]	Status_word_busy	PMBus コマンドを受け取ったとき、デバイスはビジーです。動作のセクションの処理コマンドの節を参照してください。
b[6]	Status_word_off	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含め、理由の如何に関わらずユニットが出力に電力を供給していない場合にアサートされます。ユニットが出力に電力供給できる場合はこのオフビットはクリアされます。
b[5]	Status_word_vout_ov	出力過電圧フォルトが発生しました。
b[4]	Status_word_iout_oc	出力過電流フォルトが発生しました。
b[3]	Status_word_vin_uv	V <sub>IN</sub> 低電圧フォルトが発生しました。
b[2]	Status_word_temp	温度フォルトまたは警告が発生しました。STATUS_TEMPERATURE を参照してください。
b[1]	Status_word_cml	通信、メモリ、またはロジックのフォルトが発生しました。STATUS_CML を参照してください。
b[0]	Status_word_high_byte	b[7:1] に記載されていないフォルト/警告が発生しました。

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_VOUT

STATUS\_VOUT コマンドは、次の表に示すように、発生した出力電圧のフォルトまたは警告の概要を返します。

#### STATUS\_VOUT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Status_vout_ov_fault	過電圧フォルト。
b[6]	Status_vout_ov_warn	過電圧警告。
b[5]	Status_vout_uv_warn	低電圧警告。
b[4]	Status_vout_uv_fault	低電圧フォルト。
b[3]	Status_vout_max_warn	VOUT_MAX 警告 VOUT_MAX コマンドで可能な値よりも高い値に出力電圧を設定しようとされました。クリア後、Status_vout_max_warn は、チャンネル状態の遷移(オフしてオン)が行われるか、VOUT_MAX で可能な値よりも低い値の有効な出力電圧が設定されるまで、追加の警告は発しません。
b[2]	Status_vout_ton_max_fault	TON_MAX_FAULT のシーケンシャルなフォルト。
b[1]	Status_vout_toff_max_warn	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[0]	Status_vout_tracking_error	サポートされていません。常に 0 を返します。

### STATUS\_IOUT

STATUS\_IOUT コマンドは、次の表に示すように、発生した出力電流のフォルトまたは警告の概要を返します。

#### STATUS\_IOUT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Status_iout_oc_fault	過電流フォルト。
b[6]	Status_iout_oc_uv_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[5]	Status_iout_oc_warn	過電流警告。
b[4]	Status_iout_uc_fault	低電流フォルト。
b[3]	Status_iout_curr_share_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[2]	Status_pout_power_limiting	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[1]	Status_pout_overpower_fault	サポートされていません。常に 0 を返します。
b[0]	Status_pout_overpower_warn	サポートされていません。常に 0 を返します。

### STATUS\_INPUT

STATUS\_INPUT コマンドは、次の表に示すように、発生した  $V_{IN}$  のフォルトまたは警告の概要を返します。

#### STATUS\_INPUT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Status_input_ov_fault	$V_{IN}$ 過電圧フォルト。
b[6]	Status_input_ov_warn	$V_{IN}$ 過電圧警告。
b[5]	Status_input_uv_warn	$V_{IN}$ 低電圧警告。
b[4]	Status_input_uv_fault	$V_{IN}$ 低電圧フォルト。
b[3]	Status_input_off	入力電圧が不十分なのでユニットはオフです。
b[2]	IIN overcurrent fault	サポートされていません。常に 0 を返します。

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_INPUT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[1]	IIN overcurrent warn	サポートされていません。常に0を返します。
b[0]	PIN overpower warn	サポートされていません。常に0を返します。

### STATUS\_TEMPERATURE

STATUS\_TEMPERATURE コマンドは、次の表に示すように、発生した温度のフォルトまたは警告の概要を返します。この情報はページ指定され、また、関連する外部ダイオードの温度を参照することに注意してください。

### STATUS\_TEMPERATURE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Status_temperature_ot_fault	過熱故障。
b[6]	Status_temperature_ot_warn	過熱警告。
b[5]	Status_temperature_ut_warn	低温警告。
b[4]	Status_temperature_ut_fault	低温フォルト。
b[3]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[2]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[1]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[0]	Reserved	予備。常に0を返します。

### STATUS\_CML

STATUS\_CML コマンドは、次の表に示すように、発生した通信、メモリ、ロジックのフォルトまたは警告の概要を返します。

### STATUS\_CML のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Status_cml_cmd_fault	1 = 不正なコマンド・フォルトまたはサポートされていないコマンド・フォルトが発生しました。 0 = フォルトは発生しませんでした。
b[6]	Status_cml_data_fault	1 = 不正なデータまたはサポートされていないデータを受信しました。 0 = フォルトは発生しませんでした。
b[5]	Status_cml_pec_fault	1 = パケット・エラー・チェック・フォルトが発生しました。注: LTM4673 では PEC チェックは常に有効化されています。STOP の前に余分なバイトを受信すると、その余分なバイトが PEC バイトに一致していない限り、Status_cml_pec_fault がセットされます。 0 = フォルトは発生しませんでした。
b[4]	Status_cml_memory_fault	1 = EEPROM でフォルトが発生しました。 0 = フォルトは発生しませんでした。
b[3]	Status_cml_processor_fault	サポートされていません。常に0を返します。
b[2]	Reserved	予備。常に0を返します。
b[1]	Status_cml_pmbus_fault	1 = この表に記載されている以外の通信フォルトが発生しました。これは、不正に形成された I <sup>2</sup> C/SMBus コマンド (例: START の直後に受信した read = 1 のアドレス・バイト) に対する キャッチ・オール・カテゴリです。 0 = フォルトは発生しませんでした。
b[0]	Status_cml_unknown_fault	サポートされていません。常に0を返します。

## PMBus コマンドの説明

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC

STATUS\_MFR\_SPECIFIC コマンドはメーカー固有のステータス・フラグを返します。チャンネルの項目が「All」となっているビットはページ指定されません。スティッキーの項目が「Yes」となっているビットは、CLEAR\_FAULTS が発行されるか、ユーザのコマンドでそのチャンネルがオンになるまで、セットされたままになります。ALERT の項目が「Yes」となっているビットは、このビットがセットされたときに ALERT をローに引き下げます。オフの項目が「Yes」となっているビットは、チャンネルをオフにするイベントが別の場所で設定されていることを示します。

### STATUS\_MFR\_SPECIFIC のデータ内容

ビット	記号	動作	チャンネル	スティッキー	ALERT	オフ
b[7]	Status_mfr_discharge	1 = オン状態になろうとしたときに V <sub>OUT</sub> の放電フォルトが発生しました。 0 = V <sub>OUT</sub> 放電フォルトは発生しませんでした。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[6]	Status_mfr_fault1_in	このチャンネルは、FAULT1 ピンがローにアサートされたときにオンになろうとしました。または、このチャンネルは、最後の CONTROL ピンのトグル、最後の OPERATION コマンドのオン/オフ・サイクル、または最後の CLEAR_FAULTS コマンド以後に、FAULT1 ピンがローにアサートされたのに対応して、少なくとも一度シャット・ダウンしました。Mfr_track_en_chan $n$ がセットされている場合、フォルトの原因となったチャンネルの Status_mfr_fault1_in もセットされている可能性があります。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[5]	Status_mfr_fault0_in	このチャンネルは、FAULT0 ピンがローにアサートされたときにオンになろうとしました。または、このチャンネルは、最後の CONTROL ピンのトグル、最後の OPERATION コマンドのオン/オフ・サイクル、または最後の CLEAR_FAULTS コマンド以後に、FAULT0 ピンがローにアサートされたのに対応して、少なくとも一度シャット・ダウンしました。Mfr_track_en_chan $n$ がセットされている場合、フォルトの原因となったチャンネルの Status_mfr_fault0_in もセットされている可能性があります。	Current Page	Yes	Yes	Yes
b[4]	Status_mfr_servo_target_reached	サーボ制御の目標値に達しました。	Current Page	No	No	No
b[3]	Status_mfr_dac_connected	DAC が接続され V <sub>DAC</sub> ピンを駆動しています。	Current Page	No	No	No
b[2]	Status_mfr_dac_saturated	これまでのサーボ動作は DAC 最大値または最小値で終了しました。	Current Page	Yes	No	No
b[1]	Status_mfr_auxfaultb_faulted_off	V <sub>OUT</sub> フォルトまたは I <sub>OUT</sub> フォルトのため、AUXFAULT がデアサートされました。	All	No	No	No
b[0]	Status_mfr_watchdog_fault	1 = ウォッチドッグ・フォルトが発生しました。 0 = ウォッチドッグ・フォルトは発生しませんでした。	All	Yes	Yes	No

### MFR\_PADS

MFR\_PADS コマンドは、デジタル・パッド (ピン) の読み出し専用アクセスを可能にします。入力値はデグリッチ・ロジックの前のものです。

### MFR\_PADS のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15]	Mfr_pads_pwrgrd_drive	0 = このチップによって PWRGD パッドがローに駆動されます。 1 = このチップによって PWRGD パッドはローに駆動されることはありません。
b[14]	Mfr_pads_alertb_drive	0 = このチップによって ALERT パッドはローに駆動されます。 1 = このチップによって ALERT パッドはローに駆動されることはありません。
b[13:12]	Mfr_pads_faultb_drive[1:0]	以下のように、ビット [1] は FAULT0 パッドに使用し、ビット [0] は FAULT1 パッドに使用。 0 = このチップによって FAULT パッドはローに駆動されます。 1 = このチップによって FAULT パッドはローに駆動されることはありません。
b[11:10]	Reserved[1:0]	常に 00b を返します。
b[9:8]	Mfr_pads_asel1[1:0]	11: ASEL1 入力パッドでロジック・ハイが検出。 10: ASEL1 入力パッドはフロート状態。 01: 予備。 00: ASEL1 入力パッドでロジック・ローが検出。

## PMBus コマンドの説明

## MFR\_PADS のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:6]	Mfr_pads_asel0[1:0]	11:ASEL0 入力パッドでロジック・ハイが検出。 10:ASEL0 入力パッドはフロート状態。 01:予備。 00:ASEL0 入力パッドでロジック・ローが検出。
b[5]	Mfr_pads_control1	1:CONTROL1パッドでロジック・ハイが検出。 0:CONTROL1パッドでロジック・ローが検出。
b[4]	Mfr_pads_control0	1:CONTROL0パッドでロジック・ハイが検出。 0:CONTROL0パッドでロジック・ローが検出。
b[3:2]	Mfr_pads_faultb[1:0]	以下のように、ビット[1]は $\overline{\text{FAULT0}}$ パッドに使用し、ビット[0]は $\overline{\text{FAULT1}}$ パッドに使用。 1:FAULTパッドでロジック・ハイが検出。 0:FAULTパッドでロジック・ローが検出。
b[1]	Mfr_pads_control2	1:CONTROL2パッドでロジック・ハイが検出。 0:CONTROL2パッドでロジック・ローが検出。
b[0]	Mfr_pads_control3	1:CONTROL3パッドでロジック・ハイが検出。 0:CONTROL3パッドでロジック・ローが検出。

## MFR\_COMMON

このコマンドは、アラート、デバイス・ビジー、共有クロック・ピン (SHARECLK)、書き込み保護ピン (WP) に関するステータス情報を返します。

これは、EEPROM の処理やその他のコマンドでビジー状態の場合でも読み出すことができる唯一のコマンドです。PMBus コマンドを処理するために LTM4673 を使用できるタイミングを決めるために、ホストによってポーリングされる場合もあります。ビジーなデバイスは常にそのアドレスをアクノレッジしますが、直ちに処理できないコマンドを受信した場合は、コマンド・バイトを NACK し、Status\_byte\_busy および Status\_word\_busy をセットします。この場合、 $\overline{\text{ALERT}}$  はローにアサートされません。

## MFR\_COMMON のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Mfr_common_alertb	アラートのステータスを返します。 1:ALERT はハイにアサートされています。 0:ALERT はローにアサートされています。
b[6]	Mfr_common_busyb	ビジーのステータスを返します。 1:デバイスは、PMBus コマンドを処理するために使用できます。 0:デバイスはビジーで、PMBus コマンドを NACK します。
b[5:2]	Reserved	読出し専用。常に 1s を返します。
b[1]	Mfr_common_share_clk	共有クロック・ピンのステータスを返します。 1:共有クロック・ピンはローに保持されています。 0:共有クロック・ピンは有効化されています。
b[0]	Mfr_common_write_protect	書き込み保護ピンのステータスを返します。 1:書き込み保護ピンはハイです。 0:書き込み保護ピンはローです。

## PMBus コマンドの説明

### 遠隔測定

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
READ_VIN	0x88	入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	105
READ_IIN	0x89	DC/DC コンバータの入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	105
READ_PIN	0x97	DC/DC コンバータの入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	105
READ_VOUT	0x8B	DC/DC コンバータの出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	105
READ_IOUT	0x8C	DC/DC コンバータの出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	106
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	106
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	制御 IC のダイ温度。	R Word	N	L11	°C		NA	106
READ_POUT	0x96	DC/DC コンバータの出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	106
MFR_READ_IOUT	0xBB	READ_IOUT の代替データ・フォーマット。1LSB = 2.5mA。	R Word	Y	CF	2.5mA		NA	107
MFR_IIN_PEAK	0xC4	READ_IIN の最大測定値	R Word	Y	L11	A		NA	106
MFR_IIN_MIN	0xC5	READ_IIN の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	106
MFR_PIN_PEAK	0xC6	READ_PIN の最大測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	106
MFR_PIN_MIN	0xC7	READ_PIN の最小測定値。	R Word	Y	L11	W		NA	106
MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE	0xFA	VISENSE – VISENSEM の絶対値。1LSB = 3.05μV。	R Word	Y	CF	3.05μV		NA	108
MFR_VIN_PEAK	0xDE	READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	108
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	108
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	READ_IOUT の最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	108
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	READ_TEMPERATURE_1 の最大測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	108
MFR_VIN_MIN	0xFC	READ_VIN の最小測定値。	R Word	N	L11	V		NA	108
MFR_VOUT_MIN	0xFB	READ_VOUT の最小測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	108
MFR_IOUT_MIN	0xD8	READ_IOUT の最小測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	108
MFR_TEMPERATURE_1_MIN	0xFD	READ_TEMPERATURE_1 の最小測定値。	R Word	Y	L11	°C		NA	109

### READ\_VIN

このコマンドは、VINSNS ピンの入力電圧の最新 ADC 測定値を返します。

### READ\_IIN

このコマンドは、IINSNSP ピンと IINSNSM ピンの電圧差から求められる入力電流の最新 ADC 測定値を返します。レポートされた READ\_IIN の値は、Mfr\_ein\_config\_iin\_range[1:0] で選択されたレンジを考慮して自動的に補正されます。

### READ\_PIN

このコマンドは入力電力の最新 ADC 測定値をワットを単位として返します。これは READ\_IIN と READ\_VIN の積です。

### READ\_VOUT

このコマンドはチャンネルの出力電圧の最新 ADC 測定値を返します。

## PMBus コマンドの説明

### READ\_IOUT

このコマンドはチャンネルの出力電流の最新 ADC 測定値を返します。

### MFR\_IIN\_PEAK

このコマンドは入力電流の最大 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_IIN\_MIN

このコマンドは入力電流の最小 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_PIN\_PEAK

このコマンドは入力電力の最大 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_PIN\_MIN

このコマンドは入力電力の最小 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### READ\_TEMPERATURE\_1

このコマンドは、電力段の温度センサーの最新測定値を  $^{\circ}\text{C}$  を単位として返します。この値は全ての温度関連動作や計算に使用されます。このコマンドはページ指定されます。関連の  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワークが有効な温度を検出できない場合は、READ\_TEMPERATURE\_1 の代わりに READ\_TEMPERATURE\_2 を使用します。

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

$T_{\text{SENSE}}$  ピンが一定電圧に短絡されている。

検出ダイオードの理想係数が  $N_{\text{TS}}$  の最大値より大きい。

### READ\_TEMPERATURE\_2

このコマンドは、制御 IC の内部温度センサーで定まる制御 IC のダイ温度の、最新 ADC 測定値を  $^{\circ}\text{C}$  を単位として返します。このレジスタは情報提供を目的としたもので、いかなるフォルトや警告も出さず、READ\_TEMPERATURE\_1 として使用されない限り他のレジスタや内部計算に影響を与えることもありません。このコマンドはページ指定されません。

チャンネルの  $T_{\text{SENSE}}$  ネットワークが有効な温度を検出できない場合は、READ\_TEMPERATURE\_1 の代わりに READ\_TEMPERATURE\_2 を使用します。

### READ\_POUT

このコマンドはチャンネルの出力電力の最新 ADC 測定値をワットを単位として返します。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_READ\_IOUT

このコマンドは、絶対値が2A～82Aの電流に対しREAD\_IOUTコマンドよりも良い数値表示粒度を提供するカスタム・フォーマットを使用して、チャンネルの出力電流の最新ADC測定値を返します。

### MFR\_READ\_IOUT のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_read_iout[15:0]	大電流時の分解能が向上したカスタム・フォーマットで表示されるチャンネル出力電流。 Value = $Y \cdot 2.5$ 、ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号付きの2の補数。 例： MFR_READ_IOUT = 5mA For b[15:0] = 0x0002 Value = $2 \cdot 2.5 = 5\text{mA}$

返される値の粒度は常に2.5mAで、返される値は $\pm 81.92\text{A}$ に制限されます。これより大きな電流についてはREAD\_IOUTコマンドを使用してください。返される値の精度は常に、[電気的特性](#)のセクションに示したADCの特性に制限されます。

### 数値フォーマットによる粒度の比較

CURRENT RANGE	READ_IOUT GRANULARITY	MFR_READ_IOUT GRANULARITY
$31.25\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 62.5\text{mA}$	61 $\mu\text{A}$	2.5mA
$62.5\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 125\text{mA}$	122 $\mu\text{A}$	2.5mA
$125\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 250\text{mA}$	244 $\mu\text{A}$	2.5mA
$250\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} < 500\text{mA}$	488 $\mu\text{A}$	2.5mA
$0.5\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 1\text{A}$	977 $\mu\text{A}$	2.5mA
$1\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 2\text{A}$	1.95mA	2.5mA
$2\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 4\text{A}$	3.9mA	2.5mA
$4\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 8\text{A}$	7.8mA	2.5mA
$8\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 16\text{A}$	15.6mA	2.5mA
$16\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 32\text{A}$	31.3mA	2.5mA
$32\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 64\text{A}$	62.5mA	2.5mA
$64\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 82\text{A}$	125mA	2.5mA
$82\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 128\text{A}$	125mA	Saturated
$128\text{A} \leq I_{\text{OUT}} < 256\text{A}$	250mA	Saturated

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_IOUT\_SENSE\_VOLTAGE

このコマンドは、最新の READ\_IOUT ADC 変換時に  $I_{SENSEp_n}$  と  $I_{SENSEM_n}$  の間で測定された電圧の絶対値を、温度補正を行わずに返します。

### MFR\_IOUT\_SENSE\_VOLTAGE のデータ内容

ビット	記号	動作
b[15:0]	Mfr_iout_sense_voltage	$I_{SENSEp_n}$ と $I_{SENSEM_n}$ 間で測定された未加工の電圧変換値の絶対値を返します。 Value = $Y \cdot 0.025 \cdot 2^{-13}$ 、ここで、 $Y = b[15:0]$ は符号なしの整数。 例: MFR_IOUT_SENSE_VOLTAGE = 1.544mV For b[15:0] = 0x1FA=506 Value = $506 \cdot 0.025 \cdot 2^{-13} = 1.544\text{mV}$

### MFR\_VIN\_PEAK

このコマンドは入力電圧の最大 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_VOUT\_PEAK

このコマンドはチャンネルの出力電圧の最大 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0xF800 (0.0) にリセットされます。

### MFR\_IOUT\_PEAK

このコマンドはチャンネルの出力電流の最大 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_TEMPERATURE\_1\_PEAK

このコマンドは、外部ダイオードの温度の最大測定値を  $^{\circ}\text{C}$  を単位として返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7C00 ( $-2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_VIN\_MIN

このコマンドは入力電圧の最小 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

### MFR\_VOUT\_MIN

このコマンドはチャンネルの出力電圧の最小 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0xFFFF (7.9999) にリセットされます。下側マージン設定 (フォルトと警告を無視) が有効な場合、更新はディスエーブルされます。

### MFR\_IOUT\_MIN

このコマンドはチャンネルの出力電流の最小 ADC 測定値を返します。このレジスタは、LTM4673 がパワーオン・リセットから起動した場合または CLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7BFF (約  $2^{25}$ ) にリセットされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_TEMPERATURE\_1\_MIN

このコマンドは、電力段の温度センサーの最小測定値を°Cを単位として返します。このレジスタは、LTM4673がパワーオン・リセットから起動した場合またはCLEAR\_FAULTS コマンドが実行された場合、0x7BFF(約 $2^{25}$ )にリセットされます。

### フォルト・ログ記録

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAMからEEPROMへのフォルト・ログ転送を指示します。	Send Byte	N				NA	109
MFR_FAULT_LOG_RESTORE	0xEB	以前にEEPROMに保存されたフォルト・ログをRAMに戻すコマンド。	Send Byte	N				NA	109
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログ記録用として予約されたEEPROMブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアします。	Send Byte	N				NA	110
MFR_FAULT_LOG_STATUS	0xED	フォルト・ログ記録の状態。	R Byte	N	Reg		Y	NA	110
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。シーケンシャルに取得されたこのデータは、完全なフォルト・ログを作成するために使用されず。	R Block	N	Reg		Y	NA	110

### フォルト・ログ動作

フォルト・ログの概念的図を図58に示します。フォルト・ログはLTM4673にブラック・ボックス機能を提供します。通常動作時は、ステータス・レジスタの内容、出力電圧／電流／温度の読出し値、入力電圧の読出し値、およびこれらの量の最大値と最小値が、RAMの継続的に更新されるバッファに保存されます。この動作はストリップ・チャート・レコーダと同じとみなすことができます。フォルトが発生した場合、これらの内容は不揮発ストレージ用のEEPROMに書き込まれます。その後、EEPROMのフォルト・ログはロックされます。デバイスは、フォルト・ログをその後読み出せる状態でパワーダウンできます。

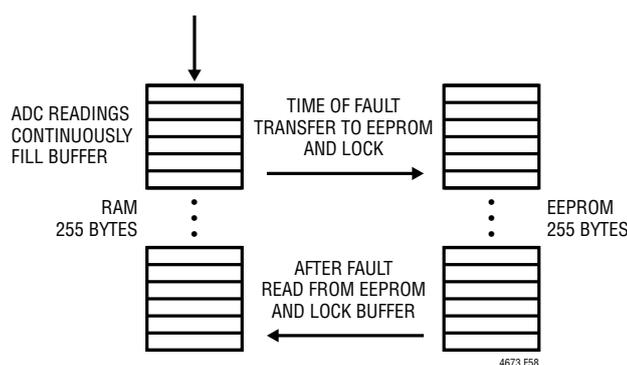


図58. フォルト・ログ記録

### MFR\_FAULT\_LOG\_STORE

このコマンドを使用すると、RAM バッファからEEPROMにデータを転送できます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE

このコマンドを使用すると、EEPROMからRAM バッファにフォルト・ログのデータを転送できます。復元後、Mfr\_fault\_log 読出しが正常に行われるまで、RAM バッファはロックされます。

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR

このコマンドは、フォルト・ログ記録用として予約されたEEPROMブロックを初期化します。これより前にEEPROMに保存されたフォルト・ログはこの動作で消去され、RAMからEEPROMへのフォルト・ログの書込みがイネーブルされます。Mfr\_fault\_log\_status\_ram = 0であることを確認してから、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドを発行してください。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS

このレジスタはフォルト・ログ・イベントの管理に使用されます。MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドの後、またはフォルト・オフ・イベントがRAMからEEPROMへのフォルト・ログの転送をトリガした後に、Mfr\_fault\_log\_status\_eeeprom ビットがセットされます。このビットは、MFR\_FAULT\_LOG\_CLEAR コマンドでクリアされます。

MFR\_FAULT\_LOG\_RESTORE の後に Mfr\_fault\_log\_status\_ram がセットされ、RAM のデータがEEPROM から復元されたが MFR\_FAULT\_LOG を使用して読み出されてはいないことを示します。このビットは、MFR\_FAULT\_LOG コマンドが正常に実行された場合のみクリアされます。

### MFR\_FAULT\_LOG\_STATUS のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:2]	Reserved	読み出し専用。常に0を返します。
b[1]	Mfr_fault_log_status_ram	フォルト・ログRAMのステータス: 0: フォルト・ログRAMは更新できます。 1: フォルト・ログRAMは、次の Mfr_fault_log の読み出しまでロックされます。
b[0]	Mfr_fault_log_status_eeeprom	フォルト・ログEEPROMのステータス: 0: フォルト・ログRAMのEEPROMへの転送がイネーブルされています。 1: フォルト・ログRAMのEEPROMへの転送は禁止されています。

### MFR\_FAULT\_LOG

読み出し専用です。この2040ビット(255バイト)のデータ・ブロックには、RAMバッファ・フォルト・ログのコピーが含まれています。RAMバッファは、Mfr\_fault\_log\_status\_eeeprom がクリアされている限り、継続的に各ADC変換後に更新されます。

Mfr\_config\_fault\_log\_enable = 1 で Mfr\_fault\_log\_status\_eeeprom = 0 の場合、LTM4673 のフォルトによってチャンネルがラッチオフするか MFR\_FAULT\_LOG\_STORE コマンドが受信されると、常にRAMバッファはEEPROMに転送されます。この転送は、Mfr\_config\_all\_fast\_fault\_log がクリアの場合は、ADCが全チャンネルに対するREAD読み出し値を更新するまで、遅延されます。そうでない場合は、転送は24ms以内に行われます。このオプションの遅延を使用すると、高速の監視回路が検出したフォルトによってEEPROMへの転送が開始された場合でも、低速のADCによってモニタされた値が全て確実に更新されます。

Mfr\_fault\_log\_status\_eeeprom は、RAMバッファがEEPROMに転送された後にハイに設定され、LTM4673 がリセットまたはパワーダウンされた場合でも Mfr\_fault\_log\_clear が受信されるまでクリアされません。フォルト・ログのEEPROM転送は、Status\_mfr\_discharge イベントの結果としては開始されません。

Mfr\_fault\_log 読み出しの間、データは表8に指定されているように一度に1バイトを返します。フォルト・ログ・データは2つのセクションに分割されています。最初のセクションは、プリアンプルと呼ばれ、Position\_last ポインタ、時間情報、ピーク値と最小値を含んでいます。2番目のセクションには、遠隔測定的时间順の記録が含まれており、適切に解釈するには Position\_last が必要です。フォルト・ログには、約300msの遠隔測定が保存されます。ブロック読み出しの間にタイムアウトとなるのを防ぐため、Mfr\_config\_all\_longer\_pmbus\_timeout を1に設定することを推奨します。

## PMBus コマンドの説明

表 8. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Position_last[7:0]	0	フォルト発生時のフォルト・ログ・ポイントの位置
SharedTime[7:0]	1	フォルト発生時の41ビット共有クロック・カウンタ値。カウンタのLSBは200 $\mu$ sごとにインクリメントします。
SharedTime[15:8]	2	
SharedTime[23:16]	3	
SharedTime[31:24]	4	
SharedTime[39:32]	5	
SharedTime[40]	6	
Mfr_vout_peak0[7:0]	7	
Mfr_vout_peak0[15:8]	8	
Mfr_vout_min0[7:0]	9	
Mfr_vout_min0[15:8]	10	
Mfr_temperature_peak0[7:0]	11	
Mfr_temperature_peak0[15:8]	12	
Mfr_temperature_min0[7:0]	13	
Mfr_temperature_min0[15:8]	14	
Mfr_iout_peak0[7:0]	15	
Mfr_iout_peak0[15:8]	16	
Mfr_iout_min0[7:0]	17	
Mfr_iout_min0[15:8]	18	
Mfr_vin_peak[7:0]	19	
Mfr_vin_peak[15:8]	20	
Mfr_vin_min[7:0]	21	
Mfr_vin_min[15:8]	22	
Mfr_iin_peak[7:0]	23	
Mfr_iin_peak[15:8]	24	
Mfr_iin_min[7:0]	25	
Mfr_iin_min[15:8]	26	
Mfr_pin_peak[7:0]	27	
Mfr_pin_peak[15:8]	28	
Mfr_pin_min[7:0]	29	
Mfr_pin_min[15:8]	30	
Mfr_vout_peak1[7:0]	31	
Mfr_vout_peak1[15:8]	32	
Mfr_vout_min1[7:0]	33	
Mfr_vout_min1[15:8]	34	
Mfr_temperature_peak1[7:0]	35	
Mfr_temperature_peak1[15:8]	36	
Mfr_temperature_min1[7:0]	37	
Mfr_temperature_min1[15:8]	38	

表 8. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Mfr_iout_peak1[7:0]	39	
Mfr_iout_peak1[15:8]	40	
Mfr_iout_min1[7:0]	41	
Mfr_iout_min1[15:8]	42	
Mfr_vout_peak2[7:0]	43	
Mfr_vout_peak2[15:8]	44	
Mfr_vout_min2[7:0]	45	
Mfr_vout_min2[15:8]	46	
Mfr_temperature_peak2[7:0]	47	
Mfr_temperature_peak2[15:8]	48	
Mfr_temperature_min2[7:0]	49	
Mfr_temperature_min2[15:8]	50	
Mfr_iout_peak2[7:0]	51	
Mfr_iout_peak2[15:8]	52	
Mfr_iout_min2[7:0]	53	
Mfr_iout_min2[15:8]	54	
Mfr_vout_peak3[7:0]	55	
Mfr_vout_peak3[15:8]	56	
Mfr_vout_min3[7:0]	57	
Mfr_vout_min3[15:8]	58	
Mfr_temperature_peak3[7:0]	59	
Mfr_temperature_peak3[15:8]	60	
Mfr_temperature_min3[7:0]	61	
Mfr_temperature_min3[15:8]	62	
Mfr_iout_peak3[7:0]	63	
Mfr_iout_peak3[15:8]	64	
Mfr_iout_min3[7:0]	65	
Mfr_iout_min3[15:8]	66	
Status_vout0[7:0]	67	
Status_iout0[7:0]	68	
Status_mfr_specific0[7:0]	69	
Status_vout1[7:0]	70	
Status_iout1[7:0]	71	
Status_mfr_specific1[7:0]	72	
Status_vout2[7:0]	73	
Status_iout2[7:0]	74	
Status_mfr_specific2[7:0]	75	
Status_vout3[7:0]	76	
Status_iout3[7:0]	77	
Status_mfr_specific3[7:0]	78	
		プリアンブル用71バイト

## PMBus コマンドの説明

表 8. データ・ブロックの内容

データ	バイト*	説明
Fault_log [Position_last]	79	
Fault_log [Position_last-1]	80	
...		
Fault_log [Position_last-170]	237	
Reserved	238-254	
		ループ数: (238 - 79)/58 = 2.7

\*PMBusのデータ・バイト数は0ではなく1から始まることに注意してください。図13ブロック読出しを参照してください。

上の表の79バイトから237バイトの間で返されるデータは、Position\_lastと次の表を使用して解釈されます。バイト79にあるデータを特定する鍵は、次の表で「POSITION」がPosition\_lastに相当する「DATA」の欄を調べることです。後続のデータは、「POSITION」の値をデクリメントすることで特定できます。例えば、Position\_last = 8の場合、ブロック読出しで最初に返される値はページ0のStatus\_temperatureで、ページ0のRead\_temperature\_1[15:8]がこれに続き、更にページ0のRead\_temperature\_1[7:0]が続く、というようになります。表9を参照してください。

表 9. 循環的なループ・データの解釈

POSITION	DATA
0	Read_temperature_2[7:0]
1	Read_temperature_2[15:8]
2	Read_vout0[7:0]
3	Read_vout0[15:8]
4	Status_vout0[7:0]
5	Status_mfr_specific0[7:0]
6	Read_temperature_1_0[7:0]
7	Read_temperature_1_0[15:8]
8	Status_temperature0[7:0]
9	Status_iout0[7:0]
10	Read_iout0[7:0]
11	Read_iout0[15:8]
12	Read_pout0[7:0]
13	Read_pout0[15:8]
14	Read_vin[7:0]
15	Read_vin[15:8]
16	Status_input3[7:0]
17	0x0
18	Read_iin[7:0]

表 9. 循環的なループ・データの解釈

POSITION	DATA
19	Read_iin[15:8]
20	Read_pin[7:0]
21	Read_pin[15:8]
22	Read_vout1[7:0]
23	Read_vout1[15:8]
24	Status_vout1[7:0]
25	Status_mfr_specific1[7:0]
26	Read_temperature_1_1[7:0]
27	Read_temperature_1_1[15:8]
28	Status_temperature1[7:0]
29	Status_iout1[7:0]
30	Read_iout1[7:0]
31	Read_iout1[15:8]
32	Read_pout1[7:0]
33	Read_pout1[15:8]
34	Read_vout2[7:0]
35	Read_vout2[15:8]
36	Status_vout2[7:0]
37	Status_mfr_specific2[7:0]
38	Read_temperature_1_2[7:0]
39	Read_temperature_1_2[15:8]
40	Status_temperature2[7:0]
41	Status_iout2[7:0]
42	Read_iout2[7:0]
43	Read_iout2[15:8]
44	Read_pout2[7:0]
45	Read_pout2[15:8]
46	Read_vout3[7:0]
47	Read_vout3[15:8]
48	Status_vout3[7:0]
49	Status_mfr_specific3[7:0]
50	Read_temperature_1_3[7:0]
51	Read_temperature_1_3[15:8]
52	Status_temperature3[7:0]
53	Status_iout3[7:0]
54	Read_iout3[7:0]
55	Read_iout3[15:8]
56	Read_pout3[7:0]
57	Read_pout3[15:8]
	Total Bytes = 58

## PMBus コマンドの説明

### MFR\_FAULT\_LOG 読出しの例

次の表は、Position\_last = 13 でのフォルト・ログ読出しの例を全てデコードするもので、この動作の循環性を明確にする助けとなります。

### データ・ブロックの内容

#### プリアンブル情報

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	データ	説明
0	00	Position_last[7:0] = 13	フォルト発生時のフォルト・ログ・ポインタの位置
1	01	SharedTime[7:0]	フォルト発生時の41ビット共有クロック・カウンタ値。カウンタのLSBは200µsごとにインクリメントします。
2	02	SharedTime[15:8]	
3	03	SharedTime[23:16]	
4	04	SharedTime[31:24]	
5	05	SharedTime[39:32]	
6	06	SharedTime[40]	
7	07	Mfr_vout_peak0[7:0]	
8	08	Mfr_vout_peak0[15:8]	
9	09	Mfr_vout_min0[7:0]	
10	0A	Mfr_vout_min0[15:8]	
11	0B	Mfr_temperature_peak0[7:0]	
12	0C	Mfr_temperature_peak0[15:8]	
13	0D	Mfr_temperature_min0[7:0]	
14	0E	Mfr_temperature_min0[15:8]	
15	0F	Mfr_iout_peak0[7:0]	
16	10	Mfr_iout_peak0[15:8]	
17	11	Mfr_iout_min0[7:0]	
18	12	Mfr_iout_min0[15:8]	
19	13	Mfr_vin_peak_[7:0]	
20	14	Mfr_vin_peak_[15:8]	
21	15	Mfr_vin_min_[7:0]	
22	16	Mfr_vin_min_[15:8]	
23	17	Mfr_iin_peak[7:0]	
24	18	Mfr_iin_peak[15:8]	
25	19	Mfr_iin_min[7:0]	
26	1A	Mfr_iin_min[15:8]	
27	1B	Mfr_pin_peak[7:0]	
28	1C	Mfr_pin_peak[15:8]	
29	1D	Mfr_pin_min[7:0]	

#### プリアンブル情報

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	データ	説明
30	1E	Mfr_pin_min[15:8]	
31	1F	Mfr_vout_peak1[7:0]	
32	20	Mfr_vout_peak1[15:8]	
33	21	Mfr_vout_min1[7:0]	
34	22	Mfr_vout_min1[15:8]	
35	23	Mfr_temperature_peak1[7:0]	
36	24	Mfr_temperature_peak1[15:8]	
37	25	Mfr_temperature_min1[7:0]	
38	26	Mfr_temperature_min1[15:8]	
39	27	Mfr_iout_peak1[7:0]	
40	28	Mfr_iout_peak1[15:8]	
41	29	Mfr_iout_min1[7:0]	
42	2A	Mfr_iout_min1[15:8]	
43	2B	Mfr_vout_peak2[7:0]	
44	2C	Mfr_vout_peak2[15:8]	
45	2D	Mfr_vout_min2[7:0]	
46	2E	Mfr_vout_min2[15:8]	
47	2F	Mfr_temperature_peak2[7:0]	
48	30	Mfr_temperature_peak2[15:8]	
49	31	Mfr_temperature_min2[7:0]	
50	32	Mfr_temperature_min2[15:8]	
51	33	Mfr_iout_peak2[7:0]	
52	34	Mfr_iout_peak2[15:8]	
53	35	Mfr_iout_min2[7:0]	
54	36	Mfr_iout_min2[15:8]	
55	37	Mfr_vout_peak3[7:0]	
56	38	Mfr_vout_peak3[15:8]	
57	39	Mfr_vout_min3[7:0]	
58	3A	Mfr_vout_min3[15:8]	
59	3B	Mfr_temperature_peak3[7:0]	
60	3C	Mfr_temperature_peak3[15:8]	

## PMBus コマンドの説明

## プリアンブル情報

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	データ	説明
61	3D	Mfr_temperature_min3[7:0]	
62	3E	Mfr_temperature_min3[15:8]	
63	3F	Mfr_iout_peak3[7:0]	
64	40	Mfr_iout_peak3[15:8]	
65	41	Mfr_iout_min3[7:0]	
66	42	Mfr_iout_min3[15:8]	
67	43	Status_vout0[7:0]	
68	44	Status_iout0[7:0]	
69	45	Status_temperature0[7:0]	
70	46	Status_vout1[7:0]	
71	47	Status_iout1[7:0]	
72	48	Status_temperature1[7:0]	
73	49	Status_vout2[7:0]	
74	4A	Status_iout2[7:0]	
75	4B	Status_temperature2[7:0]	
76	4C	Status_vout3[7:0]	
77	4D	Status_iout3[7:0]	
78	4E	Status_temperature3[7:0]	プリアンブルの 末尾

## 循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 0	54 BYTES PER LOOP
79	4F	13	Read_pout0[15:8]	Position_last
80	50	12	Read_pout0[7:0]	
81	51	11	Read_iout0[15:8]	
82	52	10	Read_iout0[7:0]	
83	53	9	Status_iout0[7:0]	
84	54	8	Status_temperature0[7:0]	
85	55	7	Read_temperature_1_0[15:8]	
86	56	6	Read_temperature_1_0[7:0]	
87	57	5	Status_mfr_specific0[7:0]	

## 循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 0	54 BYTES PER LOOP
88	58	4	Status_vout0[7:0]	
89	59	3	Read_vout0[15:8]	
90	5A	2	Read_vout0[7:0]	
91	5B	1	Read_temperature_2[15:8]	
92	5C	0	Read_temperature_2[7:0]	

## 循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 1	54 BYTES PER LOOP
93	5D	57	Read_pout3[15:8]	
94	5E	56	Read_pout3[7:0]	
95	5F	55	Read_iout3[15:8]	
96	60	54	Read_iout3[7:0]	
97	61	53	Status_iout3[7:0]	
98	62	52	Status_temperature3[7:0]	
99	63	51	Read_temperature_1_3[15:8]	
100	64	50	Read_temperature_1_3[7:0]	
101	65	49	Status_mfr_specific3[7:0]	
102	66	48	Status_vout3[7:0]	
103	67	47	Read_vout3[15:8]	
104	78	46	Read_vout3[7:0]	
105	69	45	Read_pout2[15:8]	
106	6A	44	Read_pout2[7:0]	
107	6B	43	Read_iout2[15:8]	
108	6C	42	Read_iout2[7:0]	
109	6D	41	Status_iout2[7:0]	
110	6E	40	Status_temperature2[7:0]	
111	6F	39	Read_temperature_1_2[15:8]	
112	70	38	Read_temperature_1_2[7:0]	
113	71	37	Status_mfr_specific2[7:0]	

## PMBus コマンドの説明

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 1	54 BYTES PER LOOP
114	72	36	Status_vout2[7:0]	
115	73	35	Read_vout2[15:8]	
116	74	34	Read_vout2[7:0]	
117	75	33	Read_pout1[15:8]	
118	76	32	Read_pout1[7:0]	
119	77	31	Read_iout1[15:8]	
120	78	30	Read_iout1[7:0]	
121	79	29	Status_iout1[7:0]	
122	7A	28	Status_temperature2[7:0]	
123	7B	27	Read_temperature_1_1[15:8]	
124	7C	26	Read_temperature_1_1[7:0]	
125	7D	25	Status_mfr_specific1[7:0]	
126	7E	24	Status_vout1[7:0]	
127	7F	23	Read_vout1[15:8]	
128	80	22	Read_vout1[7:0]	
129	81	21	Read_pin[15:8]	
130	82	20	Read_pin[7:0]	
131	83	19	Read_in[15:8]	
132	84	18	Read_in[7:0]	
133	85	17	0x0	
134	86	16	Status_input[7:0]	
135	87	15	Read_vin[15:8]	
136	88	14	Read_vin[7:0]	
137	89	13	Read_pout0[15:8]	
138	8A	12	Read_pout0[7:0]	
139	8B	11	Read_iout0[15:8]	
140	8C	10	Read_iout0[7:0]	
141	8D	9	Status_iout0[7:0]	
142	8E	8	Status_temperature0[7:0]	
143	8F	7	Read_temperature_1_0[15:8]	
144	90	6	Read_temperature_1_0[7:0]	
145	91	5	Status_mfr_specific0[7:0]	

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 1	54 BYTES PER LOOP
146	92	4	Status_vout0[7:0]	
147	93	3	Read_vout0[15:8]	
148	94	2	Read_vout0[7:0]	
149	95	1	Read_temperature_2[15:8]	
150	96	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 2	54 BYTES PER LOOP
151	97	57	Read_pout3[15:8]	
152	98	56	Read_pout3[7:0]	
153	99	55	Read_iout3[15:8]	
154	9A	54	Read_iout3[7:0]	
155	9B	53	Status_iout3[7:0]	
156	9C	52	Status_temperature3[7:0]	
157	9D	51	Read_temperature_1_3[15:8]	
158	9E	50	Read_temperature_1_3[7:0]	
159	9F	49	Status_mfr_specific3[7:0]	
160	A0	48	Status_vout3[7:0]	
161	A1	47	Read_vout3[15:8]	
162	A2	46	Read_vout3[7:0]	
163	A3	45	Read_pout2[15:8]	
164	A4	44	Read_pout2[7:0]	
165	A5	43	Read_iout2[15:8]	
166	A6	42	Read_iout2[7:0]	
167	A7	41	Status_iout2[7:0]	
168	A8	40	Status_temperature2[7:0]	
169	A9	39	Read_temperature_1_2[15:8]	
170	AA	38	Read_temperature_1_2[7:0]	

## PMBus コマンドの説明

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 2	54 BYTES PER LOOP
171	AB	37	Status_mfr_specific2[7:0]	
172	AC	36	Status_vout2[7:0]	
173	AD	35	Read_vout2[15:8]	
174	AE	34	Read_vout2[7:0]	
175	AF	33	Read_pout1[15:8]	
176	B0	32	Read_pout1[7:0]	
177	B1	31	Read_iout1[15:8]	
178	B2	30	Read_iout1[7:0]	
179	B3	29	Status_iout1[7:0]	
180	B4	28	Status_temperature2[7:0]	
181	B5	27	Read_temperature_1_1[15:8]	
182	B6	26	Read_temperature_1_1[7:0]	
183	B7	25	Status_mfr_specific1[7:0]	
184	B8	24	Status_vout1[7:0]	
185	B9	23	Read_vout1[15:8]	
186	BA	22	Read_vout1[7:0]	
187	BB	21	Read_pin[15:8]	
188	BC	20	Read_pin[7:0]	
189	BD	19	Read_in[15:8]	
190	BE	18	Read_in[7:0]	
191	BF	17	0x0	
192	C0	16	Status_input[7:0]	
193	C1	15	Read_vin[15:8]	
194	C2	14	Read_vin[7:0]	
195	C3	13	Read_pout0[15:8]	
196	C4	12	Read_pout0[7:0]	
197	C5	11	Read_iout0[15:8]	
198	C6	10	Read_iout0[7:0]	
199	C7	9	Status_iout0[7:0]	
200	C8	8	Status_temperature0[7:0]	
201	C9	7	Read_temperature_1_0[15:8]	
202	CA	6	Read_temperature_1_0[7:0]	

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

BYTE NUMBER DECIMAL	BYTE NUMBER HEX	LOOP BYTE NUMBER DECIMAL	MUX LOOP 2	54 BYTES PER LOOP
203	CB	5	Status_mfr_specific0[7:0]	
204	CC	4	Status_vout0[7:0]	
205	CD	3	Read_vout0[15:8]	
206	CE	2	Read_vout0[7:0]	
207	CF	1	Read_temperature_2[15:8]	
208	D0	0	Read_temperature_2[7:0]	

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	ループバイト番号 10進数	マルチプレクス・ループ3	ループあたり 54バイト
209	D1	57	Read_pout3[15:8]	
210	D2	56	Read_pout3[7:0]	
211	D3	55	Read_iout3[15:8]	
212	D4	54	Read_iout3[7:0]	
213	D5	53	Status_iout3[7:0]	
214	D6	52	Status_temperature_3[7:0]	
215	D7	51	Read_temperature_1_3[15:8]	
216	D8	50	Read_temperature_1_3[7:0]	
217	D9	49	Status_mfr_specific3[7:0]	
218	DA	48	Status_vout3[7:0]	
219	DB	47	Read_vout3[15:8]	
220	DC	46	Read_vout3[7:0]	
221	DD	45	Read_pout2[15:8]	
222	DE	44	Read_pout2[7:0]	
223	DF	43	Read_iout2[15:8]	
224	E0	42	Read_iout2[7:0]	
225	E1	41	Status_iout2[7:0]	
226	E2	40	Status_temperature2[7:0]	
227	E3	39	Read_temperature_1_2[15:8]	

## PMBus コマンドの説明

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	ループ バイト 番号 10進数	マルチプレクス・ ループ3	ループあたり 54バイト
228	E4	38	Read_temperature_1_2[7:0]	
229	E5	37	Status_mfr_specific2[7:0]	
230	E6	36	Status_vout2[7:0]	
231	E7	35	Read_vout2[15:8]	
232	E8	34	Read_vout2[7:0]	
233	E9	33	Read_pout1[15:8]	
234	EA	32	Read_pout1[7:0]	
235	EB	31	Read_iout1[15:8]	
236	EC	30	Read_iout1[7:0]	
237	ED	29	Status_iout1[7:0]	最後に有効となったフォルト・ログ・バイト
238	EE		0x00	EEからFEまでのバイトは0x00を返します
239	EF		0x00	
240	F0		0x00	

循環的なマルチプレクス・ループ・データ

バイト番号 (10進数)	バイト番号 (16進数)	ループ バイト 番号 10進数	マルチプレクス・ ループ3	ループあたり 54バイト
241	F1		0x00	
242	F2		0x00	
243	F3		0x00	
244	F4		0x00	
245	F5		0x00	
246	F6		0x00	
247	F7		0x00	
248	F8		0x00	
249	F9		0x00	
250	FA		0x00	
251	FB		0x00	
252	FC		0x00	
253	FD		0x00	
254	FE		0x00	これはPMBusのバイト255です。Mfr_fault_log_status_ramをクリアするにはこれを読み出す必要があります。

## 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	フォー マット	単位	EEPROM	デフォルト 値	参照 ページ
CAPABILITY	0x19	このデバイスがサポートしているPMBusオプション通信プロトコルの概要。	R Byte	N	Reg			0xB0	118
PMBUS_REVISION	0x98	このデバイスがサポートしているPMBusのバージョン。現在のバージョンは1.1です。	R Byte	N	Reg			0x11	118
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTM4673を指定するメーカー・コード。	R Word	N	Reg		Y	0x448X	118
MFR_SPECIAL_LOT	0xE8	工場でのプログラミングされEEPROMに保存されているユーザ設定を識別する顧客ごとのコード。デフォルト値についてはアナログ・デバイスにお問い合わせください。	R Byte	Y	Reg		Y	NA	118

## PMBus コマンドの説明

### CAPABILITY

CAPABILITY コマンドは、ホスト・システムが LTM4673 のいくつかの重要な機能を決定する方法を提供します。

#### CAPABILITY のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7]	Capability_pec	1 にハード・コードすると、パケット・エラー・チェックがサポートされていることを示します。Mfr_config_all_pec_en ビットを読み出すと、現在 PEC が必要かどうかを示されます。
b[6:5]	Capability_scl_max	01b にハード・コードすると、サポートする最大バス速度が 400kHz であることを示します。
b[4]	Capability_smb_alert	1 にハード・コードすると、このデバイスには ALERT ピンがなく、SMBus アラート応答プロトコルをサポートしていないことを示します。
b[3:0]	Reserved	常に 0 を返します。

### PMBus\_REVISION

#### PMBus\_REVISION のデータ内容

ビット	記号	動作
b[7:0]	PMBus_rev	PMBus 規格のリビジョンに適合していることをレポートします。これはリビジョン 1.1 の場合 0x11 にハード・コードされます。

### MFR\_SPECIAL\_ID

このレジスタには、LTM4673 のメーカー ID が格納されます。常に 0x448X を返します。

### MFR\_SPECIAL\_LOT

これらのページ指定されたレジスタには、工場出荷時にプログラムされたユーザ設定を識別する情報が格納されています。工場出荷時にプログラムされたカスタム・ユーザ設定と特別なロット番号については、メーカーにお問い合わせください。

### ユーザ・スクラッチパッド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	参照ページ
USER_DATA_00	0xB0	LTpowerPlay 用にメーカー指定済み。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_01	0xB1	LTpowerPlay 用にメーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_02	0xB2	OEM 指定済み。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	118
USER_DATA_03	0xB3	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	118
USER_DATA_04	0xB4	スクラッチパッドの場所。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	118
MFR_LTC_RESERVED_1	0xB5	メーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	118
MFR_LTC_RESERVED_2	0xBC	メーカー指定済み。	R/W Word	Y	Reg			NA	118

### USER\_DATA\_00、USER\_DATA\_01、USER\_DATA\_02、USER\_DATA\_03、USER\_DATA\_04、MFR\_LTC\_RESERVED\_1、MFR\_LTC\_RESERVED\_2

これらのレジスタは、ユーザ・スクラッチパッドおよび追加のメーカー指定済み場所として提供されています。

USER\_DATA\_03 および USER\_DATA\_04 は、ユーザ・スクラッチパッドとして使用できます。これらの 10 バイト (ページ指定されていない 1 ワードおよびページ指定された 4 ワード) は、トレーサビリティ、つまり、シリアル番号、基板モデル番号、アセンブリ場所、アセンブリ日付などのリビジョン情報のために使用できます。

## パッケージの説明

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
A1	V <sub>OUT0</sub>	B1	V <sub>OUT0</sub>	C1	V <sub>OUT0</sub>	D1	V <sub>OUT0</sub>	E1	V <sub>OUT0</sub>
A2	V <sub>OUT0</sub>	B2	V <sub>OUT0</sub>	C2	V <sub>OUT0</sub>	D2	V <sub>OUT0</sub>	E2	V <sub>OUT0</sub>
A3	V <sub>OUT0</sub>	B3	V <sub>OUT0</sub>	C3	V <sub>OUT0</sub>	D3	V <sub>OUT0</sub>	E3	GND
A4	GND	B4	GND	C4	GND	D4	GND	E4	GND
A5	GND	B5	GND	C5	GND	D5	GND	E5	GND
A6	TSENSE0 <sup>-</sup>	B6	GND	C6	GND	D6	GND	E6	PHMODE0
A7	TSENSE0 <sup>+</sup>	B7	GND	C7	GND	D7	V <sub>IN</sub>	E7	INTV <sub>CC0</sub>
A8	GND	B8	GND	C8	GND	D8	V <sub>IN</sub>	E8	V <sub>IN</sub>
A9	GND	B9	GND	C9	GND	D9	V <sub>IN</sub>	E9	SV <sub>IN0</sub>
A10	GND	B10	GND	C10	GND	D10	V <sub>IN</sub>	E10	CLKOUT0
A11	GND	B11	GND	C11	GND	D11	V <sub>IN</sub>	E11	PWRGD0
A12	GND	B12	GND	C12	GND	D12	V <sub>IN</sub>	E12	GND
A13	V <sub>IN</sub>	B13	V <sub>IN</sub>	C13	V <sub>IN</sub>	D13	V <sub>IN</sub>	E13	GND
A14	SGND	B14	SGND	C14	SGND	D14	SGND	E14	SGND
A15	SGND	B15	SGND	C15	SGND	D15	SGND	E15	SGND
A16	SGND	B16	SGND	C16	SGND	D16	SGND	E16	SGND
A17	SGND	B17	SGND	C17	SGND	D17	SGND	E17	SGND
A18	SGND	B18	SGND	C18	SGND	D18	SGND	E18	SGND
A19	SGND	B19	SGND	C19	SGND	D19	SGND	E19	SGND

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
F1	GND	G1	GND	H1	V <sub>OUT1</sub>	J1	V <sub>OUT1</sub>	K1	GND
F2	GND	G2	GND	H2	V <sub>OUT1</sub>	J2	V <sub>OUT1</sub>	K2	GND
F3	GND	G3	GND	H3	V <sub>OUT1</sub>	J3	V <sub>OUT1</sub>	K3	GND
F4	GND	G4	GND	H4	V <sub>OUT1</sub>	J4	V <sub>OUT1</sub>	K4	GND
F5	GND	G5	GND	H5	GND	J5	V <sub>IN</sub>	K5	GND
F6	GND	G6	GND	H6	V <sub>IN</sub>	J6	V <sub>IN</sub>	K6	GND
F7	GND	G7	TRACK/SS1	H7	GND	J7	GND	K7	GND
F8	V <sub>OSNS0</sub> <sup>-</sup>	G8	V <sub>OSNS0</sub> <sup>+</sup>	H8	PWRGD1	J8	RUN1	K8	TMON
F9	TRACK/SS0	G9	FB0	H9	FB1	J9	GND	K9	INTV <sub>CC12</sub>
F10	FREQ0	G10	GND	H10	COMP0a	J10	V <sub>OSNS1</sub> <sup>+</sup>	K10	FREQ12
F11	RUN0	G11	MODE/CLKIN0	H11	COMP0b	J11	COMP1	K11	GND
F12	GND	G12	GND	H12	GND	J12	V <sub>OSNS1</sub> <sup>-</sup>	K12	GND
F13	ALERT	G13	CONTROL0	H13	ASEL0	J13	GND	K13	GND
F14	SCL	G14	CONTROL1	H14	SGND	J14	SGND	K14	SGND
F15	SDA	G15	WP	H15	TSENSE2	J15	SGND	K15	ASEL1
F16	FAULT1	G16	FAULT0	H16	SGND	J16	SGND	K16	SGND
F17	CONTROL3	G17	CONTROL2	H17	SGND	J17	TSENSE1	K17	AUXFAULT
F18	SHARECLK	G18	WDI/RESET	H18	V <sub>IN_D</sub>	J18	SGND	K18	V <sub>INSNS</sub>
F19	PWRGD	G19	V <sub>DD25</sub>	H19	V <sub>DD25</sub>	J19	V <sub>DD33</sub>	K19	DNC

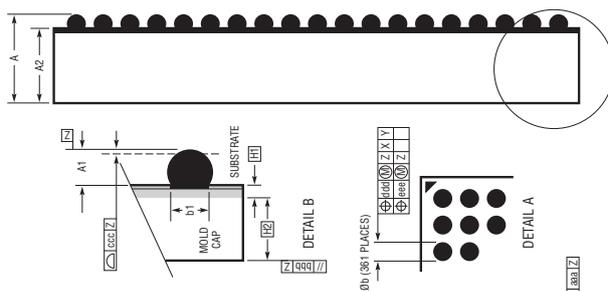
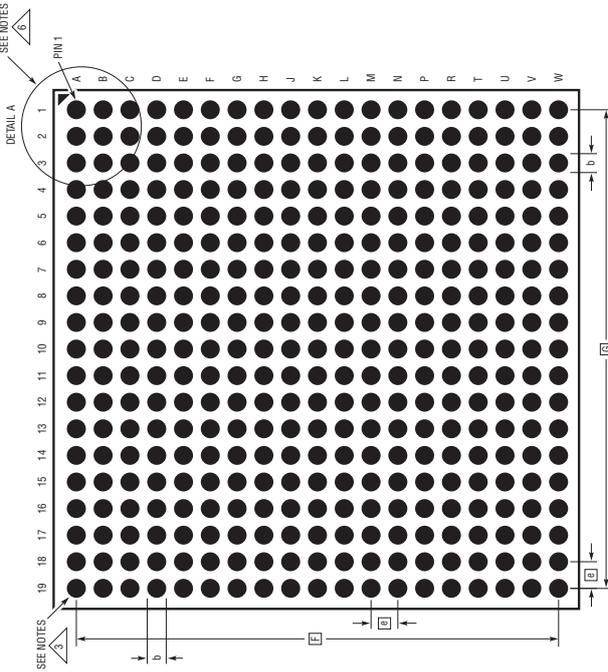
## パッケージの説明

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
L1	V <sub>OUT2</sub>	M1	V <sub>OUT2</sub>	N1	GND	P1	GND	R1	V <sub>OUT3</sub>
L2	V <sub>OUT2</sub>	M2	V <sub>OUT2</sub>	N2	GND	P2	GND	R2	V <sub>OUT3</sub>
L3	V <sub>OUT2</sub>	M3	V <sub>OUT2</sub>	N3	GND	P3	GND	R3	GND
L4	V <sub>OUT2</sub>	M4	V <sub>OUT2</sub>	N4	GND	P4	GND	R4	GND
L5	V <sub>IN</sub>	M5	GND	N5	GND	P5	GND	R5	GND
L6	V <sub>IN</sub>	M6	V <sub>IN</sub>	N6	GND	P6	CLKOUT3	R6	PHMODE3
L7	GND	M7	GND	N7	TRACK/SS2	P7	RUN3	R7	PWRGD3
L8	RUN2	M8	PWRGD2	N8	COMP3b	P8	FREQ3	R8	MODE/CLKIN3
L9	MODE/CLKIN12	M9	FB2	N9	COMP3a	P9	TRACK/SS3	R9	SV <sub>IN3</sub>
L10	V <sub>OSNS2</sub> <sup>+</sup>	M10	GND	N10	FB3	P10	V <sub>OSNS3</sub> <sup>-</sup>	R10	V <sub>IN</sub>
L11	GND	M11	COMP2	N11	V <sub>OSNS3</sub> <sup>+</sup>	P11	GND	R11	INTV <sub>CC3</sub>
L12	V <sub>OSNS2</sub> <sup>-</sup>	M12	GND	N12	GND	P12	GND	R12	GND
L13	GND	M13	GND	N13	GND	P13	GND	R13	GND
L14	SGND	M14	SGND	N14	SGND	P14	SGND	R14	SGND
L15	SGND	M15	SGND	N15	V <sub>DAC1</sub>	P15	V <sub>DAC0</sub>	R15	SGND
L16	SGND	M16	V <sub>DAC2</sub>	N16	I <sub>INSP</sub>	P16	I <sub>INSM</sub>	R16	SGND
L17	SGND	M17	SGND	N17	SGND	P17	V <sub>DAC3</sub>	R17	SGND
L18	SGND	M18	SGND	N18	SGND	P18	SGND	R18	SGND
L19	SGND	M19	SGND	N19	SGND	P19	SGND	R19	SGND

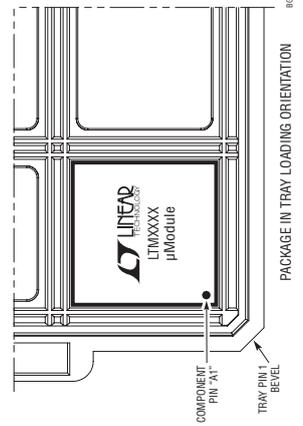
PIN ID	FUNCTION						
T1	V <sub>OUT3</sub>	U1	V <sub>OUT3</sub>	V1	V <sub>OUT3</sub>	W1	V <sub>OUT3</sub>
T2	V <sub>OUT3</sub>	U2	V <sub>OUT3</sub>	V2	V <sub>OUT3</sub>	W2	V <sub>OUT3</sub>
T3	V <sub>OUT3</sub>	U3	V <sub>OUT3</sub>	V3	V <sub>OUT3</sub>	W3	V <sub>OUT3</sub>
T4	GND	U4	GND	V4	GND	W4	GND
T5	GND	U5	GND	V5	GND	W5	GND
T6	GND	U6	GND	V6	GND	W6	TSENSE3 <sup>+</sup>
T7	V <sub>IN</sub>	U7	GND	V7	GND	W7	TSENSE3 <sup>-</sup>
T8	V <sub>IN</sub>	U8	GND	V8	GND	W8	GND
T9	V <sub>IN</sub>	U9	GND	V9	GND	W9	GND
T10	V <sub>IN</sub>	U10	GND	V10	GND	W10	GND
T11	V <sub>IN</sub>	U11	GND	V11	GND	W11	GND
T12	V <sub>IN</sub>	U12	GND	V12	GND	W12	GND
T13	V <sub>IN</sub>	U13	V <sub>IN</sub>	V13	V <sub>IN</sub>	W13	V <sub>IN</sub>
T14	SGND	U14	SGND	V14	SGND	W14	SGND
T15	SGND	U15	SGND	V15	SGND	W15	SGND
T16	SGND	U16	SGND	V16	SGND	W16	SGND
T17	SGND	U17	SGND	V17	SGND	W17	SGND
T18	SGND	U18	SGND	V18	SGND	W18	SGND
T19	SGND	U19	SGND	V19	SGND	W19	SGND

パッケージの説明

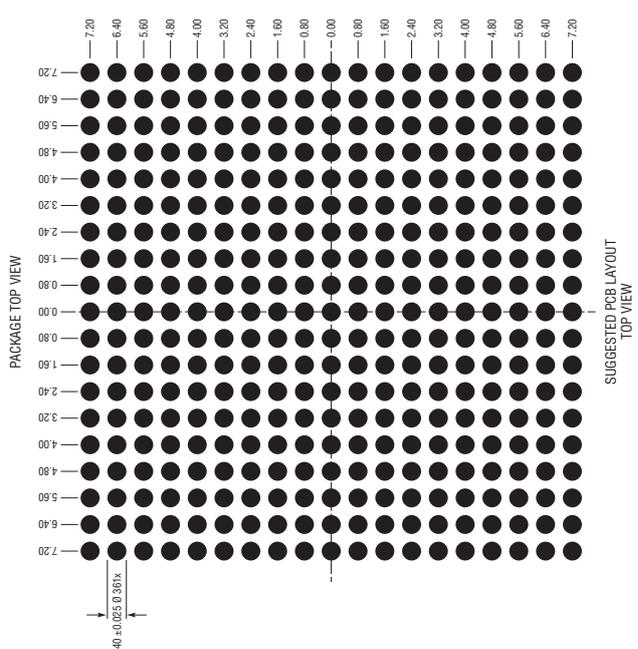
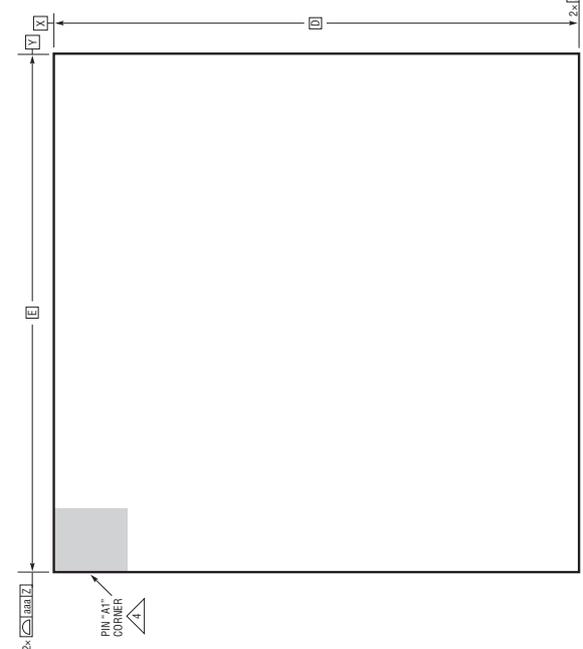
**BCA Package**  
**361-Lead (16mm × 16mm × 4.72mm)**  
 (Reference LTC DWG# 05-08-1601 Rev A)



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

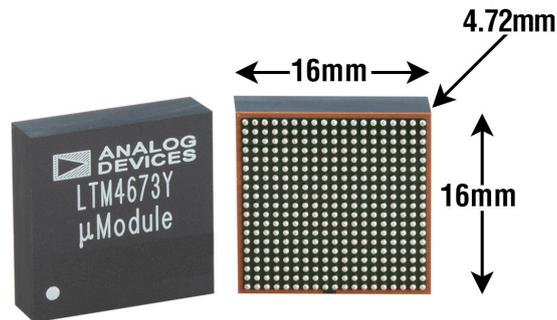


SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	4.53	4.72	4.91	
A1	0.30	0.40	0.50	BALL HT
A2	4.23	4.32	4.41	
b	0.45	0.50	0.55	BALL DIMENSION
b1	0.37	0.40	0.43	PAD DIMENSION
D		16.00		
E		16.00		
e		0.80		
F		14.40		
G		14.40		
H1		0.32		SUBSTRATE THK
H2		4.00		MOLD CAP HT
aaa		0.15		
bbb		0.20		
ccc		0.20		
ddd		0.15		
eee		0.08		
TOTAL NUMBER OF BALLS: 361				



## パッケージ写真

製品マーキングはインク・マーキングまたはレーザー・マーキングです。



## 設計リソース

SUBJECT	DESCRIPTION
<a href="#">μModule Design and Manufacturing Resources</a>	<p>Design:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selector Guides</li> <li>• Demo Boards and Gerber Files</li> <li>• Free Simulation Tools</li> </ul> <p>Manufacturing:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quick Start Guide</li> <li>• PCB Design, Assembly and Manufacturing Guidelines</li> <li>• Package and Board Level Reliability</li> </ul>
<a href="#">μModule Regulator Products Search</a>	<p>1. Sort table of products by parameters and download the result as a spread sheet. 2. Search using the Quick Power Search parametric table.</p>
<a href="#">Digital Power System Management</a>	Analog Devices' family of digital power supply management ICs are highly integrated solutions that offer essential functions, including power supply monitoring, supervision, margining and sequencing, and feature EEPROM for storing user configurations and fault logging.

## 関連製品

製品番号	概要	注釈
LTM4671	構成設定可能なデュアル 12A、デュアル 5A 出力アレイ付きクワッド μModule レギュレータ	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ (デュアル 12A レール), $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ (デュアル 5A レール), 9.5mm × 16mm × 4.72mm BGA
LTM4644	クワッド 4A の μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 14V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 9mm × 15mm × 5.01mm BGA
LTM4622	超薄型、デュアル 2.5A またはシングル 5A の μModule レギュレータ	$3.6V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm × 6.25mm × 1.82mm LGA, 6.25mm × 6.25mm × 2.42mm BGA
LTM4705	デュアル 5A またはシングル 10A の μModule レギュレータ	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm × 7.5mm × 3.22mm BGA
LTM4646	デュアル 10A またはシングル 20A の μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 11.25mm × 15mm × 5.01mm BGA
LTM4662	デュアル 15A またはシングル 30A の μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 11.25mm × 15mm × 5.74mm BGA
LTM4650A	デュアル 25A またはシングル 50A の μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 16mm × 16mm × 4.41mm LGA, 16mm × 16mm × 5.01mm BGA
LTM4657	6.25mm × 6.25mm パッケージに収められた 8A の μModule レギュレータ	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm × 6.25mm × 3.87mm BGA
LTM4626	6.25mm × 6.25mm パッケージに収められた 12A の μModule レギュレータ	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm × 6.25mm × 3.87mm BGA
LTM4638	6.25mm × 6.25mm パッケージに収められた 15A の μModule レギュレータ	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm × 6.25mm × 5.02mm BGA