

デュアル18Aまたはシングル36A μModuleレギュレータ デジタル・パワーシステム・マネージメント付き

特長

- 制御およびモニタ用のデジタル・インタフェースを備えたデュアル高速アナログ・ループ
- 広い入力電圧範囲: 4.5V ~ 16V
- 出力電圧範囲: 0.5V ~ 1.8V
- 全温度範囲での最大DC出力誤差: 0.5%
- 電流読み取り精度: ±2.5%
- LTM4676A (デュアル13A、シングル26A) とピン互換
- 400kHzのPMBusに準拠したI²Cシリアル・インタフェース
- 最大125Hzの遠隔測定ポーリング・レートをサポート
- 16ビットΔΣA/Dコンバータ内蔵
- 固定周波数電流モード制御
- 複数のモジュールの並列接続および電流分担
- 16mm×16mm×5.01mm BGAパッケージ

読み取り可能なデータ:

- 入力電圧、出力電圧、入力電流、出力電流、および温度
- 動作中のピーク値、稼働時間、フォルト、および警告
- 内蔵EEPROMのフォルト・ログ記録

書き込み可能なデータおよび設定可能なパラメータ:

- 出力電圧、電圧シーケンシングおよびマーゼニング
- デジタル・ソフトスタート/ストップによる出力電圧のランプ制御
- OV/UV/OT、UVLO、周波数、および位相調整

アプリケーション

- 試作品、量産、および実地環境でのシステム最適化、特性評価、およびデータ・マイニング
- 通信システム、データ通信システム、およびストレージ・システム

概要

LTM[®]4677は、デュアル18Aまたはシングル36Aの降圧μModule[®] (パワーモジュール) DC/DCレギュレータで、PMBus (I²Cをベースとするオープン・スタンダードのデジタル・インタフェース・プロトコル) を介して、遠隔設定と、パワー・マネージメント・パラメータの遠隔モニタが可能。LTM4677は、高速アナログ制御ループ、高精度混合信号回路、EEPROM、パワーMOSFET、インダクタ、および支持部品で構成されています。

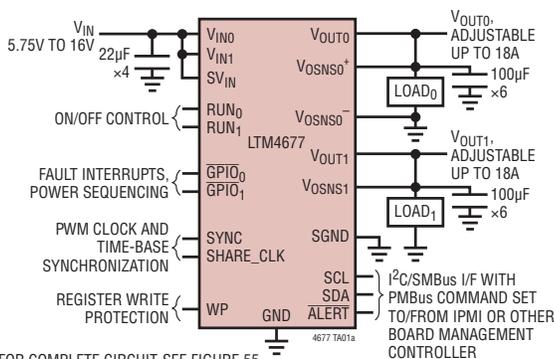
LTM4677の2線式シリアル・インタフェースにより、プログラム可能なスルーレートで、遅延時間のシーケンシングを行って、出力のマーゼニング、調整、および緩やかな増減が可能です。入力および出力の電流および電圧、出力電力、温度、稼働時間、およびピーク値は読み取り可能です。EEPROM内容のカスタム構成は必要ありません。起動時には、出力電圧、スイッチング周波数、およびチャンネル位相角を、ピン配線で値が決まる抵抗によって設定できます。LTpowerPlay™ GUI、DC1613 USB-PMBusコンバータ、およびデモキットを用意しています。

LTM4677はLTM4676A (デュアル13A) とピン互換で、SnPbまたはRoHS準拠の端子仕上げの16mm×16mm×5.01mm BGAパッケージで供給されます。

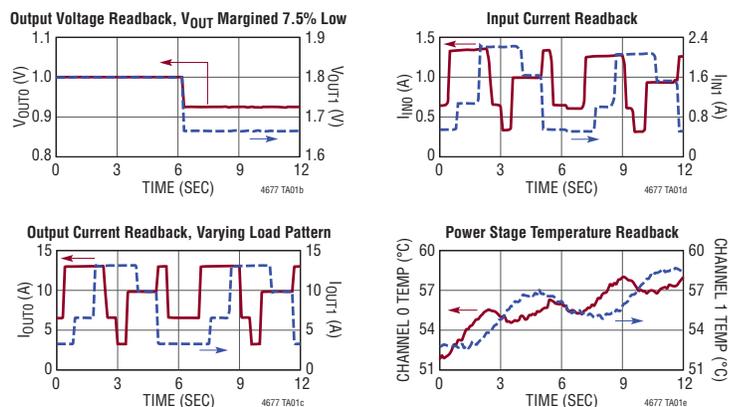
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、リニアのロゴ、μModule、Burst ModeおよびPolyPhaseはリニアテクノロジー社の登録商標です。LTpowerPlayはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。5408150、5481178、5705919、5929620、6144194、6177787、6580258、7420359、8163643を含む米国特許により保護されています。米国特許7000125および他の関連する国際特許の使用権を許諾されています。

標準的応用例

制御およびモニタ用のデジタル・インタフェースを備えたデュアル18A μModuleレギュレータ



PMBusとLTpowerPlayを使用した、負荷パターン・テスト時のV_{OUT0}/V_{OUT1}の遠隔測定値とマーゼンのモニタ。10Hzのポーリング・レート。12VIN



目次

特長.....	1	アプリケーション情報	48
アプリケーション	1	V _{IN} からV _{OUT} への降圧比.....	50
標準的応用例	1	入力コンデンサ	51
概要.....	1	出力コンデンサ	51
絶対最大定格.....	4	軽負荷電流動作	51
発注情報.....	4	スイッチング周波数と位相.....	52
ピン配置	4	最小オン時間に関する検討事項.....	53
電気的特性.....	5	可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ	54
標準的性能特性.....	12	デジタル・サーボ・モード.....	55
ピン機能	15	ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ).....	56
簡略ブロック図.....	20	低電圧ロックアウト	56
デカップリングの要件	20	フォルトの検出と処理	56
機能図.....	21	オープン・ドレイン・ピン	57
テスト回路.....	22	フェーズロック・ループと周波数同期	58
動作.....	23	RCONFIGのピンストラップ(外付け抵抗設定ピン).....	58
電源モジュールの概要	23	電圧の選択	59
設定可能な電源モジュールと読み出しデータ	25	USBからI ² C/SMBus/PMBusへのコントローラを	
時間平均とピーク読み出しデータ	28	システム内のLTM4677へ接続	59
電源モジュールの概要	31	PMBusの通信とコマンド処理	63
EEPROM.....	35	熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング	64
シリアル・インタフェース	36	アプリケーション情報—ディレーティング曲線	69
デバイス・アドレス指定.....	36	EMI性能	71
フォルトの検出と処理	37	安全性に関する検討事項	71
V _{OUT} およびI _{OUT} フォルトに対する応答	38	レイアウトのチェックリスト/例.....	71
タイミング・フォルトに対する応答	39	標準的応用例.....	73
SV _{IN} のOVフォルトに対する応答.....	39	付録A	77
OT/UTフォルトに対する応答.....	39	PMBus、SMBus、I ² C 2線インタフェース間の類似性.....	77
外部フォルトに対する応答	40		
フォルト・ログ	40		
バス・タイムアウト保護.....	40		
PMBus コマンドの概要	41		
PMBus コマンド	41		

目次

付録 B	78	フォルト応答	99
PMBusシリアル・デジタル・インタフェース.....	78	フォルト共有	106
付録 CPMBus コマンドの詳細	82	スクラッチパッド	108
アドレス指定および書き込み保護.....	82	識別.....	108
汎用構成レジスタ.....	84	フォルトの警告および状態	109
オン/オフ/マージン	85	遠隔測定値.....	116
PWM 構成.....	87	NVM (EEPROM) メモリ・コマンド	119
電圧.....	89	パッケージ	125
電流.....	92	パッケージの写真	126
温度.....	95	標準的応用例	128
タイミング	97	デザイン・リソース	128
		関連製品	128

LTM4677

絶対最大定格

(Note 1)

端子電圧:

V_{INn} (Note 4)、 SV_{IN}	-0.3V ~ 18V
V_{OUTn}	-0.3V ~ 6V
V_{OSNS0^+} 、 V_{ORBO^+}	-0.3V ~ 6V
V_{OSNS1} 、 V_{ORB1} 、 $INTV_{CC}$	-0.3V ~ 6V
$RUNn$ 、 SDA 、 SCL 、 \overline{ALERT}	-0.3V ~ 5.5V
$F_{SWPHCFG}$ 、 $V_{OUTnCFG}$ 、 $V_{TRIMnCFG}$ 、 A_{SEL}	-0.3V ~ 2.75V
V_{DD33} 、 \overline{GPIO}_n 、 $SYNC$ 、 $SHARE_CLK$ 、 WP 、 $TSNS_{na}$ 、 $COMP_{na}$ 、 $COMP_{nb}$ 、 V_{OSNS0^-} 、 V_{ORBO^-}	-0.3V ~ 3.6V
$SGND$	-0.3V ~ 0.3V

温度

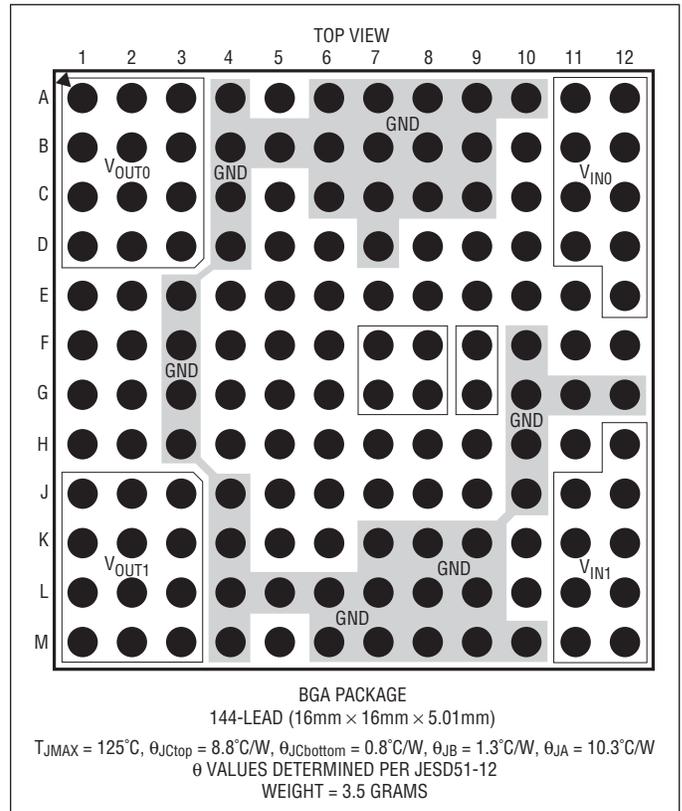
内部動作温度範囲

(Note 2, 3)

保存温度範囲

半田リフロー時のピーク・パッケージ・ボディ温度

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 参照)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4677EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4677Y	e1	BGA	4	-40°C to 125°C
LTM4677IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4677Y	e1	BGA	4	-40°C to 125°C
LTM4677IY	SnPb (63/37)	LTM4677Y	e0	BGA	4	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。* デバイスの温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで示してあります。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。

• 端子仕上げの製品マーキングの参照先:
www.linear-tech.co.jp/leadfree

• LGA/BGAの推奨のPCBアセンブリ手順および製造手順の参照先:
www.linear-tech.co.jp/umodule/pcbassembly

• LGA/BGAパッケージおよびトレイの図面の参照先:
www.linear-tech.co.jp/packaging

電气的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、および V_{OUTn} が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN}	Input DC Voltage	Test Circuit 1	● 5.75		16	V
		Test Circuit 2; $V_{IN_OFF} < V_{IN_ON} = 4.25\text{V}$	● 4.5		5.75	V
V_{OUTn}	Range of Output Voltage Regulation	V_{OUT0} Differentially Sensed on V_{OSNS0+}/V_{OSNS0-} Pin-Pair;	● 0.5		1.8	V
		V_{OUT1} Differentially Sensed on V_{OSNS1}/SGND Pin-Pair; Commanded by Serial Bus or with Resistors Present at Start-Up on $V_{OUTnCFG}$ and/or $V_{TRIMnCFG}$	● 0.5		1.8	V
$V_{OUTn(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	Digital Servo Engaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1_b$)	● 0.995	1.000	1.005	V
		Digital Servo Disengaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0_b$) V_{OUTn} Commanded to 1.000V , V_{OUTn} Low Range ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$) (Note 5)	● 0.985	1.000	1.015	V

入力の仕様

$I_{INRUSH(VIN)}$	Input Inrush Current at Start-Up	Test Circuit 1, $V_{OUTn} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$; No Load Besides Capacitors; $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$		400		mA
$I_Q(SVIN)$	Input Supply Bias Current	Forced Continuous Mode, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 1_b$ $\text{RUN}_n = 5\text{V}$, $\text{RUN}_{1-n} = 0\text{V}$ Shutdown, $\text{RUN}_0 = \text{RUN}_1 = 0\text{V}$		40 20		mA mA
$I_S(VINn,PSM)$	Input Supply Current in Pulse-Skipping Mode Operation	Pulse-Skipping Mode, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 0_b$, $I_{OUTn} = 100\text{mA}$		20		mA
$I_S(VINn,FCM)$	Input Supply Current in Forced-Continuous Mode Operation	Forced Continuous Mode, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0] = 1_b$ $I_{OUTn} = 100\text{mA}$ $I_{OUTn} = 18\text{A}$		35 1.9		mA A
$I_S(VINn,SHUTDOWN)$	Input Supply Current in Shutdown	Shutdown, $\text{RUN}_n = 0\text{V}$		50		μA

出力の仕様

I_{OUTn}	Output Continuous Current Range	(Note 6)		0	18	A	
$\frac{\Delta V_{OUTn(LINE)}}{V_{OUTn}}$	Line Regulation Accuracy	Digital Servo Engaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1_b$) Digital Servo Disengaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0_b$) S_{VIN} and V_{INn} Electrically Shorted Together and INTV_{CC} Open Circuit; $I_{OUTn} = 0\text{A}$, $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$, V_{OUT} Low Range ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$), $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 350\text{kHz}$ (Note 5)	●	0.03 0.03	± 0.2	%/V %/V	
$\frac{\Delta V_{OUTn(LOAD)}}{V_{OUTn}}$	Load Regulation Accuracy	Digital Servo Engaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 1_b$) Digital Servo Disengaged ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[6] = 0_b$) $0\text{A} \leq I_{OUTn} \leq 18\text{A}$, V_{OUT} Low Range, ($\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$) (Note 5)	●	0.03 0.2	0.5	% %	
$V_{OUTn(AC)}$	Output Voltage Ripple			10		mVp-p	
f_S (Each Channel)	V_{OUTn} Ripple Frequency	FREQUENCY_SWITCH Set to 500kHz (0xFBE8)	●	462.5	500	537.5	kHz
$\Delta V_{OUTn(START)}$	Turn-On Overshoot	$\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$ (Note 12)		8		mV	
t_{START}	Turn-On Start-Up Time	Time from V_{IN} Toggling from 0V to 12V to Rising Edge of $\overline{\text{GPIO}}_n$. $\text{TON_DELAY}_n = 0\text{ms}$, $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$, $\text{MFR_GPIO_PROPAGATE}_n = 0x0100$, $\text{MFR_GPIO_RESPONSE}_n = 0x0000$	●	60	70	ms	

電气的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、および V_{OUTn} が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{\text{DELAY(0ms)}}$	Turn-On Delay Time	Time from First Rising Edge of RUN_n to Rising Edge of $\text{GPIO}_n.\text{TON_DELAY}_n = 0\text{ms}$, $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$, $\text{MFR_GPIO_PROPAGATE}_n = 0x0100$, $\text{MFR_GPIO_RESPONSE}_n = 0x0000$. V_{IN} Having Been Established for at Least 70ms	● 2.75	3.1	3.5	ms
$\Delta V_{\text{OUTn(LS)}}$	Peak Output Voltage Deviation for Dynamic Load Step	Load: 0A to 9A and 9A to 0A at 9A/ μs , Figure 55 Circuit, $V_{\text{OUTn}} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12)		50		mV
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0A to 9A and 9A to 0A at 9A/ μs , Figure 55 Circuit, $V_{\text{OUTn}} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12)		35		μs
$I_{\text{OUTn(OCL_PK)}}$	Output Current Limit, Peak	Cycle-by-Cycle Inductor Peak Current Limit Inception		25		A
$I_{\text{OUTn(OCL_AVG)}}$	Output Current Limit, Time Averaged	Time-Averaged Output Inductor Current Limit Inception Threshold, Commanded by $\text{IOUT_OC_FAULT_LIMIT}_n$ (Note 12)		20A; See $I_{\text{Q-RB-ACC}}$ Specification (Output Current Readback Accuracy)		

制御セクション

V_{FBM0}	Channel 0 Feedback Input Common Mode Range	V_{OSNS0^-} Valid Input Range (Referred to SGND) V_{OSNS0^+} Valid Input Range (Referred to SGND)	●	-0.1	0.3	V
V_{FBM1}	Channel 1 Feedback Input Common Mode Range	SGND Valid Input Range (Referred to GND) V_{OSNS1} Valid Input Range (Referred to SGND)	●	-0.3	0.3	V
$V_{\text{OUT-RNG1}}$	Full-Scale Command Voltage, Range 1	(Notes 7, 15) V_{OUTn} Commanded to 2.750V, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$ Resolution LSB Step Size		2.711	2.788	V Bits mV
R_{VSENSE0^+}	V_{OSNS0^+} Impedance to SGND	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OSNS0}^+} - V_{\text{SGND}} \leq 1.8\text{V}$		41		k Ω
R_{VSENSE1}	V_{OSNS1} Impedance to SGND	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OSNS1}} - V_{\text{SGND}} \leq 1.8\text{V}$		37		k Ω
$t_{\text{ON(MIN)}}$	Minimum On-Time	(Note 8)		90		ns

アナログ OV/UV (過電圧/低電圧) 出力電圧スーパーバイザ・コンパレータ ($V_{\text{OUT_OV/UV_FAULT_LIMIT}}$ モニタおよび $V_{\text{OUT_OV/UV_WARN_LIMIT}}$ モニタ)

$N_{\text{OV/UV_COMP}}$	Resolution, Output Voltage Supervisors	(Note 15)		8		Bits
$V_{\text{OV-RNG}}$	Output OV Comparator Threshold Detection Range	(Note 15) High Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 0_b$ Low Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$		1 0.5	5.6 2.7	V V
$V_{\text{OU-STP}}$	Output OV and UV Comparator Threshold Programming LSB Step Size	(Note 15) High Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 0_b$ Low Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$		22 11		mV mV

電气的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、および $V_{\text{OUT}n}$ が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{OV-ACC}}$	Output OV Comparator Threshold Accuracy	(See Note 14) $1\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}0^+} - V_{\text{VOSNS}0^-} \leq 1.8\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}0^+} - V_{\text{VOSNS}0^-} < 1\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $1.5\text{V} \leq V_{\text{VSENSE}1} - V_{\text{SGND}} \leq 1.8\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{\text{VSENSE}1} - V_{\text{SGND}} < 1.5\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$	● ● ● ●		± 2 ± 20 ± 2 ± 30	% mV % mV
$V_{\text{UV-RNG}}$	Output UV Comparator Threshold Detection Range	(Note 15) High Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 0_b$ Low Range Scale, $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1] = 1_b$		1 0.5	5.4 2.7	V V
$V_{\text{UV-ACC}}$	Output UV Comparator Threshold Accuracy	(See Note 14) $1\text{V} \leq V_{\text{VSENSE}0^+} - V_{\text{VSENSE}0^-} \leq 1.8\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{\text{VSENSE}0^+} - V_{\text{VSENSE}0^-} < 1\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $1.5\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}1} - V_{\text{SGND}} \leq 1.8\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}1} - V_{\text{SGND}} < 1.5\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$	● ● ● ●		± 2 ± 20 ± 2 ± 30	% mV % mV
$t_{\text{PROP-OV}}$	Output OV Comparator Response Times	Overdrive to 10% Above Programmed Threshold			35	μs
$t_{\text{PROP-UV}}$	Output UV Comparator Response Times	Underdrive to 10% Below Programmed Threshold			50	μs
アナログ OV/UV S_{VIN} 入力電圧スーパーバイザ・コンパレータ ($V_{\text{IN_ON}}$ と $V_{\text{IN_OFF}}$ のしきい値検出器)						
$N_{\text{SVIN-OV/UV-COMP}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Threshold-Programming Resolution	(Note 15)		8		Bits
$S_{\text{VIN-OU-RANGE}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Threshold-Programming Range		●	4.5	18	V
$S_{\text{VIN-OU-STP}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Threshold-Programming LSB Step Size	(Note 15)		82		mV
$S_{\text{VIN-OU-ACC}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Threshold Accuracy	$9\text{V} < S_{\text{VIN}} \leq 16\text{V}$ $4.5\text{V} \leq S_{\text{VIN}} \leq 9\text{V}$	● ●		± 2.5 ± 225	% mV
$t_{\text{PROP-SVIN-HIGH-VIN}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Response Time, High V_{IN} Operating Configuration	Test Circuit 1, and: $V_{\text{IN_ON}} = 9\text{V}$; S_{VIN} Driven from 8.775V to 9.225V $V_{\text{IN_OFF}} = 9\text{V}$; S_{VIN} Driven from 9.225V to 8.775V	● ●		35 35	μs μs
$t_{\text{PROP-SVIN-LOW-VIN}}$	S_{VIN} OV/UV Comparator Response Time, Low V_{IN} Operating Configuration	Test Circuit 2, and: $V_{\text{IN_ON}} = 4.5\text{V}$; S_{VIN} Driven from 4.225V to 4.725V $V_{\text{IN_OFF}} = 4.5\text{V}$; S_{VIN} Driven from 4.725V to 4.225V	● ●		35 35	μs μs
チャンネル0とチャンネル1の出力電圧の読み出し (READ_VOUT_n)						
$N_{\text{VO-RB}}$	Output Voltage Readback Resolution and LSB Step Size	(Note 15)		16 244		Bits μV
$V_{\text{O-F/S}}$	Output Voltage Full-Scale Digitizable Range	$V_{\text{RUN}n} = 0\text{V}$ (Notes 7, 15)		8		V
$V_{\text{O-RB-ACC}}$	Output Voltage Readback Accuracy	Channel 0: $1\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}0^+} - V_{\text{VOSNS}0^-} \leq 1.8\text{V}$ Channel 0: $0.6\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}0^+} - V_{\text{VOSNS}0^-} < 1\text{V}$ Channel 1: $1\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}1} - V_{\text{SGND}} \leq 1.8\text{V}$ Channel 1: $0.6\text{V} \leq V_{\text{VOSNS}1} - V_{\text{SGND}} < 1\text{V}$	● ● ● ●		Within $\pm 0.5\%$ of Reading Within $\pm 5\text{mV}$ of Reading Within $\pm 0.5\%$ of Reading Within $\pm 5\text{mV}$ of Reading	
$t_{\text{CONVERT-VO-RB}}$	Output Voltage Readback Update Rate	$\text{MFR_ADC_CONTROL} = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $\text{MFR_ADC_CONTROL} = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $\text{MFR_ADC_CONTROL} = 0 \times 05$ or 0×09 (Notes 9, 15)		100 27 8		ms ms ms

電气的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 500\text{kHz}$ 、および V_{OUTn} が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電圧 (SVIN) の読み出し (READ_VIN)						
$N_{SVIN-RB}$	Input Voltage Readback Resolution and LSB Step Size	(Notes 10, 15)		10 15.625		Bits mV
$SV_{IN-F/S}$	Input Voltage Full-Scale Digitizable Range	(Notes 11, 15)		38.91		V
$SV_{IN-RB-ACC}$	Input Voltage Readback Accuracy	$READ_VIN$, $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 16\text{V}$	●	Within $\pm 2\%$ of Reading		
$t_{CONVERT-SVIN-RB}$	Input Voltage Readback Update Rate	$MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 01$ (Notes 9, 15)		100 8		ms ms
チャネル 0 とチャネル 1 の出力電流 ($READ_I_{OUTn}$)、デューティ・サイクル ($READ_DUTY_CYCLE_n$)、および入力電流の計算値 ($MFR_READ_I_{INn}$) の読み出し						
N_{IO-RB}	Output Current Readback Resolution and LSB Step Size	(Notes 10, 12)		10 15.6		Bits mA
$I_{O-F/S}$, $I_{I-F/S}$	Output Current Full-Scale Digitizable Range and Input Current Range of Calculation	(Note 12)		± 40		A
$I_{O-RB-ACC}$	Output Current, Readback Accuracy	$READ_I_{OUTn}$, Channels 0 and 1, $0 \leq I_{OUTn} \leq 10\text{A}$, Forced-Continuous Mode, $MFR_PWM_MODE_n[1:0] = 10_b$	●	Within 250mA of Reading		
$I_{O-RB}(18\text{A})$	Full Load Output Current Readback	$I_{OUTn} = 18\text{A}$ (Note 12). See Histograms in Typical Performance Characteristics		18		A
N_{II-RB}	Computed Input Current, Readback Resolution and LSB Step Size	(Notes 10, 12)		10 1.95		Bits mA
$I_{I-RB-ACC}$	Computed Input Current, Readback Accuracy, Neglecting I_{SVIN}	$MFR_READ_I_{INn}$, Channels 0 and 1, $0 \leq I_{OUTn} \leq 10\text{A}$, Forced-Continuous Mode, $MFR_PWM_MODE_n[1:0] = 10_b$, $MFR_I_{IN_OFFSETn} = 0\text{mA}$	●	Within 150mA of Reading		
$t_{CONVERT-IO-RB}$	Output Current Readback Update Rate	$MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 05$ or 0×09 (Notes 9, 15)		100 27 8		ms ms ms
$t_{CONVERT-II-RB}$	Computed Input Current, Readback Update Rate	(Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$		100		ms
$N_{DUTY-RB}$	Resolution, Duty Cycle Readback	(Notes 10, 15)		10		Bits
D_{RB-ACC}	Duty Cycle TUE	$READ_DUTY_CYCLE_n$, 16.3% Duty Cycle (Note 15)			± 3	%
$t_{CONVERT-DUTY-RB}$	Duty Cycle Readback Update Rate	(Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$		100		ms
チャネル 0、チャネル 1、およびコントローラの温度の読み出し (それぞれ、$READ_TEMPERATURE_1_0$、$READ_TEMPERATURE_1_1$、および $READ_TEMPERATURE_2$)						
T_{RES-RB}	Temperature Readback Resolution	Channel 0, Channel 1, and Controller (Note 15)		0.0625		$^\circ\text{C}$
$T_{RB-CH-ACC}(72\text{mV})$	Channel Temperature TUE, Switching Action Off	Channels 0 and 1, PWM Inactive, $RUN_n = 0\text{V}$, $\Delta V_{TSENSna} = 72\text{mV}$	●	Within $\pm 3^\circ\text{C}$ of Reading		
$T_{RB-CH-ACC}(ON)$	Channel Temperature TUE, Switching Action On	$READ_TEMPERATURE_1_n$, Channels 0 and 1, PWM Active, $RUN_n = 5\text{V}$ (Note 12)		Within $\pm 3^\circ\text{C}$ of Reading		
$T_{RB-CTRL-ACC}(ON)$	Control IC Die Temperature TUE, Switching Action On	$READ_TEMPERATURE_2$, PWM Active, $RUN_0 = RUN_1 = 5\text{V}$ (Note 12)		Within $\pm 1^\circ\text{C}$ of Reading		
$t_{CONVERT-TEMP-RB}$	Temperature Readback Update Rate	$MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 00$ (Notes 9, 15) $MFR_ADC_CONTROL = 0 \times 06$ or $0 \times 0A$ (Notes 9, 15)		100 8		ms ms

電気的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{RUN}_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、および V_{OUTn} が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
INTVCC レギュレータ						
V_{INTVCC}	Internal V_{CC} Voltage No Load	$6\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$	4.8	5	5.2	V
$\frac{\Delta V_{INTVCC(\text{LOAD})}}{V_{INTVCC}}$	INTVCC Load Regulation	$0\text{mA} \leq I_{INTVCC} \leq 50\text{mA}$		0.5	± 2	%
VDD33 レギュレータ						
V_{VDD33}	Internal V_{DD33} Voltage		3.2	3.3	3.4	V
$I_{LIM(VDD33)}$	V_{DD33} Current Limit	V_{DD33} Electrically Short-Circuited to GND		70		mA
V_{VDD33_OV}	V_{DD33} Overvoltage Threshold	(Note 15)		3.5		V
V_{VDD33_UV}	V_{DD33} Undervoltage Threshold	(Note 15)		3.1		V
VDD25 レギュレータ						
V_{VDD25}	Internal V_{DD25} Voltage			2.5		V
$I_{LIM(VDD25)}$	V_{DD25} Current Limit	V_{DD25} Electrically Short-Circuited to GND		50		mA
発振器とフェーズロック・ループ (PLL)						
f_{OSC}	Oscillator Frequency Accuracy	$\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ (0xFBE8) $250\text{kHz} \leq \text{FREQUENCY_SWITCH} \leq 750\text{kHz}$ (Note 15)	●		± 7.5 ± 7.5	% %
f_{SYNC}	PLL SYNC Capture Range	FREQUENCY_SWITCH Set to Frequency Slave Mode (0x0000); SYNC Driven by External Clock; $1.8V_{OUT}$	●	225	800	kHz
$V_{TH,SYNC}$	SYNC Input Threshold	V_{SYNC} Rising (Note 15) V_{SYNC} Falling (Note 15)		1.5 1		V V
$V_{OL,SYNC}$	SYNC Low Output Voltage	$I_{SYNC} = 3\text{mA}$	●	0.3	0.4	V
I_{SYNC}	SYNC Leakage Current in Frequency Slave Mode	$0\text{V} \leq V_{SYNC} \leq 3.6\text{V}$ $\text{MFR_CONFIG_ALL}[4]=1_b$	●		± 5	μA
$\theta_{SYNC-\theta 0}$	SYNC-to-Channel 0 Phase Relationship, Lag from Falling Edge of Sync to Rising Edge of Top MOSFET (MT0) Gate	(Note 15) $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 000_b, 01X_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 101_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 001_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 1X0_b$		0 60 90 120		Deg Deg Deg Deg
$\theta_{SYNC-\theta 1}$	SYNC-to-Channel 1 Phase Relationship, Lag from Falling Edge of Sync to Rising Edge of Top MOSFET (MT1) Gate	(Note 15) $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 011_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 000_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 010_b, 10X_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 001_b$ $\text{MFR_PWM_CONFIG}[2:0] = 110_b$		120 180 240 270 300		Deg Deg Deg Deg Deg

電气的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。各出力チャネルに対する規格値 (Note 4)。注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、および V_{OUTn} が 1.000V に指定される。注記がない限り、EEPROM の出荷時デフォルト設定値で設定され、テスト回路 1 に基づく。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
EEPROM の特性						
Endurance	(Note 13)	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations (Note 3)	●	10,000		Cycles
Retention	(Note 13)	$T_J < T_{J(\text{MAX})}$, with Most Recent EEPROM Write Operation Having Occurred at $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ (Note 3)	●	10		Years
Mass_Write	Mass Write Operation Time	Execution of STORE_USER_ALL Command, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 85^\circ\text{C}$ (ATE-Tested at $T_J = 25^\circ\text{C}$) (Notes 3, 13)		440	4100	ms

デジタルI/O

V_{IH}	Input High Threshold Voltage	SCL, SDA, RUN_n , \overline{GPIO}_n (Note 15) SHARE_CLK, WP (Note 15)		2.0 1.8		V V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage	SCL, SDA, RUN_n , \overline{GPIO}_n (Note 15) SHARE_CLK, WP (Note 15)			1.4 0.6	V V
V_{HYST}	Input Hysteresis	SCL, SDA (Note 15)		80		mV
V_{OL}	Output Low Voltage	SCL, SDA, \overline{ALERT} , RUN_n , \overline{GPIO}_n , SHARE_CLK: $I_{SINK} = 3\text{mA}$	●	0.3	0.4	V
I_{OL}	Input Leakage Current	SDA, SCL, \overline{ALERT} , $RUN_n: 0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 5.5\text{V}$ \overline{GPIO}_n and SHARE_CLK: $0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$	● ●		± 5 ± 2	μA μA
t_{FILTER}	Input Digital Filtering	RUN_n (Note 15) \overline{GPIO}_n (Note 15)		10 3		μs μs
C_{PIN}	Input Capacitance	SCL, SDA, RUN_n , \overline{GPIO}_n , SHARE_CLK, WP (Note 15)			10	pF

PMBus インタフェースのタイミング特性

f_{SMB}	Serial Bus Operating Frequency	(Note 15)		10	400	kHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between Stop and Start	(Note 15)		1.3		μs
$t_{HD,STA}$	Hold Time After Repeated Start Condition	Time Period After Which First Clock Is Generated (Note 15)		0.6		μs
$t_{SU,STA}$	Repeated Start Condition Setup Time	(Note 15)		0.6		μs
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Setup Time	(Note 15)		0.6		μs
$t_{HD,DAT}$	Data Hold Time	Receiving Data (Note 15) Transmitting Data (Note 15)		0 0.3	0.9	μs μs
$t_{SU,DAT}$	Data Setup Time	Receiving Data (Note 15)		0.1		μs
$t_{TIMEOUT_SMB}$	Stuck PMBus Timer Timeout	Measured from the Last PMBus Start Event: Block Reads $\text{MFR_CONFIG_ALL}[3] = 0_b$ (Note 15) Non-Block Reads $\text{MFR_CONFIG_ALL}[3] = 0_b$ (Note 15) $\text{MFR_CONFIG_ALL}[3] = 1_b$ (Note 15)		150 32 250		ms ms ms
t_{LOW}	Serial Clock Low Period	(Note 15)		1.3	10000	μs
t_{HIGH}	Serial Clock High Period	(Note 15)		0.6		μs

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: LTM4677 は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTM4677E は、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim$

125°C の内部動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4677I は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全内部動作温度範囲で仕様に適合することが保証されている。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

電気的特性

Note 3: LTM4677の書き込みコマンドが有効なEEPROMの温度範囲は0°C～85°Cである。EEPROMのデータ保持を保証するため、この温度範囲の外側でSTORE_USER_ALLコマンドを実行する(RAM内容をNVMにアップロードすること)は推奨しない。ただし、LTM4677のEEPROMの温度が130°Cを超えない限り、LTM4677はSTORE_USER_ALLコマンドに従う。EEPROMの温度が130°Cを超えるときだけ、LTM4677はどのSTORE_USER_ALLトランザクションにも従わない。代わりに、LTM4677はシリアル・コマンドにNACKを返し、それに関連するCML(通信、メモリ、ロジック)フォルト・ビットをアサートする。EEPROMの温度はSTORE_USER_ALLコマンドを使用する前に調べることができる(「アプリケーション情報」のセクションを参照)。

Note 4: 2つの電源入力(V_{IN0}とV_{IN1})およびそれぞれの電源出力(V_{OUT0}とV_{OUT1})は製造時に個別にテストされている。この文書では、これらのパラメータを“V_{INn}”と“V_{OUTn}”で表すことができる省略表記が使用されている。ここで、nは0または1の値が可能。このイタリック体の下付き記号“n”の表記は、チャンネル固有の、つまり、ページ指定データを含むピン名やレジスタ名などのすべての名称に適用される。たとえば、V_{OUT_COMMANDn}はページ0とページ1に特定されたV_{OUT_COMMAND}コマンド・コード・データを表し、それぞれチャンネル0(V_{OUT0})とチャンネル1(V_{OUT1})に対応する。ページ固有のデータを含まないレジスタ、つまり、データがモジュールに対して“グローバル”か、またはモジュールのチャンネルの両方に適用されるレジスタには、イタリック体の下付き記号“n”が付加されていない(FREQUENCY_SWITCHなど)。

Note 5: V_{OUTn(DC)}、ライン、および負荷レギュレーション・テストは、デジタル・サーボを無効にし(MFR_PWM_MODE_n[6] = 0_b)、低いV_{OUTn}範囲を選択した状態(MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b)で製造時に行われる。デジタル・サーボ制御ループは製造時に行われる(MFR_PWM_MODE_n[6] = 1_bに設定)が、出力電圧の最終セトリング値への収束は、長い時間がかかる可能性があるため、最終テストで観測されるとは限らない。その代り、出力電圧の読み出し精度の仕様で保証されている。能力はアプリケーションでの評価によって実証されている(「標準的性能特性」のセクションを参照)。

Note 6: 異なるV_{IN}、V_{OUT}、およびT_Aについては、「アプリケーション情報」のセクションの出力電流のデレインティング曲線を参照。

Note 7: V_{OUT0} および V_{OUT1} の絶対最大定格が6Vに規定されていても、出力チャンネル0および1を安定化する最大推奨コマンド電圧は1.8Vで、この場合、V_{OUT} 範囲の設定ビットは「低レンジ」に設定される(MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b)。

Note 8: 最小オン時間はウェハ選別によってテストされる。

Note 9: データ変換はラウンドロビン(サイクリック)方式で行われる。すべての遠隔測定信号は連続的にデジタル化され、通知されるデータは100ms(標準)以内の測定値に基づいている。

Note 10: 次の遠隔測定パラメータは、PMBusで規定された「リニア・データ形式」でフォーマットされ、各レジスタには、2のべき乗に対応する符号付き指数を表す5MSBと、符号付き仮数を表す11LSBからなる1ワードが含まれている。これらの遠隔測定パラメータは、READ_VINコマンド・コードを介してアクセスされる入力電圧(SV_{IN})、READ_IOUT_nコマンド・コードを介してアクセスされる出力電流(I_{OUTn})、READ_IINコマンド・コードを介してアクセスされるモジュールの入力電流(I_{VIN0} + I_{VIN1} + I_{SVIN})、MFR_READ_IIN_nコマンド・コードを介してアクセスされるチャンネルの入力電流(I_{VINn} + 1/2 • I_{SVIN})、およびREAD_DUTY_CYCLE_nコマンド・コードを介してアクセスされるチャンネル0とチャンネル1のスイッチング電力段のデューティ・サイクルである。このデータ形式は、内蔵ADCが16ビット、LTM4677内部の計算が32ビット・ワードを用いるものの、遠隔測定値の読み出しデータの分解能は10ビットに制限される。

Note 11: SV_{IN} ピンの絶対最大定格は18Vである。入力電圧の遠隔測定値(READ_VIN)は、SV_{IN} ピンからスケールダウンした電圧をデジタル化することによって得られる。

Note 12: これらの標準的なパラメータはベンチマーク測定によるもので、製造時にテストされていない。

Note 13: EEPROMの書き換え回数と保持時間は、データ保持のウェハレベルのテストによって保証されている。最小保持時間の仕様は、内蔵EEPROMの書き込みサイクル数が最小書き換え回数の仕様より少なく、EEPROMのデータが0 X ≤ T_J ≤ 85 Xで書き込まれるデバイスに適用される。RESTORE_USER_ALLコマンドまたは読み出しRESETコマンドは全動作温度範囲で有効であり、EEPROMの特性に影響しない。

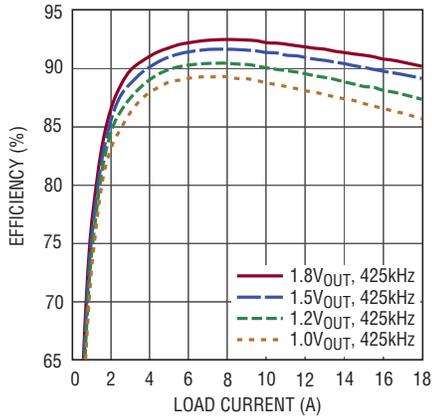
Note 14: MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b に対するチャンネル0のOV/UVコンパレータのしきい値の精度は、V_{VOSNS0} - V_{VOSNS0} が0.5Vと1.8VのときにATEでテストされる。1Vの状態はICレベルでのみテストされる。MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b に対するチャンネル1のOV/UVコンパレータのしきい値の精度は、V_{VOSNS1}-V_{SGND} が0.5Vと1.8VのときにATEでテストされる。1.5Vの状態はICレベルでのみテストされる。

Note 15: ICレベルのATEでテストされる。

標準的性能特性

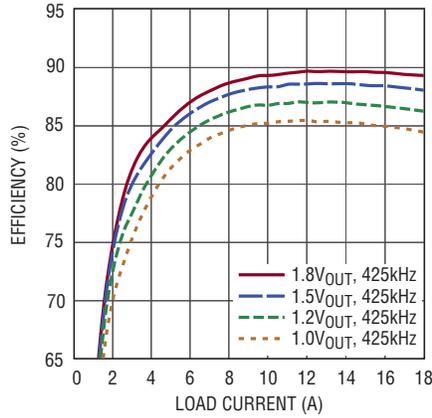
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 。

シングル出力の効率、
5V 入力、 $V_{IN} = SV_{IN} = INTV_{CC} = 5\text{V}$ 、
CCM モード



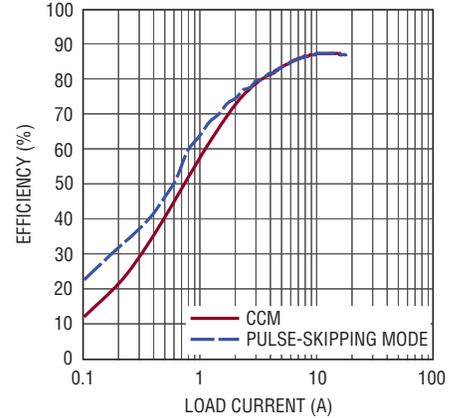
4677 G01

シングル出力の効率、
12V 入力、 $V_{IN} = SV_{IN} = 12\text{V}$ 、
 $INTV_{CC}$ 開放、CCM モード



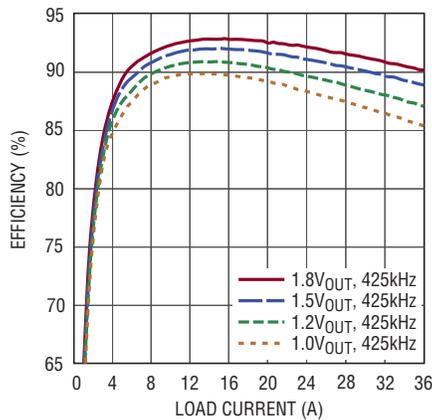
4677 G02

シングル出力パルス・スキップ・モードの効率、 $V_{IN} = SV_{IN} = 12\text{V}$ 、 $INTV_{CC}$ 開放、12V 入力/1.5V 出力、425kHz



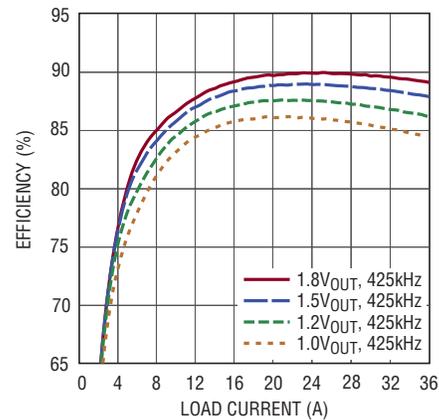
4677 G03

デュアル・フェーズ、シングル出力の
効率、5V 入力、 $V_{IN} = SV_{IN} = INTV_{CC} = 5\text{V}$ 、 V_{OUT0} と V_{OUT1} を並列接続した
CCM モード



4677 G04

デュアル・フェーズ、シングル出力の
効率、12V 入力、 $V_{IN} = SV_{IN} = 12\text{V}$ 、
 $INTV_{CC}$ 開放、 V_{OUT0} と V_{OUT1} を並列
接続した CCM モード



4677 G05

標準的性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 。

シングル・チャンネル負荷トランジェント応答 (50% から 100% への負荷ステップ、9A/ μs 、12V 入力/1.0V 出力)

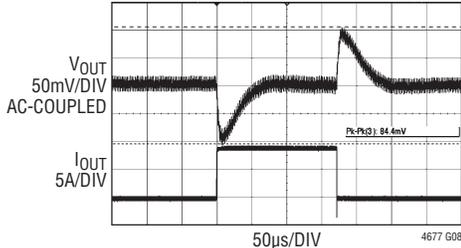


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, INTV_{CC} OPEN
C_{OUT} = 6 • 100 μF , 6.3V CERAMIC ONLY, EXTERNAL COMPENSATION, COMPb = 8.25k + 2200pF

シングル・チャンネル負荷トランジェント応答 (50% から 100% への負荷ステップ、9A/ μs 、12V 入力/1.5V 出力)

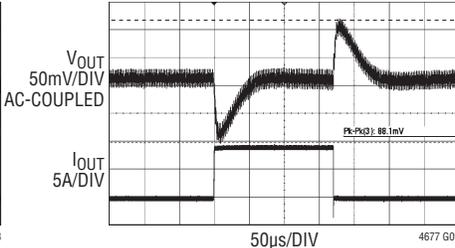


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, INTV_{CC} OPEN
C_{OUT} = 6 • 100 μF , 6.3V CERAMIC ONLY, EXTERNAL COMPENSATION, COMPb = 8.25k + 2200pF

シングル・チャンネル負荷トランジェント応答 (50% から 100% への負荷ステップ、9A/ μs 、5V 入力/1.0V 出力)

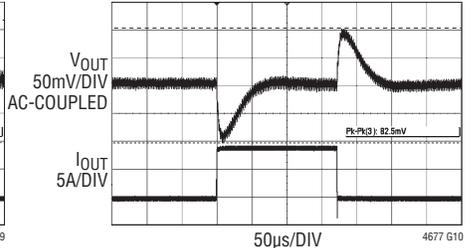


FIGURE 27 CIRCUIT AT 5V_{IN}, INTV_{CC} = 5V_{IN}
C_{OUT} = 6 • 100 μF , 6.3V CERAMIC ONLY, EXTERNAL COMPENSATION, COMPb = 8.25k + 2200pF

シングル・チャンネル負荷トランジェント応答 (50% から 100% への負荷ステップ、9A/ μs 、5V 入力/1.5V 出力)

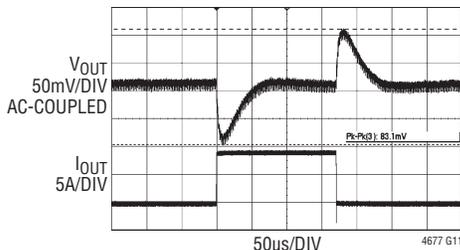


FIGURE 27 CIRCUIT AT 5V_{IN}, INTV_{CC} = 5V_{IN}
C_{OUT} = 6 • 100 μF , 6.3V CERAMIC ONLY, EXTERNAL COMPENSATION, COMPb = 8.25k + 2200pF

デュアル出力並行レールの起動/シャットダウン

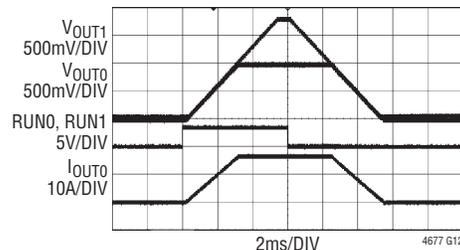


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, 18A LOAD ON V_{OUT0}, NO LOAD ON V_{OUT1}
TON_RISE₀ = 3ms TON_RISE₁ = 5.297ms
TOFF_DELAY₀ = 2.43ms TOFF_DELAY₁ = 0ms
TOFF_FALL₀ = 3ms TOFF_FALL₁ = 5.328ms
ON_OFF_CONFIG_n = 0x1E

デュアル出力並行レールのプリバイアスされた負荷での起動/シャットダウン

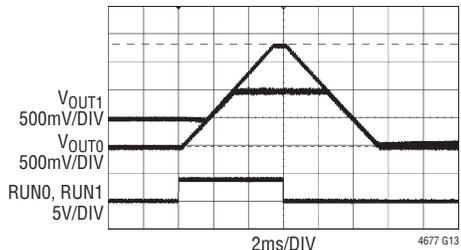


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, 18A LOAD ON V_{OUT0}, NO LOAD ON V_{OUT1}
V_{OUT1} IS PRE-BIASED TO 500mV THROUGH A DIODE
TON_RISE₀ = 3ms TON_RISE₁ = 5.297ms
TOFF_DELAY₀ = 2.43ms TOFF_DELAY₁ = 0ms
TOFF_FALL₀ = 3ms TOFF_FALL₁ = 5.328ms
ON_OFF_CONFIG_n = 0x1E

無負荷時のシングル・フェーズ・シングル出力短絡からの保護

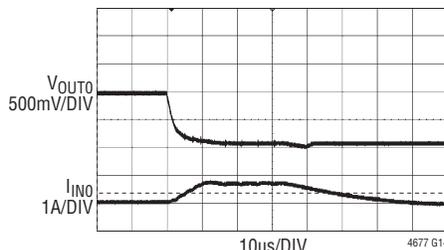


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, NO LOAD ON V_{OUT0} PRIOR TO APPLICATION OF SHORT CIRCUIT

最大負荷時のシングル・フェーズ・シングル出力短絡からの保護

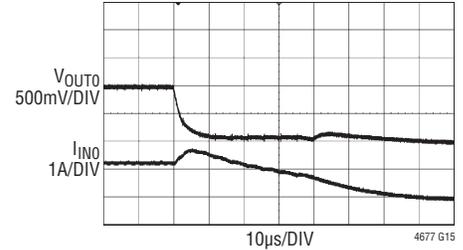
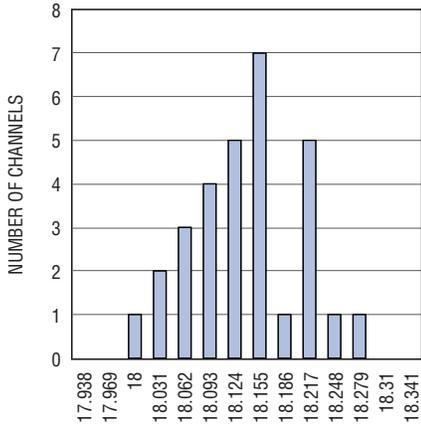


FIGURE 55 CIRCUIT AT 12V_{IN}, 18A LOAD ON V_{OUT0} PRIOR TO APPLICATION OF SHORT CIRCUIT

標準的性能特性

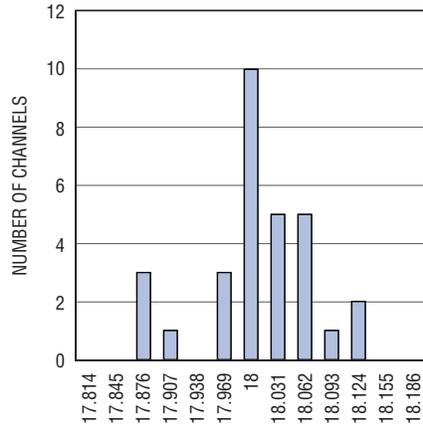
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 。

30個のLTM4677チャンネル
(DC2066A)のREAD_IOUT、
 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 18\text{A}$ 、システムが熱的安定状
態、エアフローなし



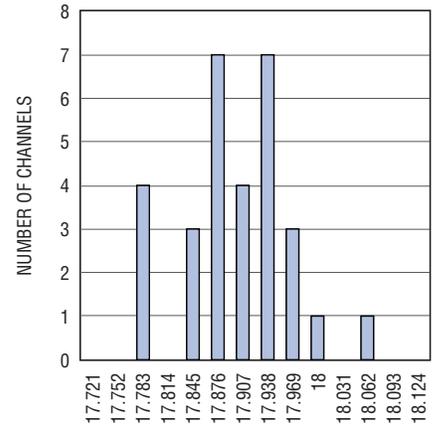
READ_IOUT CHANNEL READBACK (A) 4677 G22

30個のLTM4677チャンネル
(DC2066A)のREAD_IOUT、
 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 18\text{A}$ 、システムが熱的安定状
態、エアフローなし



READ_IOUT CHANNEL READBACK (A) 4677 G23

30個のLTM4677チャンネル
(DC2066A)のREAD_IOUT、
 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 、
 $I_{OUTn} = 18\text{A}$ 、システムが熱的安定状
態、エアフローなし



READ_IOUT CHANNEL READBACK (A) 4677 G24

ピン機能



パッケージの行と列のラベルは μ Module 製品間で異なります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

GND (A4, A6 ~ A10, B4 ~ B9, C4, C6 ~ C9, D4, D7, E3, F3, F10, G3, G10 ~ G12, H3, H10, J4, J10, K4, K7 ~ K9, L4 ~ L9, M4, M6 ~ M10) : LTM4677 の電源グラウンド。V_{OUT0} および V_{OUT1} の電源リターン。

V_{OUT0} (A1 ~ A3, B1 ~ B3, C1 ~ C3, D1 ~ D3) : チャンネル0の出力電圧。

V_{OSNS0}⁺ (D9) : チャンネル0の正の差動電圧検出入力。V_{OSNS0}⁺ と V_{OSNS0}⁻ を組み合わせて、V_{OUT0} の負荷ポイント (POL) で V_{OUT0} の出力電圧をケルビン検出し、差動帰還信号をチャンネル0の帰還ループに直接供給することができます。シリアル・バスにより、V_{OUT0} の目標レギュレーション電圧を指定します。S_V_{IN} のパワーアップ時の初期コマンド値はNVM (不揮発性メモリ) の内容 (出荷時デフォルト値: 1.000V) で決定されるか、または設定抵抗によって設定することができます。V_{OUT0}CFG、V_{TRIM0}CFG、および「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

V_{OSNS0}⁻ (E9) : チャンネル0の負の差動電圧検出入力。V_{OSNS0}⁺ を参照してください。

V_{ORBO}⁺ (D10) : チャンネル0の正の読み出しピン。LTM4677 の内部で V_{OSNS0}⁺ に短絡されています。必要に応じて、このノードにテスト・ポイントを設置し、ユーザーのハードウェア (例えば、組み立て後の回路テスト (ICT) プロセスではマザーボード) で V_{OUT0} までのインピーダンスを測定することにより、V_{OSNS0}⁺ と V_{OUT0} の間の帰還信号の接続の完全性を検証する手段を提供できます。

V_{ORBO}⁻ (E10) : チャンネル0の負の読み出しピン。LTM4677 の内部で V_{OSNS0}⁻ に短絡されています。必要に応じて、このノードにテスト・ポイントを設置し、ユーザーのハードウェア (例えば、組み立て後の ICT プロセスではマザーボード) で GND までのインピーダンスを測定することにより、V_{OSNS0}⁻ と GND (V_{OUT0} の電源リターン) の間の帰還信号の接続の完全性を検証する手段を提供できます。

V_{OUT1} (J1 ~ J3, K1 ~ K3, L1 ~ L3, M1 ~ M3) : チャンネル1の出力電圧。

V_{OSNS1} (H9) : チャンネル1の正電圧検出入力。シリアル・バスにより、V_{OUT1} の目標レギュレーション電圧を指定します。S_V_{IN} のパワーアップ時の初期コマンド値はNVM (不揮発性メモリ) の内容 (出荷時デフォルト値: 1.000V) で決定されるか、または設定抵抗によって設定することができます。V_{OUT1}CFG、V_{TRIM1}CFG、および「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

SGND (F7 ~ F8, G7 ~ G8) : SGND は LTM4677 の信号グラウンドのリターン・パスです。SGND は内部で GND に接続されていません。LTM4677 のローカル GND に SGND を接続します。

V_{ORB1} (J9) : チャンネル1の正の読み出しピン。LTM4677 の内部で V_{OSNS1} に短絡されています。オプションとして、このノードにテスト・ポイントを設置し、ユーザーのハードウェア (例えば、組み立て後の ICT プロセスではマザーボード) で V_{OUT1} までのインピーダンスを測定することにより、V_{OUT1} と V_{OSNS1} の間の帰還信号の接続の完全性を検証する手段を提供できます。

V_{IN0} (A11 ~ A12, B11 ~ B12, C11 ~ C12, D11 ~ D12, E12) : チャンネル0のスイッチング段への正電源入力。降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルを処理するため、積層セラミック・コンデンサ (MLCC) や低 ESR 電解コンデンサ (または同等品) の十分なデカップリング容量を確保してください。MLCC は LTM4677 に物理的にできるだけ近づけて配置します。「アプリケーション情報」のセクションのレイアウトに関する推奨事項を参照してください。

V_{IN1} (H12, J11 ~ J12, K11 ~ K12, L11 ~ L12, M11 ~ M12) : チャンネル1のスイッチング段への正電源入力。降圧スイッチング段からの反射入力電流リップルを処理するため、MLCC や低 ESR 電解コンデンサ (または同等品) の十分なデカップリング容量を確保してください。MLCC は LTM4677 に物理的にできるだけ近づけて配置します。「アプリケーション情報」のセクションのレイアウトに関する推奨事項を参照してください。

SW₀ (B10) : チャンネル0の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テスト目的、または EMI スナバに使用されます。必要であれば、ローカル・テスト・ポイントまで短距離の配線をしてチャンネル0のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くに配線しないでください。これ以外の場合は、電氣的絶縁状態 (開放) のままにします。

ピン機能

SW₁ (L10) : チャネル1の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テスト目的、またはEMIスナバに使用されます。必要であれば、ローカル・テスト・ポイントまで短距離の配線をしてチャネル1のスイッチング動作をモニタできますが、敏感な信号の近くに配線しないでください。これ以外の場合は、開放のままにします。

SV_{IN} (F11 ~ F12) : LTM4677の内部制御ICの入力電源。ほとんどのアプリケーションでは、SV_{IN}はV_{IN0}やV_{IN1}に接続されます。この場合、V_{IN0}/V_{IN1}用に既に確保されている以上の外付けデカップリングは不要です。SV_{IN}がV_{IN0}/V_{IN1}とは別に補助電源で動作する場合、このピンはコンデンサ(0.1μF ~ 1μF)でGNDにデカップリングします。

INTV_{CC} (F9, G9) : 内部レギュレータ、5V出力。LTM4677が5.75V ≤ SV_{IN} ≤ 16Vで動作する場合、LDOがSV_{IN}からINTV_{CC}を生成し、LTM4677の内部制御回路とMOSFETドライバをバイアスします。外付けデカップリングは不要です。RUN_nピンの状態に関係なくINTV_{CC}は安定化されます。LTM4677が4.5V ≤ SV_{IN} < 5.75Vで動作する場合、INTV_{CC}をSV_{IN}に短絡させる必要があります。

V_{DD33} (J7) : 内部で生成される3.3V電源の出力ピン。GPI_O_n、SHARE_CLK、およびSYNCに必要なプルアップ抵抗の外部電流の供給に使用されるのはこのピンだけです。また、このピンは、RUN_n、SDA、SCL、およびALERTのプルアップ抵抗の外部電流の供給に使用することもできます。外付けデカップリングは不要です。

V_{DD25} (J6) : 内部で生成される2.5V電源の出力ピン。このピンには外部電流を流さないでください。このピンは、内部ロジックのバイアスだけに使用され、構成設定ピンに接続された内部プルアップ抵抗に電流を供給します。外付けデカップリングは不要です。

ASEL (G4) : シリアル・バスのアドレス設定ピン。どのようなI²C/SMBusのシリアル・バス・セグメントにおいても、すべてのデバイスに固有のスレーブ・アドレスが必要です。このピンを開放のままにすると、LTM4677はパワーアップ時に0x4F(16進数)、つまり、1001111_bのデフォルト・スレーブ・アドレスになります(この文書では業界標準の表記である7ビット・スレーブ・アドレス指定が使用されています)。ASELピンからSGNDに抵抗を接続することにより、LTM4677のスレーブ・アドレスの下位4ビットをこのデフォルト値から変更することができます。特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検出できるように、容量を最小限に抑えてください。

FSWPHCFG (H4) : スwitching周波数、チャネルの位相インターリーブ角、およびSYNCに対する位相関係の設定ピン。このピンを開放のままにするか、またはLTM4677をピンストラップ(RCONFIG)抵抗を無視するように設定する(つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b)と、LTM4677のswitching周波数(FREQUENCY_SWITCH)とチャネルの位相関係(SYNCクロックを基準にしたMFR_PWM_CONFIG[2:0])が、SV_{IN}のパワーアップ時にLTM4677のNVMの内容によって決まります。出荷時デフォルト値は、500kHz動作、0°でのチャネルが0、180°でのチャネルが1です。この文書の表記では、0°の位相角はチャネルのスイッチ・ノードの立ち上がり角がSYNCパルスの立ち下がりエッジに一致していることを表します。このピンからSGNDに抵抗を接続する(および、NVMの出荷時デフォルト設定値のMFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bを使用する)ことにより、同一のNVMの内容で複数のLTM4677を異なる動作switching周波数に設定する方法、および内部モジュールや外部モジュールを並列接続したチャネルの位相インターリーブ角を設定する方法が容易になります。これらはすべて、GUIの介入や「顧客があらかじめプログラムした」モジュールのNVMの内容を必要としません。(「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検出できるように、容量を最小限に抑えてください。

V_{OUT0}CFG (G5) : V_{OUT0}の出力電圧選択ピン、微調整されない設定。V_{OUT0}CFGピンとV_{TRIM0}CFGピンの両方を開放のままにするか、またはLTM4677をピンストラップ(RCONFIG)抵抗を無視するように設定する(つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b)と、LTM4677の目標V_{OUT0}出力電圧の設定値(V_{OUT_COMMAND0})、ならびに関連するパワーグッド、OV/UV警告、およびフォルトしきい値がSV_{IN}のパワーアップ時にLTM4677のNVMの内容によって決まります。このピンからSGNDに接続された抵抗、V_{TRIM0}CFGの抵抗ピンの設定値、およびNVMの出荷時デフォルト設定値のMFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bを組み合わせて使用することにより、LTM4677のチャネル0の出力をパワーアップ時にNVMの内容と異なるV_{OUT_COMMAND}値(ならびに、関連する出力電圧モニタおよび保護/フォルト検出しきい値)になるように設定できます。(「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)このようにして、V_{OUT0}CFGからSGNDに、またはV_{TRIM0}CFGからSGNDに抵抗を接続することにより、同一のNVMの内容で複数のLTM4677を異なる出力電圧に設定する方法が容易になります。これらはすべて、GUIの介入や「顧客があらかじめプログラムした」モジュールのNVMの内容を必要としません。特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検

ピン機能

出できるように、容量を最小限に抑えてください。V_{OUT0}CFG/V_{TRIM0}CFGにRCONFIGを使用すると、V_{OUT0}の範囲設定(MFR_PWM_MODE₀[1])とループ利得に影響を与える可能性がある点に注意してください。

V_{TRIM0}CFG (H5) : V_{OUT0}の出力電圧選択ピン、微調整された設定。V_{OUT0}CFGと組み合わせて、SV_{IN}のパワーアップ時にチャンネル0のVOUT_COMMAND(ならびに、関連する出力電圧モニタおよび保護/フォルト検出しきい値)を決定します。(V_{OUT0}CFGおよび「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検出できるように、容量を最小限に抑えてください。V_{OUT0}CFG/V_{TRIM0}CFGにRCONFIGを使用すると、V_{OUT0}の範囲設定(MFR_PWM_MODE₀[1])とループ利得に影響を与える可能性がある点に注意してください。

V_{OUT1}CFG (G6) : V_{OUT1}の出力電圧選択ピン、微調整されない設定。V_{OUT1}CFGピンとV_{TRIM1}CFGピンの両方を開放のままにするか、またはLTM4677をピンストラップ(RCONFIG)抵抗を無視するように設定する(つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b)と、LTM4677の目標V_{OUT1}出力電圧の設定値(VOUT_COMMAND₁)、ならびに関連するOV/UV警告、およびフォルトしきい値がSV_{IN}のパワーアップ時にLTM4677のNVMの内容によって決まります。これは、V_{OUT0}CFGピンとV_{TRIM0}CFGピンによってV_{OUT0}/チャンネル0のそれぞれの設定値が決まると全く同様です。(V_{OUT0}CFG、V_{TRIM0}CFG、および「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検出できるように、容量を最小限に抑えてください。V_{OUT1}CFG/V_{TRIM1}CFGにRCONFIGを使用すると、V_{OUT1}の範囲設定(MFR_PWM_MODE₁[1])とループ利得に影響を与える可能性がある点に注意してください。

V_{TRIM1}CFG (H6) : V_{OUT1}の出力電圧選択ピン、微調整された設定。V_{OUT1}CFGと組み合わせて、SV_{IN}のパワーアップ時にチャンネル1のVOUT_COMMAND(ならびに、関連する出力電圧モニタおよび保護/フォルト検出しきい値)を決定します。(V_{OUT1}CFGおよび「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)特にピンを開放のままにする場合は、ピンの状態を正確に検出できるように、容量を最小限に抑えてください。V_{OUT1}CFG/V_{TRIM1}CFGにRCONFIGを使用すると、V_{OUT1}の範囲設定(MFR_PWM_MODE₁[1])とループ利得に影響を与える可能性がある点に注意してください。

SYNC (E7) : PWMクロック同期入力およびオープン・ドレイン出力ピン。FREQUENCY_SWITCHコマンドを設定することにより、LTM4677が「同期マスタ」のモジュールになるか、または「同期スレーブ」のモジュールになるかが決まります。LTM4677が同期マスタの場合、FREQUENCY_SWITCHにはPMBusリニア・データ形式で指定されたチャンネル0とチャンネル1のスイッチング周波数が含まれ、この指定されたレートでSYNCピンを500nsの間同時に“L”に駆動します。これに対して、同期スレーブではMFR_CONFIG_ALL[4] = 1_bが使用され、SYNCピンが“L”に引き下げられることはありません。LTM4677のPLLはLTM4677のPWMクロックをSYNCピンの波形に同期させるので、LTM4677が同期マスタであるか同期スレーブであるかに関係なく、アプリケーションでは3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。例外：SYNCピンを外部クロックで駆動することは許容されています。詳細は、「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。

SCL (E6) : シリアル・バスのクロックのオープン・ドレイン入力(クロック・ストレッチがイネーブルされている場合、入力と出力が可能)。名目上このクロックを駆動するSMBusマスタへのデジタル通信のアプリケーションでは、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。SCLの通信速度が100kHzを超えない限り、LTM4677がクロック・ストレッチを作動させる必要性が生じることはありませんが、その場合でも、MFR_CONFIG_ALL[1] = 1_bを設定することによってクロック・ストレッチがイネーブルされない限り、LTM4677はクロック・ストレッチを行いません。NVMの構成設定の出荷時デフォルト値はMFR_CONFIG_ALL[1] = 0_bで、クロック・ストレッチはディスエーブルされています。100kHzを超えるクロック速度でのバスの通信が必要な場合、ユーザーのSMBusマスタはクロック・ストレッチをサポートして安定したシリアル・バス通信を保証する必要があります。この場合だけMFR_CONFIG_ALL[1]を1_bに設定します。クロック・ストレッチがイネーブルされると、SCLはLTM4677の双方向オープン・ドレイン出力ピンになります。

SDA (D6) : シリアル・バスのデータのオープン・ドレイン入力/出力。アプリケーション回路には3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

ALERT (E5) : オープンドレインのデジタル出力。SMBusシステムにSMBALERT割り込み検出が実装されている場合のみ、アプリケーションに3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

ピン機能

SHARE_CLK (H7) : 共有クロック、双方向オープンドレインのクロック共有ピン。公称 100kHz です。複数の LTM4677 (および、SHARE_CLK ピンを備えたりニアテクノロジーの他のすべてのデバイス) の間のタイムベースを同期化するのに使用され、電源レールのシーケンス制御やトラッキング制御を明確に規定します。このようなすべてのデバイスの SHARE_CLK ピンは互いに接続します。SHARE_CLK ピンを備えたすべてのデバイスは最速のクロックに同期化されます。デバイス間のタイムベースを同期化するときに必要なのは、3.3V へのプルアップ抵抗だけです。

GPIO₀, GPIO₁ (それぞれ E4, F4) : プログラム可能な汎用デジタル入力/出力。オープンドレイン出力または高インピーダンス入力。LTM4677 の NVM の出荷時デフォルト設定値は MFR_GPIO_PROPAGATE_n が 0x6893 で、MFR_GPIO_RESPONSE_n が 0xC0 であり、以下のとおりです。(1) チャンネル OT (過熱) や出力 UV/OV などのチャンネル固有のフォルト状態が検出されると、各 GPIO_n ピンがロジック“L”になる。(2) 入力 OV や制御 IC の OT などのチャンネル固有でないフォルト状態が検出されると、両方の GPIO_n ピンがロジック“L”になる。(3) LTM4677 は、チャンネル 0 とチャンネル 1 の GPIO_n ピンがロジック“L”になると、それぞれのチャンネルのスイッチング動作を停止する。最も重要なことは、このデフォルト設定が、スイッチング動作の開始、停止、再開の適切な調整と出力電圧のレギュレーションを一斉に行う点で、他の LTM4677 のチャンネルと並列接続した LTM4677 の優れた統合と相互運用を提供することです。これらはすべて、GUI の介入や「顧客があらかじめプログラムした」モジュールの NVM の内容を必要としません。大部分のアプリケーションで適切に動作させるためには、GPIO_n から 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。(LTM4677 の MFR_GPIO_RESPONSE_n の値が 0x00 に設定されている場合のみプルアップは不要です。詳細は、「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。)

WP (K6) : アクティブ“H”の書き込み保護ピン。このピンは 10μA の内部電流源によって V_{DD33} に引き上げられています。WP が開放状態またはロジック“H”のときにサポートされるのは、PAGE、OPERATION、CLEAR_FAULTS、MFR_CLEAR_PEAKS、および MFR_EE_UNLOCK への I²C 書き込みだけです。さらに、各フォルトは、先頭に“STATUS”が付いたレジスタの対象となるビットに 1_b を書き込むことによってクリアすることができます。WP が“L”の場合、I²C 書き込みは制限されません。

RUN₀, RUN₁ (それぞれ F5, F6) : それぞれチャンネル 0 とチャンネル 1 の起動入力をイネーブルします。オープン・ドレインの入力/出力。これらのピンをロジック“H”にすると、LTM4677 のそれぞれの出力がイネーブルされます。これらのオープン・ドレイン出力ピンは、LTM4677 のリセットが解除されて SV_{IN} の電圧が VIN_ON を超えたことが検出されるまで“L”状態を保ちます。アプリケーション回路には 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。グローバル・フォルトまたはチャンネル固有のフォルト(これらのフォルトの応答がラッチオフさせてレギュレーションを停止させる)が生じると、LTM4677 は必要に応じて RUN₀ または RUN₁ を“L”にします。このような場合、モジュールを再起動させるために、I²C を介した CLEAR_FAULTS コマンドの発行または SV_{IN} の電源サイクルが必要です。RUN は、低インピーダンス・ソースでロジック“H”にしないでください。

TSNS_{0a}, TSNS_{0b} (それぞれ D5, C5) : それぞれ、チャンネル 0 の温度の励起/測定ピンと熱センサ・ピン。TSNS_{0a} を TSNS_{0b} に接続します。これにより、LTM4677 がチャンネル 0 の電力段の温度をモニタできるようになります。

TSNS_{1a}, TSNS_{1b} (それぞれ J5, K5) : それぞれ、チャンネル 1 の温度の励起/測定ピンと熱センサ・ピン。ほとんどのアプリケーションでは、TSNS_{1a} を TSNS_{1b} に接続します。これにより、LTM4677 がチャンネル 1 の電力段の温度をモニタできるようになります。TSNS_{1a} を使ってモジュール外部の温度センサ(例えば、マイクロプロセッサのダイの PN 接合)をモニタする方法の詳細については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

ピン機能

COMP_{0a}、COMP_{1a} (それぞれ E8、H8) : それぞれ、チャンネル0とチャンネル1の電流制御しきい値およびエラーアンプの補償ノード。各チャンネルの電流コンパレータのトリップしきい値は、各COMP_{na}電圧が上昇するに従って上がります。LTM4677では、これらのCOMPピン(SGNDに終端)に内蔵された小容量のフィルタ・コンデンサ(22pF)がエラーアンプの高周波数ロールオフ応答を与えるので、制御ループでのノイズ除去が優れています。COMP_{0b}/COMP_{1b}を参照してください。

ISNS0a⁺、ISNS0b⁺ (それぞれ F2、F1) : 内部無接続ピン。LTM4676AおよびLTM4675との後方互換性を持たせるためには、このピンを互いに接続します。

ISNS1a⁺、ISNS1b⁺ (それぞれ H2、H1) : 内部無接続ピン。LTM4676AおよびLTM4675との後方互換性を持たせるためには、このピンを互いに接続します。

ISNS0a⁻、ISNS0b⁻ (それぞれ E2、E1) : 内部無接続ピン。LTM4676AおよびLTM4675との後方互換性を持たせるためには、このピンを互いに接続します。

ISNS1a⁻、ISNS1b⁻ (それぞれ G2、G1) : 内部無接続ピン。LTM4676AおよびLTM4675との後方互換性を持たせるためには、このピンを互いに接続します。

COMP_{0b}、COMP_{1b} (それぞれ D8、J8) : それぞれ、チャンネル0とチャンネル1の内部ループ補償ネットワーク用のピン。大部分のアプリケーションでは、LTM4677のデフォルト・ループ補償を「そのまま」適用し、非常に良好な結果が得られます。COMP_{0a}をCOMP_{0b}に、COMP_{1a}をCOMP_{1b}にそれぞれ接続するだけで、チャンネル0とチャンネル1の制御ループにデフォルト・ループ補償が適用されます。これに対して、特定のアプリケーションで制御ループ応答の最適化に手を加える必要がある場合、必要に応じて、COMP_{0a}またはCOMP_{1a}からのR-Cネットワーク(SGNDに終端)を接続し、COMP_{0b}またはCOMP_{1b}を開放のままにすることにより、容易に実行できます。

DNC (C10、E11、H11、K10) : これらのピンは外部回路に接続しないでください。これらのピンはフロート状態にしてください。機械的な品質を確保するため、これらのピンはPC基板の実装パッドに半田付けしてください。

SNUB₀ (A5) : チャンネル0のスイッチング段のスナバ・コンデンサへの入力。SNUB₀からGNDにオプションの抵抗を接続して放射EMIを低減できますが、唯一のマイナス面として電力変換効率がわずかに低下します。「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。これ以外の場合はこのピンを開放のままにします。

SNUB₁ (M5) : チャンネル1のスイッチング段のスナバ・コンデンサへの入力。SNUB₁からGNDにオプションの抵抗を接続して放射EMIを低減できますが、唯一のマイナス面として電力変換効率がわずかに低下します。「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。これ以外の場合はこのピンを開放のままにします。

簡略ブロック図

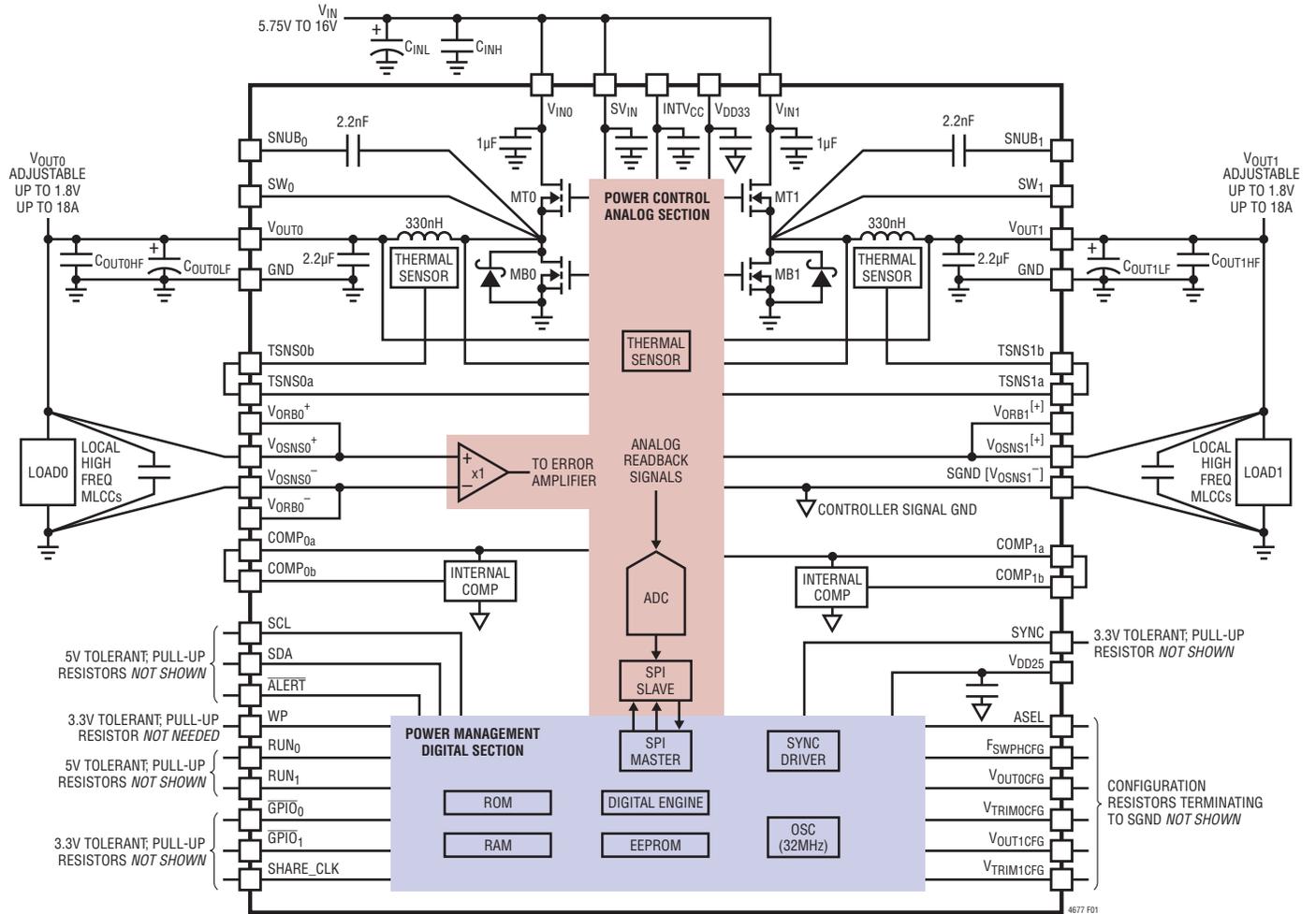


図1.LTM4677の簡略ブロック図

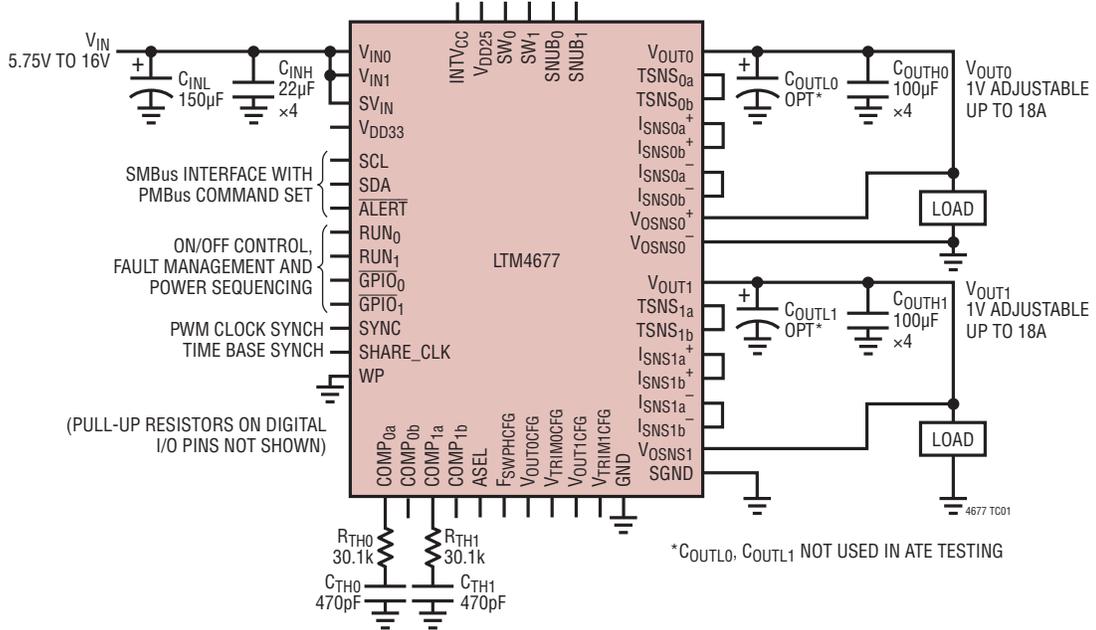
デカップリングの要件

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 。図1の構成を使用。

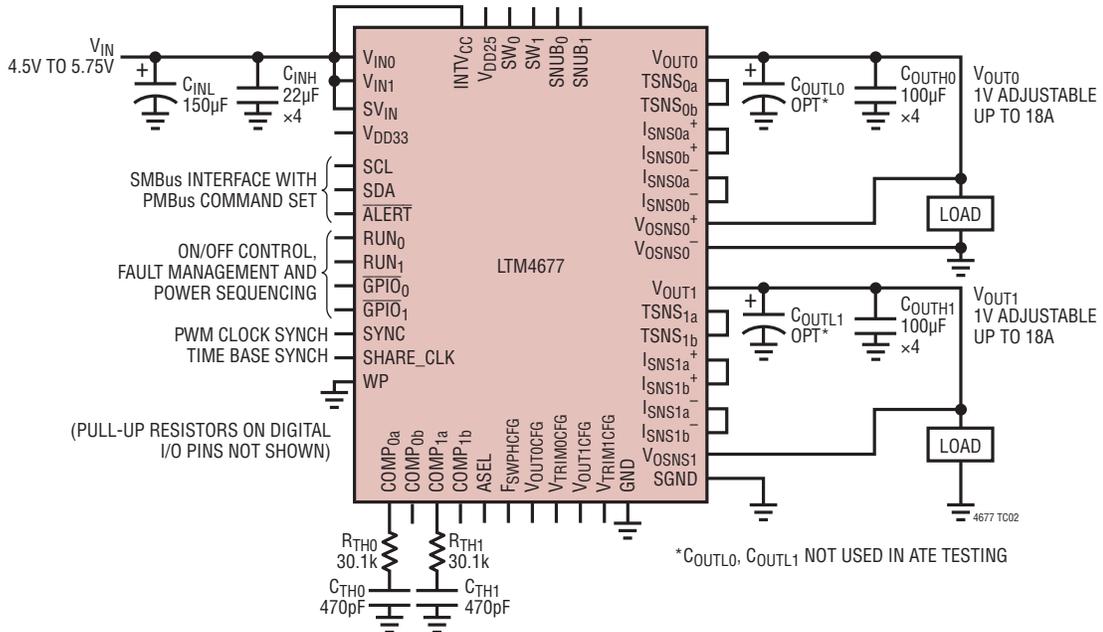
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
C_{INH}	External High Frequency Input Capacitor Requirement ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$, V_{OUTn} Commanded to 1.000V)	$I_{OUT0} = 18\text{A}$ $I_{OUT1} = 18\text{A}$		44		μF
C_{OUTnHF}	External High Frequency Output Capacitor Requirement ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$, V_{OUTn} Commanded to 1.000V)	$I_{OUT0} = 18\text{A}$ $I_{OUT1} = 18\text{A}$		400	400	μF

テスト回路

テスト回路1. LTM4677の高 V_{IN} 動作範囲に構成されたATE、 $5.75V \leq V_{IN} \leq 16V$



テスト回路2. LTM4677の低 V_{IN} 動作範囲に構成されたATE ($4.5V \leq V_{IN} \leq 5.75V$)



動作

電源モジュールの概要

LTM4677は、高度な設定が可能なデュアル18A出力のスタンダードアロン非絶縁型スイッチング・モード降圧DC/DC電源で、EEPROMのNVM（不揮発性メモリ）と、400kHzのSCLバス速度が可能なI²CベースのPMBus/SMBus2線シリアル通信インタフェースを内蔵しています。2つの出力電圧（V_{OUT0}とV_{OUT1}（まとめてV_{OUTn}））は、入力コンデンサ、出力コンデンサ、プルアップ抵抗の数少ない部品を使って安定化することができます。平均入力/出力電圧および電流、チャネルのPWMデューティ・サイクル、およびモジュール温度の読み出された遠隔測定データは、内蔵16ビットADC（A/Dコンバータ）によって絶えず周期的にデジタル化されます。多くのフォルトしきい値と応答がカスタマイズ可能です。フォルトが生じると、データは自律的にEEPROMに保存され、この結果生じるフォルト・ログを解析するために、後でI²Cを介して読み出すことができます。

LTM4677は正確に安定化された0.6VDC～1.8VDC（1VDCより上では±0.5%、1VDCより下では±5mV）の出力電圧を供給します。目標出力電圧は、ピンストラップ抵抗（V_{OUTn}CFGピンおよびV_{TRIMn}CFGピン）やNVM/レジスタの設定値に従って設定するか、またはI²Cインタフェースを介して動作中に変更することができます。NVMの出荷時デフォルト値は、スイッチング周波数が500kHzに、2つのチャネル間の位相インターリーブ角が180°に設定されています。チャネルのスイッチング周波数、位相角、およびSYNCピンの波形の立ち下がりエッジとの位相関係は、ピンストラップ抵抗（F_{SWPH}CFGピン）やNVM/レジスタの設定値に従って設定できますが、安定化動作時には設定できません。モジュールの7ビットのI²Cスレーブ・アドレスのデフォルト値はパワーアップ時にMFR_ADDRESS[6:0]から取り出される値（出荷時デフォルト値：0x4F）ですが、アドレスの下位4ビットはASELピンにピンストラップ抵抗を接続することによって設定できます。MFR_ADDRESSのビット[6:4]は、EEPROMに書き込んで保存することができます。ASEL抵抗のピンストラップとユーザーが設定できるMFS_ADDRESS[6:4]の範囲で、LTM4677は望みの任意の7ビットのスレーブ・アドレスをとることができます。ASELピンを除き、モジュールは必要に応じて、ピンストラップ抵抗をすべて無視するように設定できます（MFR_CONFIG_ALL[6]を参照してください）。

LTM4677がサポートするPMBusコマンドの一覧を表1に示します。サポートしているコマンド、ペイロード、データ形式の詳細については、付録C「PMBusコマンドの詳細」を参照してください。

PMBusの仕様に関する紹介情報については、付録A「PMBus、SMBus、I²C 2線インタフェース間の類似性」を参照してください。データ通信リンク層に関する情報とタイミング図については、付録B「PMBusシリアル・デジタル・インタフェース」を参照してください。

あくまでもDC/DCコンバータの電力供給の観点から見たLTM4677の大きな特長は以下のとおりです。

- 2つの内蔵電力段のそれぞれから最大18Aの出力電流を供給し（表紙の図を参照）、2つの電力段を結合すると最大36Aの出力電流を供給します（図27を参照）。
- 広い入力電圧範囲：5.75V～16Vの入力からのDC/DC降圧変換（図55を参照）。
- SV_{IN}をINTV_{CC}に接続した、4.5V～5.75Vの入力からのDC/DC降圧変換（図27を参照）。
- SV_{IN}とINTV_{CC}に5Vの補助バイアス電源を供給する場合、4.5V以下の入力からのDC/DC降圧変換が可能（図28を参照）。
- 出力電圧範囲：0.5V～1.8V（V_{OUT0}、V_{OUT1}）
- V_{OUT0}（V_{OSNS0}⁺/V_{OSNS0}⁻）の差動リモート検出。並列接続された出力の場合、V_{OSNS0}⁺/V_{OSNS0}⁻のピン対はV_{OUT0}とV_{OUT1}の両方の帰還経路として設定することができます（図27、およびオプションとしてMFR_PWM_CONFIG[7]を参照）。
- シンク電流なしに、プリバイアスされた負荷への起動。
- 4個のLTM4677を並列接続して最大144Aを供給可能（図29を参照）。
- 1個のLTM4677を3個のLTM4630モジュールと並列接続して最大144Aを供給可能で、1個のLTM4677を介して、並列接続されたLTM4630の電源レール状態と遠隔測定値を推定します（図30を参照）。
- 軽負荷での効率を上げるのに有効な不連続モード動作（MFR_PWM_MODE_n[0]）。

動作

- 出力電流制限と過電圧保護。
 - 3つの温度センサを内蔵、過熱/低温保護。
 - 固定周波数のピーク電流モード制御。
 - 設定可能スイッチング周波数：250kHz～800kHz、外部クロックに同期可能、7つのチャンネル位相インターリーブを設定可能。
 - 外付けスナバ抵抗をモジュールに隣接して設置することにより、内蔵スナバ・コンデンサがEMIの低減を可能にします。
 - 内部ループ補償を装備、必要に応じて外部ループ補償を適用可能。
 - 高さの低い(16mm×16mm×5.01mm) BGAパッケージの電源ソリューションが必要とするのは、入力/出力コンデンサ、オープン・ドレイン・デジタル信号用の多くても9個のプルアップ抵抗、ピンストラップの可能なすべてのオプションを設定する多くても6個のプルダウン抵抗のみです。
- パワーシステム・マネージメント、電源レールのシーケンス制御、フォルトの監視および通知を可能にするLTM4677の特長は以下のとおりです。
- $\overline{\text{ALERT}}$ 割り込みピンを備えたI²CベースのPMBus/SMBus 2線シリアル通信インタフェース(SDA、SCL)、クロックの“L”期間を拡張して400kHzのバス通信速度を可能にするSCLクロック(拡張しない場合は100kHz)。
 - 設定可能な出力電圧。
 - 設定可能な入力低電圧コンパレータ(UVLOの立ち上がり、UVLOの立ち下がり)
 - 設定可能なスイッチング周波数。
 - 設定可能な電流制限。
 - 設定可能な出力過電圧/低電圧コンパレータ。
 - 設定可能なターンオンおよびターンオフ遅延時間。
 - 設定可能な出力の立ち上がり時間と立ち下がり時間。
 - 不揮発性メモリ(NVM EEPROM)への上記の設定やそれ以外の設定(必要に応じたスタンドアロン動作の実行、およびLTM4677の組み込み設計の現場での設定変更のイネーブル)。
 - 以下の遠隔測定データの監視および通知：出力と入力の平均電流および電圧、内部温度、および電力段のデューティ・サイクル(16ビットADCによって絶えず周期的にデジタル化される)。
 - 観測されるピーク出力電流および電圧、入力電圧、およびモジュール温度はポーリングおよびクリア/リセットが可能。
 - 100ms(公称)以下のADCのレイテンシ。
 - ラッチ型および非ラッチ型の各フォルトや警告の状態に対する監視、通知、および設定可能な応答で以下が含まれます(ただし、以下に限らない)。
 - 出力の過電圧/低電圧。
 - 入力(SV_{IN})の過電圧/低電圧。
 - モジュール入力および電力段出力の過電流。
 - モジュール電力段の過熱/低温。
 - 内部制御ICの過熱。
 - 通信、メモリ、およびロジック(CML)のフォルト。
 - フォルト状態の検出時のフォルト記録。LTM4677は、フォルト・ログをNVMに自動的にアップロードするように設定できます。このフォルト・ログは、稼働時間カウンタ、観測されるピーク遠隔測定値、フォルト・ログの書き込みをトリガしたフォルトが検出されるまでのADCデータの最新の6回の周期的読み出しから収集した遠隔測定値、およびそのADCの履歴に関連したフォルト・ステータスで構成されます。

動作

- 2つの設定可能な汎用オープン・ドレイン入力/出力ピン ($\overline{\text{GPIO}}_0$ 、 $\overline{\text{GPIO}}_1$)、これらの使用目的は以下のとおり。
 - システムの割り込み信号などのフォルト通知。
 - マルチフェーズ・システム/マルチレール・システムでの LTM4677 のターンオン/ターンオフの調整。
 - 下流の電源レールのターンオン/ターンオフを指示するフィルタを通していないパワーグッド信号 ($V_{\text{OUT}n}$ 低電圧コンパレータの出力) の伝達。
- 書き込み保護 (WP) ピン、および I²C を介した意図しない変更に対して RAM および NVM の内部設定を保護する設定可能な WRITE_PROTECT レジスタ。
- ASEL ピンの抵抗のピンストラップ設定とユーザーが編集可能な MFR_ADDRESS のビット [7:4] によって設定される任意の 7 ビット・スレーブ・アドレスを LTM4677 に割り当てることができます (デフォルト値は 0x4F)。
- 複数の LTM4677 の間で時間領域の同期を行うためのタイムベースの相互接続 (SHARE_CLK、100kHz の周波数)。
- 起動出力電圧、スイッチング周波数、およびチャンネル間位相のインターリーブ角を設定するためのオプションの外付け設定抵抗 (RCONFIG)。
- サポートされる 16 のスレーブ・アドレス (デフォルト値: 0x4F) で、ASEL ピンの抵抗のピンストラップによって設定されます。

設定可能な電源モジュールと読み出しデータ

データシートのこのセクションでは、I²C を介してアクセス可能な LTM4677 のすべての設定可能な機能と読み出し可能なデータを詳細に説明します。関連するコマンド・コード名はすべて大文字を使って表示されます (例えば、“VIN_ON”)。対象となる各レジスタ名に関連するコマンド・コード、ペイロード・サイズ、データ形式、および出荷時デフォルト値の詳細については、このデータシートの表 1 と“付録 C: PMBus コマンドの詳細”を参照してください。特定のレジスタの固有のレジスタ・ビットは角括弧 (つまり、“[”と“]”) を使って表します。レジスタの最下位ビット (LSB) はビット番号 0 に相当し、“[0]”で表されます。バイト長 (8 ビット長) レジスタの最上位ビットはビット番号 7 に相当し、“[7]”で表されます。ワード長 (16 ビット

長) レジスタの最上位ビット (MSB) はビット番号 15 に相当し、“[15]”で表されます。コロンを使ってレジスタの複数ビットを表すことができます。例えば、MFR_PWM_CONFIG レジスタのビット 2、1、0 は“MFR_PWM_CONFIG[2:0]”で示されます。ビットは 0_b または 1_b の値をとることができます。下付きの添え字 “_b” は数字の値が 2 進数であることを示します。16 進数の値は先頭に “0x” を付けて示されます。たとえば、10 進数の値 “89” は 0x59 と 01011001_b (8 ビット長の値)、および 0x0059 と 000000001011001_b (16 ビット長の値) で示されます。

このデータシートのさらに省略した表記はイタリック体の “*n*”、つまり、“*n*” です。“*n*” は 0 または 1 の値をとることが可能で、レジスタがページ指定されたコマンドであることを示す容易な方法を提供します。ページ指定コマンドは、レジスタ名が同じコマンド・コード値を持ちながら、チャンネル 0 (ページ 0、つまり、0x00) とチャンネル 1 (ページ 1、つまり、0x01) 用に個別に設定 (チャンネル固有の遠隔測定値を生成) することができます。したがって、“*n*” が付いていないレジスタは、根本的にグローバル (両方のチャンネル/出力に共通) なレジスタであると容易に識別されます。たとえば、レジスタ FREQUENCY_SWITCH によって指定されるスイッチング周波数の設定値は両方のチャンネルに共通で、“*n*” が付いていません。もう 1 つの例として、READ_VIN レジスタには SV_{IN} ピンの入力をデジタル化した電圧が含まれており、SV_{IN} が唯一の値なので両方のチャンネルに共通です。これに対して、コマンドによる公称出力電圧は、レジスタ VOUT_COMMAND_{*n*} によって示されます。“*n*” は VOUT_COMMAND がチャンネル 0 とチャンネル 1 に対して別々に設定可能なことを表します。ペイロードが 0x00 の PAGE コマンド (コマンド・コード 0x00) を実行すると、LTM4677 は、ページが変更されるまで、後続のすべての I²C トランザクションのチャンネル 0 に関するデータの書き込み/読み出しを行うように設定されます。ペイロードが 0x01 の PAGE コマンドを実行すると、LTM4677 は、ページが変更されるまで、後続のすべての I²C トランザクションのチャンネル 1 に関するデータの書き込み/読み出しを行うように設定されます。ペイロードが 0xFF の PAGE コマンドを実行すると、LTM4677 は、ページが変更されるまで、後続のすべての I²C 書き込みトランザクションのチャンネル 1 とチャンネル 0 に関するデータの書き込みを行うように設定されます。グローバル・レジスタからの読み出しとグローバル・レジスタへの書き込みでは、ページを 0xFF に設定する必要はありません。ページが 0xFF に設定されているときにチャンネル

動作

固有の(つまり、グローバルでない)レジスタから読み出すと、LTM4677はページ0x00の値(つまり、チャンネル0に固有のデータ)を通知します。

以下のリストはLTM4677の電源に関する機能を箇条書きにしたものです。これらの機能は、I²C通信(WP(書き込み保護)ピンおよびWRITE_PROTECTレジスタ値がI²C書き込みを許容する場合)とEEPROMの設定値によって設定可能です。

- 出力起動電圧(VOUT_COMMAND_n)、指定可能な最大出力電圧VOUT_MAX_n)。出力マージン・ハイ(VOUT_MARGIN_HIGH_n)およびマージン・ロー(VOUT_MARGIN_LOW_n)コマンド電圧、出力の過電圧/低電圧の警告およびフォルトしきい値(VOUT_OV_WARN_LIMIT_n、VOUT_OV_FAULT_LIMIT_n、VOUT_UV_WARN_LIMIT_nおよびVOUT_UV_FAULT_LIMIT_n)。さらに、MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bの場合、これらの値はSV_{IN}のパワーアップ時にVOUT0CFG、VTRIM0CFG、VOUT1CFG、またはVTRIM1CFGピンの抵抗のピンストラップに従って設定可能です。
- 遷移速度(ΔV/Δt)を含む動作中の出力電圧VOUT_TRANSITION_RATE_nで、VOUT_COMMAND_n、VOUT_MARGIN_HIGH_n、またはVOUT_MARGIN_LOW_nレジスタのいずれか、またはOPERATION_nレジスタへのI²C書き込みによって決まります。
- SV_{IN}ピンの電圧に基づく、上昇時入力低電圧ロックアウト(VIN_ON)および下降時入力低電圧ロックアウト(VIN_OFF)。
- スイッチング周波数(FREQUENCY_SWITCH)およびチャンネルの位相インターリーブ角(MFR_PWM_CONFIG[2:0])。ただし、これらのパラメータはLTM4677のチャンネルがオフ、つまり、スイッチングしていないときだけI²C通信を介して変更可能です。さらに、MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bの場合、これらのパラメータはSV_{IN}のパワーアップ時にFSWPHCFGピンの抵抗のピンストラップに従って設定可能です。

- 出力電圧のターンオン/ターンオフ・シーケンス制御および関連するウォッチドッグ・タイマは以下のとおりです。
 - 出力電圧のターンオン遅延時間(LTM4677が、スイッチング動作が開始する前に、例えばRUN_nピンのロジック“L”から“H”へのトグルによってオンするように指示されてからの時間遅延、TON_DELAY_n)。
 - 出力電圧のソフトスタート・ランプアップ時間(TON_RISE_n)。
 - LTM4677が、例えばRUN_nピンのロジック“L”から“H”へのトグルによってオンするように指示されてから許容された経過時間(TON_MAX_FAULT_LIMIT_n)の後、出力電圧が出力低電圧フォルトしきい値(VOUT_UV_FAULT_LIMIT_n)を超えないと、LTM4677の出力(VOUT_n)がタイムリーでないことが示されます。
 - 上記のTON_MAX_FAULT_LIMIT_nなどのすべてのイベントへのLTM4677の応答(TON_MAX_FAULT_RESPONSE_n)。
 - 出力電圧のソフトストップ・ランプダウン時間(TOFF_FALL_n)。
 - 出力電圧のターンオフ遅延時間(LTM4677が、スイッチング動作が停止する前に、例えばRUN_nピンのロジック“L”から“H”へのトグルによってオフするように指示されてからの時間遅延、TOFF_DELAY_n)。

動作

- 出力をオフするように指示されるか、またはフォルトに反応して出力をオフすると、LTM4677の出力 (V_{OUTn}) が「ハイ・インピーダンス」または「スリーステート」の高インピーダンスに設定され、電力段の MT_n と MB_n の両方がオフします。「直ちにオフ」が $ON_OFF_CONFIG_n[0] = 1_b$ であるのに対して、出力電圧を $TOFF_FALL_n$ や $TOFF_DELAY_n$ の設定値に従ってランプダウンするように設定するのが $ON_OFF_CONFIG_n[0] = 0_b$ です。
- LTM4677が出力をオフにする予定の時点から許容される時間 ($TOFF_MAX_WARN_LIMIT_n$) が経過した、つまり、 $TOFF_FALL_n$ によって指定された時間が終了した後、出力電圧が前の目標レギュレーション電圧の12.5%を下回らないと、LTM4677の出力 (V_{OUTn}) はタイムリーにパワーダウンしていないことが示されます。
- 設定可能な出力電圧の再起動時間。RUN_nピンが“L”に引き下げられた後で、LTM4677はRUN_nをロジック“L”にするので、最小時間(再起動遅延時間)が経過するまで出力を再起動することはできません。この遅延は、あらゆる電源レールに対する適切なシーケンシングを保証します。LTM4677によって処理される最小再起動遅延は ($TOFF_DELAY_n + TOFF_FALL_n + 136ms$) と指定される $MFR_RESTART_DELAY_n$ レジスタの値の長い方です。この遅延の終了時に、LTM4677はRUN_nピンを開放します。
- 設定可能なフォルト・ヒックアップ再試行遅延時間フォルトが生じたとき、LTM4677のこのフォルトに対するフォルト応答動作が、このフォルトがなくなった後で出力電圧のパワーアップを再試行すること(例えば、「無限の再試行」)の場合、LTM4677がスイッチング動作を再開するまでの遅延時間は $MFR_RETRY_DELAY_n$ 時間と、出力が前に指定された出力電圧値の12.5%未満に低下するのに必要な時間の長い方です。(ただし、この後者の条件、つまり、出力が12.5%未満に低下する要件は、 $MFR_CHAN_CONFIG_n[0]$ を“1_b”に設定することによって無視されます。これはLTM4677のNVMの出荷時デフォルト設定値です。)
- 出力過電圧/低電圧フォルト応答 ($V_{OUT_OV_FAULT_RESPONSE_n}$ 、 $V_{OUT_UV_FAULT_RESPONSE_n}$)。
- 時間平均電流制限警告しきい値、サイクルごとの瞬時ピーク・フォルトしきい値、およびフォルト応答 ($I_{OUT_OC_WARN_LIMIT_n}$ 、 $I_{OUT_OC_FAULT_LIMIT_n}$ 、 $I_{OUT_OC_FAULT_RESPONSE_n}$)。
- チャンネル (V_{OUT0} 、 V_{OUT1}) の過熱警告しきい値、フォルトしきい値、およびフォルト応答 ($OT_WARN_LIMIT_n$ 、 $OT_FAULT_LIMIT_n$ 、 $OT_FAULT_RESPONSE_n$)。
- チャンネル (V_{OUT0} 、 V_{OUT1}) の低温フォルトしきい値、およびフォルト応答 ($UT_FAULT_LIMIT_n$ 、 $UT_FAULT_RESPONSE_n$)。
- SV_{IN} ピンの電圧に基づく入力過電圧フォルトしきい値、および応答 ($V_{IN_OV_FAULT_LIMIT}$ 、 $V_{IN_OV_FAULT_RESPONSE}$)。
- SV_{IN} ピンの電圧に基づく入力低電圧警告しきい値 ($V_{IN_UV_WARN_LIMIT}$)。
- モジュール入力過電流警告しきい値 ($I_{IN_OC_WARN_LIMIT}$)

LTM4677モジュール内の制御ICは、制御ICの温度が160°Cを超えるとスイッチング動作を停止します (Note 12)。制御ICは、10°Cのクールダウン・ヒステリシスの後で動作を再開します。これらの標準パラメータは実験室の炉での測定に基づいたもので、製造時にテストされていないことに注意してください。この過熱保護は、短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するためのものです。この保護が機能しているときは、最大定格接合部温度を超えられません。規定された絶対最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがあります。

動作

時間平均とピーク読み出しデータ

I²C通信を介してアクセス可能な時間平均遠隔測定値読み出しデータは以下のとおりです。

- チャンネルの出力電流(READ_IOUT_n)とREAD_IOUT_nのピーク観測値(MFR_IOUT_PEAK_n)。
- チャンネルの出力電圧(READ_VOUT_n)とREAD_VOUT_nのピーク観測値(MFR_VOUT_PEAK_n)。
- チャンネルの出力電力(READ_POUT_n)。
- チャンネルの入力電流(MFR_READ_IIN_nとモジュールの入力電流(READ_IIN))。
- チャンネルの温度(READ_TEMPERATURE_1_n)とREAD_TEMPERATURE_1_nのピーク観測値(MFR_TEMPERATURE_1_PEAK_n)。
- 制御ICの温度(READ_TEMPERATURE_2)とピーク観測値(MFR_TEMPERATURE_2_PEAK)。
- SV_{IN}ピンの電圧に基づく入力電圧(READ_VIN)とREAD_VINのピーク観測値(MFR_VIN_PEAK)。
- チャンネルのトップサイド・パワー MOSFET (MT_n)のデューティ・サイクル(READ_DUTY_CYCLE_n)

デジタル化された周期的遠隔測定値を標準10Hzの更新速度で利用できます。MFR_ADC_CONTROLコマンドを使って、必要ないくつかの信号をもっと頻繁に(標準で125Hzまでの更新速度)デジタル化することができます。新たにデジタル化された遠隔測定データが用意されていることをMFR_ADC_TELEMETRY_STATUSコマンドを介して知らせることができます。

WRITE_PROTECTレジスタ値によって許容される場合、遠隔測定の読み出しデータのピーク観測値をMFR_CLEAR_PEAKSのI²Cコマンドでクリアできます。(WPピンの状態に関係なく、MFR_CLEAR_PEAKSの実行は可能です。)

LTM4677のフォルト・ログの機能の詳細は以下のとおりです。

- MFR_CONFIG_ALL[7] = 1_bのとき、フォルト・ログがイネーブルされています。
- STATUS_MFR_SPECIFIC_n[3]が“1_b”を通知するとき、NVMにフォルト・ログが存在し、STATUS_WORDレジスタのMFRビット(ビット12)に伝達されます。

- フォルト・ログのデータが存在する場合、MFR_FAULT_LOGコマンドでこのデータが取得されます。SMBusのブロック読み出しプロトコルに変更を加えて規定されたPMBusを使って、147バイトのデータが取得されます。
- NVMにフォルト・ログの内容が存在する場合、MFR_FAULT_LOG_CLEARコマンドを実行することによってその内容がクリアされます。
- NVMにフォルト・ログが既に存在する場合、フォルト・ログが書き込まれることはありません。
- MFR_FAULT_LOG_STOREコマンドを実行することより、LTM4677にNVMへのフォルト・ログの書き込みを強制することができます。LTM4677はチャンネルがフォルト・オフしたように動作します。MFR_FAULT_LOG_STOREの実行時にフォルト・ログが既に存在していると、コマンドにNACKが返されてCMLフォルトが通知される点に注意してください。

LTM4677の $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンが外部要因によってロジック“L”に引き下げられると、それぞれのチャンネル(VOUT_n)は、何のアクションも取らない、つまり、完全に無視する(MFR_GPIO_RESPONSE_n = 0x00の場合)か、または直ちにオフする、つまり電力段が高インピーダンス(「停止状態」)になります(MFR_GPIO_RESPONSE_n = 0xC0の場合)。

MFR_GPIO_PROPAGATE_nレジスタの内容により、LTM4677の $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンをロジック“L”にするフォルトが設定されます。

ユーザー(システム)のI²Cマスタ・デバイスによってI²C通信が開始されます。LTM4677のチャンネル0への書き込み/チャンネル0からの読み出し(VOUT0:PAGE 0x00)、LTM4677のチャンネル1への書き込み/チャンネル1からの読み出し(VOUT1:PAGE 0x01)、またはLTM4677のチャンネル0とチャンネル1の両方への書き込み(VOUT0およびVOUT1:PAGE 0xFF)が可能です。I²CマスタがPAGEコマンドを実行し、ペイロードの適切な引数(0x00、0x01、0xFF)を送信することにより、対象となるチャンネルが選択されます。PAGEコマンドは制限されない、つまり、WPピンやWRITE_PROTECTレジスタの設定値によって影響されないコマンドです。

LTM4677は、常にグローバル・スレーブ・アドレス(0x5Aおよび0x5B)に応答します。グローバル・アドレス0x5Aに送信されたコマンドは、PAGEコマンドが0xFFに設定された、つまり、受信コマンドが両方のチャンネルに同時に書き込まれた場合と同様の機能をします。グローバル・アドレス0x5Bに送信されたコマンドは、グローバル・アドレスのトランザクションの時点で

動作

アクティブなPAGEに適用されます。つまり、バス上のすべてのLTM4677デバイスのチャンネル固有のコマンドが許容されます。

フォルト・ステータスとEEPROMのNVMの動作に関するI²Cコマンドで、上記以外のものは以下のとおりです。WP (書き込み保護)ピンの状態とWRITE_PROTECTレジスタの値によってI²C書き込みが許容される場合、以下の書き込みが可能になります。

- モジュールのフォルト・ステータスの要求(読み出し)とモジュールのフォルト・ステータスの解除(書き込み) (CLEAR_FAULTS、STATUS_BYTE_n、STATUS_WORD_n、STATUS_VOUT_n、STATUS_IOUT_n、STATUS_INPUT、STATUS_TEMPERATURE_n、STATUS_CML [通信、メモリ、またはロジック]、およびSTATUS_MFR_SPECIFIC_n [その他])。
- LTM4677のEEPROMのNVMへのユーザーが書き込み可能なRAMレジスタのデータの格納(STORE_USER_ALL)。
- STORE_USER_ALLコマンドの代わりにLTM4677のEEPROMの内容を直接に消去/書き込みする手段で、開錠キーでの保護により、ICT(インサーキット・テスト)やバルク・プログラミング(組み込みハードウェアやLTpowerPlay GUIなどによる)などの環境でのLTM4677のEEPROMのプログラミングが容易になります。LTM4677のEEPROMの内容(MFR_EE_UNLOCK、MFR_EE_ERASE、MFR_EE_DATA)を直接読み出す手段でもあります。
- SV_{IN}電源の電源サイクルのないLTM4677の強制リセット(MFR_RESET)。MFR_RESETコマンドは、SV_{IN}電源をサイクルさせたかのように、RAMレジスタへのEEPROM NVMデータのダウンロードをトリガします。
- EEPROMのNVMのデータのRAMレジスタへのダウンロードを強制(RESTORE_USER_ALL)。これはMFR_RESETの実行と区別できません。

I²C通信を介してLTM4677から得られるその他のデータは以下のとおりです。

- LTM4677にPMBusで規定される以下のPMBus機能(CAPABILITY)を要求。

- PEC (パケット・エラー・チェック)。MFR_CONFIG_ALL[2] = 1_bの場合、LTM4677がI²C通信に有効なPECを必要とする点に注意してください。NVMの出荷時デフォルト設定はMFR_CONFIG_ALL[2] = 0_b、つまり、PECは不要です。
- I²C通信は最大400kHzのSCLバス速度に対応可能です。LTM4677のクロックの“L”期間の拡張(クロック・ストレッチ)をイネーブルして100kHzを超えるSCLバス速度で信頼性の高い通信を保証する(つまり、MFR_CONFIG_ALL[1] = 1_bに設定する)必要がある点に注意してください。NVMの出荷時デフォルト設定はMFR_CONFIG_ALL[1] = 0_b、つまり、クロック・ストレッチはディスエーブルされています。
- LTM4677にはSMBALERT (ALERT) ピンがあり、SMBus ARA (アラート応答アドレス)プロトコルに対応しています。
- モジュールにコマンドによって生成可能な最大出力電圧を要求(MFR_VOUT_MAX_n)。
- デバイスに出力電圧に関連するレジスタのデータ形式を要求(VOUT_MODE_n)。
- デバイスに対応するPMBus規格のリビジョンを要求(Part I:Rev. 1.2、Part II:Rev 1.2)。
- デバイスにLTM4677のメーカーの識別表示“LTC”(MFR_ID)、およびLTM4677とリビジョンを表すメーカー・コード0x47BXを要求(MFR_SPECIAL_ID)。
- デバイスに製品番号“LTM4677”を要求(MFR_MODEL)。
- モジュールにシリアル番号を要求(MFR_SERIAL)。
- LTM4677のI/Oパッドのデジタル・ステータスとADCの有効性(MFR_PADS)、およびWPピンの状態(MFR_COMMON[0])。

以下のリストはLTM4677に関連するパワーシステム・マネジメントとパワー・シーケンス制御のその他の側面を示したものです。これらは、I²C通信(WP (書き込み保護)ピンおよびWRITE_PROTECTレジスタ値がI²C書き込みを許容する場合)とEEPROMの設定値によって設定可能です。

動作

- チャンネル0とチャンネル1に追加のスレーブ・アドレスを割り当てることにより、LTM4677の特定のチャンネルにデータを直接読み出し/書き込みする複数の手段を提供(MFR_RAIL_ADDRESS_n)、この利点として使用するページ・コマンドと関連するI²Cのトラフィックが低減されます。また、PMBusのグループ・コマンド・プロトコルを実行することなく、複数のLTM4677の同じレジスタを一斉に変更できます。PAGE_PLUS_READとPAGE_PLUS_WRITEも参照してください。
- RUN_nピン以外の手段によって出力電圧のオン/オフを設定(ON_OFF_CONFIG_n[3]、OPERATIONコマンド)
- いずれかのRUN_nピンがロジック“L”から“H”にトグルしたときに、LTM4677が独自にCLEAR_FAULTSコマンドを実行するかどうかの設定。(MFR_CONFIG_ALL[0])。
- LTM4677がその他の手段でオフに指定されたときに、LTM4677がRUN_nをロジック“L”にするかどうかの設定(MFR_CHAN_CONFIG_n[4])。
- LTM4677がTOFF_DELAY_nとTOFF_FALL_nのパワーダウン・シーケンス制御の処理が完了する前に出力をオンするように指示されたときの、LTM4677の応答を設定(MFR_CHAN_CONFIG_n[3])。
- SHARE_CLKが“L”に保たれているときに、LTM4677の出力をディスエーブルするかどうかの設定(MFR_CHAN_CONFIG_n[2])。
- 外部要因によってGPIO_nが“L”に引き下げられたときに、ALERTピンを“L”に引き下げるかどうかの設定(MFR_CHAN_CONFIG_n[1])。
- SV_{IN}ピンに流れる電流の推定値を表すMFR_IIN_OFFSET_nレジスタの値の設定。SV_{IN}ピンの電流はLTM4677によって測定されませんが、計算でMFR_IIN_OFFSET_nが使用され、チャンネルおよび全モジュールの入力電流が通知されます(MFR_READ_IIN_n、READ_IIN)。
- LTM4677のEEPROMの3ワード(6バイト)がユーザー・データの格納に利用可能です。(USER_DATA_03_n、USER_DATA_04)。
- 複数レベルのI²C書き込み保護の実行または解除(WRITE_PROTECT)。
- ホストがI²Cトランザクションを完了するのにもっと時間が必要な場合、バスのタイムアウトを255ms(MFR_CONFIG_ALL[3]=1_b)に設定。
- ユーザーが編集可能なRAMレジスタの値がユーザーのNVMの内容と同一かどうかの確認(MFR_COMPARE_USER_ALL)。
- デフォルトで得られるより高い分解能のV_{OUT}調整を実現するために、V_{OUT}のプログラム可能な出力電圧範囲を狭い範囲(0.5V~2.75V)に設定(MFR_PWM_MODE_n[1])。MFR_PWM_CONFIGを動作中に変更することはできません。スイッチング動作をオフにする必要があります。出力電圧範囲を変えると制御ループの利得が変化するので、ループ補償の調整が必要になる場合がある点に注意してください。
- LTM4677の電流検出素子の温度係数の必要に応じた変更(MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC_n) (通常、このパラメータはNVMの出荷時デフォルト設定値から変更しない)。
- TSNS_{1a}ピンに外部温度センサを使用した場合の、電力段センサの利得やオフセット、つまり、外部温度センサの利得やオフセットの変更(MFR_TEMP_1_GAIN_nおよびMFR_TEMP_1_OFFSET_n) (通常、このパラメータはNVMの出荷時デフォルト設定値から変更しない)。

動作

- SV_{IN} がUVLOしきい値を下回ったときに、LTM4677がSHARE_CLKをロジック“L”にするかどうかの設定(MFR_PWM_CONFIG[4])。MFR_PWM_CONFIGを動作中に変更することはできません。スイッチング動作をオフにする必要があります(通常、このパラメータはNVMの出荷時デフォルト設定値から変更しない)。
- LTM4677の出力電圧のデジタル・サーボ制御を作動させるか停止させるかの設定(MFR_PWM_MODE_n[6])。通常、このパラメータはNVMの出荷時デフォルト設定値から変更しない)。
- LTM4677の電流制限範囲を大きくするか小さくするかの設定。(MFR_PWM_MODE_n[7])。このパラメータをNVMの出荷時デフォルト設定値から変更することは推奨しない)。

I²C通信を介して問い合わせ可能な、LTM4677の残りのステータスは以下のとおりです。

- 3つの「ハンドシェイク」ステータス・ビット(MFR_COMMON[6:4])にアクセスすることにより、PMBusビジー・プロトコルの実装が容易になります。つまり、これらのビットのポーリングでLTM4677の後続のI²C書き込みへの迅速な反応を推定する、高速で信頼性の高いシステム・レベルの通信が可能になります。「アプリケーション情報」のセクションの「PMBus通信とコマンド処理」を参照してください)。
- LTM4677のNVMからRAMへのダウンロードが生じたかどうかを確認する手段を提供(「NVMの初期化」、MFR_COMMON[3])。
- LTM4677がALERTを“L”に引き下げているかどうかを確認する、ARAプロトコル以外の手段を提供(MFR_COMMON[7])。
- SHARE_CLKタイムアウト・イベントの検出(MFR_COMMON[1])。
- LTM4677のスレーブ・アドレスの検証または変更(MFR_ADDRESS)。

電源モジュールの概要

専用のリモート検出アンプにより、 V_{OSNS0}^{+} と V_{OSNS0}^{-} で形成される差動ピンのペアを介して V_{OUT0} の負荷が高精度にケルビン検出されます。 V_{OUT0} と V_{OUT1} は0.5VDC～1.8VDCに指定できます。出力電圧の読み出し遠隔測定値は、I²Cを介して入手可能です(READ_VOUT_nレジスタ)。ピーク出力電圧の読み出し遠隔測定値は、MFR_READ_VOUT_PEAK_nレジスタでアクセス可能です。 V_{OSNS0}^{-} が V_{OSNS}^{+} を超えると、差動検出される出力電圧帰還信号の位相反転が発生しません(Note 12)。同様に、SGNDが V_{OSNS1} を超えても位相反転は発生しません(Note 12)。柔軟性を上げるため、MFR_PWM_CONFIG[7]=1bに設定することにより、 $V_{OSNS0}^{+}/V_{OSNS0}^{-}$ 帰還ピンを V_{OUT0} と V_{OUT1} の両方の制御ループの帰還経路として設定することができます(図27を参照)。

「標準的応用例」の回路図がこのデータシートの最終ページの図55に示されています。

LTM4677は、5.75V～16Vの入力電圧で動作可能です(表紙の図を参照)。この構成では、INTV_{CC}のMOSFETドライバと制御ICのバイアスが SV_{IN} から電力供給されるLDOによって内部で生成され、最大100mAのピーク出力電流で5Vを発生します。追加の内部LDO(INTV_{CC}から得られる3.3V(V_{DD33})、および V_{DD33} から得られる2.5V(V_{DD25}))により、LTM4677のデジタル回路がバイアスされます。INTV_{CC}を SV_{IN} に接続すると、LTM4677は4.5V～5.75Vの入力電圧で動作可能です(図55を参照)。制御ICのバイアス(SV_{IN})は電力段への入力(V_{IN0} 、 V_{IN1})に関係なく配線されているので、制御ICを適切にバイアスする補助電源(4.5V～16V)が利用できる限り、4.5Vを下回る入力からの降圧DC/DC変換が可能です(図28を参照)。さらに、2つの電力段の入力は内部でモジュールに互いに接続されていないので、2つの異なる電源ソースからのDC/DC降圧変換を行えます。

「電気的特性」のセクションのNote 6のように、動作状況によっては出力電流をデレーティングする必要があります。デレーティングの詳細については「アプリケーション情報」のセクションで説明します。

動作

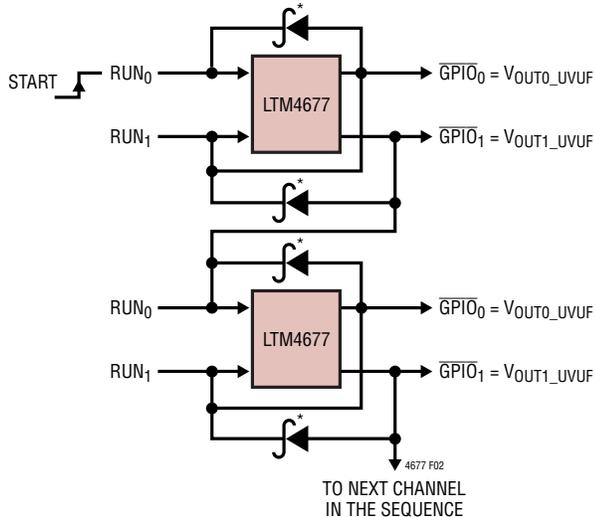
LTM4677には、高速スイッチングが可能なパワー MOSFET が内蔵された、2つの固定周波数電流モード制御降圧レギュレータ(チャンネル0およびチャンネル1)が内蔵されています。出荷時のNVMデフォルト・スイッチング周波数によってSYNCが500kHzでクロックされます。レギュレータはこの周波数にスイッチング周波数を同期させます。デフォルトのチャンネル間位相インターリーブ角は180°です。FSWPHCFGのピンストラップ抵抗により、SYNCクロックの周波数(スイッチング周波数)と、チャンネル間の位相関係およびSYNC信号の立ち上がりエッジを基準にした位相関係が設定されます。(スイッチング周波数と位相角の割り当ての可能な組合せがピンストラップ抵抗ですべて設定できるとは限りません。表4を参照。LTM4677のNVMの実装の設定は抵抗のピンストラップでは行えません。)FSWPHCFGのピンストラップ抵抗によってLTM4677のチャンネル間の位相関係が設定されると、SYNCクロックはモジュールによって駆動されません。その代り、SYNCが確実に高インピーダンス入力になり、チャンネルのスイッチング周波数が外部で生成されるクロックが供給されるSYNCに同期するか、またはV_{DD33}へのブルアップ抵抗でLTM4677をシブリングします。スイッチング周波数と位相関係はI²Cインタフェースを介して変更できますが、スイッチング動作がオフのとき、つまり、モジュールのどちらの出力も安定化されていないときだけです。詳細は、「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。

COMP_{0a}をCOMP_{0b}に接続することにより、レギュレータ0の内部帰還ループ補償を行えます。(レギュレータ1では、COMP_{1a}をCOMP_{1b}に接続します。)電流モード制御と内部帰還ループ補償により、LTM4677モジュールは、広範囲の出力コンデンサを使って(すべてセラミックMLCCを使用する場合でも)十分に余裕のある安定性と良好なトランジェント性能を達成します。共通の多くの動作条件に推奨する入力/出力コンデンサの説明を表19に示します。リニアテクノロジーのμModule電源設計ツールにより、トランジェントおよび安定性の解析を行えます。さらに、専門的なユーザーで、モジュールの内部帰還ループ補償を利用するのを好まず、ユーザーのアプリケーション用に帰還ループ補償を独自に調整したい場合には、COMP_{na}をCOMP_{nb}に接続することによって調整が可能になります。個別のループ補償ネットワークは外部から適用できます。つまり、COMP_{na}をSGNDに接続し、COMP_{nb}を開放のままにします。

LTM4677には、 $\overline{\text{GPIO}}_0$ と $\overline{\text{GPIO}}_1$ という名称の汎用入力/出力ピンがあります。これらのピンの動作は、レジスタMFR_GPIO_PROPAGATE_nおよびMFR_GPIO_RESPONSE_nを介して設定可能です。 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンは、NVMのダウンロードからRAMの初期化の間高インピーダンスです。これらのピンは、2つの主要機能の1つ、または2つの機能の組み合わせを意図したものです。つまり、オープン・ドレイン、アクティブ“L”のフォルト/警告インジケータとして機能するか、または、それぞれのV_{OUT}の補助用RUNピンとして機能する、あるいはその両方です。前者のケースでは、これらのピンは割り込みピンとして設定可能で、出力低電圧/過電圧、入力低電圧/過電圧、入力/出力過電流、または通信、メモリ、ロジック(CML)のフォルト・イベントや警告イベントがLTM4677によって検出されると、アクティブ“L”状態になります。LTM4677の出荷時のNVMデフォルト設定は後者のケースで、パワーアップとパワーダウンを順序正しく調整する、つまり、揃えることを目的とし、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ をバス接続して並列シブリング(LTM4677のチャンネルやモジュールの並列接続)を行うことができます。LTM4677 DC/DCレギュレータは、出力電圧が目標のレギュレーション・ポイントの数パーセント以内になったことを示す、従来の「パワーグッド」(PGOOD)インジケータ・ピンを備えていません。ただし、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンをPGOODインジケータとして設定可能です。後段の電源レールのイベントベースのシーケンス制御に使用する場合、MFR_GPIO_PROPAGATE_nのビット12を“1_b”に設定して、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ をV_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}_nコンパレータのフィルタなしの出力として設定します。後者のインスタンスのパワーグッドの伝達がスーパーバイザのフィルタリングとコンパレータのレイテンシの影響を受けるので、MFR_GPIO_PROPAGATE_nのビット9とビット10はこの目的のためには設定しないでください。望みのPGOOD極性をSV_{IN}のパワーアップ直後に $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンに出力する必要がある場合(このピンが当初NVMの内容がRAMにダウンロードされるまで高インピーダンスになると仮定)、LTM4677のRUN_nピンとそれぞれの $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンの間にブルダウン・ショットキ・ダイオードが必要です(図2を参照)。 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンをPGOODインジケータとして設定した場合、MFR_GPIO_RESPONSE_nを「無視」(0x00)に設定する必要があります。そうしないと、ラッチオフ状態になるためにLTM4677が起動できません。

動作

Voltage Based Sequencing by Cascading $\overline{\text{GPIO}}_n$ Pins Into RUN_n Pins
(MFR_GPIO_PROPAGATE = XXX1X00XX00XXXXX₀ and MFR_GPIO_RESPONSE = 0x00)



NOTE: RESISTOR OR RC PULL-UPS ON RUN_n AND $\overline{\text{GPIO}}_n$ PINS NOT SHOWN
*OPTIONAL SIGNAL SCHOTTKY DIODE. ONLY NEEDED WHEN ACCURATE PGOOD (POWER GOOD) INDICATION IS REQUIRED BY THE SYSTEM/USER IMMEDIATELY AT SV_{IN} POWER UP

図2. イベント(電圧)ベースのシーケンシング

RUN_n ピンは双方向のオープン・ドレイン・ピンです。これは、このピンを低インピーダンス・ソースによってロジック“H”に駆動してはならないことを意味します。その代り、単に RUN_n ピンから $\text{V}_{\text{DD}33}$ に10kのプルアップ抵抗を接続します。NVMからRAMへダウンロードする初期化の間、 SV_{IN} が指示された低電圧ロックアウト電圧(上昇時の VIN_{ON} と下降時の VIN_{OFF})を下回るとき、および外部刺激が RUN を“L”に引き下げたのに続くMFR_RESTART_DELAY_nによって決定される最小時間の間、LTM4677は RUN_n ピンをロジック“L”に引き下げます。 RUN_n ピンと GPIO_n ピンをそれぞれバス接続してLTM4677モジュールをシブリングすることにより、パワーアップ/パワーダウンを十分に調整する、つまり、ターンオンとターンオフをまとめて行うことが可能です。

RUN_n が2Vを超えると、LTM4677は、当初TON_DELAY_nレジスタで指定される時間アイドル状態になります。TON_DELAY_n時間が経過すると、モジュールはそれぞれの制御ループの内部リファレンスを0Vからランプアップし始めます。 $\text{V}_{\text{OUT}n}$ がプリバイアスされていないと、出力電圧は、TON_RISE_nレジスタによって指定されるランプアップ時間で、0Vから指定された目標電圧までリニアに上昇します。 $\text{V}_{\text{OUT}n}$ がプリバイアスされていると、インダクタ電流が負になるのが阻止される(起動時にモジュールのコントローラが不連続モードで

動作する)場合を除き、出力電圧は上記同様にレギュレーション状態になります。どちらのケースも、出力電圧は、 RUN_n の“H”への切り替わりを基準にして測定される一定の時間でレギュレーションに達します。「標準的性能特性」のセクションのオシロスコープの起動波形を参照してください。

RUN_n ピンを1.4V未満にすると、DC/DCコンバータがオフします。つまり、それぞれのレギュレータがシャットダウン状態に強制されます。出荷時のNVMデフォルト設定では、LTM4677が電力段MOSFETを直ちにオフするように設定されているので、高インピーダンスになります。したがって、出力電圧は、接続される出力容量や負荷インピーダンスに応じて低下します。あるいは、NVM/レジスタの設定値は、 RUN_n がロジック“L”に引き下げられたとき、LTM4677が、所定のTOFF_DELAY_n遅延時間およびTOFF_FALL_nランプダウン時間に従って、 $\text{V}_{\text{OUT}n}$ をアクティブに放電するように設定できます。詳細については「アプリケーション情報」を参照してください。LTM4677は、明白なアナログのTRACKピンを備えていません。前に説明したように、レール・トゥ・レール・トラッキングとシーケンス制御はデジタルで処理されます。

すべてのLTM4677のオープン・ドレインのSHARE_CLKピンをバス接続する(および、 $\text{V}_{\text{DD}33}$ にプルアップ抵抗を接続することにより、システムのすべてのLTM4677に対して、タイムベース(つまり、「周波数」)を最速のSHARE_CLKクロックに同期する手段を提供することができます。すべてのLTM4677で周波数を共有することにより、すべての電源レールを期待値に従ってシーケンス制御することが可能になり、共有しない場合に、SHARE_CLK(タイムベース)の許容誤差とデバイス間のばらつきによって生じる可能性があるタイミング誤差が除去されます。

LTM4677内部のパワー・インダクタの両端から電流検出情報が得られ、内部制御ICの電流制御ループとADCセンサに利用できます。出力電流の読み出し遠隔測定値は、 I^2C を介して入手可能です(READ_IOUT_nレジスタ)。ピーク出力電流の読み出し遠隔測定値は、MFR_READ_IOUT_PEAK_nレジスタで得られます。

出力電力の読み出しは、次式に従ってLTM4677で計算されます。

$$\text{READ_POUT}_n = \text{READ_VOUT}_n \cdot \text{READ_IOUT}_n$$

動作

2 μ Aと30 μ Aの交互の励起電流は、TSNS_{0a}ピンとTSNS_{1a}ピンのそれぞれからソースされます。TSNS_{0a}をTSNS_{0b}に接続し、TSNS_{1a}をTSNS_{1b}に接続することにより、LTM4677が、それぞれTSNS_{0b}ピンとTSNS_{1b}ピンにあるPNPトランジスタの温度センサに生じる電圧をデジタル化することで、チャンネル0とチャンネル1の電力段の温度検出が行われます。LTM4677は、いわゆる業界用語のデルタVBE (ΔV_{BE})を計算し、 I^2C を介して得られるチャンネル(電力段)の温度の遠隔測定を行います(READ_TEMPERATURE_1_n)。LTM4677内部の制御ICの接合部温度も I^2C を介して得られます(READ_TEMPERATURE_2)。観測されるピーク・チャンネル温度は、レジスタREAD_MFR_TEMPERATURE_1_PEAK_nで読み出すことができます。制御ICの観測されるピーク温度は、レジスタMFR_READ_TEMPERATURE_2_PEAKで読み出すことができます。

一定の負荷電流に対して、銅(インダクタのDCR)の温度係数(約3900ppm/ $^{\circ}C$)に従って電流検出値が温度変化します。このため、LTM4677の温度読み出し情報を使って電流検出信号を温度補正しないとすれば、モジュールの全動作範囲で大きな電流読み出し誤差が生じるでしょう。

必要に応じて、TSNS_{0a}/TSNS_{0b}ピンから得られる温度読み出し情報だけを使って、チャンネル0とチャンネル1の両方に対する温度補正された電流読み出しデータを生成することができます。これにより、チャンネル1の温度センサがLTM4677の外部の温度センサをモニタできるようになります。これは、MFR_PWM_MODE₀[4] = 1_bに設定することによって実現できます(NVMの出荷時デフォルト値は0_b)。これにより、チャンネル1の読み出し精度が低下し、チャンネル0とチャンネル1の出力が並列でないときにさらに低下します。ただし、TSNS_{1a}ピンは、外付けのダイオード接続小信号PNPトランジスタ(2N3906など)と10nFのX7Rコンデンサ、つまり、外部温度センサに接続できるようになります。このセンサの温度読み出しデータとピーク値は I^2C を介して得られます(READ_TEMPERATURE_1₁、MFR_READ_TEMPERATURE_1_PEAK₁)。上述の実装は以下のようにします。(1) LTM4677にローカルに、10nFのX7Rコンデンサを直接TSNS_{1a}からSGNDへ電氣的に接続します；(2) 1対のトレースをLTM4677のTSNS_{1a}ピンとSGNDピンから目標のPNPトランジスタへ差動で配線します；(3) PNPトランジスタのエミッタをTSNS_{1a}に電氣的に接続します；(4) PNPトランジスタのコレクタとベースをSGNDに電氣的に接続します。

電力段のデューティ・サイクルの読み出し遠隔測定値は、 I^2C を介して入手可能です(READ_DUTY_CYCLE_nレジスタ)。チャンネルの入力電流読み出しは、LTM4677によって以下のように計算されます。

$$MFR_READ_IIN_n = READ_DUTY_CYCLE_n \cdot READ_IOUT_n + MFR_IIN_OFFSET_n$$

モジュールの入力電流読み出しは、LTM4677によって以下のように計算されます。

$$READ_IIN = MFR_READ_IIN_0 + MFR_READ_IIN_1$$

ここで、MFR_IIN_OFFSET_nは、SV_{IN}の入力バイアス電流を表すレジスタ値です。SV_{IN}の電流はモジュールによってデジタル化されません。MFR_IIN_OFFSET_nの出荷時のNVMデフォルト値は30.5mAで、電力段が500kHzの出荷時デフォルト・スイッチング周波数の強制連続モードで動作しているときに、SV_{IN}ピンにモジュールのチャンネルのそれぞれから流れる電流の寄与を表しています。推奨するMFR_IIN_OFFSET_nの設定値とスイッチング周波数については、「アプリケーション情報」のセクションの表8を参照してください。入力電流を計算する上記の方法は軽負荷電流のときでも正確な電流読み出し値を与えますが、モジュールが強制連続動作(NVMの出荷時デフォルト)に設定されている場合だけに限ります。SV_{IN}とピークSV_{IN}の読み出し遠隔測定値は、それぞれREAD_VINレジスタとMFR_VIN_PEAKレジスタで I^2C を介してアクセス可能です。

電力段のスイッチ・ノードがSW_nピンに引き出されていてモニタ動作を行い、EMIを低減するために、オプションの抵抗とコンデンサのスナバ回路(GNDに終端)を実装します。必要に応じて、スイッチ・ノードに直接接続された2.2nFの内部スナバ・コンデンサにより、スナバ・ネットワークの実装をより容易にできます。詳細は、「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

LTM4677は書き込み保護(WP)ピンを備えています。WPピンが開放またはロジック“H”の場合、I²C書き込みは大きく制限されます。サポートされているのは、PAGE、OPERATION、CLEAR_FAULTS、MFR_CLEAR_PEAKS、およびMFR_EE_UNLOCKの各コマンドへのI²C書き込みだけで、例外として、STATUS_*レジスタのそれぞれのビットに“1b”を書き込むことによって各フォルト・ビットをクリアすることは可能です。レジスタの読み出しが制限されることはありません。LTM4677は、レジスタの内容へのI²C書き込みを制限するのにも使用されるWRITE_PROTECTレジスタを備えているので、WPピンと混同しないでください。詳細については、「付録A」を参照してください。WPピンとWRITE_PROTECTレジスタは、RAMおよびEEPROMの内容の偶発的な変化に対してある程度の保護を行います。

LTM4677は、可能なすべての7ビット・スレーブ・アドレスをサポートしています。NVMの出荷時デフォルト・スレーブ・アドレスは0x4Fです。ASELピンからSGNDに抵抗を接続することにより、LTM4677のスレーブ・アドレスの下位4ビットをこのデフォルト値から変更することができます。詳細は、「アプリケーション情報」のセクションの表5を参照してください。ビット[6:4]はSLAVE_ADDRESSコマンドに書き込むことにより変更できます。SLAVE_ADDRESSコマンドの値はNVMに保存することができますが、SLAVE_ADDRESSの下位4ビットは常にASEL抵抗のピンストラップ設定によって決定されます。

最大4個のLTM4677モジュール(8チャンネル)を並列接続可能で、CPUやGPUなどの144Aまでの負荷の給電に対応します。(図29を参照。)LTM4677は、LTM4630モジュールとも並列接続可能です(図30を参照)。

EEPROM

LTM4677の制御ICは、構成設定とフォルト・ログの情報を格納するEEPROM(不揮発性メモリ、NVM)を内蔵しています。EEPROMの書き込み耐性、保持特性、一括書き込みの動作時間は、「電気的特性」および「絶対最大定格」のセクションに規定されています。T_J > 85°C または T_J < 0°Cでの書き込み動作は可能ですが、電気的特性は保証されておらず、EEPROMの保持特性が劣化する可能性があります。-40°C ~ 125°Cの接合部温度での読み出し動作によってEEPROMが劣化することはありません。高い温度で生じることのあるシステムの問題のデバッグに役立つフォルト・ログ機能は、フォルト・ログ固有のEEPROMのロケーション(パーティション)にだけ書き込みます。これらのレジスタへの不規則の書き込み

が85°Cより高い接合部温度で実行されると、フォルト・ログのデータ保持特性がわずかに劣化するものの、フォルト・ログ機能の有効性が損なわれることはありません。

制御ICのダイ温度が85°Cを超えているときはEEPROMに書き込まないことを推奨します。ダイ温度が130°Cを超えると、LTM4677の制御ICは全てのEEPROMの書き込み動作をディスエーブルします。ダイ温度が125°Cを下回ると、その後EEPROMの書き込み動作は再イネーブルされます。

125°Cを超える温度でのEEPROMの保持特性の劣化は、次式から無次元の加速係数を計算することによって近似できます。

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

ここで、

AF = 加速係数

E_a = 活性化エネルギー = 1.4eV

K = 8.617 · 10⁻⁵ eV/°K

T_{USE} = 125°Cの規定接合部温度

T_{STRESS} = 実際の接合部温度(°C)

例：接合部温度135°Cで10時間動作させた場合の保持特性への影響を計算します。

T_{STRESS} = 130°C

T_{USE} = 125°C

AF = e^[(1.4/8.617 · 10⁻⁵) · (1/398 - 1/403)] = 1.66

125°Cでの等価動作時間は16.6時間になります。

したがって、EEPROMの全保持時間は、130°Cの接合部温度で10時間動作させると、6.6時間だけ劣化しました。ただし、EEPROMの125°Cの最大接合部温度での87,600時間の定格全保持時間に比べると、オーバーストレスの影響は無視できます。

動作

EEPROMの完全性は、パワーオン・リセット後やRESTORE_USER_ALL コマンドまたはMFR_RESET コマンドの実行後など、EEPROMのデータを読み取るたびに、CRC計算によりチェックされます。CRCエラーが発生した場合、STATUS_BYTE コマンドおよびSTATUS_WORD コマンドのMFRビットが設定されます。STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドのNVM CRCエラー・ビットが設定され、ALERTピンとRUNピンが“L”に引き下げられ、安全対策としてディスエーブルされます。デバイスは、特殊アドレス0x7Cまたはグローバル・アドレス0x5Aおよび0x5Bでのみ応答します。

CRC保護

EEPROMメモリの完全性をパワーオン・リセット後に確認できます。CRCエラーは、コントローラがオフ状態から脱することを妨げます。CRCエラーが発生した場合、STATUS_BYTEおよびSTATUS_WORD コマンド内のCMLビットがセットされます。さらに、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンド内の該当するビットがセットされ、ALERTピンが“L”に引き下げられます。EEPROMの修復は、必要な構成をコントローラに書き込み、STORE_USER_ALL コマンドに続いてCLEAR_FAULTS コマンドを実行することで可能です。

LTM4677のEEPROMの製造時セクションには、ミラー・コピーがあります。LTM4677は、EEPROM構成の2つの製造時セクションのいずれか一方が破壊されている場合にも動作できます。2つのセクション間に相違が検出されると、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンド内に、「NVM CRCフォルト」が設定されます。CLEAR_FAULTS を発行してクリアするか、1を書き込んだ後も、このビットがセットされたままの場合は、修復できない内部フォルトの発生を意味します。製造時セクションの修復不能EEPROMフォルトを、ユーザーの手元で修復する方法はありません。

シリアル・インタフェース

LTM4677のシリアル・インタフェースはPMBus準拠のスレーブ・デバイスであり、10kHz～400kHzの間の任意の周波数による動作が可能です。アドレスは、EEPROMまたは外付けの抵抗分割器によって構成できます。さらに、LTM4677はグローバル・ブロードキャスト・アドレスである0x5A (7ビット)または0x5B (7ビット)には必ず応答します。アドレス0x5Aはページ指定されず、両方のチャンネルに対して実行されます。0x5Bはページ・コマンドに従います。アドレス0x5Aは、ページに対応していないため、ページ指定読み出しコマンドには使用できません。

シリアル・インタフェースは、PMBus仕様に規定された、以下のプロトコルをサポートします。1) コマンド送信、2) バイト書き込み、3) ワード書き込み、4) グループ、5) バイト読み出し、6) ワード読み出し、7) ブロック読み出し、8) PAGE_PLUS_READ、9) PAGE_PLUS_WRITE、10) SMBALERT_MASK 読み出し、11) SMBALERT_MASK 書き込み全ての読み出し動作は、PMBus マスタが要求している場合、有効なPECを返します。MFR_CONFIG_ALL コマンド内のPEC_REQUIREDビットがセットされている場合、LTM4677が有効なPECを受信するまで、PMBus 書き込み動作は処理されません。

通信保護

PEC書き込みエラー (PEC_REQUIREDがアクティブな場合)、サポート外のコマンドへのアクセス試行、サポート対象のコマンドへの無効データ書き込みは、いずれもCMLフォルトを発生させます。STATUS_BYTEおよびSTATUS_WORD コマンド内のCMLビットがセットされます。さらに、STATUS_CML コマンド内の該当するビットがセットされ、ALERTピンが“L”に引き下げられます。

デバイス・アドレス指定

LTM4677のPMBusインタフェースを介したアドレス指定には、次の4種類が用意されています。1) グローバル、2) デバイス、3) レールによるアドレス指定および4) アラート応答アドレス (ARA)。

グローバル・アドレス指定は、バス上の全てのLTM4677デバイスのアドレスを指定するための手段をPMBus マスタに提供します。LTM4677のグローバル・アドレスは、固定された0x5A (7ビット) または0xB4 (8ビット) であり、ディスエーブルすることはできません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGEが0xFFの値に設定された場合と同様に機能します。送信されたコマンドは、両方のチャンネルに同時に書き込まれます。グローバル・コマンド0x5B (7ビット) または0xB6 (8ビット) は、ページ指定され、バス上の全てのLTM4677デバイスのチャンネル固有のコマンドを可能にします。他のLTCデバイス・タイプは、これらのグローバル・アドレスの1つまたは両方で応答する可能性があります。そのため、グローバル・アドレスからは読み出さないでください。

動作

レール・アドレス指定は、単一の出力電圧 (PolyPhase[®]) を生成するために相互に接続している全てのチャンネルとバス・マスタが同時に通信する方法を提供します。グローバル・アドレス指定と同様ですが、レール・アドレスには、ページ設定された MFR_RAIL_ADDRESS コマンドを動的に割り当てることができるので、信頼できるシステム制御で要求される場合があるチャンネルの論理的グループ分けに対応します。複数の LTC デバイスが応答する可能性があるため、レール・アドレスからは読み出さないでください。

デバイス・アドレス指定は、PMBus マスタが LTM4677 の 1 つのインスタンスと通信するときの標準的な手段です。デバイス・アドレスの値は、ASEL0 および ASEL1 構成ピンと、MFR_ADDRESS コマンドの組み合わせによって設定します。このアドレス指定方法を使用すると、PAGE コマンドによって動作中のチャンネルを決定できます。デバイス・アドレス指定は、MFR_ADDRESS に値 0x80 を書き込むことでデisable できます。

以上の 4 つの PMBus アドレス指定方法は、いずれもユーザーによる整然とした計画に基づいて適用し、アドレスの競合を防ぐ必要があります。グローバル・アドレスおよびレール・アドレスでの LTM4677 デバイスへの通信は、コマンド書き込み動作に限定してください。

フォルトの検出と処理

各種のフォルトおよび警告を報告または処理する機能を搭載しています。フォルトおよび警告の検出機能には、次のようなものがあります。

- 入力 OV (過電圧)/フォルト保護および UV (低電圧) 警告
- 平均入力 OC (過電流) 警告
- 出力 OV/UV フォルトおよび警告保護
- 出力 OC フォルトおよび警告保護
- 内部および外部 OT (過熱) フォルトおよび警告保護
- 外部 UT (低温) フォルト保護
- CML (通信、メモリ、ロジック) フォルト
- 双方向 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを介した外部フォルト検出

さらに、LTM4677 ではフォルト・インジケータの任意の組み合わせを各 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンに割り当てることができます。それには、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ 応答伝播コマンド MFR_GPIO_PROPAGATE_n を使用します。 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンの代表的な用途として、外部クローバー・デ

バイス、過熱アラート、過電圧アラートのドライバや、マイクロコントローラにフォルト・コマンドのポーリングを促す割り込み要因などがあります。あるいは、コントローラの下流で発生し、直ちに応答する必要がある外部フォルトを検出するための入力として $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを使用できます。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ ピンまたは $\overline{\text{GPIO}}_1$ ピン (あるいは、その両方) を、パワーグッド出力として構成することもできます。パワーグッドは、コントローラの出力が OV/UV フォルトしきい値の範囲内にあることを示します。電源投入時の初期状態では、このピンはトライステートです。この構成で電源投入時にピンに所望の極性を設定する必要がある場合は、伝播されるパワーグッド信号の RUN ピンと $\overline{\text{GPIO}}$ ピンの間にショットキ・ダイオードを接続します。カソードを RUN ピンに、アノードを $\overline{\text{GPIO}}$ ピンに接続してください (図 2 を参照)。 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンをパワーグッド・ステータスに設定する場合、MFR_GPIO_RESPONSE を無視する必要があります。このように設定しないと、ラッチ・オフ状態になる場合があります。

ソフトスタートのセクションで述べたとおり、イベントの組み合わせによって起動を制御できます。 $\overline{\text{GPIO}}_n$ によって他のコントローラの RUN ピンを駆動する場合、フィルタされていない VOUT_UV フォルト・リミットを $\overline{\text{GPIO}}$ ピンにマッピングしてください。

いずれかのフォルト・イベントまたは警告イベントが発生すると、SMBALERT_MASK コマンドによって $\overline{\text{ALERT}}$ がマスクされていないければ、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが“L”にアサートされます。このピンは、CLEAR_FAULTS コマンドが発行されるか、フォルト・ビットに 1 が書き込まれるか、PMBus マスタが正常にデバイスの ARA レジスタを読み出すか、バイアス電源がオフになって再びオンになるか、MFR_RESET コマンドまたは RESTORE_USER_ALL コマンドが発行されるまで“L”にアサートされたままになります。RUN ピンがオフになって再びオンになるか、PMBus によってデバイスがオフ/オンするように指示されると、チャンネル固有のフォルトがクリアされます。MFR_CONFIG_ALL のビット 0 が 1 にセットされた場合、RUN ピンがオフになって再びオンになるか、PMBus によってデバイスがオフ/オンするように指示されると、全てのフォルトがクリアされます。フォルトが検出された場合に $\overline{\text{GPIO}}$ ピンが“L”に引き下げられるかどうかは、MFR_GPIO_PROPAGATE_n コマンドによって決まります。ただし、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンは、フォルトまたは警告が検出されてステータス・ビットが更新されると、SMBALERT_MASK コマンドによって $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがマスクされていないければ、必ず“L”に引き下げられます。

動作

出力および入力フォルト・イベント処理は、表23～表27に記載された、対応するフォルト応答バイトによって制御されます。これらの各種フォルトからのシャットダウン回復は、自律的なものとラッチされるものがあります。自律的な回復の場合、フォルトはラッチされないため、リトライ・インターバル時間の経過後にフォルト状態が解消されていれば、新たにソフトスタートが試みられます。フォルト状態が解消されていない場合、コントローラはリトライを繰り返します。リトライ・インターバルはMFR_RETRY_DELAYコマンドによって指定し、電源サイクルが繰り返されることによるデバイスの損傷を防ぎます。MFR_RETRY_DELAYは120msより大きくなければなりません、83.88秒を超えることはできません。

チャンネル間のフォルト依存関係を構築できるようにするには、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを相互に接続します。内部フォルトが発生すると、1つ以上のチャンネルが、バス接続された $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを“L”に引き下げられるように構成されます。それ以外のチャンネルは、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンが“L”に引き下げられるとシャットダウンするように構成されます。自律的グループの再試行では、再試行間隔の経過後、フォルト発生チャンネルが $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを解放するよう構成され、当初のフォルトは解消されたものとみなします。その後、グループ内の全てのチャンネルがソフトスタート・シーケンスを開始します。フォルト応答がLATCH_OFFの場合、RUNピンのオフ/オン・トグル、デバイスへのオフ/オン指示のいずれかが実行されるまで、 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンは“L”にアサートされたままになります。ピンまたはオフ/オン指示のいずれかによってRUNをトグルすると、チャンネル関連のフォルトはクリアされます。いずれかのRUNピンがトグルされた場合に、全てのフォルトをクリアする必要がある場合は、MFR_CONFIG_ALLのビット0を1に設定します。

全てのフォルトおよび警告のステータスは、“STATUS_WORD”および“STATUS_BYTE”コマンド内にまとめて表示されます。

V_{OUT}およびI_{OUT}フォルトに対する応答

V_{OUT}のOVおよびUV状態は、コンパレータによってモニタされます。OVとUVのリミット値は、次の3つの方法で設定できます。

- 抵抗構成設定ピンを使用している場合はV_{OUT}に対するパーセンテージ

- 工場出荷時またはGUIのいずれかによってプログラムされている場合はEEPROM内の値
- PMBus コマンドによる指定

I_{IN}とI_{OUT}の過電流モニタには、ADCの読み出しと計算を使用します。これらの値は平均電流に基づいているため、最大100msの公称レイテンシが必要になる場合があります。I_{OUT}の計算には、パワー・インダクタのDCRと、インダクタの銅巻線の温度係数が加味されます。入力電流は、出力電流に各チャンネルのデューティ・サイクルを掛け、各チャンネルの入力オフセット電流を足した値になります。この入力電流の計算値がI_{IN_OC_WARN_LIMIT}を超えた場合、ALERTピンが“L”に引き下げられ、STATUS_INPUTレジスタのI_{IN_OC_WARN}ビットがアサートされます。

LTM4677には、フォルトを無視する機能、デバイスをシャットダウンしてラッチ・オフする機能、デバイスをシャットダウンして無期限でリトライを繰り返す機能（ヒックアップ）があります。リトライ・インターバルは、MFR_RETRY_DELAY_nによって、120ms～83.88秒の範囲で1ms刻みの設定が可能です。OV/UVおよびOCによるシャットダウンは、フォルト発生後直ちに実行するか、ユーザーが選択するデグリッチ時間の経過後に実行することができます。

出力過電圧フォルトに対する応答

プログラム可能な過電圧(OV)コンパレータは、出力の過渡的なオーバーシュートと長時間の過電圧からデバイスを保護します。このような場合、PMBus VOUT_OV_FAULT_RESPONSE_nコマンドのバイトの値に関係なく、過電圧状態が解消されるまでトップMOSFETはオフし、ボトムMOSFETはオンします。このハードウェア・レベルのフォルト応答遅延は、過電圧状態からBGが“H”にアサートされるまで標準2μsです。ユーザーはVOUT_OV_FAULT_RESPONSE_nコマンドによって、次のいずれかの動作を選択できます。

- OVのプルダウンのみ(OVは無視できません)
- 即時シャットダウン(スイッチング停止) — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

ラッチ・オフまたはリトライのいずれのフォルト応答も、(0～7)・10μs刻みでデグリッチできます。表23を参照してください。

動作

出力低電圧フォルトに対する応答

低電圧(UV)コンパレータ出力に対しては、次のいずれかの応答が可能です。

- 無視
- 即時シャットダウン — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

ラッチ・オフまたはリトライのいずれのフォルト応答も、(0~7)・10 μ s刻みでデグリッチできます。表24を参照してください。

ピーク出力過電流フォルトに対する応答

電流モードの制御アルゴリズムを使用しているため、ピーク・インダクタ電流は、サイクルごとに常に制限されています。ピーク電流のリミット値は、「電気的特性」の表に規定されています。電流制限回路は、COMP_{na}の最大電圧を制限することで動作します。DCR検出を使用している場合、COMP_{na}の最大電圧は、インダクタDCRの温度係数に正比例する温度依存性を持ちます。LTM4677は、電力段の温度センサを自動的にモニタし、この項を補償するためにCOMP_{na}の最大許容値を変更します。

過電流フォルト処理回路では、次のいずれかの動作を実行できます。

- 無期限の電流制限
- 即時シャットダウン — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

過電流フォルトに対する応答は、(0~7)・16ms刻みでデグリッチできます。表25を参照してください。

タイミング・フォルトに対する応答

TON_MAX_FAULT_LIMIT_nは、起動時にV_{OUT}が立ち上がり、安定するまでに許される時間です。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの条件は、出力がSOFT_STARTシーケンスを実行している間の、VOUT_UV_FAULT_LIMIT_nの検出に基づいて判断されます。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの時間は、TON_DELAY_nが経過し、SOFT_STARTシーケンスが開始された時点とします。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの分解能は10 μ sです。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの時間内にVOUT_UV_FAULT_LIMIT_nに到達しなかった場合、この

フォルトに対する応答がTON_MAX_FAULT_RESPONSE_nコマンドの値によって決まります。次のいずれかの応答が可能です。

- 無視
- 即時シャットダウン(スイッチング停止) — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

このフォルトに対する応答は、デグリッチされません。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの値を0に設定することは、このフォルトの無視を意味します。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nは、TON_RISE_nの時間よりも長くしてください。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nには、常に0以外の値を設定することを推奨します。0を設定すると出力がまったく立ち上がらず、ユーザーに対するフラグも一切セットされない恐れがあります。

表27を参照してください。

SV_{IN}の0Vフォルトに対する応答

SV_{IN}の過電圧状態は、A/Dコンバータによって測定されます。したがって、その応答はA/Dコンバータの標準応答時間である最大100msによって自然にデグリッチされます。フォルトには、次の応答が可能です。

- 無視
- 即時シャットダウン — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

表27を参照してください。

OT/UTフォルトに対する応答

内部過熱フォルト/警告応答

内部温度センサは、EEPROMを損傷から保護します。85°Cを超える温度におけるEEPROMへの書き込みは推奨できません。130°Cを上回ると、内部過熱警告しきい値を超えて、デバイスがEEPROMの書き込みをディスエーブルし、温度が125°Cに低下するまで再びイネーブルしません。ダイ温度が160°Cを超えると、温度が150°C未満に低下するまで内部過熱フォルト応答がイネーブルされ、PWMがディスエーブルされます。温度は、A/Dコンバータによって測定されます。内部

動作

温度フォルトは無視できません。ユーザーは内部温度のリミット値を変更できません。

表26を参照してください。

外部の過熱および低温フォルトに対する応答

LTM4677内の2個の温度センサを使って、電力段の温度を検出します。過熱および低温状態に対する適切な応答を決定するために、それぞれOT_FAULT_RESPONSE_nコマンドとUT_FAULT_RESPONSE_nコマンドを使用します。

フォルトには、次の応答が可能です。

- 無視
- 即時シャットダウン — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

表27を参照してください。

外部フォルトに対する応答

$\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンのいずれかが“L”に引き下げられると、STATUS_WORDコマンド内のOTHERビットがセットされます。さらに、STATUS_MFR_SPECIFICコマンド内の該当するビットがセットされ、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが“L”に引き下げられます。応答はデグリッチされません。各チャンネルは、MFR_GPIO_RESPONSE_nコマンドを変更することで、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンの“L”遷移に対して、無視またはシャットダウン後のリトライのいずれかで応答するように構成できます。 $\overline{\text{GPIO}}$ が“L”に引き下げられたときに $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが“L”にアサートされるのを防ぐには、MFR_CHAN_CONFIG_nのビット1をアサートするか、SMBALERT_MASKコマンドを使用して $\overline{\text{ALERT}}$ をマスクします。

フォルト・ログ

LTM4677にはフォルト・ログ記録の機能があります。データは表29に示す順序でメモリに記録されます。フォルト・ログに保存されるデータは、内部揮発性メモリに保存され続けています。フォルト・イベントが発生すると、内部揮発性メモリへの記録が停止し、フォルト・ログ情報をMFR_FAULT_LOGコマンドから入手できるようになり、内部メモリの内容がEEPROMにコピーされます。フォルト・ログ機能は85°Cを超える温度でも使用できますが、10年の保持特性は保証されません。ダイ温度が130°Cを超えると、温度が125°C未満に低下するまでフォルト・ログ記録が遅延します。フォルト・ログ・イベントを発

生させたフォルト状態が解消されると、フォルトがクリアされてから、フォルト・ログ・データが消去されます。フォルト状態が解消されない場合、デバイスは即座に別のフォルト・ログを発行します。

LTM4677は、電源投入時に有効なフォルト・ログがないか、EEPROM内を確認します。EEPROM内に有効なフォルト・ログが存在した場合、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドの「有効なフォルト・ログ」ビットがセットされ、 $\overline{\text{ALERT}}$ イベントが生成されます。また、LTM4677がMFR_FAULT_LOG_CLEARコマンドを受信するまでフォルト・ログはブロックされ、このコマンドの受信後に再度イネーブルされます。

いずれかのチャンネルのコントローラを無効化するいかなるフォルトが発生した場合も、情報はEEPROMに格納されます。外部で $\overline{\text{GPIO}}_n$ が“L”に引き下げられることによって、フォルト・ログ記録イベントはトリガされません。

バス・タイムアウト保護

シリアル・インタフェースのハングアップを防ぐために、LTM4677にはタイムアウト機能が実装されています。データ・パケット・タイムはデバイス・アドレス書き込みバイトの前の最初のSTARTイベントによって起動されます。データ・パケット情報は25ms以内に完了する必要があります。この時間を超過した場合、LTM4677はバスをトライステート状態に遷移させ、そのデータ・パケットを無視します。さらに多くの時間が必要な場合は、MFR_CONFIG_ALLのビット3をアサートして、標準255msのバス・タイムアウトを可能にします。データ・パケットの情報には、デバイス・アドレス・バイト書き込み、コマンド・バイト、反復スタート・イベント(読み出し動作の場合)、デバイス・アドレス・バイト読み出し(読み出し動作の場合)、全てのデータ・バイト、および該当する場合はPECバイトが含まれます。

LTM4677は、データ・パケットのブロック読み出しに対して、より長いPMBusタイムアウトを許容します。このタイムアウト時間は、ブロック読み出しの長さに比例します。ブロック読み出しのタイムアウト延長は、主にMFR_FAULT_LOGコマンドに適用されます。どのような状況でも、タイムアウト期間がtTIMEOUT_SMBの32ms(標準)の規定値より短くなることはありません。

シリアル・バス・インタフェースを共有する全てのデバイス間の効率的なデータ・パケット伝送を維持するために、できるだけ速いクロック・レートを使用することを推奨します。LTM4677は、PMBusの周波数範囲である10kHz～400kHzの全域をサポートしています。

PMBus コマンドの概要

PMBus コマンド

表1は、サポートされているPMBusコマンドとメーカー固有コマンドの一覧です。これらのコマンドの詳細な説明は、『PMBus Power System Management Protocol Specification – Part II – Revision 1.2』に記載されています。この仕様を参照することを推奨します。例外またはメーカー固有の実装については表1に掲載されています。

この表に記載されていない0xD0～0xFFのコマンドは、いずれもメーカーが暗黙のうちに予約済みとしているものです。デバイスの誤動作を避けるために、ユーザーは、この範囲のコマンドを不用意に書き込まないようにする必要があります。この表に記載されていない0x00～0xCFのコマンドは、いずれもメーカーが暗黙のうちにサポート外としているものです。サポート外または予約済みコマンドにアクセスすると、CMLコマ

ンド・フォルト・イベントが発生する可能性があります。出力電圧の設定および測定は、全てVOUT_MODEに対する0x14の設定に基づいています。これは、2-12の指数に相当します。

PMBus コマンドの受信に処理が追いつかなくなると、デバイスがビジー状態となり新たなコマンドを処理できなくなる場合があります。そのような状況になると、デバイスは「PMBus Specification v1.2, Part II, Section 10.8.7」に規定されたプロトコルに従い、ビジーであることを伝えます。

デバイスは、堅牢な通信とシステム動作を確保すると同時に、ビジー・エラーをなくし、エラー処理ソフトウェアを簡素化する、ハンドシェイク機能を備えています。詳細は、「アプリケーション情報」の「PMBusの通信とコマンド処理」の項を参照してください。

表1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、または機能	CMDコード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVMの出荷時デフォルト値や属性	ページ
PAGE	0x00	現在ページ指定通信の対象となっているチャンネルまたはページ。	0x00、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	82
OPERATION _n	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	0x80、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	86
ON_OFF_CONFIG _n	0x02	RUN _n ビットとオン/オフの設定。	0x1F、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	85
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされている全フォルト・ビットをクリア。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVMに格納されない。	109
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	指定のページにコマンドを直接書き込む。	デフォルト値の適用なし、書き込み専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	82
PAGE_PLUS_READ	0x06	指定のページからコマンドを直接読み取る。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	83
WRITE_PROTECT	0x10	偶発的な変更に対してデバイスが提供する保護のレベル。	0x00、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	83
STORE_USER_ALL	0x15	ユーザー使用メモリをEEPROM (ユーザーが編集可能なNVM) に格納する。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVMに格納されない。	120
RESTORE_USER_ALL	0x16	ユーザー使用メモリをEEPROMからリストアする。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVMに格納されない。 MFR_RESET コマンド (0xFD) と同じ。	120
CAPABILITY	0x19	デバイスがサポートするPMBus オプション通信プロトコルの要約。	0xB0、読み出し専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	108
SMBALERT_MASK _n	0x1B	ALERT 動作をマスクする。	デフォルトのマスク値: STATUS_VOUT _n =0x00, STATUS_IOUT _n =0x00, STATUS_INPUT=0x00, STATUS_TEMPERATURE _n =0x00, STATUS_CML=0x00, STATUS_MFR_SPECIFIC _n =0x11 読み出し/書き込み、記載されているようにページ指定、合計で10バイト、NVMに格納される。	110

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMD コード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVM の出荷時デフォルト値や属性	ページ
VOUT_MODE _n	0x20	出力電圧の形式/指数。	0x14 (2 ⁻¹²)、読み出し専用、ページ指定、NVM に格納されない。	90
VOUT_COMMAND _n	0x21	公称出力電圧の設定ポイント。	0x1000 (1.000V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	91
VOUT_MAX _n	0x24	指定可能な出力電圧の上限。	ページ 0x00:0x2000 (2.000V) ページ 0x01:0x2000 (2.000V) 読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	90
VOUT_MARGIN_HIGH _n	0x25	マージン・ハイの出力電圧設定ポイント。VOUT_COMMAND _n よりも大きくなければならない。	0x10CD (1.050V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	91
VOUT_MARGIN_LOW _n	0x26	マージン・ローの出力電圧設定ポイント。VOUT_COMMAND _n よりも小さくなければならない。	0x0F33 (0.950V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	92
VOUT_TRANSITION_RATE _n	0x27	VOUT _n が I ² C を介して新しい値に指定されたときに出力電圧が変化する速度。	0x8042 (0.001V/ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	97
FREQUENCY_SWITCH	0x33	スイッチング周波数の設定。	0xFBE8 (500kHz)、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	89
VIN_ON	0x35	低電圧ロックアウト (UVLO) の上昇しきい値。	0xCAC0 (5.500V)、“SV _{IN} ”ピンで監視、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	90
VIN_OFF	0x36	低電圧ロックアウト (UVLO) の下降しきい値。	0xCAAA (5.250V)、“SV _{IN} ”ピンで監視、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	90
IOUT_CAL_GAIN _n	0x38	25°C での電流検出に対する制御 IC の電流検出ピンの電圧の非 (単位: mΩ)。	ATE で調整、読み出し/書き込み、ページ指定、出荷時のみ NVM に格納される。このレジスタへの書き込みは推奨しない。	93
VOUT_OV_FAULT_LIMIT _n	0x40	出力過電圧フォルト・リミット。	0x119A (1.100V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	91
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE _n	0x41	出力過電圧フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0x7A (20μs グリッチ・フィルタ、非ラッチ型シャットダウン、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	101
VOUT_OV_WARN_LIMIT _n	0x42	出力過電圧警告しきい値。	0x1133 (1.075V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	91
VOUT_UV_WARN_LIMIT _n	0x43	出力低電圧警告しきい値。	0x0ECD (0.925V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	92
VOUT_UV_FAULT_LIMIT _n	0x44	出力低電圧フォルト・リミット。	0x0E66 (0.900V)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	92
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE _n	0x45	出力低電圧フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0xB8 (非ラッチ型シャットダウン、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	101
IOUT_OC_FAULT_LIMIT _n	0x46	出力過電流フォルト・しきい値 (サイクルごとのインダクタ・ピーク電流)。	0xDB20 (25A)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	94
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE _n	0x47	出力過電流フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0x00 (フォルト状態/イベントの間に安定化を試行、指定された IOUT_OC_FAULT_LIMIT を超えないようにインダクタ電流のサイクルごとのピークを制限)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	103

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMDコード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVMの出荷時デフォルト値や属性	ページ
IOUT_OC_WARN_LIMIT _n	0x4A	出力過電流警告しきい値(時間平均インダクタ電流)。	0xDAC0 (22A)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	95
OT_FAULT_LIMIT _n	0x4F	過熱フォルトしきい値。	0xF200 (128°C)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	96
OT_FAULT_RESPONSE _n	0x50	TSNS _n を介して過熱フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0xB8 (非ラッチ型シャットダウン、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	105
OT_WARN_LIMIT _n	0x51	過熱警告しきい値。	0xEBE8 (125°C)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	96
UT_FAULT_LIMIT _n	0x53	低温フォルトしきい値。	0xE530 (-45°C)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	96
UT_FAULT_RESPONSE _n	0x54	低温フォルト・イベントに対する応答。	0x00 (無視、中断なしに継続)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	105
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源(SVIN)の過電圧フォルト・リミット。	0xDA80 (20.0V)、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	89
VIN_OV_FAULT_RESPONSE _n	0x56	入力過電圧フォルト・イベントに対する応答。	0xB8 (非ラッチ型シャットダウン、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	99
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力低電圧警告しきい値。	0xCAA6 (5.297V)、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	89
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	入力電源の過電流警告しきい値。	0xDA00 (16A)、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	93
TON_DELAY _n	0x60	RUN _n またはOPERATION _n によるオンから、出力レールのターンオンまでの時間。	0x8000 (0ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	97
TON_RISE _n	0x61	出力電圧リファレンスが上昇し始めてから指定された設定値に達するまでの時間。	0xC300 (3ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	97
TON_MAX_FAULT_LIMIT _n	0x62	ウォッチドッグのターンオン・タイムアウト・フォルトしきい値(ターンオン・コマンドを受信してからVOUT _n がVOUT_UV_FAULT_LIMIT _n 以上に達するのに許容される時間)。	0xCA80 (5ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	97
TON_MAX_FAULT_RESPONSE _n	0x63	TON_MAX_FAULT _n イベントが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0xB8 (非ラッチ型シャットダウン、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	102
TOFF_DELAY _n	0x64	RUNまたはOPERATIONによるオフからTOFF_FALL _n ランプの開始までの時間。	0x8000 (0ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	98
TOFF_FALL _n	0x65	出力電圧リファレンスが下降し始めてから0Vに達するまでの時間。	0xC300 (3ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	98
TOFF_MAX_WARN_LIMIT _n	0x66	ウォッチドッグのターンオン・タイムアウト・フォルトしきい値(ターンオフ・コマンドを受信時にVOUT _n が指定されたVOUT _n の値の12.5%以下に低下するのに許容される時間)。	0x8000 (制限なし、警告はディスエーブルされる)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	98

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMD コード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVM の出荷時デフォルト値や属性	ページ
STATUS_BYTE _n	0x78	ユニットのフォルト状態の1バイトの要約。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	111
STATUS_WORD _n	0x79	ユニットのフォルト状態の2バイトの要約。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	111
STATUS_VOUT _n	0x7A	出力電圧のフォルトおよび警告の状態。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	112
STATUS_IOUT _n	0x7B	出力電流のフォルトおよび警告の状態。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	112
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源 (SV _{IN}) のフォルトおよび警告の状態。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	112
STATUS_TEMPERATURE _n	0x7D	READ_TEMPERATURE_1 _n の TSNS _{na} で検出される温度のフォルトおよび警告の状態。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	113
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトおよび警告の状態。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	113
STATUS_MFR_SPECIFIC _n	0x80	メーカー固有のフォルトおよび状態の情報。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、ページ指定、NVMに格納されない。	113
READ_VIN	0x88	入力電源 (SV _{IN}) の電圧の測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	116
READ_IIN	0x89	合計入力電源電流の計算値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	116
READ_VOUT _n	0x8B	出力電圧の測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	116
READ_IOUT _n	0x8C	出力電流の測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	117
READ_TEMPERATURE_1 _n	0x8D	TSNS _{na} で検出される温度の測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	117
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	制御ICの接合部温度の測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	117
READ_DUTY_CYCLE _n	0x94	MT _n のデューティ・サイクルの測定値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	117
READ_POUT _n	0x96	出力電力の計算値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	117
PMBUS_REVISION	0x98	デバイスがサポートする PMBus のリビジョン。	0x22 (PMBus 仕様書の“Part I”と“Part II”のそれぞれ“Revision 1.2”)、読み出し専用、非ページ指定、NVMに格納されない。	108
MFR_ID	0x99	ASCII で示したメーカー識別記号。	“LTC”、読み出し専用、非ページ指定	108
MFR_MODEL	0x9A	ASCII で示したメーカーの製品番号。	LTM4677、読み出し専用、非ページ指定。	109
MFR_SERIAL	0x9E	この特定のユニットのシリアル番号。	ユニットの構成を識別する最大9バイトの特別形式のデータ、読み出し専用、非ページ指定。	109
MFR_VOUT_MAX _n	0xA5	最大許容出力電圧。	両チャンネルとも 0x5B34 (5.700V)。読み出しのみ、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納されない。	92
USER_DATA_00	0xB0	OEM による予約データ。	読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。変更に対して推奨。	108

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMDコード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVMの出荷時デフォルト値や属性	ページ
USER_DATA_01 _n	0xB1	OEMによる予約データ。	読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。変更に対して推奨。	108
USER_DATA_02	0xB2	OEMによる予約データ。	読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。変更に対して推奨。	108
USER_DATA_03 _n	0xB3	ユーザーが利用できる編集可能なワード。	0x0000、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	108
USER_DATA_04	0xB4	ユーザーが利用できる編集可能なワード。	0x0000、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	108
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドと MFR_EE_DATA コマンドによるアクセスのために、ユーザーのEEPROMのロックを解除する。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	124
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのために、ユーザーのEEPROMを初期化する。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	124
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読み出しまたは書き込みによってEEPROMとの間で伝送されるデータ。一括プログラミングをサポートする。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。	124
MFR_CHAN_CONFIG_* _n	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	0x1F、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。レジスタ名は“MFR_CHAN_CONFIG”で、LTpowerPlayでは“MFR_CHAN_CONFIG_LTM467X”を指す。	84
MFR_CONFIG_ALL_*	0xD1	グローバル設定ビット、つまり、チャンネル0とチャンネル1のV _{OUT} に共通。	0x09、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。ビット4はSYNC駆動回路がアクティブか(0 _b)、アクティブでないか(1 _b)を設定する。ビット3はStuck PMBusのタイマ・タイムアウトが、ブロック読み出しの場合150ms、非ブロック読み出し(0 _b)の場合32ms、または全ての読み出し(1 _b)の場合250msであるかどうかを設定する。	85
MFR_GPIO_PROPAGATE_* _n	0xD2	GPIO _n ピンへの伝達フォルトの設定ビット。	0x6893、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。レジスタ名は“MFR_GPIO_PROPAGATE”で、LTpowerPlayでは“MFR_GPIO_PROPAGATE_LTM467X”を指す。	106
MFR_PWM_MODE_* _n	0xD4	各V _{OUT} チャンネルのPWMエンジンの設定。	0xC3、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。ビット1は出力が高レンジ(0 _b)であるか、または低レンジ(1 _b)であるかを指定します。ビット0は出力が強制連続導通モード(1 _b)で動作しているか、それとも不連続モード(0 _b)で動作しているかを指定します。コマンド名は“MFR_PWM_MODE”で、LTpowerPlayでは“MFR_PWM_MODE_LTM467X”を指す。	87
MFR_GPIO_RESPONSE _n	0xD5	ユニットの外部回路によってGPIO _n ピンが“L”にアサートされたとき、デバイスが取るアクション。	0xC0(それぞれの出力の電力段を高インピーダンス、つまりスリーステートにする、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納される。	107
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	制御ICの接合部過熱フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	0xC0(それぞれの出力の電力段を高インピーダンス、つまりスリーステートにする、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出しのみ、非ページ指定、ユーザーが編集可能なNVMに格納されない。	104
MFR_IOUT_PEAK _n	0xD7	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降に測定されたREAD_IOUT _n の最大値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVMに格納されない。	118
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	A/Dコンバータの反復される高速読み出しのためのADC遠隔測定パラメータ。	0x00、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVMに格納されない。公称10Hzの代わりに、最大125Hzの遠隔測定値読み出しを可能にする。	118

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMD コード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVM の出荷時デフォルト値や属性	ページ
MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS	0xDA	短ループ時の ADC のステータス。	デフォルト値の適用なし、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVM に格納されない。短いラウンドロビン・ループに接続されたときの最も新しくデジタル化された遠隔測定値を示す ADC のステータス (MFR_ADC_CONTROL=0x0D)	119
MFR_RETRY_DELAY _n	0xDB	フォルト・リトライ・モードのリトライ間隔。	0xF3E8 (250ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	99
MFR_RESTART_DELAY _n	0xDC	RUN _n ピンが内部回路によってロジック“L”に引き下げられる最小時間 (公称)。	0xF258 (150ms)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	99
MFR_VOUT_PEAK _n	0xDD	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された READ_VOUT _n の最大値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVM に格納されない。	117
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された READ_VIN の最大値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVM に格納されない。	118
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK _n	0xDF	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された温度 TSNS _{na} の最大値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVM に格納されない。	118
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアする。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVM に格納されない。	110
MFR_PADS	0xE5	I/O パッドのデジタル・ステータス。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVM に格納されない。	114
MFR_ADDRESS	0xE6	LTM4677 の I ² C スレーブ・アドレス、右揃え。	0x4F、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。ビット [6:4] は、ユーザーが設定可能なこのデバイスの 7 ビットのスレーブ・アドレスの上位 3 ビットを表す。ビット [3:0] は ASEL 抵抗のピンストラップ設定によって支配される。このコマンドの値を 0x80 に設定すると、デバイス固有のアドレス指定が無効になります。	84
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	IC のシリコンとリビジョンを表すメーカー・コード。	0x47BX、読み出し専用、非ページ指定。	109
MFR_IIN_OFFSET _n	0xE9	READ_IIN と MFR_READ_IIN _n の計算に使用される係数で、MOSFET ドライバを含む制御 IC から流れる入力電流の寄与を表す。	0x8BE7 (0.0305A)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に格納される。	93
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM へのフォルト・ログの伝送を指示する。この指示によって、デバイスはチャンネルがフォルトによってオフしたかのように動作する。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVM に格納されない。	121
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログのために確保された EEPROM のブロックを初期化し、以前のフォルト・ログのロックをクリアする。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVM に格納されない。	124
MFR_READ_IIN _n	0xED	チャンネルによって計算された入力電流。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、ページ指定、NVM に格納されない。	117
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全なフォルト・ログをアセンブルする。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、フォルト・ログの NVM に格納される。	120
MFR_COMMON	0xEF	複数の LTC の IC/モジュールに共通するメーカー・ステータス・ビット。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVM に格納されない。	114

PMBus コマンドの概要

表 1. サポートされているコマンドと機能の一覧

PMBus コマンド名、 または機能	CMD コード (レジスタ)	コマンドまたは機能の説明	NVM の出荷時デフォルト値や属性	ページ
MFR_COMPARE_ USER_ALL	0xF0	現在のコマンドの内容 (RAM) を NVM と比較する。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVM に格納され ない。	120
MFR_ TEMPERATURE_2_ PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降の 制御 IC の接合部温度の最高測定 値。	デフォルト値の適用なし、読み出し専用、非ページ指定、NVM に格納され ない。	118
MFR_PWM_ CONFIG_*	0xF5	チャンネル 0 とチャンネル 1 の位相イン ターリーブ角、UVLO 時の SHARE_ CLK 動作、および並列接続した出 力チャンネルを制御する完全差動 アンプの使用を設定する構成ビット ト。	0x10、読み出し/書き込み、非ページ指定、ユーザーが編集可能な NVM に 格納される。ビット 7 が 0 _b のとき、チャンネル 1 の出力は V _{OSNS1} と SGND の 帰還信号によって安定化される。ビット 7 が 1 _b のとき、チャンネル 1 の出力は V _{OSNS0+} と V _{OSNS0-} の帰還信号によって安定化される。PolyPhase 電源レ ール・アプリケーションの場合はビット 7 を 1 _b に設定するだけ。コマンド名は "MFR_PWM_CONFIG" で、LTpowerPlay では "MFR_PWM_CONFIG_LTM467X" を指す。	88
MFR_IOUT_CAL_ GAIN_TC _n	0xF6	電流検出素子の温度係数。	0x0F14 (3860ppm/°C)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユーザーが編集 可能な NVM に格納される。	93
MFR_TEMP_1_GAIN _n	0xF8	TSNS _{na} とインタフェースする温度 センサの勾配を設定する。	0x3FAE (個別のユニットで 0.995)、読み出し/書き込み、ページ指定、ユー ザーが編集可能な NVM に格納される。	95
MFR_TEMP_1_ OFFSET _n	0xF9	TSNS _{na} 温度センサの -273.1°C を基 準としたオフセットを設定する。	0x8000 (0.0)、読み出し/書き込み、ページ指定、NVM に格納される。	95
MFR_RAIL_ ADDRESS _n	0xFA	PolyPhase 出力の共通パラメータ を調整するための共通アドレス。	0x80、読み出し/書き込み、ページ指定、NVM に格納される。	84
MFR_RESET	0xFD	パワーダウン不要の、コマンドによ るリセット。	デフォルト値の適用なし、バイト送信のみ、非ページ指定、NVM に格納さ れない。RESTORE_USER_ALL と同じ。	87

アプリケーション情報

表 2. LTM4677 の出力電圧の微調整されない設定値に対する $V_{OUTn}CFG$ ピンのストラップの参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b の場合には適用なし)

$R_{VOUTn}CFG^*$ (k Ω)	V_{OUTn} (V)の微調整されない設定値	MFR_PWM_CONFIG[6- <i>n</i>]ビット
Open	NVM	NVM
6.34	1.9	1
5.23	1.7	1
4.22	1.5	1
3.24	1.3	1
2.43	1.1	1
1.65	0.9	1
0.787	0.7	1
0	0.5	1

* $R_{VOUTn}CFG$ は公称値を示す。 $R_{VOUTn}CFG$ は、許容誤差が表に示された値の必ず3%以内のものを抵抗メーカーから選択すること。抵抗の初期許容誤差、T.C.R. および抵抗動作温度、半田熱/IR リフロー、および抵抗の寿命期間の耐久性について考慮すること。熱的衝撃/サイクル、湿気(湿度)などの作用(個々のアプリケーションによる)が $R_{VOUTn}CFG$ の値に経時的に影響を与える可能性もある。抵抗のピンストラップにより、製品の全寿命期間における SV_{IN} のパワーアップやMFR_RESETの実行のすべての時点で望みの結果が得られるように、このような作用はすべて考慮する必要がある。

表 3. LTM4677 の出力電圧の微調整された設定値に対する $V_{TRIMn}CFG$ ピンのストラップの参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b の場合には適用なし)

$R_{VTRIMn}CFG^*$ (k Ω)	それぞれのときの V_{OUTn} の設定値に対する V_{TRIM} (mV)の微調整値
Open	0
32.4	99
22.6	86.625
18.0	74.25
15.4	61.875
12.7	49.5
10.7	37.125
9.09	24.75
7.68	12.375
6.34	-12.375
5.23	-24.75
4.22	-37.125
3.24	-49.5
2.43	-61.875
1.65	-74.25
0.787	-86.625
0	-99

* $R_{VTRIMn}CFG$ は公称値を示す。 $R_{VTRIMn}CFG$ は、許容誤差が表に示された値の必ず3%以内のものを抵抗メーカーから選択すること。抵抗の初期許容誤差、T.C.R. および抵抗動作温度、半田熱/IR リフロー、および抵抗の寿命期間の耐久性について考慮すること。熱的衝撃/サイクル、湿気(湿度)などの作用(個々のアプリケーションによる)が $R_{VTRIMn}CFG$ の値に経時的に影響を与える可能性もある。抵抗のピンストラップにより、製品の全寿命期間における SV_{IN} のパワーアップやMFR_RESETまたはRESTORE_USER_ALLの実行のすべての時点で望みの結果が得られるように、このような作用はすべて考慮する必要がある。

アプリケーション情報

表 4. LTM4677 のスイッチング周波数とチャンネルの位相インターリーブ角を設定するための F_{SWPHCFG} ピンのストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b の場合には適用なし)

R _{FSWPHCFG} * (kΩ)	スイッチング周波数 (kHz)	θ _{SYNC} ~ θ ₀ 位相差	θ _{SYNC} ~ θ ₁ 位相差	MFR_PWM_CONFIG の ビット [2:0]	MFR_CONFIG_ALL の ビット [4]
Open	NVM; LTM4677 Default = 500	NVM; LTM4677 Default = 0°	NVM; LTM4677 Default = 180°	NVM; LTM4677 Default = 000 _b	NVM; LTM4677 Default = 0 _b
32.4	250	0°	180°	000 _b	0 _b
22.6	350	0°	180°	000 _b	0 _b
18.0	425	0°	180°	000 _b	0 _b
15.4	575	0°	180°	000 _b	0 _b
12.7	650	0°	180°	000 _b	0 _b
10.7	750	0°	180°	000 _b	0 _b
7.68	500	120°	240°	100 _b	0 _b
6.34	500	90°	270°	001 _b	0 _b
5.23	External**	0°	240°	010 _b	1 _b
4.22	External**	0°	120°	011 _b	1 _b
3.24	External**	60°	240°	101 _b	1 _b
2.43	External**	120°	300°	110 _b	1 _b
1.65	External**	90°	270°	001 _b	1 _b
0.787	External**	0°	180°	000 _b	1 _b
0	External**	120°	240°	100 _b	1 _b

*R_{FSWPHCFG} は公称値を示す。R_{FSWPHCFG} は、許容誤差が表に示された値の必ず 3% 以内のものを抵抗メーカーから選択すること。抵抗の初期許容誤差、T.C.R. および抵抗動作温度、半田熱/IR リフロー、および抵抗の寿命期間の耐久性について考慮すること。熱的衝撃/サイクル、湿気(湿度)などの作用(個々のアプリケーションによる)が R_{FSWPHCFG} の値に経時的に影響を与える可能性もある。抵抗のピンストラップにより、製品の全寿命期間における S_{VIN} のパワーアップや MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行のすべての時点で望みの結果が得られるように、このような作用はすべて考慮する必要がある。

**0x0000 に設定される FREQUENCY_SWITCH (レジスタ 0x33) の値に相当する「外部」設定値、MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b である限り、デバイスは SYNC ピンに供給されるクロックの周波数であるスイッチング周波数に同期する。

アプリケーション情報

表 5. LTM4677 のスレーブ・アドレスを設定するための ASEL ピンのストラップ参照表 (MFR_CONFIG_ALL[6] の設定値に関係なく適用)

R _{ASEL} * (kΩ)	スレーブ・アドレス
Open	100_1111_R/W
32.4	100_1111_R/W
22.6	100_1110_R/W
18.0	100_1101_R/W
15.4	100_1100_R/W
12.7	100_1011_R/W
10.7	100_1010_R/W
9.09	100_1001_R/W
7.68	100_1000_R/W
6.34	100_0111_R/W
5.23	100_0110_R/W
4.22	100_0101_R/W
3.24	100_0100_R/W
2.43	100_0011_R/W
1.65	100_0010_R/W
0.787	100_0001_R/W
0	100_0000_R/W

ここで、

R/W は制御バイトの読み出し/書き込みビット。特に指定がない限り、表にリストされた PMBus のデバイス・アドレスはすべて 7 ビット幅。

注意: LTM4677 は、NVN や ASEL の抵抗の設定値に関係なく、常にスレーブ・アドレス 0x5A および 0x5B に応答する。

*R_{CFG} は公称値を示す。R_{CFG} は、許容誤差が表に示された値の必ず 3% 以内のものを抵抗メーカーから選択すること。抵抗の初期許容誤差、T.C.R. および抵抗動作温度、半田熱/IR リフロー、および抵抗の寿命期間の耐久性について考慮すること。熱的衝撃サイクル、湿度(湿度)などの作用(個々のアプリケーションによる)が R_{CFG} の値に経時的に影響を与える可能性もある。抵抗のピンストラップにより、製品の全寿命期間における SV_{IN} のパワーアップや MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行のすべての時点で望みの結果が得られるように、このような作用はすべて考慮する必要がある。

表 6. LTM4677 の MFR_ADDRESS コマンドの例 (7 ビットと 8 ビットのアドレス指定について表示)

説明	デバイス・アドレス (16 進)		ビット 7	ビット 6	ビット 5	ビット 4	ビット 3	ビット 2	ビット 1	ビット 0	R/W
	7 ビット	8 ビット									
Rail ⁴	0x5A	0xB4	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Global ⁴	0x5B	0xB6	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Default	0x4F	0x9E	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Example 1	0x40	0x80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Example 2	0x41	0x82	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Disabled ^{2,3}			1	0	0	0	0	0	0	0	0

Note 1: この表は MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドに適用できるが、MFR_ADDRESS コマンドには適用できない。

Note 2: 1 つのコマンド内でディスエーブルに設定された値が、デバイスを無効にしたり、グローバル・アドレスを無効にすることはない。

Note 3: 1 つのコマンド内でディスエーブルに設定された値が、他のコマンドでアドレスを指定されたデバイスの応答を禁止することはない。

Note 4: MFR_CHANNEL_ADDRESS_n コマンドまたは MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドに、0x00、0x0C (7 ビット)、0x5A (7 ビット)、0x5B (7 ビット) または 0x7C (7 ビット) を書き込むことは推奨しない。

V_{IN} から V_{OUT} への降圧比

実現可能な V_{IN} から V_{OUT} への最大降圧比には、与えられた入力電圧に応じた制約があります。LTM4677 の各出力は 500kHz で 95% のデューティ・サイクルを実現する能力がありますが、V_{IN} から V_{OUT} の間の最小ドロップアウトは負荷電流に依存したままで、トップサイド・スイッチの高デューティ・サイクルに関連した出力電流能力を制限します。t_{ON(MIN)} < D/f_{sw} であることから、特定の周波数での動作時に規定されたデューティ・サイクルで動作させる場合は、最小オン時間 t_{ON(MIN)} についても考慮する必要があります。ここで、D はデューティ・サイクル、f_{sw} はスイッチング周波数です。t_{ON(MIN)} は電気的パラメータで 90ns に規定されています。出力電流のガイドラインについては「電気的特性」の Note 6 を参照してください。

アプリケーション情報

入力コンデンサ

LTM4677モジュールは低ACインピーダンスのDCソースに接続する必要があります。RMSリップル電流に対応するために、レギュレータの入力には22μFのセラミック・コンデンサを4個接続します。より大きな入力バルク容量には、47μF～100μFの表面実装アルミ電解バルク・コンデンサを使うことができます。このバルク入力コンデンサは、長い誘導性のリードやトレースまたはソースの容量不足によって入力のソース・インピーダンスが損なわれる場合にだけ必要です。低インピーダンスの電源プレーンを使用している場合は、このバルク・コンデンサは不要です。

降圧コンバータの場合、スイッチングのデューティ・サイクルは次のように推定することができます。

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

インダクタの電流リップルを考慮しなければ、入力コンデンサのRMS電流は、各出力に対して次のように概算できます。

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

上の式で、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサは、スイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、またはポリマー・コンデンサでもかまいません。

出力コンデンサ

LTM4677は出力電圧リップル・ノイズを小さくし、優れたトランジェント応答が得られるように設計されています。C_{OUT}として定義されているバルク出力コンデンサは、出力電圧リップルとトランジェントの要件を満たすために、実効直列抵抗(ESR)が十分に小さいものを選択します。C_{OUT}には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサまたはセラミック・コンデンサを使うことができます。各出力の標準的な出力容量の範囲は400μF～700μFです。出力リップルやダイナミック・トランジェント・スパイクをさらに低減する必要がある場合、システム設計者が出力フィルタを追加することが必要になる可能性があります。各チャンネルで9Aから18Aへの負荷ステップでの9A/μsのトランジェント時の電圧低下やオーバーシュートを最小限に抑えるための、さまざまな出力電圧と出力コンデンサの一覧を表19に示します。この表では、最

適のトランジェント性能を得るために、全等価ESRと全バルク容量が最適化されています。表19の一覧では安定性の判定基準が考慮されており、リニアテクノロジーからμModule Power Design Toolが安定性の解析のために提供されています。マルチフェーズ動作では、位相数に応じて実効出力リップルが低減されます。このノイズ低減と出力リップル電流の相殺については「アプリケーションノート77」で解説していますが、出力容量と安定性やトランジェント応答の関係を注意深く検討する必要があります。リニアテクノロジーのμModule Power Design Toolは、実装する位相数をN倍に増やしたときの出力リップルの減少を計算できます。10Ωの小さな抵抗をV_{OUTn}とV_{OSNS0}⁺ピンまたはV_{OSNS1}ピンの間に直列に挿入することで、ボード・プロット・アナライザが制御ループに信号を注入して、レギュレータの安定性を検証できるようにします。

軽負荷電流動作

LTM4677には、高効率の不連続導通モード、強制連続導通モードの2つの動作モードがあります。動作モードはMFR_PWM_MODE_nコマンドのビット0によって設定します(起動時のモードは常に不連続導通モード、デフォルトの動作モードは強制連続モード)。

チャンネルが不連続モードで動作するようにイネーブルされていると、インダクタ電流は反転できません。インダクタ電流がゼロに達する直前に、逆電流コンパレータ(I_{REV})がボトムMOSFET(MB_n)をオフし、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。したがって、コントローラは不連続(パルススキップ)動作する場合があります。強制連続動作の場合は、軽負荷時または大きなトランジェント状態でインダクタ電流が反転できます。ピーク・インダクタ電流はCOMP_{na}ピンの電圧だけで決まります。このモードでは、軽負荷での効率が不連続モード動作よりも低下します。ただし、連続モードは出力リップルが小さく、オーディオ回路への干渉が抑えられます。強制連続導通モードはインダクタ電流の反転を招く可能性があり、これによって入力電源が昇圧される場合があります。VIN_OV_FAULT_LIMITはこれを検出して(SV_{IN}がV_{IN0}またはV_{IN1}に接続されている場合)、障害を与えるチャンネルをオフすることができます。ただし、このフォルトはADCの読み出し値に基づいて生成されるため、検出に最大100ms(公称)を要する場合があります。入力電源の昇圧が懸念される場合は、デバイスの動作を不連続導通モードに保ってください。

アプリケーション情報

スイッチング周波数と位相

LTM4677のチャンネルのスイッチング周波数は、モジュールのSYNCピンに生じるクロックにロックするアナログ・フェーズロック・ループ(PLL)によって設定されます。SYNCピンのクロック波形は、3.3V(例えば、V_{DD33})への外付けプルアップ抵抗が接続された場合と、LTM4677の制御ICのFREQUENCY_SWITCHコマンドがサポートされる値(250kHz、350kHz、425kHz、500kHz、575kHz、650kHz、750kHz)の1つに設定される場合との組み合わせで、LTM4677の内部回路によって生成することができます(16進数の値については表8を参照)。この設定では、モジュールは「同期マスタ」と呼ばれます。(出荷時デフォルト設定MFR_CONFIG_ALL[4]=0_bを使うと)、SYNCは双方向のオープン・ドレイン・ピンになり、LTM4677は、定められたクロック・レートでは一度に公称500nsの間SYNCをロジック“L”に下げます。システム内の複数のモジュールのスイッチング周波数に同期することを目的に、SYNC信号をその他の(「同期スレーブ」に設定された)LTM4677モジュールにバス接続することができます。ただし、1個のLTM4677だけを「同期マスタ」に設定し、その他のLTM4677を「同期スレーブ」に設定する必要があります。

- 最も直接的な方法は、FREQUENCY_SWITCHコマンドを0x0000に設定し、MFR_CONFIG_ALL[4]=1_bに設定することです。これはF_{SWPHCFG}ピンの抵抗のピンストラップ設定によって簡単に実現することができます(表4を参照)。MFR_CONFIG_ALL[4]=1_bを使って、SYNCピンを高インピーダンス入力だけにします。つまり、SYNCを“L”に駆動しません。モジュールはその周波数をSYNCピンに与えられるクロックの周波数に同期させます。この手法の唯一の短所は、外から与えられるクロックが存在しないとき、モジュールのスイッチング周波数がデフォルトで周波数同期のキャプチャ・レンジの下端(約225kHz)になることです。

- 外から与えられるSYNCクロックが失われたときのフォルト耐性を望む場合、「同期スレーブ」のFREQUENCY_SWITCHコマンドを、0x0000ではなく、アプリケーションの目標公称スイッチング周波数のままにしておくことができます(表7を参照)。ただし、依然としてMFR_CONFIG_ALL[4]=1_bに設定する必要があります。設定のこの組み合わせにより、LTM4677のSYNCピンは高インピーダンス入力になり、外部で与えられるクロックの周波数が目標周波数(FREQUENCY_SWITCH)の約1/2を超える限り、モジュールは外部で与えられるクロックの周波数に同期します。SYNCクロックが存在しないと、モジュールはその目標周波数で動作し続けます。SYNCクロックが回復すると直ちにモジュールは通常どおりSYNCクロックに自動的にフェーズロックします。この手法の唯一の短所はEEPROMを上の手引きに従って設定する必要があることです。F_{SWPHCFG}ピンの抵抗のピンストラップ設定のオプションだけでは、SYNCクロックの不在に対するフォルト耐性を与えることはできません。

FREQUENCY_SWITCHレジスタはI²Cコマンドを介して変更することができますが、スイッチング動作が停止しているとき、つまり、モジュールの出力がオフのときだけです。FREQUENCY_SWITCHコマンドは、SV_{IN}のパワーアップ時にNVMに格納された値になりますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うように設定されている場合(MFR_CONFIG_ALL[6]=0_b)だけ、F_{SWPHCFG}ピンとSGNDの間に適用された抵抗のピンストラップに従って無効にされます。表4に、利用可能な抵抗のピンストラップと対応するFREQUENCY_SWITCHの設定値を示します。

PolyPhase[®]電源レール内では、アクティブな全チャンネルの相対位相を適切に設定する必要があります。各電源レール間の相対位相は360°/nです。ここで、nは電源レール内の位相数です。MFR_PWM_CONFIG[2:0]により、SYNCピンを基準にしたチャンネルの相対位相が設定されます。相対位相の値は、トップMOSFET(MT_n)のターンオンに一致するSYNCの立ち上がりエッジに相当する0°を基準に示されます。

MFR_PWM_CONFIGコマンドはI²Cコマンドを介して変更することができますが、スイッチング動作が停止しているとき、つまり、モジュールの出力がオフのときだけです。MFR_PWM_CONFIGコマンドは、SV_{IN}のパワーアップ時にNVMに格納された値になりますが、モジュールが抵抗のピンストラップ設定に従うように設定されている場合(MFR_CONFIG_ALL[6]=0_b)だけ、F_{SWPHCFG}ピンとSGNDの間に適用された抵抗のピンストラップに従って無効にされます。表4に、利用可能な抵抗のピンストラップと対応するMFR_PWM_CONFIG[2:0]

アプリケーション情報

の設定値を示します。

FREQUENCY_SWITCHとMFR_PWM_CONFIG[2:0]のいくつかの組み合わせは、FSWPHCFGピンの抵抗のピンストラップによって利用できません。FREQUENCY_SWITCHとMFR_PWM_CONFIG[2:0]でサポートされる値のすべての組み合わせは、NVMの設定、あるいは、スイッチング動作が停止している(つまり、モジュールの出力がオフしている)場合には、I²Cトランザクションによって設定できます。

SYNCの容量を最小限に抑えて、アプリケーションが「クリーンな」クロックを生成するために、プルアップ抵抗とコンデンサ負荷の時定数が十分に小さくなるように注意する必要があります。(このセクションの後半の「オープン・ドレイン・ピン」を参照してください。)

LTM4677が同期スレーブに設定されている場合、プルアップ抵抗を使用せずに、外部回路が電流制限されたソース(10mA未満)からSYNCピンを駆動することができます。NVMの内容がRAMにダウンロードされるまではSYNC出力が低インピーダンスになる可能性があるため、SV_{IN}のパワーアップ時には、どの外部回路も適当な低インピーダンスで“H”に駆動してはなりません。

V_{IN} - V_{OUT}間電圧が共通する多くのアプリケーションでの動作の、LTM4677の推奨スイッチング周波数を表7に示します。LTM4677の2つのチャネルが、表7の推奨スイッチング周波数が大きく異なる入力電圧から出力電圧への降圧を行う場合、2つの推奨スイッチング周波数の高い方での動作が適していますが、最小オン時間を考慮する必要があります。(「最小オン時間に関する検討事項」のセクションを参照してください。)

表7. 様々なV_{IN}からV_{OUT}への降圧状況に対する推奨スイッチング周波数

	5VIN	8VIN	12VIN
0.9V _{OUT}	350kHz to 425kHz		
1.0V _{OUT}			
1.2V _{OUT}			
1.5V _{OUT}	425kHz to 500kHz		
1.8V _{OUT}			

LTM4677のSV_{IN}ピンに流れる電流はデジタル化も計算もされません。SV_{IN}の推定電流を表す値はMFR_IIN_OFFSET_nコマンドに置かれ、READ_IINとMFR_READ_IIN_nという名の入力電流の読み出し遠隔測定値の計算に使用されます。MFR_IIN_OFFSET_nの推奨設定値を表8に示します。MFR_IIN_OFFSET₀とMFR_IIN_OFFSET₁には同じ値を使用する必要があります(つまり、ページ0x00および0x01)。

表8. 推奨するMFR_IIN_OFFSET_nの設定値とスイッチング周波数の設定値

スイッチング周波数 (kHz)	FREQUENCY_SWITCHコマンドの値 (16進数)	推奨するMFR_IIN_OFFSET _n の設定値 (mA)	推奨するMFR_IIN_OFFSET _n の設定値 (16進数)
250	0xF3E8	20.3	0x8A99
350	0xFABC	24.4	0x8B20
425	0xFB52	27.4	0x8B82
500	0xFBE8	30.5	0x8BE7
575	0x023F	33.6	0x9227
650	0x028A	36.7	0x9259
750	0x02EE	40.8	0x929C
Sync. to External Clock, f _{SYNC}	0x0000	0.041 • f _{SYNC} + 10.037	*

*付録C「PMBusコマンドの詳細、L11データ形式」を参照。

最小オン時間に関する検討事項

最小オン時間t_{ON(MIN)}は、LTM4677が上側MOSFETをオンすることができる最小時間です。これは内部タイミング遅延と上側MOSFETをオンするのに必要なゲート電荷の量によって決まります。低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、この最小オン時間のリミットに接近する可能性があるため、次の条件が成り立つように注意する必要があります。

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

デューティ・サイクルが最小オン時間で対応可能な値より低くなると、コントローラはサイクル・スキップを開始します。出力電圧は引き続き安定化されますが、リップル電圧とリップル電流が増加します。

LTM4677の最小オン時間は90ns(公称)で、ガードバンドは130nsまでです。

アプリケーション情報

可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ

ソフトスタートする前に、LTM4677は実行状態に移行していません。デバイスの初期化が完了し、 SV_{IN} が VIN_{ON} しきい値を超えると、 RUN_n ピンが解放されます。アプリケーションで複数のLTM4677を使用する場合、同じ RUN_n ピンを共用するように構成してください。すべてのデバイスで初期化が完了し、 SV_{IN} が VIN_{ON} しきい値を超えるまで、いずれのデバイスも、それぞれの対応する RUN_n ピンを“L”に保持します。 $SHARE_CLK$ ピンは、この信号を接続されたデバイスが、すべて同じタイムベースを使用することを保証します。

RUN_n ピンの解放後、コントローラはユーザーが指定するターンオン遅延(TON_DELAY_n)の経過を待ってから、出力電圧のランプを開始します。複数のLTM4677および他のLTCデバイスは、可変遅延時間で起動するように構成できます。適切に動作させるには、すべてのデバイスで同じタイミング・クロック($SHARE_CLK$)を使用し、すべてのデバイスが RUN_n ピンを共用する必要があります。これによって、すべてのデバイスの相対遅延が同期されます。遅延の実際の変化は、 $SHARE_CLK$ ピンに接続されたデバイスの最も高速なクロック速度によって決まります(リニアテクノロジーのICは、最高速の $SHARE_CLK$ 信号によって全デバイスのタイミングを制御できるように構成されています)。 $SHARE_CLK$ 信号の周波数は $\pm 7.5\%$ 変動する可能性があるため、実際の時間遅延は、これと同様に変動します。

ソフトスタートは、負荷電圧をアクティブに安定化しながら、目標電圧を0Vから指定された電圧設定値までデジタルにランプ・アップさせることで実現します。電圧ランプの立ち上がり時間は TON_RISE_n コマンドによってプログラムできるため、起動時の電圧ランプに伴う突入電流を最小限に抑えることができます。ソフトスタート機能は、 TON_RISE_n の値を0.250ms未満の任意の値に設定することでディスエーブルできます。LTM4677は、目標とする勾配で電圧をランプ・アップさせるために必要な計算を内部で実行します。ただし、電力段の基本的な制限値よりも急峻な電圧勾配を得ることはできません。ランプのステップ数は $TON_RISE/0.1ms$ に等しくなります。したがって、 TON_RISE_n の時間を短く設定するほど、ソフトスタート・ランプにより大きなギザギザが現れます。

TON_RISE_n の動作中、LTM4677のPWMは常に不連続モードで動作します。不連続モードでは、インダクタで逆電流が検出されると、直ちにボトムMOSFET (MB_n)がオフされます。この動作により、レギュレータはプリバイアスされた負荷でも起動できるようになります。

LTM4677はアナログ・トラッキング機能を備えていませんが、2つの出力に同じ TON_RISE_n と TON_DELAY_n 時間を設定することにより、電源レールの比例トラッキングが実現します。 RUN_n ピンが同時に解放し、両方のユニットが同じタイムベース($SHARE_CLK$)を使用しているため、出力は互いにわずかな差異でトラッキングします。回路がPolyPhase構成の場合、全てのタイミング・パラメータが同じでなければなりません。

電源レールの同時トラッキングは、以下のように、2つの出力を同じターンオン/ターンオフ・スルーレート、同じターンオン遅延に設定し、ターンオフ遅延を適切に選択することによって実現できます。

$$\frac{VOUT_COMMAND_{RAIL1}}{TON_RISE_{RAIL1}} = \frac{VOUT_COMMAND_{RAIL2}}{TON_RISE_{RAIL2}}$$

and

$$\frac{VOUT_COMMAND_{RAIL1}}{TOFF_FALL_{RAIL1}} = \frac{VOUT_COMMAND_{RAIL2}}{TOFF_FALL_{RAIL2}}$$

および

$$TON_DELAY_{RAIL1} = TON_DELAY_{RAIL2}$$

および($VOUT_COMMAND_{RAIL2} \geq VOUT_COMMAND_{RAIL1}$ の場合)

$$TOFF_DELAY_{RAIL1} = TOFF_DELAY_{RAIL2} + \left(1 - \frac{VOUT_COMMAND_{RAIL1}}{VOUT_COMMAND_{RAIL2}} \right) \cdot TOFF_FALL_{RAIL2}$$

あるいは($VOUT_COMMAND_{RAIL2} < VOUT_COMMAND_{RAIL1}$ の場合)

$$TOFF_DELAY_{RAIL2} = TOFF_DELAY_{RAIL1} + \left(1 - \frac{VOUT_COMMAND_{RAIL2}}{VOUT_COMMAND_{RAIL1}} \right) \cdot TOFF_FALL_{RAIL1}$$

アプリケーション情報

ここで説明した起動シーケンシングの方法は時間ベースです。連結イベントによる起動では、異なるコントローラの $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを使って、RUN ピンを制御できます。(図2参照) $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンは、コンバータの出力電圧が $\text{VOUT_UV_FAULT_LIMIT}_n$ よりも大きくなった時点で解放されるように設定できます。その場合は、フィルタを通していない VOUT の UV フォルト・リミットの使用を推奨します。コンバータが UV しきい値を超えてから $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンが解放されるまでに、短いながら無視できない時間遅延が存在するためです。フィルタを通していない出力は、 $\text{MFR_GPIO_PROPAGATE}_n[12]$ の設定によってイネーブルできます。(付録C「PMBus コマンドの詳細」の PMBus コマンドの MFR のセクションを参照してください。) フィルタを通していない信号でも、 VOUT 信号がコンパレータのしきい値を超えて遷移する際に、ある程度のグリッチが生じる場合があります。250 μs の小さなデジタル・フィルタが $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを内部でデグリッチします。TON_RISE 時間が 100ms より長い場合、波形をさらにフィルタするため、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ とグラウンドの間にコンデンサを外付けすることにより、デグリッチ・フィルタを補強する必要があります。このフィルタの RC 時定数は十分に短くして、検知できるほどの遅延が発生しないようにします。ほとんどのアプリケーションでは、300 μs ~ 500 μs の値で、トリガ・イベントを著しく遅延させることなく、十分なフィルタリングが行えます。

デジタル・サーボ・モード

安定化出力電圧に最大限の精度を得るには、 MFR_PWM_MODE_n コマンドのビット 6 をアサートして、デジタル・サーボ・ループをイネーブルします。デジタル・サーボ・モードでは、LTM4677 は、ADC による電圧読み出し値に基づいて安定化出力電圧を調整します。デジタル・サーボ・ループは、出力が正確な ADC 読み出し値になるまで、100ms ごとに DAC の LSB (電圧レンジ・ビット、 $\text{MFR_PWM_MODE}_n[1]$ に応じて公称 1.375mV または 0.6875mV) だけ電圧をステップさせます。電源投入時、このモードは $\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ の経過後に起動します (値が 0 (無制限) に設定されていない場合)。 $\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ が 0 (無制限) に設定されている場合、 TON_RISE_n が完了し、 VOUT_n が $\text{VOUT_UV_FAULT_LIMIT}_n$ を超えた後、 IOUT_OC_n が存在しないと、サーボ制御が開始されます。これと同じ時点で、出力は不連続モードから、 $\text{MFR_PWM_MODE}_n[0]$ によって指定されたモードに移行します。時間ベースのシーケンシングにおける VOUT_n の波形の詳細は、図3を参照してください。

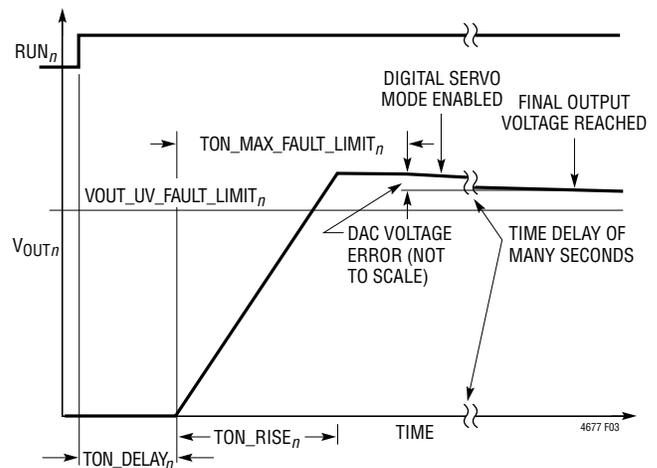


図3. タイミング制御された VOUT の立ち上がり

$\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ に 0 より大きい値が設定され、 $\text{TON_MAX_FAULT_RESPONSE}_n$ が「無視」(0x00) に設定されている場合、サーボ制御は次の時点で始まります。

1. TON_RISE_n のシーケンスの完了後
2. $\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ の時間の経過後、および
3. $\text{VOUT_UV_FAULT_LIMIT}_n$ を超えるか、 $\text{IOUT_OC_FAULT_LIMIT}_n$ がアクティブでなくなった時点。

$\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ に 0 より大きい値が設定され、 $\text{TON_MAX_FAULT_RESPONSE}_n$ が「無視」(0x00) に設定されていない場合、サーボ制御は次の時点で始まります。

1. TON_RISE_n のシーケンスの完了後、
2. $\text{TON_MAX_FAULT_LIMIT}_n$ の時間が経過し、 VOUT_UV_FAULT_n と IOUT_OC_FAULT_n のいずれも存在しない場合。

立ち上がり時間の最大値は 1.3 秒に制限されています。

PolyPhase 構成の場合、制御ループのうち 1 つだけでデジタル・サーボ・モードを有効にすることを推奨します。これによって、リファレンス回路のわずかな違いによって生じる、複数のループ間の競合を防ぐことができます。

アプリケーション情報

ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ)

LTM4677は、制御された起動に加えて、制御されたターンオフにも対応しています。図4にTOFF_DELAY_nとTOFF_FALL_nの機能を示します。TOFF_FALL_nはRUN_nピンが“L”に遷移するか、モジュールがオフするように指示されたときに処理されます。モジュールがフォルトによってオフしたり、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ が外部から“L”に引き下げられ、モジュールがこれにตอบสนองするようにプログラムされている場合(MFR_GPIO_RESPONSE_n = 0xC0)、出力は制御されたランプ動作をする代わりにスリーステート(高インピーダンス)状態になります。したがって、出力は負荷に応じて減衰します。

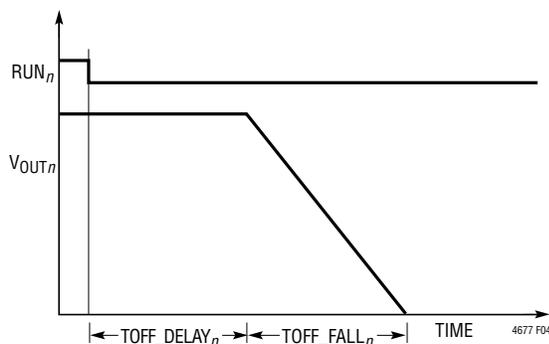


図4. TOFF_DELAY_nとTOFF_FALL_n

出力電圧は、デバイスが強制連続モードで動作し、十分に長いTOFF_FALL_n時間が設定されていて電力段が目標とする勾配を実現できる場合は、図4に示すように動作します。TOFF_FALL_n時間を満足できるのは、電力段とコントローラが十分な電流をシンクでき、立ち下がり時間が終了するまでに出力を確実に0Vにすることができる場合だけです。TOFF_FALL_n時間が負荷容量の放電に必要な時間よりも短いと、出力は目標とする0V状態に到達しません。TOFF_FALL_n時間が経過すると、コントローラは電流のシンクを停止し、V_{OUTn}は負荷インピーダンスで決まる速度で自然に減衰します。コントローラが不連続モードで動作している場合、コントローラは負の電流を流さず、出力は電力段ではなく負荷によって“L”に引き下げられるようになります。立ち下がり時間の最大値は1.3秒に制限されています。ランプ内のステップ数はTOFF_FALL/0.1msに等しいので、TOFF_FALL_nの設定が短いほど、TOFF_FALL_nのランプはギザギザに見えます。

低電圧ロックアウト

LTM4677は、内部しきい値に基づくUVLOによって初期化されます。その条件は、SV_{IN}が約4V、INTV_{CC}、V_{DD33}、V_{DD25}がレギュレーション値の約20%以内にあることです。さらに、LTM4677がRUN_nピンを解放する前に、V_{DD33}が目標値の約7%以内に入っていない限りなりません。デバイス初期化の完了後、別のコンパレータがSV_{IN}をモニタします。電源シーケンシングが開始されるには、VIN_ONのしきい値を超える必要があります。SV_{IN}がVIN_OFFのしきい値を下回ると、LTM4677はRUN_nピンを“L”に引き下げます。コントローラが再起動するには、SV_{IN}がVIN_ONのしきい値よりも高くなる必要があります。VIN_ONのしきい値を超えると、通常の起動シーケンスが有効になります。

V_{DD33}電源を外部から駆動している場合、アプリケーション内でNVMの内容をプログラムできます。これにより、高電圧部分を動作させずに、LTM4677のデジタル部分をアクティブにします。この電源構成ではPMBus通信が有効です。LTM4677にSV_{IN}が印加されていないと、MFR_COMMON[3]が“L”にアサートされ、NVMが初期化されていないことが示されます。この状態が検出された場合、デバイスはアドレス0x5Aと0x5Bにしか応答しません。デバイスを初期化するには、次の一連のコマンドを発行します。グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2Bに続いて、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、およびデータ0xC4です。この操作によって、デバイスは正しいアドレスにตอบสนองするようになります。デバイスに必要な構成を設定し、STORE_USER_ALLを発行します。SV_{IN}を印加したらMFR_RESETコマンドまたはRESTORE_USER_ALLコマンドを発行して、PWMをイネーブルし、有効なADC変換を読み出せるようにする必要があります。

フォルトの検出と処理

LTM4677の $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンは、OV/UV、OC、OT、タイミング、ピーク過電流などの各種フォルトを示すように設定できます。さらに、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを外部ソースによって“L”に引き下げ、システムの他の部分でフォルトが発生したことをLTM4677に知らせることも可能です。フォルトの応答は、_RESPONSEの接尾辞を持ったPMBusのコマンド・コード名を介して設定でき、以下のオプションが可能です。

アプリケーション情報

- 無視
- 即時シャットダウン — ラッチ・オフ
- 即時シャットダウン — MFR_RETRY_DELAY_nで指定されたインターバルで無期限のリトライ

詳細については、付録CとPMBus仕様書を参照してください。

OVに対する応答は自動かつ迅速です。OVが検出されると、OV状態が解消されるまで、MT_nがオフし、BG_nがオンします。

LTM4677ではフォルト・ログが可能です。フォルト・ログ機能は、デバイスのフォルト・オフを引き起こすフォルトが発生したときにデータを自動的に格納するように設定できます。フォルト・ログ・テーブルのヘッダ部分にはピーク値が格納されます。これらの値は、いつでも読み出すことができます。このデータはフォルトのトラブルシューティングに役立ちます。

LTM4677の内部温度が85°Cを超えているときや0°Cを下回っているときは、NVMへの書き込みは推奨できません。そのような場合でも、3.3V電源がUVLOしきい値を下回っていなければデータはRAM内に保持されます。ダイ温度が130°Cを超えると、ダイ温度が125°Cを下回るまで全てのNVM通信がディスプレイされます。ただし、RESTORE_USER_ALLコマンドは例外で、どんな温度でも有効です。

オープン・ドレイン・ピン

LTM4677を適切に動作させるためには、以下のように最大9つのプルアップ抵抗が必要な点に注意してください。

- SMBus/I²Cインタフェース(SCLピン、SDAピン、およびALERTピン)用に3個、システムのSMBusホストがALERT割り込みを使用しない場合だけは2個。(これらは5Vに耐えられます)。
- RUN₀ピンとRUN₁ピンにそれぞれ1個(または、RUN₀とRUN₁が電氣的に相互接続されている場合には1個だけ)。(これらは5Vに耐えられます)。
- GPIO₀とGPIO₁にそれぞれ1個(または、GPIO₀とGPIO₁が電氣的に相互接続されている場合には、GPIO₀とGPIO₁に1個だけ)。(これらは3.3Vに耐えられます)。
- LTM4677が、タイミング関連の動作や機能(出力電圧のランパアップ・タイミング、電圧のマーージニングの遷移タイミング、SYNCのオープン・ドレイン駆動周波数)のための周波数のタイムベースを設定するのに必要なSHARE_CLKに1個。(SHARE CLKは3.3Vに耐えられます)。

- LTM4677が、デジタル・エンジンのオープン・ドレイン出力で発生する周波数にフェーズロックするためのSYNCに1個。例外:アプリケーションによっては、LTM4677のSYNCピンを強力な(低インピーダンスの)外部クロックで駆動するのが望ましい場合もあります。この状況は、LTM4677がSYNCにプルアップ抵抗を必要としない場合だけです。ただし、NVMの初期化の間、つまり、EEPROMの内容をRAMにダウンロードする間(SV_{IN}に電力が供給されてから約50ms (Note 12)の間)、SYNCピンが低インピーダンスになる可能性があります。したがって、強力なクロック信号だけを、インピーダンスがNVMの初期化の間にSYNCピンに流れる電流を10mA未満に制限する直列抵抗を介して、LTM4677のSYNCピンに入力する必要があります。FREQUENCY_SWITCH=0x0000の場合、RUN_nピンがロジック“L”からロジック“H”にトグルする前に何らかのクロック信号を供給する必要があります。そうしないと、SYNCクロックが設定されるまで、LTM4677のスイッチング周波数はPLLのキャプチャ範囲の下端(約225kHz)で開始することになります。(SYNCは3.3Vに耐えられます)。

上記のピンには、いずれも0.4Vで3mAをシンクできるモジュール内のプルダウン・トランジスタが接続されています。ピンの“L”しきい値は1.4Vであることから電流3mAのデジタル信号に対して十分なマージンが確保されています。3.3Vピンの場合、3mAの電流は1.1k抵抗によって得られます。プルアップ抵抗やグラウンドへの寄生容量のRC時定数に伴うトランジェント速度が問題にならない場合、通常、10k以上の抵抗を推奨します。

SDA、SCL、SYNCなどの高速の信号には、より小さな値の抵抗が必要になる可能性があります。タイミングの問題を避けるために、RC時定数は必要な立ち上がり時間の1/3～1/5にしてください。負荷が100pF、PMBusの通信速度が400kHzの場合、立ち上がり時間は300ns未満でなければなりません。時定数を立ち上がり時間の1/3に設定したSDAおよびSCLピンのプルアップ抵抗の値は、次式で計算できます。

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

アプリケーション情報

通信の問題を防ぐために、SDAとSCLピンの寄生容量は可能な限り小さくなるように注意してください。負荷容量を見積もるには、対象となる信号をモニタし、目的の信号が出力値の約63%に達するまでにどれくらいの時間がかかるかを測定します。これが時定数の1単位になります。

SYNCピンには、公称500nsの間、出力を“L”に保持する内蔵プルダウン・トランジスタが接続されています。内部発振器が500kHzに設定され、負荷が100pFで、3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は次のようになります。

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

最も近い1%抵抗は4.99kです。

タイミング誤差が発生する場合、またはSYNC周波数に必要な速度が得られない場合は、波形をモニタし、RC時定数がアプリケーションに対して長すぎないかを判断します。可能ならば、寄生容量を低減します。それが困難な場合は、適切なタイミングが得られるようにプルアップ抵抗を十分に小さくします。

フェーズロック・ループと周波数同期

LTM4677には内部の電圧制御発振器(VCO)と位相検出器によって構成されるフェーズロック・ループ(PLL)が内蔵されています。PLLはSYNCピンの立ち上がりエッジにロックされます。チャンネル0、チャンネル1およびSYNCの立ち上がりエッジの間の位相関係は、MFR_PWM_CONFIGコマンドの下位3ビットで制御されます。PolyPhaseアプリケーションでは、全ての位相を等間隔に離すことを推奨します。したがって、2フェーズのシステムでは信号間の位相差を180°に、4フェーズのシステムでは90°にします。

位相検出器はエッジに反応するデジタル・タイプで、外部発振器と内部発振器の位相シフトを既知の値に設定します。この種の位相検出器は、外部クロックの高調波に誤ってロックすることがありません。

位相検出器の出力は、内部フィルタ・ネットワークを充放電する、1対の相補型電流源です。PLLロックの範囲は、225kHz～1.1MHzの間で保証されています。

PLLにはロック検出回路があります。動作中にPLLのロックが外れた場合、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドのビット4がアサートされ、ALERTピンが“L”に引き下げられます。このフォルトは、上記のビットに1を書き込むことでクリアできま

す。電源投入時に同期クロックを使用できない場合でもPLL_FAULTを発生させたくない場合は、MFR_CONFIG_ALLコマンドのビット3をアサートする必要があります。

アプリケーション内でSYNC信号がクロック動作していない場合、PLLはVCOの最小自走周波数で動作します。これはアプリケーションに求められるPWM周波数を著しく下回ると思われ、コンバータ動作に不具合を招く可能性があります。

PWM(SW_n)信号の動作周波数が高すぎると思われる場合は、SYNCピンをモニタします。立ち上がりエッジに余分な遷移が含まれると、PLLは目的とする信号ではなく、ノイズに対してロックしようとします。デジタル制御信号の配線を再確認し、SYNC信号に対するクロストークを最小限に抑えて問題を予防してください。PolyPhase構成では、複数のLTM4677の間でSYNCピンを共用する必要があります。その他の構成の場合は必要に応じて共用します。複数のLTM4677間でSYNCピンを共用する場合、周波数出力に設定できるLTM4677は1つだけです。他のすべてのLTM4677は、外部クロック(MFR_CONFIG_ALL[4]=1b、または表4参照)に設定する必要があります。

RCONFIGのピンストラップ(外付け抵抗設定ピン)

LTM4677のNVMのデフォルトは、RCONFIGピンに従うように設定されています。出力電圧、PWMの周波数や位相、およびアドレスを、ユーザーによるデバイスのプログラミングなしに設定したい場合、または特別にプログラム済みのデバイスを購入した場合は、(MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bである限り)RCONFIGピンによって、これらのパラメータを設定できます。RCONFIGピンに必要なのはLTM4677のSGNDへの終端抵抗だけです。RCONFIGピンがモニタされるのは、初期の電源投入時とリセット(MFR_RESETまたはRESTORE_USER_ALL)のときだけです。したがって、デバイスへの通電後にたとえばDACなどによってこれらの値を変更しても、何の効果も得られません。適切に動作させるため、LTM4677のピンストラップ・ピンに接続するRCONFIG抵抗の値には、製品の寿命を通して、表2～表5に示されている目標公称値から±3%を超える偏差があってはなりません。KOA Speer、パナソニック、Vishay、Yageoなどのメーカーの許容誤差が1%(以内)、定格温度係数が±50ppm/°C(以内)の薄膜抵抗を推奨します。また、これらのピンの近くにノイズの大きいクロック信号を配線しないでください。MFR_ADDRESSのビット[3:0]は、MFR_CONFIG_ALL[6]の設定には関係なく、ASELピンのピンストラップ抵抗によって支配されることに注意してください。

アプリケーション情報

電圧の選択

RCONFIGピンのVOUT_n_CFGおよびVTRIM_n_CFG(MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_b)を使って出力電圧を設定した場合、以下のパラメータが出力電圧のパーセント値として設定されます。

• VOUT_OV_FAULT_LIMIT	+10%
• VOUT_OV_WARN	+7.5%
• VOUT_MAX	+7.5%
• VOUT_MARGIN_HI	+5%
• POWER_GOOD_ON	-7%
• POWER_GOOD_OFF	-8%
• VOUT_MARGIN_LO	-5%
• VOUT_UV_WARN	-6.5%
• VOUT_UV_FAULT_LIMIT	-7%

USBからI²C/SMBus/PMBusへのコントローラをシステム内のLTM4677へ接続

USBとI²C/SMBus/PMBusを接続するLTCのコントローラは、プログラミング、遠隔測定およびシステム・デバッグのために、ユーザーの基板上のLTM4677とのインタフェースを行うことができます。このコントローラをLTpowerPlayと併用すると、電源システム全体の強力なデバッグ手段になります。遠隔測定、フォルト・ステータス・レジスタおよびフォルト・ログを使って、短時間でフォルトを診断することができます。最終構成を短時間で開発し、LTM4677のEEPROMに格納できます。

システム電源が存在するか否かに関係なく、LTCのI²C/SMBus/PMBusコントローラを介して、1個または複数のLTM4677に対する給電、プログラミングおよび通信を行うアプリケーション回路を図5と図6に示します。システム電源が存在しない場合、ドングルがV_{DD33}電源ピンを介してLTM4677に給電します。SV_{IN}を印加せず、V_{DD33}ピンが給電されているデバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2B、続いてアドレス0x5B、コ

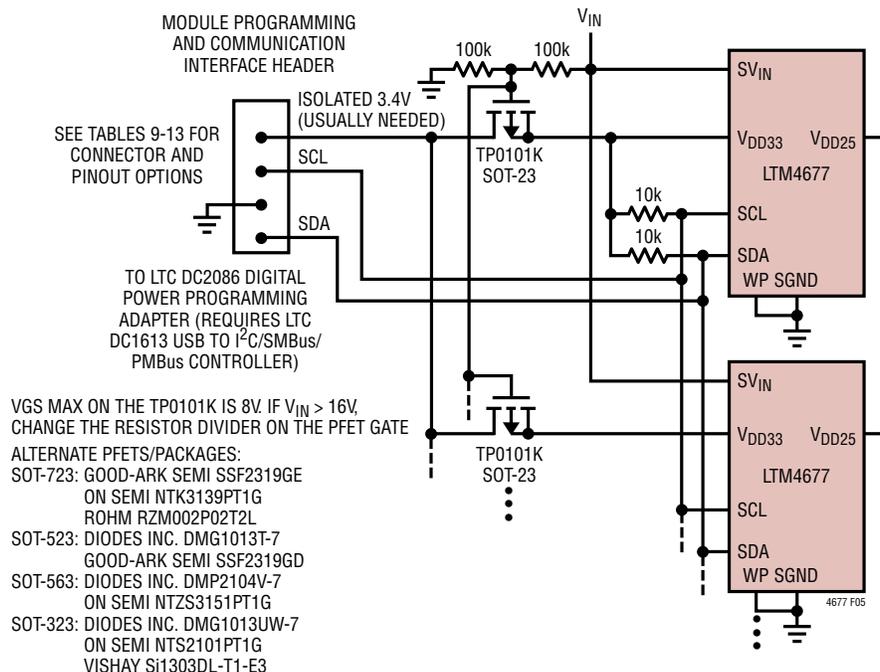


図5. V_{IN}に電力が与えられていないときでも、LTM4677や広範なシステム内の他のLTCのPSMモジュール/ICのEEPROM/NVMのプログラミングに適した回路、0°C < T_J ≤ 85°C

アプリケーション情報

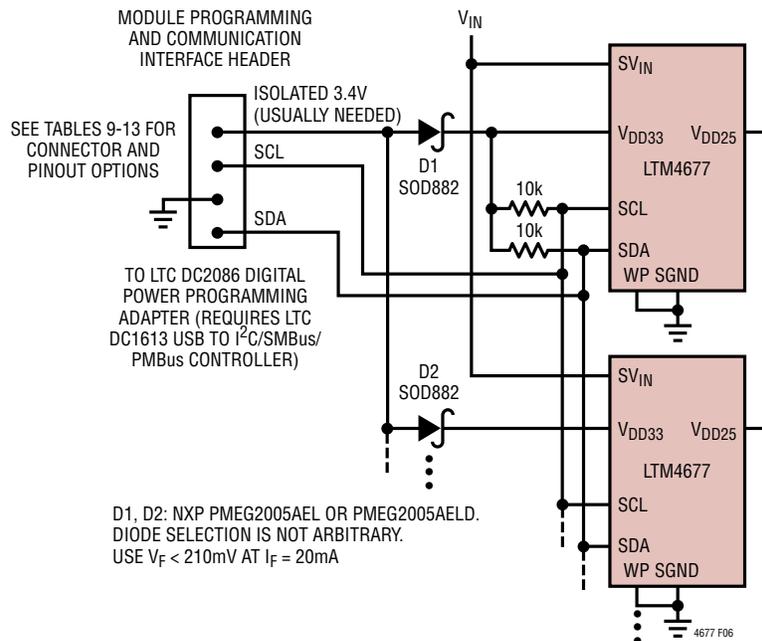


図6. V_{IN} に電力が与えられていないときでも、LTM4677 や広範なシステム内の他の LTC の PSM モジュール/IC の EEPROM/NVM のプログラミングに適した回路、 $0^{\circ}\text{C} < T_J \leq 85^{\circ}\text{C}$

マンド 0xBD、データ 0xC4 を使用します。これによって、デバイスとの通信が可能になり、プロジェクト・ファイルが更新されます。更新されたプロジェクト・ファイルを NVM に書き込むには、STORE_USER_ALL コマンドを発行します。SV_{IN} を印加したら MFR_RESET コマンドまたは RESTORE_USER_ALL コマンドを発行して、PWM をイネーブルし、ADC の有効な値を読み出せるようにする必要があります。

コントローラの電流供給能力が制限されているため、OR 接続された 3.3V/3.4V 電源からは、LTM4677、それらに関連したプルアップ抵抗および I²C のプルアップ抵抗だけに給電します。さらに、I²C バス接続を LTM4677 と共有しているどのデバイスも、SDA/SCL ピンとその V_{DD} ノードの間にボディ・ダイオードが形成されないようにします。これは、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。図5では、SV_{IN} が与えられているときドングルは LTM4677 をバイアスしません。デバイスの設定が完了するまで負荷に電力が供給されないように、RUN_n ピンを“L”に保持しておくことを推奨します。

LTC のコントローラ/アダプタの I²C 接続は PC の USB から光絶縁されています。図5と図6に示すように、コントローラ/アダプタの 3.3V/3.4V と LTM4677 の V_{DD33} ピンは、独立した PFET やダイオードを使って各 LTM4677 を駆動する必要があります。SV_{IN} を印加していないときだけは、INTV_{CC} の LDO がオフしているため、V_{DD33} ピンを電氣的に並列にすること

ができます。DC1613 の 3.3V の電流制限は 100mA ですが、V_{DD33} の電流の標準値は 15mA 未満です。V_{DD33} は INTV_{CC} ピンを逆ドライブします。通常、SV_{IN} が開放であれば、これは問題になりません。DC2086 は 3.4V/2A を供給することができます。

図5や図6の4ピン・ヘッダを使用することにより、製品開発や製造サイクルのあらゆる段階で LTM4677 の NVM の内容を変更できる最大限の柔軟性が得られます。ユーザーの PCB/マザーボードに半田付けされる前に、LTM4677 の NVM が予め設定されている、つまり、最終設定値を保存している場合、あるいは、ユーザーのシステムで LTM4677 の NVM の内容を変更する手段が提供されている場合には、ヘッダの 3.3V/3.4V ピンは不要で、GUI 通信を確立するには 3ピン・ヘッダで十分です。LTM4677 は NVM の内容をカスタマイズして購入することができます。詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。あるいは、ICT (インサーキット・テスト) での設計により、または LTM4677 の RUN ピンを“L”に保ちながら SV_{IN} を印加する手段により、LTM4677 の NVM の内容を量産環境で設定することができます。モジュールとの通信は、NVM のあらゆる設定状況で、SCL および SDA ピン/ネットにより可能にする必要があります。推奨するヘッダを表9と表10に示します。

アプリケーション情報

表9. 4ピン・ヘッダ、ピン間隔:2mm、金フラッシュまたは金メッキ、DC2086ケーブルと互換

実装方式	挿入角度	接合方式	メーカー	製品番号	ピン配置 (表11参照)
表面実装	垂直	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3DZ-4P-2V(51) DF3DZ-4P-2V(50) DF3Z-4P-2V(50)	タイプA
		シュラウドなし、キー入力なしヘッダ	3M	951104-2530-AR-PR	タイプAとタイプBあり。リバーシブル/キー入力なし
	直角	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3DZ-4P-2H(51) DF3DZ-4P-2H(50)	タイプA
		シュラウドなしケーブルとヘッダ/PCB間機構によりキー入力の効果が得られる	FCI	10112684-G03-04ULF	タイプB。PCB表面によってキー入力を実施
スルーホール	垂直	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3-4P-2DSA(01)	タイプA
		シュラウドなし、キー入力なしヘッダ	Harwin	M22-2010405	タイプAとタイプBあり。リバーシブル/キー入力なし
			Samtec	TMM-104-01-LS	
			Sullins	NRPN041PAEN-RC	
	直角	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3-4P-2DS(01)	タイプA
		シュラウドなしケーブルとヘッダ/PCB間機構によりキー入力の効果が得られる	Norcomp	27630402RP2	タイプB。PCBによる意図的な干渉によってキー入力を実施
			Harwin	M22-2030405	
			Samtec	TMM-104-01-L-S-RA	

表10. 3ピン・ヘッダ、ピン間隔:2mm、金フラッシュまたは金メッキ、DC2086ケーブルと互換

実装方式	挿入角度	接合方式	メーカー	製品番号	ピン配置 (表12参照)
表面実装	垂直	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3DZ-3P-2V(51) DF3DZ-3P-2V(50) DF3Z-3P-2V(50)	タイプA
		シュラウドなし、キー入力なしヘッダ	3M	951103-2530-AR-PR	タイプAとタイプBあり。リバーシブル/キー入力なし
	直角	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3DZ-3P-2H(51) DF3DZ-3P-2H(50)	タイプA
		シュラウドなしケーブルとヘッダ/PCB間機構によりキー入力の効果が得られる	FCI	10112684-G03-03LF	タイプB。PCB表面によってキー入力を実施
スルーホール	垂直	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3-3P-2DSA(01)	タイプA
		シュラウドなし、キー入力なしヘッダ	Harwin	M22-2010305	タイプAとタイプBあり。リバーシブル/キー入力なし
			Samtec	TMM-103-01-LS	
			Sullins	NRPN031PAEN-RC	
	直角	シュラウド付き、キー入力ヘッダ	ヒロセ	DF3-3P-2DS(01)	タイプA
		シュラウドなしケーブルとヘッダ/PCB間機構によりキー入力の効果が得られる	Norcomp	27630302RP2	タイプB。PCBによる意図的な干渉によってキー入力を実施
			Harwin	M22-2030305	
			Samtec	TMM-103-01-L-S-RA	

表11. 推奨される4ピン・ヘッダのピン配置(ピン番号はヒロセの方式を採用)。DC2086ケーブルにインタフェース

ピン番号	ピン配置タイプA (表9参照)	ピン配置タイプB (表9参照)
1	SDA	絶縁された3.3V/3.4V
2	GND	SCL
3	SCL	GND
4	絶縁された3.3V/3.4V	SDA

表12. 推奨される3ピン・ヘッダのピン配置(ピン番号はヒロセの方式を採用)。DC2086ケーブルにインタフェース

ピン番号	ピン配置タイプA (表10参照)	ピン配置タイプB (表10参照)
1	SDA	SCL
2	GND	GND
3	SCL	SDA

アプリケーション情報

表 13. 4ピン、オス間、シュラウド付き、キー入力付きアダプタ(オプション。推奨されるコネクタ/コネクタ・ピン配置でない場合に、アダプタ・ケーブルの作成を簡素化)。

DC2086 ケーブルにインタフェース

メーカー	製品番号	Webサイト
ヒロセ	DF3-4EP-2A	www.hirose.com, www.hirose.co.jp

LTpowerPlay: デジタル・パワーシステム・マネージメント向けのインタラクティブ GUI

LTpowerPlay は、LTM4677をはじめとするリニアテクノロジーのデジタル・パワー 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、さまざまな作業を幅広く支援します。LTpowerPlay にデモ・ボードやユーザー・アプリケーションを接続することで、リニアテクノロジーの IC を評価できます。LTpowerPlay はオフライン・モード(ハードウェア不要)による使用も可能です。このモードは、保存して

おいて後ほど再ロードできる、複数のデバイスの設定ファイルを作成するために使用します。過去に例のない高度な診断とデバッグ機能も装備されました。いまや基板開発時の電源システムのプログラムや調整、あるいは電源レール開発時の電源に関する問題の診断における、貴重な診断ツールとなりました。LTpowerPlay はリニアテクノロジーの USB - I²C/SMBus/PMBus 間コントローラを使用して、DC2066A (1 個の LTM4677) デモ・ボード、DC2143 (2 個、3 個、4 個の LTM4677) デモ・ボード、顧客ターゲット・システムなど、多くの潜在的ターゲットの 1 つと通信します。このソフトウェアは、最新のデバイス・ドライバやマニュアルとともにリビジョンを常に最新に保つ自動更新機能も備えています。LTpowerPlay では、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対応のヘルプを利用することができます。詳細な情報は、<http://www.linear-tech.co.jp/ltpowerplay> より入手可能です。

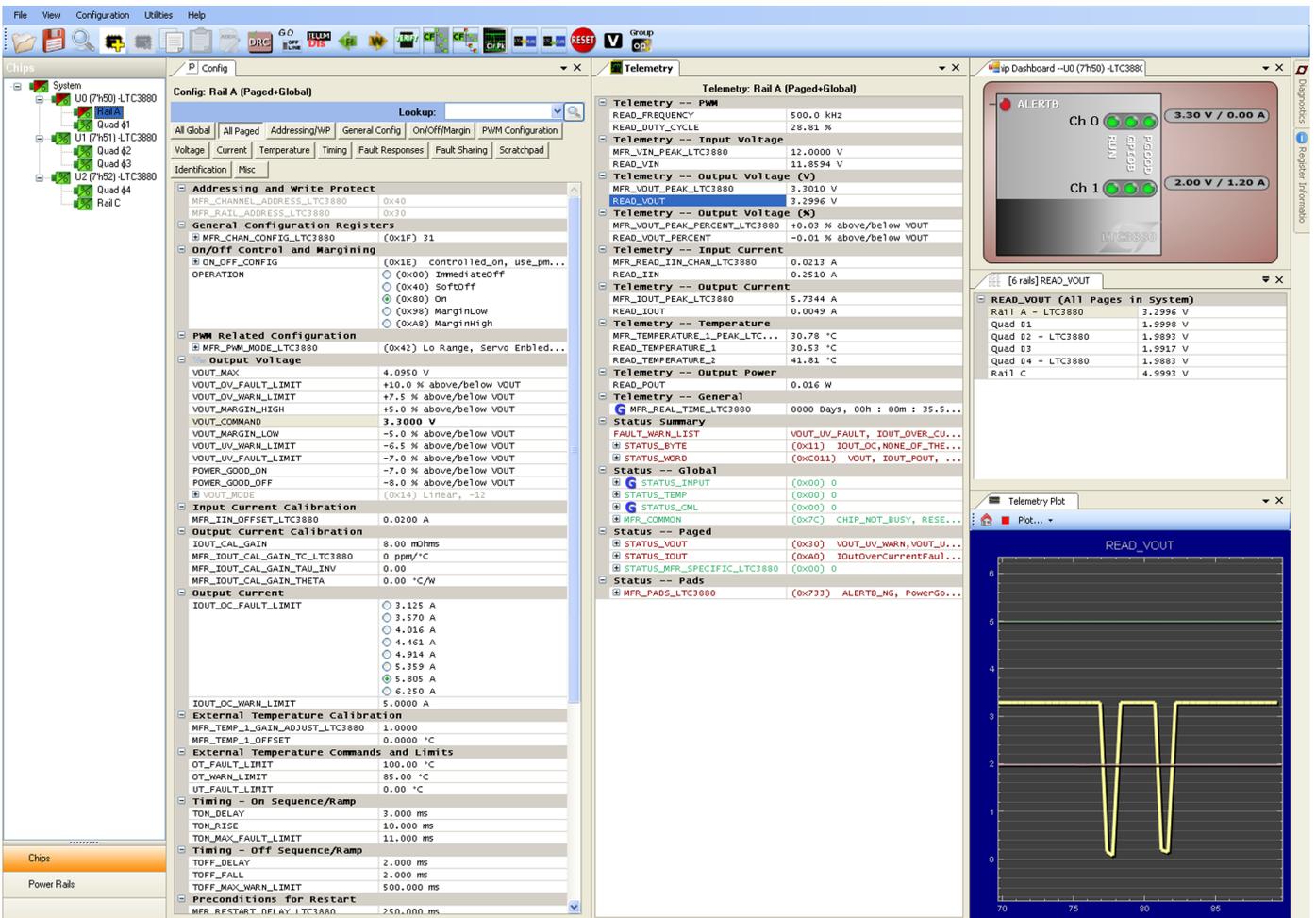


図 7. LTpowerPlay の GUI

アプリケーション情報

PMBusの通信とコマンド処理

LTM4677は、サポートされている各コマンドに対して処理前に書き込まれた最後のデータを保持するため、図8の「書き込みコマンドのデータ処理」に示すように、深さ1のバッファを備えています。デバイスは、バスから新しいコマンドを受信すると、そのデータを書き込みコマンド・データ・バッファにコピーします。次に内部プロセッサに対して、このコマンド・データのフェッチが必要であることを知らせ、さらにコマンドを実行できるように内部形式に変換します。

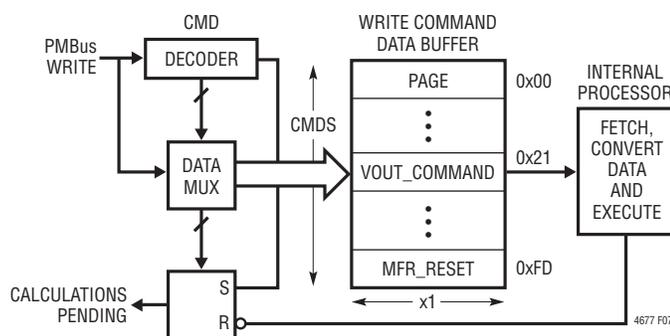


図8. コマンド・データ書き込み処理

2つの独立した並列ブロックがコマンドのバッファ入出力とコマンド処理（フェッチ、変換、実行）を管理するため、いかなるコマンドであれ最後に書き込まれたデータは決して失われることはありません。コマンド・データ・バッファリングは、コマンド・データを書き込みコマンド・データ・バッファに格納し、その後の処理に備えてこれらのコマンドをマーキングすることにより、入力PMBus書き込みを処理します。内部プロセッサは並列で動作し、コマンドのフェッチ、変換、実行といった場合によっては速度の遅いタスクを取り扱って、これらを処理します。

計算の比重が大きいコマンド（例：タイミング・パラメータ、温度、電圧と電流）の一部では、内部プロセッサの処理時間がPMBusのタイミングに比べて長くなる場合があります。コマンド処理のためにデバイスがビジーの間に新たなコマンドが受信されると、実行が遅延されたり、受信とは異なる順序で処理される場合があります。デバイスは、内部で計算処理中であることを、MFR_COMMONのビット5（「計算は保留中ではない」）によって表示します。デバイスが計算のためにビジーである間、ビット5はクリアされます。このビットがセットされた時点で、デバイスは新たなコマンドを実行できるようになります。図8にポーリング・ループの例を示します。コマンドが確実に

順序どおり処理されるようにするとともに、エラー処理ルーチンを簡素化するループです。

デバイスはビジー中に新しいコマンドを受信すると、ビジー状態であることを標準PMBusプロトコルによって知らせます。デバイスの構成に応じて、コマンドに対してNACKを返すか、読み出しのために全て1 (0xFF)を返します。BUSYフォルトの生成とALERT通知、またはSCLクロック“L”のストレッチも行うことができます。詳細については、『PMBus Specification v1.2, Part II, Section 10.8.7』および『SMBus v2.0 section 4.3.3』を参照してください。クロック・ストレッチは、MFR_CONFIG_ALLのビット1をアサートすることによってイネーブルできます。クロック・ストレッチが行われるのは、この機能がイネーブルされ、かつバス通信速度が100kHzを超えている場合だけです。

PMBusのビジー・プロトコルは広く受け入れられた規格ですが、書き込みのシステム・レベル・ソフトウェアがある程度複雑化する可能性があります。このデバイスには3つの「ハンドシェイク」ステータス・ビットがあり、これによって信頼性の高いシステム・レベルの通信が可能になる一方で、複雑さが軽減されます。

これら3つのハンドシェイク・ステータス・ビットはMFR_COMMONレジスタ内にあります。内部動作の実行によってビジーの間、デバイスはMFR_COMMONのビット6（「チップはビジーではない」）をクリアします。特にVOUTが遷移状態（マージン・ハイ/ロー切り換え、電源オフ/オン、新しい出力電圧セットポイントへの移行など）にあることでビジーな場合、MFR_COMMONのビット4（「出力は遷移中でない」）がクリアされます。内部計算が進行中の時は、MFR_COMMONのビット5（「計算は保留されていない」）がクリアされます。これら3つのステータス・ビットは、3つのビット全てが設定されるまで、MFR_COMMONレジスタのPMBus読み出しバイトによってポーリングすることができます。ステータス・ビットがセットされた直後のコマンドは、NACK応答またはBUSYフォルト/ALERT通知を生成することなく、受け入れられます。ただし、PMBus仕様が要求する他の理由によってコマンドにNACK応答が返される可能

```
// wait until bits 6, 5, and 4 of MFR_COMMON are all set
do
{
    mfrCommonValue = PMBUS_READ_BYTE(0xEF);
    partReady = (mfrCommonValue & 0x68) == 0x68;
}while(!partReady)
```

```
// now the part is ready to receive the next command
PMBUS_WRITE_WORD(0x21, 0x2000); //write VOUT_COMMAND to 2V
```

図9. VOUT_COMMANDのコマンド書き込みの例

アプリケーション情報

性はあります(例えば、無効なコマンドやデータなど)。VOUT_COMMAND_nレジスタ用の信頼性の高いコマンド書き込みアルゴリズムの例を図9に示します。

全てのコマンド書き込み(バイト書き込み、ワード書き込みなど)の前には、ビジー動作や不要なALERT通知を扱うことによって処理がより複雑になるのを避けるために、ポーリング・ループを使用することを推奨します。これを簡単に実現するには、SAFE_WRITE_BYTE()およびSAFE_WRITE_WORD()サブルーチンを作成します。上記のポーリング・メカニズムにより、ソフトウェアをクリーンかつシンプルに保ちながら、デバイスとの信頼性の高い通信を実現することができます。これらのトピックやその他の個々のケースに関する詳細な検討については、www.linear-tech.co.jp/designtools/app_notesのアプリケーションノート「アプリケーション」のセクションを参照してください。

100kHz以下のバス・スピードで通信する場合、ここに示したポーリング・メカニズムは、クロック・ストレッチなしで信頼性の高い通信を確保する、簡単な解決策となります。バス・スピードが100kHzを超える場合は、デバイスをクロック・ストレッチ可能に構成することを強く推奨します。これには、クロック・ストレッチをサポートするPMBus マスタが必要です。100kHzを超える速度でクロック・ストレッチなしの通信を行うには、「PMBus Specification v1.2, Part II, Section 10.8.7」に記載された方法で標準のPMBus NACK/BUSYフォルトを検出し、適切に復帰できるシステム・ソフトウェアが必要です。クロック・ストレッチは規定された400kHzを超えてPMBus速度を拡張することはありません。

熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

このデータシートの「ピン配置」のセクションに記載されている熱抵抗はJESD51-12で定義されているパラメータと整合しており、有限要素解析(FEA)ソフトウェア・モデリング・ツールを併用することを意図しています。このツールは、熱モデリング、シミュレーションの他に、JESD51-9(“Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements”)で定義されているハードウェア・テスト基板に実装したμModuleパッケージで実行したハードウェア評価に対する補正の結果を活用します。これらの熱係数を示す意図は、JESD51-12(“Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information”)に記載されています。

多くの設計者は、さまざまな電気的および環境的動作条件での実際のアプリケーションにおけるμModuleレギュレータの熱性能を予測するのに、実験室の装置やテスト手段(デモ用基板など)の使用を選択して、FEAの作業を補足することができます。FEAソフトウェアを使用しない場合、「ピン配置」のセクションに記載されている熱抵抗自体では熱性能の目安を示すことになりません。代わりに、このデータシートの後ろの方に掲載されているディレーティング曲線を各ユーザーのアプリケーション/使用法に関する見通しと参考情報が得られるやり方で使用することや、ディレーティング曲線を適合させて熱性能をユーザー独自のアプリケーションと対応付けることができます。

「ピン配置」セクションには、JESD51-12に明示的に定義されている4つの熱係数を示しています。これらの係数について以下に示します。

- 1 θ_{JA} (接合部から周囲までの熱抵抗)は、1立方フィートの密閉された筐体内で測定された、接合部から自然対流する周囲の空気までの熱抵抗です。この環境は、自然対流により空気が移動しますが、「自然空冷」と呼ばれることがあります。この値は、JESD 51-9で定義されているテスト・ボードに実装したデバイスを使って決定されます。このテスト・ボードは実際のアプリケーションまたは実現可能な動作条件を反映するものではありません。
- 2 $\theta_{JCbottm}$ (接合部から製品のケースの底面までの熱抵抗)は、部品の全電力損失をパッケージの底面を通して流し出すことによって求めます。標準的なμModuleレギュレータでは、熱の大半がパッケージの底面から流出しますが、周囲の環境への熱の流出が必ず発生します。その結果、この熱抵抗値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに合致しません。
- 3 θ_{JCTop} (接合部から製品のケースの上面までの熱抵抗)は、パッケージの上面を通して放散される部品のほぼすべての電力損失から求められます。標準的なμModuleレギュレータの電気的接続はパッケージの底面なので、接合部からデバイスの上面に熱の大半が流れるようにアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottm}$ の場合のように、この値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに合致しません。

アプリケーション情報

4 θ_{JB} (接合部からプリント回路基板までの熱抵抗)は、熱の大部分が μ Moduleレギュレータの底面を通して基板に流れ出すときの接合部から基板までの熱抵抗であり、実際には、 $\theta_{JCbottom}$ と、デバイスの底面から半田接合部を通り、基板の一部までの熱抵抗の和です。基板の温度は、両面の2層基板を使って、パッケージからの規定された距離で測定されます。この基板はJESD 51-9に記述されています。

上記の熱抵抗の図を図10に示します。青の抵抗は μ Moduleレギュレータに内蔵されていますが、緑の抵抗は μ Moduleパッケージの外部にあります。

実際には、JESD51-12または「ピン配置」で定義されている4種類の熱抵抗パラメータの個々のものまたはサブグループは、 μ Moduleレギュレータの通常の動作条件を再現または表現するものではないことに注意してください。例えば、通常の基板実装アプリケーションでは、デバイスの全電力損失(熱)が100%パッケージの μ Moduleパッケージの上面のみを通るか底面のみを通して熱的に伝達されることはありません。これは、 θ_{JCTop} および $\theta_{JCbottom}$ を標準規格で個々に定義しているのと同様です。実際には、電力損失はパッケージの両面から熱的に放散されます。ヒートシンクとエアフローがない場合には、当然、熱流の大部分は基板へと流れます。

LTM4677の内部では、電力損失を生じるパワー・デバイスや部品が複数存在するので、結果として、部品やダイのさまざまな接合部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ことに注意してください。この複雑さを(モデリングの簡単さを犠牲にすることなく、しかも実用的な現実性を無視せずに)調和させるため、制御された環境室でのラボ・テストとともにFEAソフトウェア・モデリングを使うアプローチが取られ、このデータシートで与えられている熱抵抗値の定義と相関が得られました。(1)最初に、FEAソフトウェアを使用し、正しい材料係数に加えて正確な電力損失源の定義を使用することにより、LTM4677と指定のPCBの機械的形狀モデルを高精度で作成します。(2)このモデルにより、JESD 51-9およびJESD 51-12に適合するソフトウェア定義のJEDEC環境のシミュレーションを行い、さまざまな界面での電力損失熱流と温度測定値を予測します。これにより、JEDEC定義の熱抵抗値を計算できます。(3)モデルとFEAソフトウェアを使用してヒートシンクとエアフローがある場合のLTM4677の熱性能を評価します。(4)これらの熱抵抗値を計算して分析し、ソフトウェア・モデル内でさまざまな動作条件によるシミュレーションを行った上で、徹底した実験室評価を実施してシミュレーションで得た状態を再現します。具体的には、制御環境室内で、シミュレーションと同じ電力損失でデバイスを動作させながら、熱電対を使用して温度を測定します。この作業をした上で適切な評価を行うと、このデータシートの後のセクションに示すデレレーティング曲線一式に加えて、このデータシートの「ピン配置」のセクションに示す、十分に相関のとれたJESD51-12定義の θ の値が得られます。

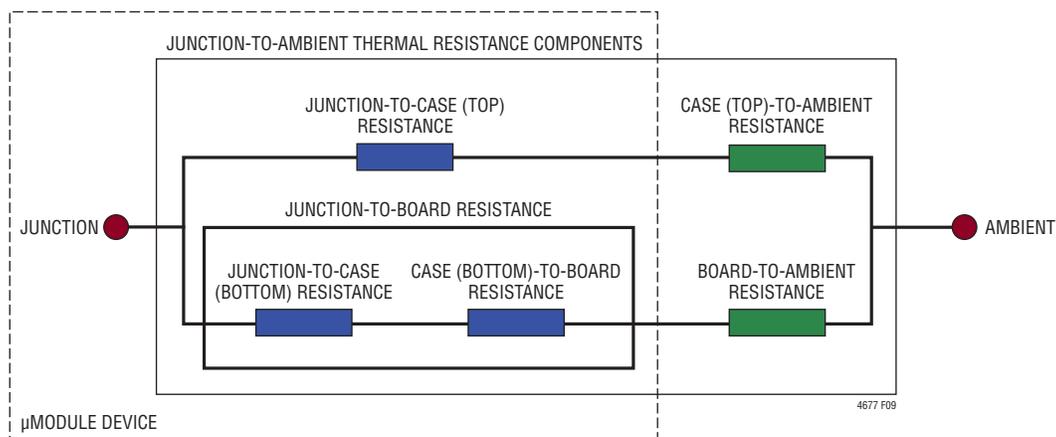


図10. JESD51-12の熱係数の図解

アプリケーション情報

図11、図12、図13の0.9V、1.2V、1.5Vの電力損失曲線を図14～図25の負荷電流デレレーティング曲線とそれぞれ組み合わせて使用することにより、LTM4677の熱抵抗 θ_{JA} を様々なヒートシンク条件やエアフロー条件で概算することができます。これらの熱抵抗は、LTM4677の実証済みの性能をDC2066Aハードウェア上で表しています。寸法が99mm×113mm×1.6mmの4層FR4 PCBの重量は、銅箔を外側と内側に使用した場合、それぞれ2オンスと1オンスです。電力損失曲線は、室温で測定され、接合部温度が120°Cに達すると1.35の倍率で増加します。デレレーティング曲線は、当初最大36AをソースするLTM4677の並列接続された出力と30°Cの周囲温度を起点としてプロットされます。出力電圧は0.9V、1.2V、および1.5Vです。これらの電圧は熱抵抗との相関を取るため、低い方と高い方の出力電圧範囲を含むように選択されています。熱モデルは、制御温度室での数回の温度測定と熱モデリング解析から得られます。接合部温度は、空気流の有無、熱伝導性接着テープによるヒートシンクの取り付けの有無を条件として、周囲温度が高くなる間にモニタされます。表17で評価され(表18に示す熱伝導性接着テープでLTM4677に取り付けられ)ているBGAヒートシンクは、構造およびフォームファクタの点で明らかに異なりますが、空気の層流に十分匹敵する性能が得られます。周囲温度の変化による電力損失の増加はデレレーティング曲線に加味されていま

す。周囲温度の上昇中に出力電流または出力電力を減少させる間、接合部は最大120°Cに維持されます。周囲温度を上げながら出力電流を減らすと、内部モジュールの損失が減少します。モニタされた120°Cの接合部温度から周囲動作温度を差し引いた値は、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定します。図19の例では、周囲温度が約70°Cでエアフローもヒートシンクもない場合、負荷電流は約27Aにデレレーティングされ、入力12V、出力1.2V(27A)というこの条件での室温(25°C)の電力損失は約4.5Wになります。入力12V、出力1.2V(27A)の電力損失曲線(図12)から得られる室温での損失の約4.5Wと、倍率1.35を掛け合わせるにより、6.1Wという損失が算出されます。120°Cの接合部温度から70°Cの周囲温度を差し引き、その差の50°Cを6.1Wで割ると、8.2°C/Wという熱抵抗 θ_{JA} が得られます。この値は表15とよく一致しています。表14、表15、表16は、エアフローとヒートシンクの有無を条件とした、0.9V出力、1.2V出力、および1.5V出力の等価熱抵抗を示しています。表14、15、16で得られるさまざまな条件での熱抵抗を、周囲温度の関数として算出した電力損失で乗算すると、周囲温度からの温度上昇値が得られ、したがって最大接合部温度が得られます。室温での電力損失を「標準的性能特性」セクションの効率曲線から求めて、前述の周囲温度倍数因子で調整することができます。

アプリケーション情報

表 14. 0.9V 出力

ディレーティング曲線	VIN (V)	電力損失曲線	エアフロー (LFM)	ヒートシンク	θ_{JA} (°C/W)
図 14、図 15	5, 12	図 11	0	なし	8.3
図 14、図 15	5, 12	図 11	200	なし	6.5
図 14、図 15	5, 12	図 11	400	なし	5.5
図 16、図 17	5, 12	図 11	0	BGA ヒートシンク	7.5
図 16、図 17	5, 12	図 11	200	BGA ヒートシンク	5.3
図 16、図 17	5, 12	図 11	400	BGA ヒートシンク	4.8

表 15. 1.2V 出力

ディレーティング曲線	VIN (V)	電力損失曲線	エアフロー (LFM)	ヒートシンク	θ_{JA} (°C/W)
図 18、図 19	5, 12	図 12	0	なし	8.3
図 18、図 19	5, 12	図 12	200	なし	6.5
図 18、図 19	5, 12	図 12	400	なし	5.5
図 20、図 21	5, 12	図 12	0	BGA ヒートシンク	7.5
図 20、図 21	5, 12	図 12	200	BGA ヒートシンク	5.3
図 20、図 21	5, 12	図 12	400	BGA ヒートシンク	4.8

表 16. 1.5V 出力

ディレーティング曲線	VIN (V)	電力損失曲線	エアフロー (LFM)	ヒートシンク	θ_{JA} (°C/W)
図 22、図 23	5, 12	図 13	0	なし	8.3
図 22、図 23	5, 12	図 13	200	なし	6.5
図 22、図 23	5, 12	図 13	400	なし	5.5
図 24、図 25	5, 12	図 13	0	BGA ヒートシンク	7.5
図 24、図 25	5, 12	図 13	200	BGA ヒートシンク	5.3
図 24、図 25	5, 12	図 13	400	BGA ヒートシンク	4.8

表 17. ヒートシンクのメーカー (熱伝導性接着テープを事前に装着済み)

ヒートシンク・メーカー	製品番号	Web サイト
Aavid Thermalloy	375424B00034G	www.aavid.com
Cool Innovations	4-050503PT411	www.coolinnovations.com
Wakefield Engineering	LTN20069	www.wakefield.com

表 18. 熱伝導性接着テープのメーカー

熱伝導性接着テープ・メーカー	製品番号	Web サイト
Chomerics	T411	www.chomerics.com

アプリケーション情報

表 19. LTM4677 のチャンネル出力電圧応答と部品の一覧。負荷ステップ 9A (9A/μs) 標準測定値

C _{OUTH} のメーカー	製品番号	C _{OUTL} のメーカー	製品番号
AVX	12106D107MAT2A (100μF、6.3V、ケース・サイズ:1210)	三洋 POSCAP	6TPF330M9L (330μF、6.3V、ESR:9mΩ、ケース・サイズ:D3L)
村田製作所	GRM32ER60J107ME20L (100μF、6.3V、ケース・サイズ:1210)	三洋 POSCAP	6TPD470M (470μF、6.3V、ESR:10mΩ、ケース・サイズ:D4D)
太陽誘電	JMK325BJ107MM-T (100μF、6.3V、ケース・サイズ:1210)	三洋 POSCAP	2R5TPE470M9 (470μF、2.5V、ESR:9mΩ、ケース・サイズ:D2E)
TDK	C3225X5R0J107MT (100μF、6.3V、ケース・サイズ:1210)		

V _{OUTn} (V)	V _{INn} (V)	リファレンス回路*	C _{OUTHn} (セラミック出力コンデンサ)	C _{OUTLn} (バルク出力コンデンサ)	COMP _{na} を COMP _{nb} に接続? (内部ループ補償)	R _{THn} (外部ループ補償) (kΩ)	C _{THn} (外部ループ補償) (nF)	f _{sw} (kHz)	F _{SWPHCFG} から SGND へのピン・ストラップ抵抗 (表 4) (kΩ)	V _{OUTnCFG} から SGND へのピン・ストラップ抵抗 (表 2) (kΩ)	V _{TRIMnCFG} から SGND へのピン・ストラップ抵抗 (表 3) (kΩ)	ピーク・トゥ・ピーク偏差 (0A ~ 6.5A ~ 0A) (mV)	回復時間 (μs)
0.9	5	テスト回路2	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	1.65	なし	84	75
0.9	5	テスト回路2	100μF×3	330μF×1	はい	なし	なし	500	なし	1.65	なし	131	70
0.9	12	テスト回路1	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	1.65	なし	85	75
0.9	12	テスト回路1	100μF×3	330μF×1	いいえ	8.22	2200	500	なし	1.65	なし	75	70
1	5	テスト回路2	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	2.43	0	84	75
1	5	テスト回路2	100μF×3	330μF×1	はい	なし	なし	500	なし	2.43	0	135	70
1	12	テスト回路1	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	2.43	0	85	75
1	12	テスト回路1	100μF×3	330μF×1	いいえ	8.22	2200	500	なし	2.43	0	76	70
1.2	5	テスト回路2	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	3.24	0	84	75
1.2	5	テスト回路2	100μF×3	330μF×1	はい	なし	なし	500	なし	3.24	0	139	75
1.2	12	テスト回路1	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	3.24	0	86	75
1.2	12	テスト回路1	100μF×3	330μF×1	いいえ	8.22	2200	500	なし	3.24	0	78	75
1.5	5	テスト回路2	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	4.22	なし	84	75
1.5	5	テスト回路2	100μF×3	330μF×1	はい	なし	なし	500	なし	4.22	なし	139	75
1.5	12	テスト回路1	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	4.22	なし	88	75
1.5	12	テスト回路1	100μF×3	330μF×1	いいえ	8.22	2200	500	なし	4.22	なし	80	75
1.8	5	テスト回路2	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	6.34	0	84	75
1.8	5	テスト回路2	100μF×3	330μF×1	はい	なし	なし	500	なし	6.34	0	139	80
1.8	12	テスト回路1	100μF×6	なし	いいえ	8.22	2200	500	なし	6.34	0	89	75
1.8	12	テスト回路1	100μF×3	330μF×1	いいえ	8.22	2200	500	なし	6.34	0	83	80

アプリケーション情報—デレーティング曲線

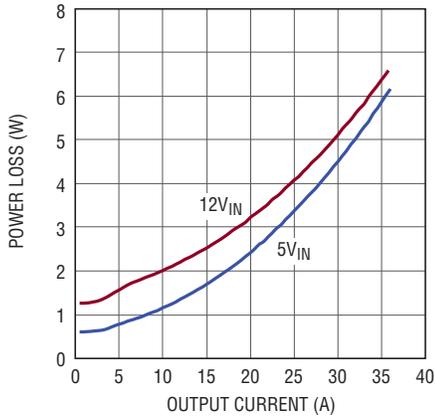


図11.0.9V出力の電力損失曲線

4677 F11

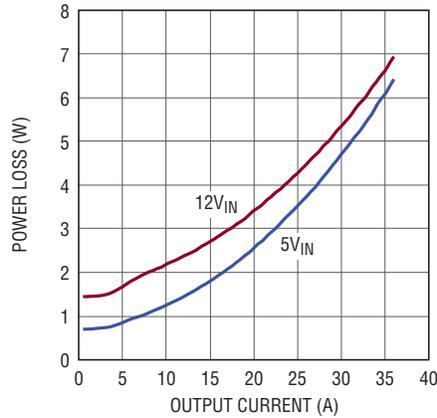


図12.1.2V出力の電力損失曲線

4677 F12

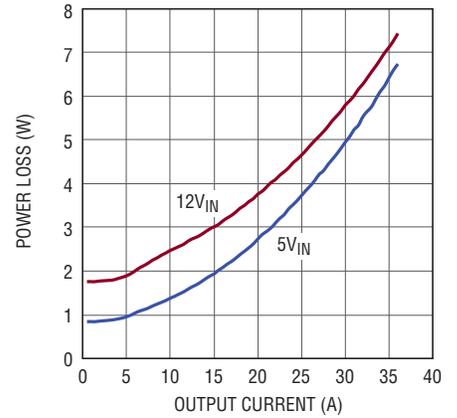


図13.1.5V出力の電力損失曲線

4677 F13

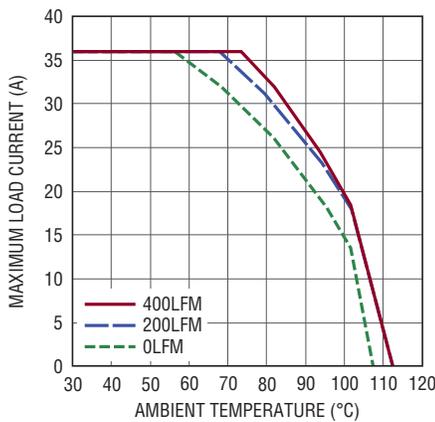


図14.5V入力、0.9V出力のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

4677 F14

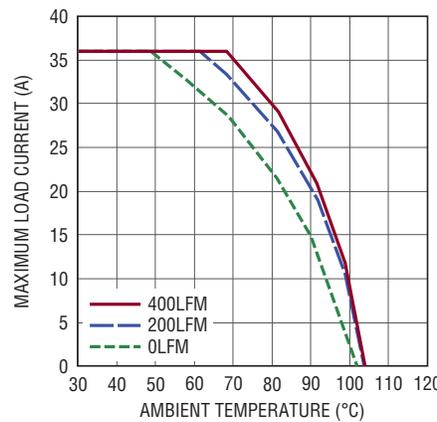


図15.12V入力、0.9V出力のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

4677 F15

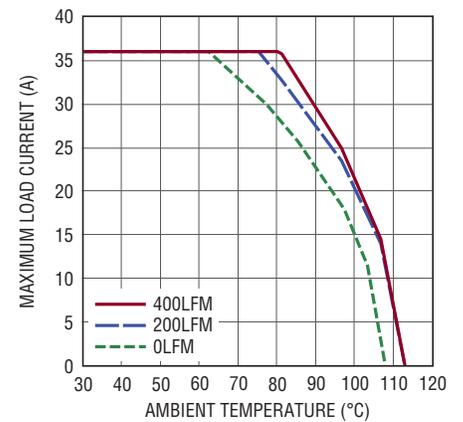


図16.5V入力、0.9V出力のデレーティング曲線、BGAヒートシンク

4677 F16

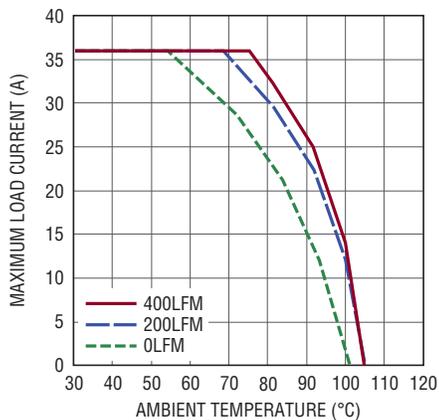


図17.12V入力、0.9V出力のデレーティング曲線、BGAヒートシンク

4677 F17

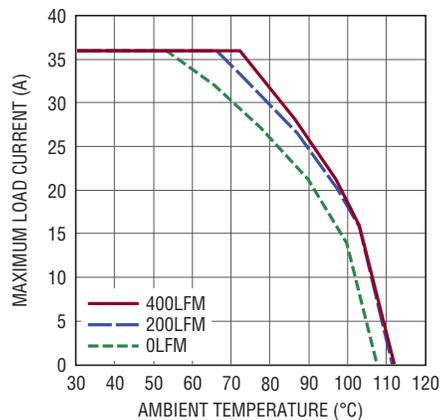
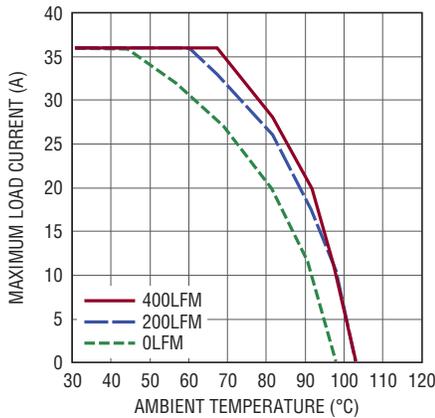


図18.5V入力、1.2V出力のデレーティング曲線、ヒートシンクなし

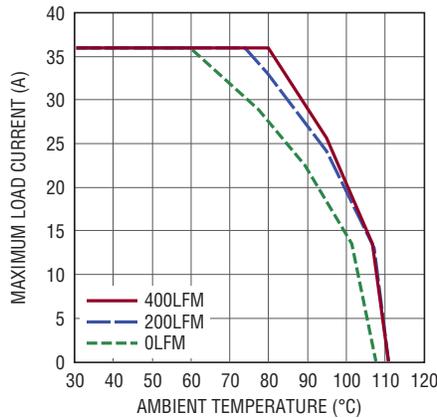
4677 F18

アプリケーション情報—ディレーティング曲線



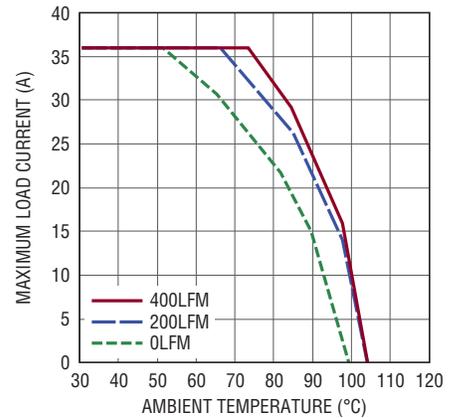
4677 F19

図19. 12V入力、1.2V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし



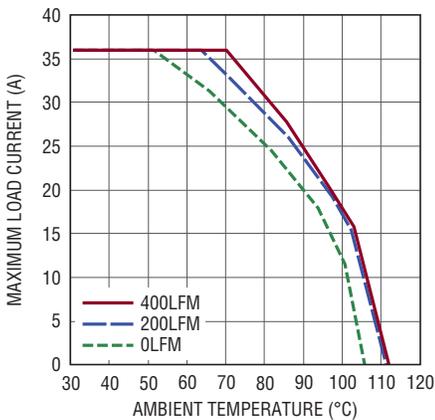
4677 F20

図20. 5V入力、1.2V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり



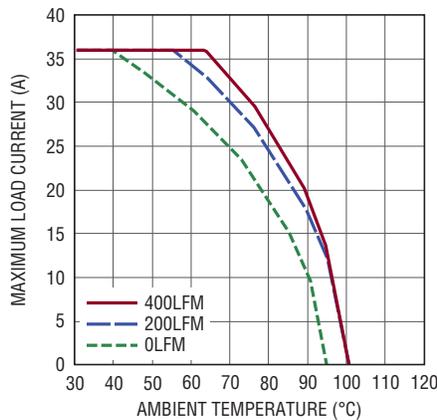
4677 F21

図21. 12V入力、1.2V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり



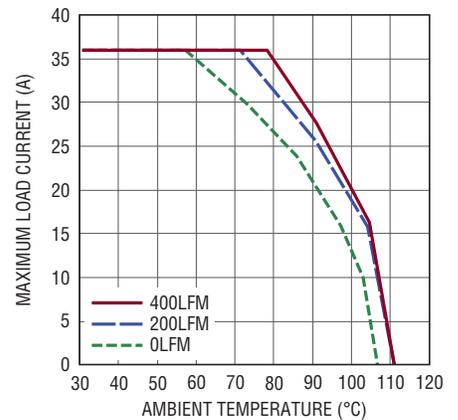
4677 F22

図22. 5V入力、1.5V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし



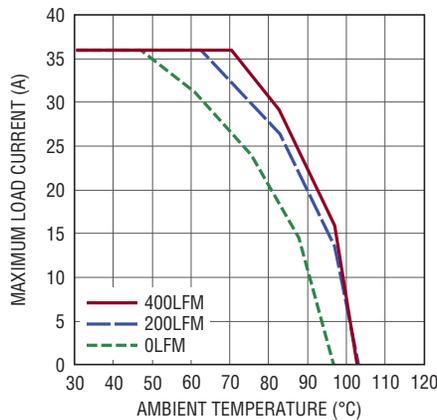
4677 F23

図23. 12V入力、1.5V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし



4677 F24

図24. 4.5V入力、1.5V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり



4677 F25

図25. 12V入力、1.5V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり

アプリケーション情報

EMI性能

SW_nピンは、LTM4677の電力段にあるパワーMOSFETの中間点に接続されています。

SW_nピンとGNDピンの間にオプションの直列RC回路網を接続すると、切り替え電流経路内の寄生インダクタンスおよび寄生容量によって発生する高周波(約30MHz以上)のスイッチ・ノード・リングングを減衰させることができます。このRC回路網は、寄生成分による共振を減衰(抑制)するのでスナバ(抑制)回路と呼ばれますが、代償として電力損失が大きくなります。

スナバ回路を使用するには、まず、この課題に割り当てる電力と、スナバ回路を実装するために使用できるPCBの面積を決めます。たとえば、PCBのスペースからは、低インダクタンスの1W抵抗を使用できる場合、600mW(P_{SNUB})まで控えめにデレーティングすると、スナバ回路網のコンデンサ(C_{SW})は次式で計算されます。

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

ここで、V_{INn(MAX)}はこのアプリケーションで電力段の入力(V_{INn})に供給される最大入力電圧であり、f_{SW}はDC/DCコンバータの動作時のスイッチング周波数です。C_{SW}は、NPO、COG、またはX7R型(以上)の材質にする必要があります。

この結果、スナバ抵抗(R_{SW})の値は次式により求められます。

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

スナバ抵抗は低ESLで、スナバ回路に生じるパルス電流に耐えられるものにする必要があります。0.7Ω～4.2Ωの範囲の値が通常です。

スナバの実装を容易にするため、2.2nFの内蔵スナバ・コンデンサが、低インダクタンス経路を介して、LTM4677のチャンネルのスイッチ・ノードのそれぞれに接続されています。これらのスナバ・コンデンサの電氣的にフロート状態の側は、LTM4677のSNUB_nピンに接続されています。スナバの選択に関する上記の説明から、SNUB_nとGNDの間に適切なサイズのスナバ抵抗を簡単に直接接続することができます。

安全性に関する検討事項

LTM4677モジュールではV_{IN}とV_{OUT}が電氣的に絶縁されていません。内部にヒューズはありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格の低速溶断ヒューズを使って各ユニットを致命的損傷から保護してください。

内部トップMOSFETの障害による過電圧状態の間、レギュレータへの電流を制限するために、ヒューズまたは回路ブレーカを選択する必要があります。内部トップMOSFETに障害が発生した場合、これをオフするだけでは過電圧は解消されません。このため、内部ボトムMOSFETがオンしつづけて負荷の保護を試みます。このようなフォルト状態では、障害が発生した内部トップMOSFETとイネーブルされた内部ボトムMOSFETを通して、入力電圧源からグラウンドに非常に大きな電流が流れます。この電流によって、入力電圧源がこのシステムに供給できる電力量に応じて、過度の熱が発生したり、基板に損傷を与えたりする可能性があります。このような状況に対する2次的なフォルト保護として、ヒューズまたは回路ブレーカを使用できます。このデバイスは、過電流保護および過熱保護の機能を備えています。

レイアウトのチェックリスト/例

LTM4677は高集積化されているため、PCBレイアウトが非常にシンプルで容易です。ただし、電氣的性能と熱的性能を最適化するにはいくつかのレイアウト上の配慮が依然として必要です。

- V_{INn}、GNDおよびV_{OUTn}を含む大電流経路には大きなPCBの銅箔面積を使用します。PCBの導通損失と熱ストレスを最小に抑えるのに役立ちます。
- 入力と出力の高周波用セラミック・コンデンサをV_{INn}、GNDおよびV_{OUTn}の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小限に抑えます。
- モジュールの下に専用の電源グラウンド層を配置します。
- ビアの導通損失を最小に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ・レイヤと他の電源レイヤの間の相互接続に多数のビアを使います。
- 充填ビアまたはメッキビアでない限り、パッドの上に直接ビアを置かないでください。

アプリケーション情報

- 信号ピンに接続された部品には、別のSGND銅箔プレーンを使用します。LTM4677のローカルGNDにSGNDを接続します。
- 並列モジュールの場合は、図29に示すように、 V_{OUTn} 、 V_{OSNS0+}/V_{OSNS-} や $V_{OSNS1}/SGND$ の電圧検出用差動ペア入力、 $RUNn$ 、 $\overline{GPIO}n$ 、 $COMPna$ 、 $SYNC$ 、 $SHARE_CLK$ の各ピンを互いに接続します。
- 信号ピンからは、モニタリング用にテスト・ポイントを引き出してください。

推奨レイアウトの良い例を図26に示します。

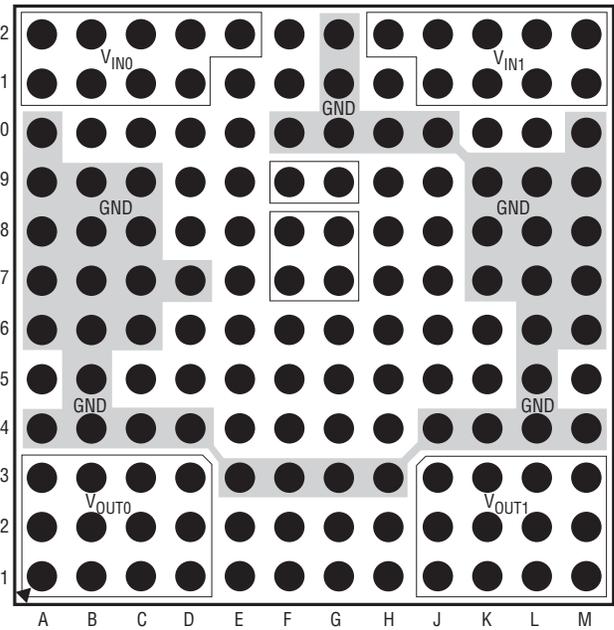
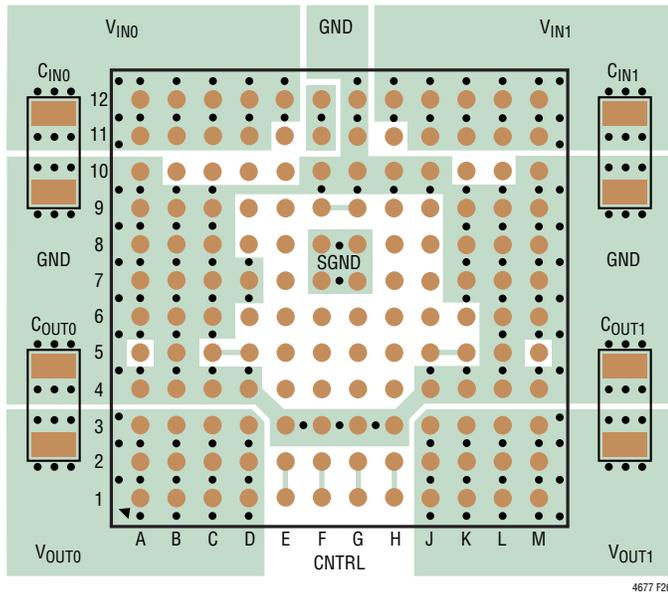
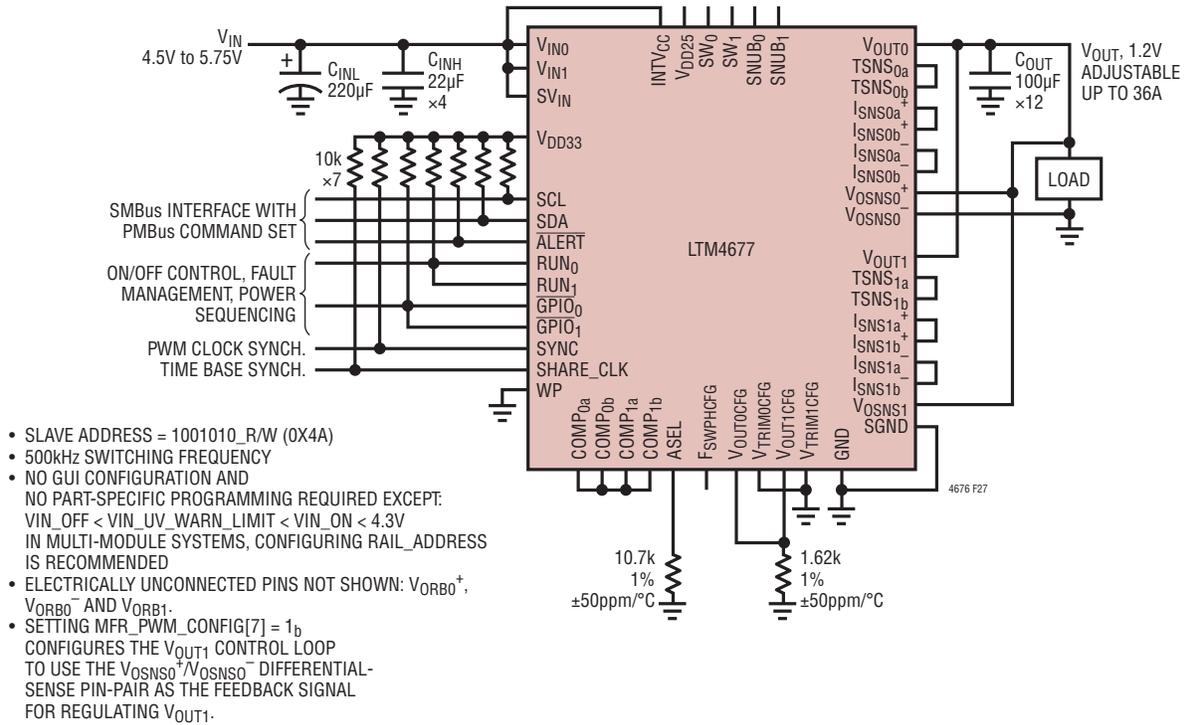


図26.PCBの推奨レイアウト。パッケージ上面から見た図

標準的応用例

図 27. I²C/SMBus/PMBus シリアル・インタフェースを備えた 36A、1.2V 出力の DC/DC μModule レギュレータ

標準的応用例

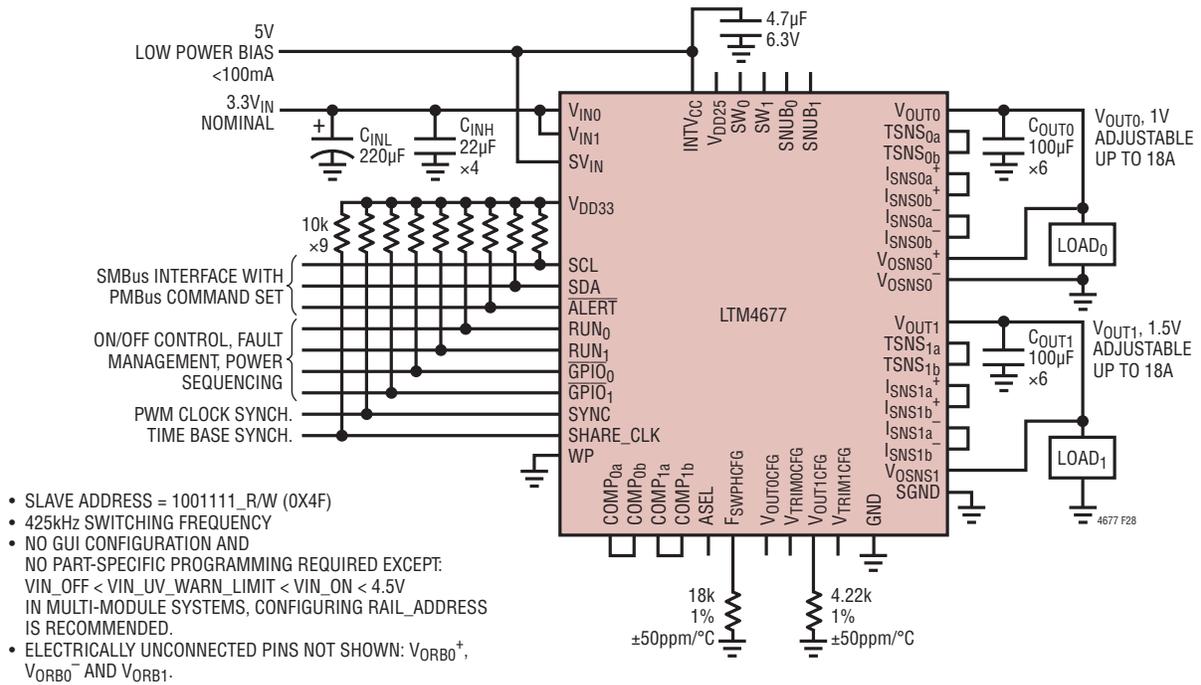


図 28.3.3V 電源入力から 18A、1.0V および 1.5V 出力を生成し、I²C/SMBus/PMBus シリアル・インタフェースを提供

標準的応用例

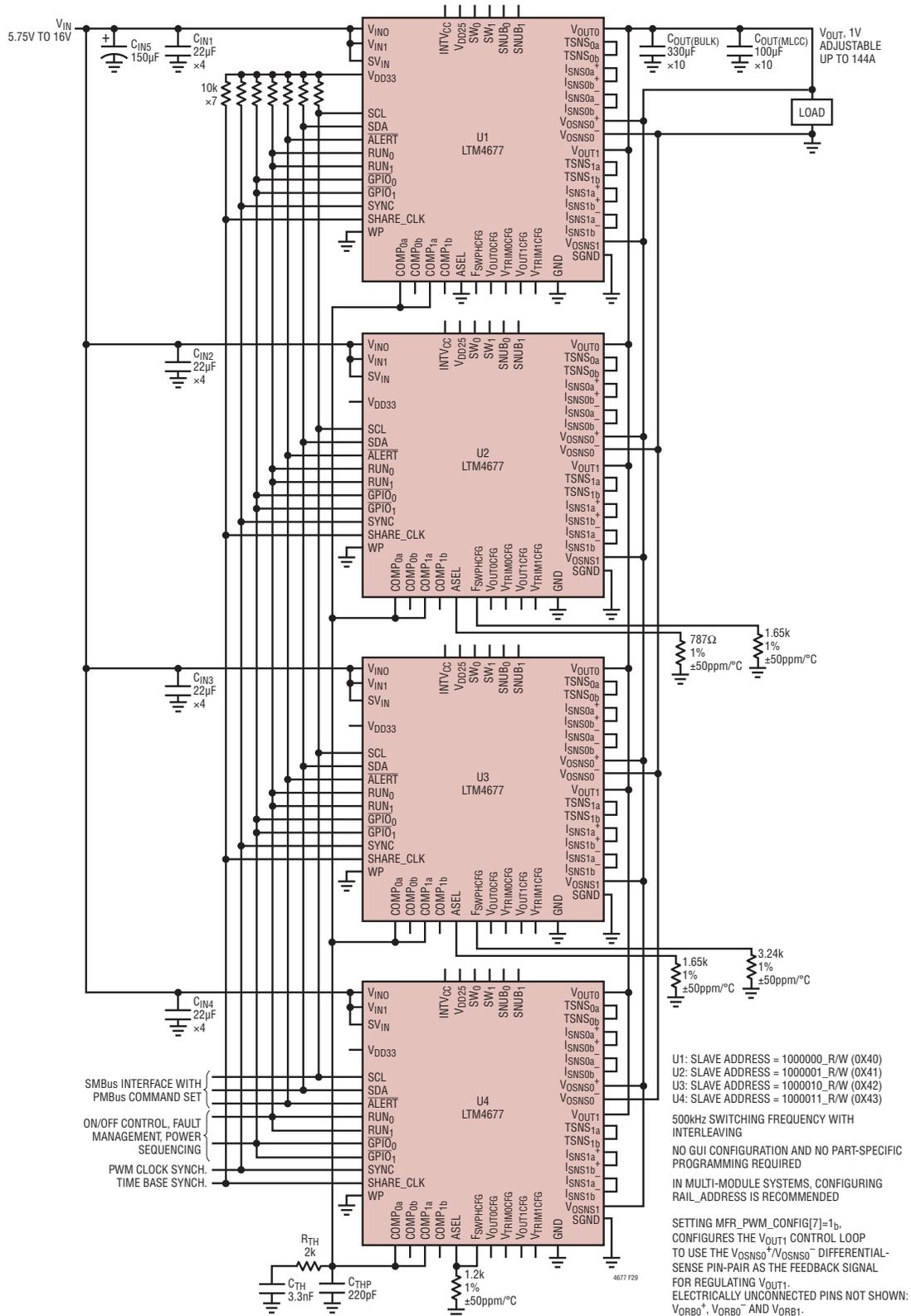


図29. 並列接続された4個のLTM4677が最大144Aで1V出力を生成。2線 I²C/SMBus/PMBusシリアル・インタフェースでアクセス可能なパワーシステム・マネージメント機能を搭載。評価や詳細情報については、デモボード DC2143を参照

標準的応用例

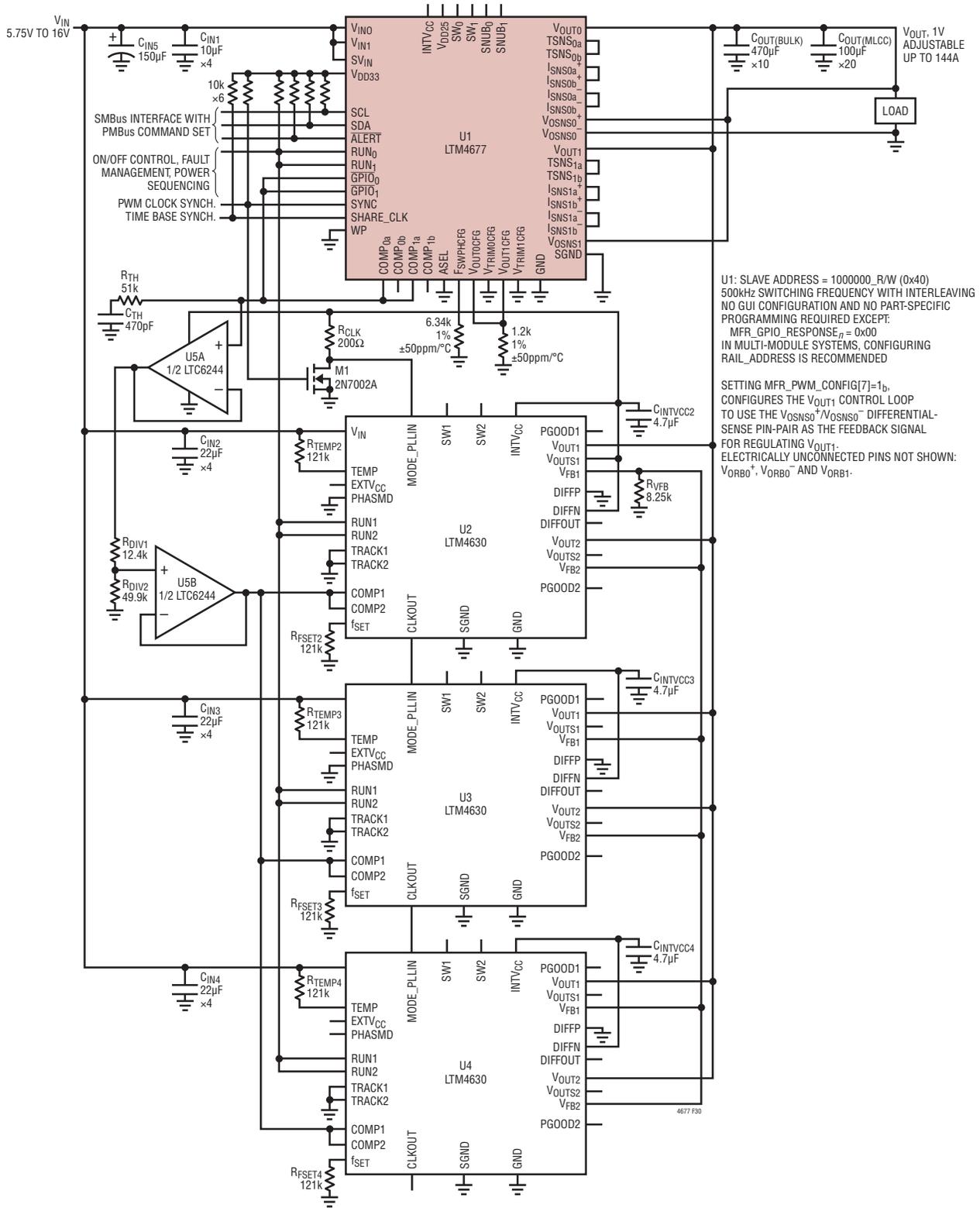


図 30.1 個の LTM4677 と 3 個の LTM4630A (デモボード DC2439 を参照) を並列接続して、最大 144A で 1V 出力を生成。
 LTM4677 の 2 線 I²C/SMBus/PMBus シリアル・インタフェースでアクセス可能なパワーシステム・マネージメント機能。

付録A

PMBus、SMBus、I²C 2線インタフェース間の類似性

PMBus 2線インタフェースはSMBusの拡張版です。SMBusは、I²Cを基盤として構築され、両者の間にはタイミング、DCパラメータ、プロトコルにいくつかのわずかな差異が存在します。PMBus/SMBusプロトコルは、バス・エラーを防ぐタイムアウトと、データの完全性を保証するオプションの packets・エラー・チェック(PEC)を備えているので、シンプルなI²Cのバイト・コマンドよりも堅牢です。通常、I²C通信用に構成できるマスタ・デバイスは、ハードウェアまたはファームウェアにわずかな変更を加えるか、まったく変更なしにPMBusにも適用できます。反復スタート(リスタート)は、全てのI²Cコントローラでサポートされているわけではありませんが、SMBus/PMBusの読み出

しには必要です。汎用I²Cコントローラを使用する場合は、反復スタートをサポートしているか確認してください。

PMBusで適用されたSMBusに対する軽微な拡張や例外については、『PMBus Specification Part 1 Revision 1.2』の第5節「Transport」を参照してください。

SMBusとI²Cの相違点については、『System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0』の付録B「Differences Between SMBus and I²C」を参照してください。

LTCのデータシート(たとえば、付録Cを参照)、アプリケーション・ノート、およびLTpowerPlay GUIの中で使用されているPMBusデータ形式の用語と略記法を表20に示します。

表 20. データ形式の用語

PMBus用語	意味	仕様、GUI、アプリケーション・ノートの用語	コマンドの概要一覧表の略語
Linear	リニア	Linear_5s_11s	L11
Linear (電圧関連コマンド用)	リニア	Linear_16u	L16
Direct	メーカーによる直接カスタマイズ	DirectMfr	CF
Hex		Hex	I16
ASCII		ASCII	ASC
	レジスタ・フィールド	Reg	Reg

堅牢なシステム通信を保証するためにハンドシェイク機能を備えています。詳細は、「アプリケーション情報」の「PMBusの通信とコマンド処理」の項を参照してください。

付録B

PMBus シリアル・デジタル・インタフェース

LTM4677は、標準PMBusシリアル・バス・インタフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス信号のタイミング関係をタイミング図(図31)に示します。バスを使用しない場合、2本のバスライン(SDAとSCL)は“H”にする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTM4677はスレーブ・デバイスです。マスタは以下の形式でLTM4677と通信できます。

- マスタ・トランスミッタ、スレーブ・レシーバ
- マスタ・レシーバ、スレーブ・トランスミッタ

以下のPMBusプロトコルがサポートされています。

- バイト書き込み、ワード書き込み、バイト送信、ブロック書き込み
- バイト読み出し、ワード読み出し、ブロック読み出し
- ブロック書き込み-ブロック読み出しプロセス呼び出し
- アラート応答アドレス

前述のPMBusプロトコルを図33～図49に示します。全てのトランザクションがPEC(パリティ・エラー・チェック)とGCP(グ

ループ・コマンド・プロトコル)に対応しています。ブロック読み出しは、戻り値のデータとして255バイトをサポートします。このため、フォルト・ログを読み出す場合にPMBusタイムアウトを延長できます。

図32は、このセクションに示すプロトコル図の凡例です。PECはオプションです。

以下の図のフィールド下に示された値は、そのフィールドに対する必須値です。

PMBusによって実装されるデータ形式は次のとおりです。

- マスタ・トランスミッタがスレーブ・レシーバに送信する。この場合、伝送方向は変化しません。
- 最初のバイトの直後にマスタがスレーブを読み出す。最初のアクノリッジ(スレーブ・レシーバによる)の時点で、マスタ・トランスミッタはマスタ・レシーバになり、スレーブ・レシーバがスレーブ・トランスミッタになります。
- 組み合わせ形式伝送中に方向が変化する時点で、マスタはスタート条件とスレーブ・アドレスの両方を反復しますが、その際R/Wビットを反転させます。その場合、マスタ・レシーバは伝送の最後のバイトとストップ条件に対してNACKを生成して伝送を中止します。

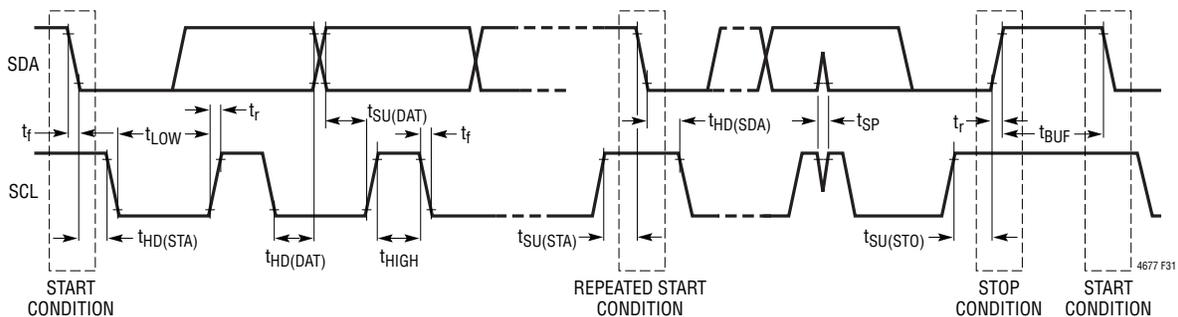


図31. タイミング図

付録B

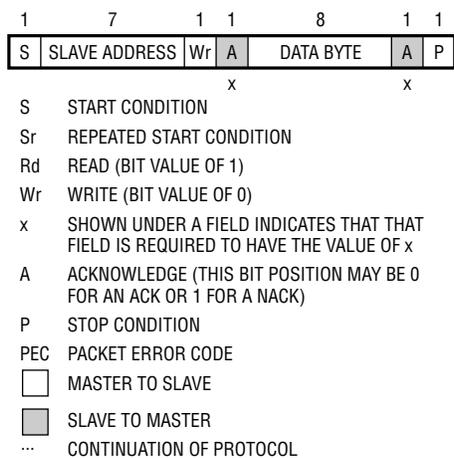


図 32. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



図 33. クイック・コマンド・プロトコル

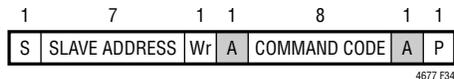


図 34. バイト送信プロトコル



図 35. PEC 付きバイト送信プロトコル

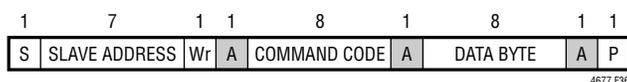


図 36. バイト書き込みプロトコル

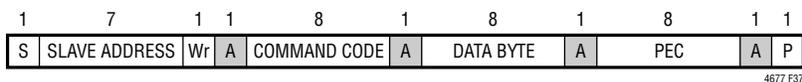


図 37. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

付録B

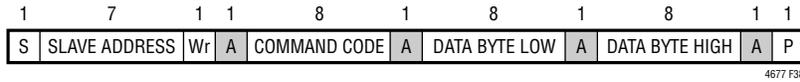


図38. ワード書き込みプロトコル

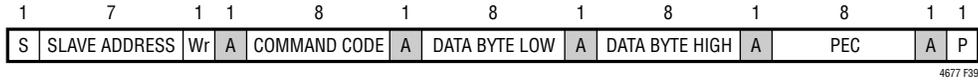


図39. PEC 付きワード書き込みプロトコル

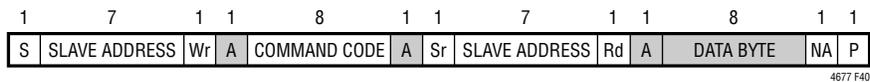


図40. バイト読み出しプロトコル

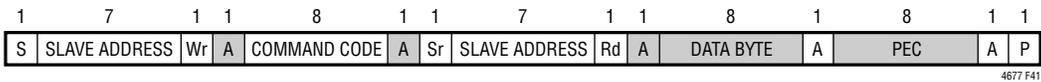


図41. PEC 付きバイト読み出しプロトコル

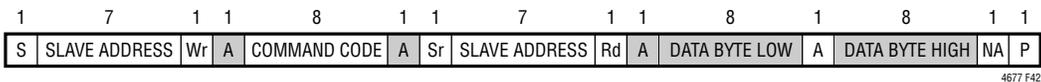


図42. ワード読み出しプロトコル

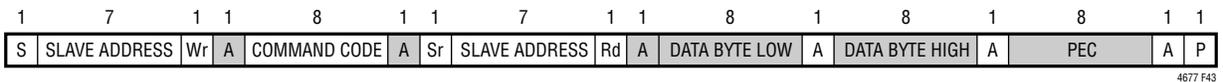


図43. PEC 付きワード読み出しプロトコル

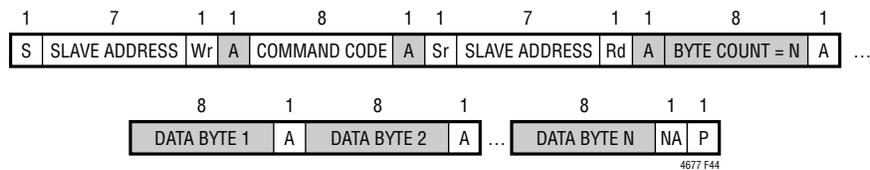


図44. ブロック読み出しプロトコル

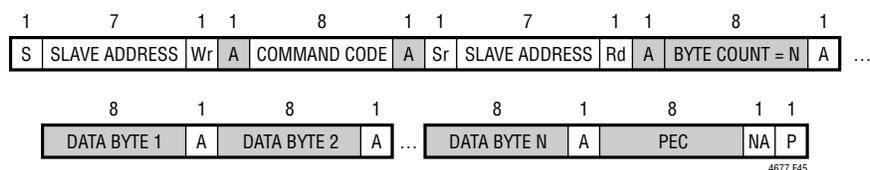


図45. PEC 付きブロック読み出しプロトコル

付録B

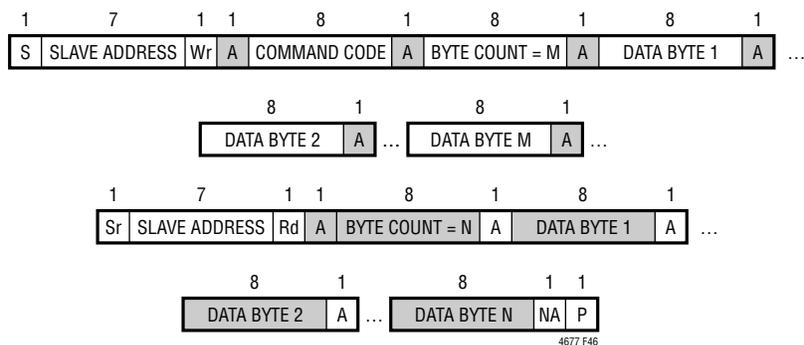


図46. ブロック書き込み - ブロック読み出しプロセス呼び出し

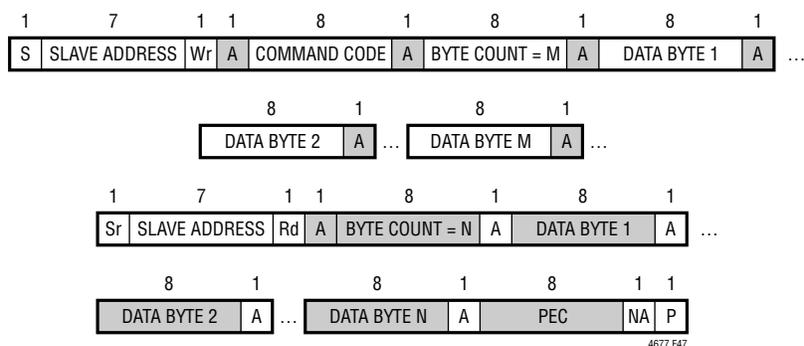


図47. ブロック書き込み - PEC付きブロック読み出しプロセス呼び出し

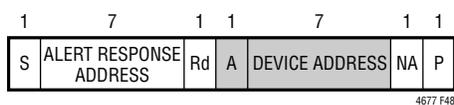


図48. アラート応答アドレス・プロトコル

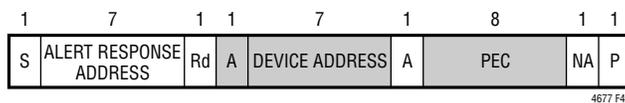


図49. PEC付きアラート応答アドレス・プロトコル

付録C:PMBus コマンドの詳細

アドレス指定および書き込み保護

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
PAGE	0x00	いずれかのページ設定コマンドに現在選択されているチャンネル(ページ)。	R/W Byte	N	Reg			0x00
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	指定のページにコマンドを直接書き込む。	W Block	N				
PAGE_PLUS_READ	0x06	指定のページからコマンドを直接読み取る。	Block R/W Process	N				
WRITE_PROTECT	0x10	意図しないPMBus変更からデバイスを保護する。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00
MFR_ADDRESS	0xE6	右ぞろえした7ビットのデバイス・アドレスを指定する。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	PolyPhase出力を構成するチャンネルに対して、右ぞろえした独自の7ビット・アドレスを指定する。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80

関連コマンド:MFR_COMMON。

PAGE

PAGEコマンドには、MFR_ADDRESSまたはGLOBALデバイス・アドレスのいずれか一方の物理アドレスだけで両方のPWMチャンネルの構成、制御、およびモニタを行う機能があります。各PAGEには、一方のPWMチャンネルの動作メモリが含まれます。

ページ0x00および0x01は、それぞれこのデバイスのチャンネル0およびチャンネル1に相当します。

PAGEを0xFFに設定すると、以下のいずれかのページ設定コマンドが両方の出力に適用されます。PAGEを0xFFに設定すると、LTM4677は、PAGEを0x00(チャンネル0)に設定した場合と同様に読み出しコマンドに対して応答します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

PAGE_PLUS_WRITE

PAGE_PLUS_WRITEコマンドは、デバイス内にページを設定し、コマンドを送信して、その後コマンドのデータを1つの通信パケットで全て送信する方法を提供します。現在の書き込み禁止レベルによって許可されているコマンドは、PAGE_PLUS_WRITEを使用すれば送信できます。

PAGEコマンドで保存された値は、PAGE_PLUS_WRITEによる影響を受けません。PAGE_PLUS_WRITEを使用してページ設定以外のコマンドを送信する場合、Page Numberバイトは無視されます。

このコマンドはWrite Blockプロトコルを使用します。2つのデータ・バイトがあるコマンドを送信するPAGE_PLUS_WRITEコマンドとPECの一例を図50に示します。

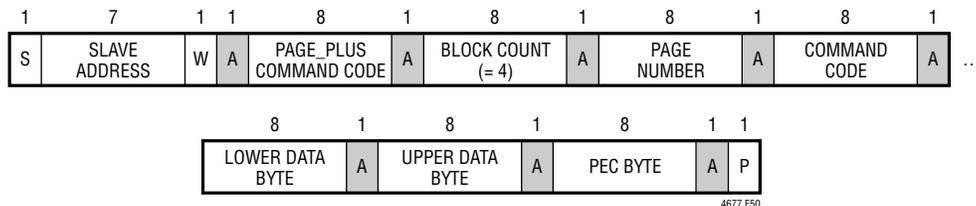


図50.PAGE_PLUS_WRITEの例

付録C: PMBus コマンドの詳細

WP ピンが“H”の場合、PAGE、OPERATION、MFR_CLEAR_PEAKS、MFR_EE_UNLOCK、CLEAR_FAULTS コマンドがサポートされます。個々のフォルト・ビットは、STATUS レジスタの対応するビットに1を書き込むことでクリアできる。

MFR_ADDRESS

MFR_ADDRESS コマンド・バイトは、このデバイスの PMBus スレーブ・アドレスの7ビットを設定します。

このコマンドの値を0x80に設定すると、デバイス・アドレス指定がディスエーブルされます。グローバル・デバイス・アドレスである0x5Aと0x5Bはディスエーブルできません。RCONFIGを無視するように設定した場合も(MFR_CONFIG_ALL[6]=1b)、ASELピンはチャンネル・アドレスのLSBを決定するために使用されます。ASELピンが開放の場合、LTM4677はEEPROMに格納されたMFR_ADDRESSの下位4ビットを使用します。0x5A、0x5B、0x0C、0x7Cの値は推奨しません。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_RAIL_ADDRESS

MFR_RAIL_ADDRESS コマンドは、PAGEによってアクティブ化されたチャンネルに対して、デバイス・アドレスによる直接アクセスを可能にします。このコマンドの値は、1つの電源レールに接続された全てのデバイスで共通でなければなりません。

ユーザーは、このアドレスに対して、コマンド書き込みだけを実行してください。このアドレスからの読み出しを実行した場合に、レール・デバイスが完全に同じ値で応答しないと、LTM4677はバス競合を検出して、CML通信フォルトをセットします。

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

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

汎用構成レジスタ

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	チャンネル固有の構成ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1F
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	全てのページで共通の構成ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x09

MFR_CHAN_CONFIG

複数のLTC製品に共通する汎用構成コマンドです。

ビット	意味
7	予約済み
6	予約済み
5	予約済み
4	RUNピンの“L”遷移をディスエーブルする。このビットをアサートすると、オフするように指示された場合も、RUNピンに“L”パルスが出力されない。
3	ショート・サイクル。このビットをアサートすると、TOFF_DELAYまたはTOFF_FALLの待機中にオンするように指示された場合、出力が直ちにオフする。120msのTOFF_MINを遵守したうえで、デバイスはオンする。
2	SHARE_CLOCK制御。SHARE_CLOCKを“L”に保持すると、出力がディスエーブルされる。
1	GPIO ALERTを生成しない。GPIOが外部から“L”に引き下げられた場合、ALERTが“L”に引き下げられない。POWER_GOODまたはVOUT_UVUFのいずれかをGPIO上に伝播する場合に、このビットをアサートする。
0	MFR_RETRY_TIME処理のVOUT減衰値の要件をディスエーブルする。このビットを0に設定した場合、レールをオフするあらゆるアクションにおいて、出力はプログラムされた値の12.5%未満に減衰しなければならない。ここでいう動作には、フォルト、OFF/ONコマンド、RUNの“H”-“L”-“H”トグルが含まれる。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_CONFIG_ALL

複数の LTC 製品に共通する汎用構成コマンドです。

ビット	意味
7	フォルト・ログをイネーブルする。
6	抵抗構成設定ピンを無視する。
5	クイック・コマンド・メッセージの CML フォルトをディスエーブルする。
4	SYNC 出力をディスエーブルする。
3	255ms のタイムアウトをイネーブルする。
2	PMBus 書き込みを受け付ける際に有効な PEC を要求する。このビットがセットされていない場合、デバイスは PEC が無効のコマンドも受け付ける。
1	PMBus クロック・ストレッチの使用を可能にする。
0	いずれかの RUN ピンが "L" から "H" に遷移して CLEAR_FAULTS コマンドを発行するのを可能にする。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

オン/オフ/マージン

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN ピンおよび PMBus のオン/オフ・コマンドの構成。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1F
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80
MFR_RESET	0xFD	パワーダウン不要の、コマンドによるリセット。RESTORE_USER_ALL と同じ。	Send Byte	N				NA

ON_OFF_CONFIG

ON_OFF_CONFIG コマンドは、デバイスのオン/オフに必要な RUN_n ピンの入力とシリアル・バス・コマンドの組み合わせを構成します。これには、電源が印加されたときのデバイスの応答方法も含まれます。

以下のビットだけが変更可能です。

3: シリアル・バスから受信したコマンドに対するデバイスの応答方法を制御します。

0: デバイスにオフするように指示するときの RUN ピンの動作。ビット 0 を 1 に設定すると、デバイスは即座に出力段への電力伝送を停止します。これには、出力コンデンサを負荷によって放電する効果があります。ビット 0 を 0 に設定すると、レギュレータはプログラムされたターンオフ遅延と立ち下がり時間を適用します。デバイスが連続モードで動作している場合、プログラムされたターンオフ応答は、負荷から即座に電源を切り離れたときよりも格段に速く出力を 0V まで引き下げることができます。

ビット 4、2、1 の値を変更すると、CML フォルトが発生します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

表 21. ON_OFF_CONFIG レジスタの詳細情報
ON_OFF_CONFIG のデータの内容

ビット	シンボル	動作
b[7:5]	予約済み	ドントケア。常に0を返す。
b[3]	On_off_config_use_pmbus	シリアル・バスから受信したコマンドに対するデバイスの応答方法を制御する。 0: デバイスは OPERATION コマンドの b[7:6] を無視する。 1: デバイスは OPERATION コマンドの b[7:6] に応答する。デバイスの起動に RUN _n ピンのアサートも必要となる。
b[0]	On_off_config_control_fast_off	デバイスにオフするように指示するときの RUN _n ピンのターンオフ動作。 0: プログラムされた TOFF_DELAY を使用する。 1: 出力をオフし、可能な限り迅速にエネルギー伝送を停止する。デバイスは、出力電圧の立ち下がり時間を短縮するための電流シンクを行わない。

Note: 電力変換を開始するには、常に RUN ピンが "H" でなければならない。電力変換は、RUN が "L" に遷移すると常に停止する。

OPERATION

OPERATION コマンドは、RUN_n ピンからの入力と組み合わせて、デバイスをオン/オフするために使います。デバイスの出力電圧をマージン電圧のハイまたはローに設定する場合にも使用します。デバイスは、後続の OPERATION コマンドか RUN_n ピンの状態遷移が他のモードへの変更を指示するまで、このコマンドによって指示された動作モードにとどまります。デバイスが MARGIN_LOW/HIGH 状態で格納された場合は、次の MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL または SV_{IN} パワー・サイクルで、その状態までランプします。OPERATION コマンドが変更された場合、例えば ON が MARGIN_LOW に変更された場合、出力は VOUT_TRANSITION_RATE で設定された一定の勾配で変化します。デフォルトの動作コマンドはシーケンス・オフです。

LTM4677 では、マージン・ハイ (フォルト無視) およびマージン・ロー (フォルト無視) 動作はサポートされていません。

デバイスは、デフォルトでシーケンス・オフ状態になります。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

表 22. OPERATION コマンドの詳細情報
On_Off_Config_Use_PMBus が Operation_Control をイネーブルした場合
の OPERATION コマンドのデータ内容

シンボル	アクション	値
ビット		
機能	即座にオフ	0x00
	ターンオン	0x80
	マージン・ロー	0x98
	マージン・ハイ	0xA8
	シーケンス・オフ	0x40

チャンネルのオン/オフ指示に OPERATION コマンドを使用しないように
On_Off_Config を構成した場合の OPERATION コマンドのデータ内容

シンボル	アクション	値
ビット		
機能	公称値で出力	0x80
	マージン・ロー	0x98
	マージン・ハイ	0xA8

注記: 予約済みの値を書き込もうとすると OML フォルトが発生する。

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_RESET

このコマンドは、ユーザーがLTM4677のリセット動作を実行する手段を提供します。RESTORE_USER_ALLと同じ。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

PWM 構成

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
MFR_PWM_MODE	0xD4	各チャンネルのPWMエンジンの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC3
MFR_PWM_CONFIG	0xF5	位相設定をはじめとするDC/DCコントローラの多数のパラメータを設定する。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10
FREQUENCY_SWITCH	0x33	コントローラのスイッチング周波数。	R/W Word	N	L11	kHz	Y	500 0xFBE8

MFR_PWM_MODE

MFR_PWM_MODE コマンドによって、ユーザーはPWMコントローラが不連続モード(パルス・スキップ・モード)または強制連続導通モードのいずれを使用するかをプログラムできます。

ビット	意味
7	ILIMITのレンジ 0 - 低電流レンジ 1 - 高電流レンジ
6	サーボ・モードをイネーブルする
5	予約済み
4	ページ0のみ: TSNS _{1a} 検出温度遠隔測定値の使用 0 - TSNS _{1a} を介して検出された温度は、チャンネル1の電流検出入力 ISNS _{1a+} /ISNS _{1a-} によってデジタル化された電流検出情報を温度補正するのに使われます。 1 - TSNS _{0a} を介して検出された温度は、チャンネル1の電流検出入力 ISNS _{1a+} /ISNS _{1a-} によってデジタル化された電流検出情報を温度補正するのに使われます。TSNS _{1a} に接続された温度センサから得られた遠隔測定値は、必要であれば、モジュールの外部のものにすることができます。
3	予約済み
2	予約済み
1	電圧レンジ 0 - 高電圧レンジ(最大5.5V) 1 - 低電圧レンジ(最大2.75V)
0	PWMモード 0 - 不連続モード 1 - 連続モード

チャンネルがランプ・アップするときは、このコマンドの値に関わらず、PWMモードは常に不連続になります。

このコマンドのビット7は、デバイスがIOUT_OC_FAULT_LIMITコマンドの高電流レンジまたは低電流レンジのいずれで動作するかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループの利得と補償が変化します。出力がアクティブな状態でこのビットの値を変更すると、システムに有害な結果をもたらす可能性があります。

付録C:PMBus コマンドの詳細

ビット6 LTM4677がオフ、ランプ・オン、ランプ・オフ中にはサーボ動作しません。1に設定すると、出力サーボがイネーブルされます。出力セットポイントDACは、READ_VOUT_ADCとVOUT_COMMAND (または該当するマージン設定値)の差を最小化するように、徐々に調整されます。

このコマンドのビット1は、デバイスが高電圧レンジまたは低電圧レンジのいずれで動作するかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループの利得と補償が変化します。このビットの値は、出力がアクティブのときに変更できません。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_PWM_CONFIG

MFR_PWM_CONFIGコマンドは、SYNC信号の立ち上がりエッジを基準としたスイッチング周波数の位相オフセットを設定します。このコマンドを処理するには、デバイスがOFF状態になければなりません。RUNピンを“L”にするか、デバイスにオフするように指示する必要があります。デバイスがRUN状態にある間にこのコマンドを書き込むと、無視されBUSYフォルトがアサートされます。ビット7によって、PolyPhase レール・アプリケーションで、リモート差動電圧検出が可能になります。

ビット	意味	
7	EA 接続 0 - 独立したEAおよびチャネル出力 1 - PolyPhase 動作の場合、EA1がEA0入力を使用	
6	予約済み	
5	予約済み	
4	SHARE_CLKを、以下の条件でイネーブルする。このビットが1の場合、 $SV_{IN} > VIN_{ON}$ になるまでSHARE_CLKピンは解放されない。 $SV_{IN} < VIN_{OFF}$ の間、SHARE_CLKピンは“L”に引き下げられる。このビットが0の場合、 SV_{IN} の初期印加を除き、 $SV_{IN} < VIN_{OFF}$ であってもSHARE_CLKピンは“L”に引き下げられない。	
3	予約済み	
ビット [2:0]	チャネル0(度)	チャネル1(度)
000b	0	180
001b	90	270
010b	0	240
011b	0	120
100b	120	240
101b	60	240
110b	120	300

PolyPhaseアプリケーションでは、両方のV_{OUT}ピンを相互に接続し、両方のCOMP_{na}ピンを相互に接続している場合にのみ、ビット7をアサートしてください。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

FREQUENCY_SWITCH

FREQUENCY_SWITCH コマンドは、PMBus デバイスのスイッチング周波数を kHz 単位で設定します。推奨値については、表7を参照してください。

対応する周波数:

値 [15:0]	得られる周波数 (TYP)
0x0000	外部発振器
0xF3E8	250kHz
0xFABC	350kHz
0xFB52	425kHz
0xFBE8	500kHz
0x023F	575kHz
0x028A	650kHz
0x02EE	750kHz
0x03E8	1000kHz

このコマンドを処理するには、デバイスがOFFステートになればなりません。RUNピンを“L”にするか、デバイスにオフするように指示する必要があります。デバイスがRUNステートにある間にこのコマンドを書き込むと、無視されBUSYフォルトがアサートされます。デバイスにオフを指示し、周波数を変更すると、PLLが新しい周波数にロックする際にPLL_UNLOCKステータスが検出される場合があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

電圧

入力電圧 (SV_{IN}) と制限値

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源 (SV _{IN}) の過電圧フォルト・リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	20.0 0xDA80
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源 (SV _{IN}) の低電圧警告リミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	5.297 0xCAA6
VIN_ON	0x35	デバイスが電力変換を開始する入力電圧 (SV _{IN}) 。	R/W Word	N	L11	V	Y	5.500 0xCAC0
VIN_OFF	0x36	デバイスが電力変換を停止する入力電圧 (SV _{IN}) 。	R/W Word	N	L11	V	Y	5.250 0xCAA0

VIN_OV_FAULT_LIMIT

VIN_OV_FAULT_LIMIT コマンドは、入力過電圧フォルトを発生する (SV_{IN}) 入力電圧の測定値を V 単位で設定します。フォルトは A/D コンバータによって検出されるため、標準で最大 100ms のレイテンシが生じます。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

VIN_UV_WARN_LIMIT

VIN_UV_WARN_LIMIT コマンドは、SV_{IN} 入力低電圧警告を発生する SV_{IN} 入力電圧の値を設定します。警告は A/D コンバータによって検出されるため、標準で最大 100ms のレイテンシが生じます。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

VIN_ON

VIN_ON コマンドは、デバイスが電力変換を開始する SV_{IN} 入力電圧を V 単位で設定します。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

VIN_OFF

VIN_OFF コマンドは、デバイスが電力変換を停止する SV_{IN} 入力電圧を V 単位で設定します。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

出力電圧と制限値

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
VOUT_MODE	0x20	出力電圧の形式および指数 (2^{-12})。	R Byte	Y	Reg			2^{-12} 0x14
VOUT_MAX	0x24	指示した出力電圧に対する VOUT_MARGIN_HIGH を含む上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	5.6 0x599A
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	1.1 0x119A
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力の過電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x1133
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイの出力電圧設定ポイント。VOUT_COMMAND よりも大きくなければならない。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x10CD
VOUT_COMMAND	0x21	公称出力電圧の設定ポイント。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ローの出力電圧設定ポイント。VOUT_COMMAND よりも小さくなければならない。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x0F33
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力の低電圧警告リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x0ECD
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x0E66
MFR_VOUT_MAX	0xA5	VOUT_OV_FAULT_LIMIT を含む最大許容出力電圧。	R Word	Y	L16	V		5.7 0x5B34

VOUT_MODE

出力電圧の指示と読み出しに使用する VOUT_MODE コマンドのデータ・バイトは、3 ビットのモード (リニア形式のみサポート) と、出力電圧の読み出し/書き込みコマンドで使用する指数を表す 5 ビットのパラメータから構成されます。

この読み出し専用コマンドは 1 バイトのデータを伴います。

VOUT_MAX

VOUT_MAX コマンドは、VOUT_MARGIN_HIGH を含む任意の電圧の上限を設定します。デバイスは、他のいかなるコマンドまたはその組み合わせにも関係なく、この設定を指示できます。このコマンドの最大許容値は、5.7V です。LTM4677 が生成できる最大出力電圧は、VOUT_MARGIN_HIGH を含めて 5.5V です。ただし、VOUT_OV_FAULT_LIMIT は、最大 5.7V まで指示できます。

このコマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

VOUT_OV_FAULT_LIMIT

VOUT_OV_FAULT_LIMIT コマンドは、出力過電圧フォルトを発生する、検出ピンにおける出力電圧の測定値を V 単位で設定します。

スイッチャがアクティブである間に VOUT_OV_FAULT_LIMIT を変更した場合、新しい値が確実に設定されるように、コマンドの変更後 10ms 待機してください。デバイスは計算によるビジー状態を表示します。MFR_COMMON のビット 5 と 6 をモニタしてください。デバイスがビジーの場合、いずれかのビットが“L”になります。上記の待機時間を守らずに、VOUT_COMMAND を変更前の過電圧リミットよりも高い電圧に変更すると、一時的に OV 状態が検出され、好ましくない動作をもたらしたり、スイッチャに損傷を与える恐れがあります。

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE が OV_PULLDOWN に設定されている場合、VOUT_OV_FAULT が伝播されても、 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンはアサートされません。LTM4677 は、過電圧状態が検出されると、すぐに TG を“L”に引き下げ、BG ビットをアサートします。

このコマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

VOUT_OV_WARN_LIMIT

VOUT_OV_WARN_LIMIT コマンドは、出力過電圧警告を発生する、検出ピンにおける出力電圧の測定値を V 単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_VOUT の値を使用します。

VOUT_OV_WARN_LIMIT の超過に対して、デバイスは次のように応答します。

- ・ STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の VOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_VOUT コマンドの VOUT 過電圧警告ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態は ADC によって検出されるため、標準で最大 100ms の応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

VOUT_MARGIN_HIGH

VOUT_MARGIN_HIGH コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン・ハイ」に設定された場合の、変更後の出力電圧を V 単位でデバイスに読み込みます。この値は VOUT_COMMAND より大きくなければなりません。VOUT_MARGIN_HIGH に対する最大保証値は、5.5V です。

このコマンドは、TON_RISE と TOFF_FALL の出力シーケンス実行中は処理されません。出力がアクティブな定常状態にある間に、このコマンドを変更すると、VOUT_TRANSITION_RATE が適用されます。

このコマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

VOUT_COMMAND

VOUT_COMMAND は 2 バイトから構成され、出力電圧を V 単位で設定するために使用します。VOUT に対する最大保証値は、5.5V です。

このコマンドは、TON_RISE と TOFF_FALL の出力シーケンス実行中は処理されません。出力がアクティブな定常状態にある間に、このコマンドを変更すると、VOUT_TRANSITION_RATE が適用されます。

このコマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

VOUT_MARGIN_LOW

VOUT_MARGIN_LOW コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン・ロー」に設定された場合の、変更後の出力電圧をV単位でデバイスに読み込みます。この値はVOUT_COMMANDより小さくしなければなりません。

このコマンドは、TON_RISEとTOFF_FALLの出力シーケンス実行中は処理されません。出力がアクティブな定常状態にある間に、このコマンドを変更すると、VOUT_TRANSITION_RATEが適用されます。

このコマンドは、Linear_16u形式の2バイトのデータを伴います。

VOUT_UV_WARN_LIMIT

VOUT_UV_WARN_LIMIT コマンドは、出力低電圧警告を発生する、検出ピンにおける出力電圧の測定値をV単位で読み出します。

VOUT_UV_WARN_LIMITの超過に対して、デバイスは次のように応答します。

- ・ STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の VOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_VOUT コマンドの VOUT 低電圧警告ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態はADCによって検出されるため、標準で最大100msの応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_16u形式の2バイトのデータを伴います。

VOUT_UV_FAULT_LIMIT

VOUT_UV_FAULT_LIMIT コマンドは、出力低電圧フォルトを発生する、検出ピンにおける出力電圧の測定値をV単位で読み出します。

このコマンドは、Linear_16u形式の2バイトのデータを伴います。

MFR_VOUT_MAX

MFR_VOUT_MAX コマンドは、VOUT_OV_FAULT_LIMITを含むチャンネルごとの最大出力電圧(V単位)です。出力電圧を高電圧レンジに設定した場合(MFR_PWM_MODEのビット1を0に設定)、チャンネル0とチャンネル1のMFR_VOUT_MAXは5.7Vです。出力電圧を低電圧レンジに設定した場合(MFR_PWM_MODEのビット1を1に設定)、両方のチャンネルのMFR_VOUT_MAXが2.75Vです。これより大きな値をVOUT_COMMANDの値に入力すると、CMLフォルトが発生し、出力電圧の設定は最大レベルにクランプされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_16u形式の2バイトのデータを伴います。

電流

入力電流の較正

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_IIN_OFFSET	0xE9	デバイスのIQを考慮するために入力電流への追加に使用される係数。	R/W Word	Y	L11	A	Y	0.0305 0x8BE7

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_IIN_OFFSET

MFR_IIN_OFFSET コマンドを使用して、各チャンネルの静止電流を表す入力電流を設定できます。低出力電流において正確な結果を得るには、デバイスを連続導通モードで動作させる必要があります。(MFR_PWM_MODE[0]=1_b)。推奨値については、表8を参照してください。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

出力電流の較正

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
IOUT_CAL_GAIN	0x38	検出電流に対する電流検出ピンの電圧の比。	R/W Word	Y	L11	mΩ	出荷時のみNVM	トリミング済み、標準3.28mΩ
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF		Y	3860 0x0F14

IOUT_CAL_GAIN

IOUT_CAL_GAIN コマンドは、名目上、電流検出素子の抵抗値をmΩ単位で設定します。(MFR_IOUT_CAL_GAIN_TCも参照してください。)このレジスタに書き込むと、NACKとなり、出力電流の読み出し遠隔測定値に影響を与えません。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC

MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC コマンドによって、ユーザーはIOUT_CAL_GAINのインダクタDCRの温度係数を、ppm/°C単位でプログラムできます。

このコマンドは、16ビットの2の補数の整数形式で表される2バイトのデータ(ppm)を伴います。 $N = -32768 \sim 32767 \cdot 10^{-6}$ 。公称温度は27°Cであることから、IOUT_CAL_GAINには次の係数が掛けられます。

$[1.0 + \text{MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERATURE_1} - 27)]$ DCR 検出における標準値は3900です。

IOUT_CAL_GAINとMFR_IOUT_CAL_GAIN_TCは、次を含む全ての電流パラメータに影響を与えます: READ_IOUT、READ_IIN、IOUT_OC_FAULT_LIMIT、およびIOUT_OC_WARN_LIMIT。このレジスタへの書き込みは推奨しません。出荷時に書き込まれたデフォルト値を使用してください。

入力電流

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	入力の過電流警告リミット。	R/W Word	N	L11	A	Y	16 0xDA00

IIN_OC_WARN_LIMIT

IIN_OC_WARN_LIMIT コマンドは、入力過電流警告を発生する入力電流の値をA単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_IINの値を使用します。

IIN_OC_WARN_LIMITの超過に対して、デバイスは次のように応答します。

- STATUS_BYTEのOTHERビットをセットする。
- STATUS_WORD上位バイトのINPUTビットをセットする。

付録C:PMBus コマンドの詳細

- ・ STATUS_INPUT コマンドの IIN 過電流警告ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態は ADC によって検出されるため、標準で最大 100ms の応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

出力電流

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力の過電流フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	25 0xDB20
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力の過電流警告リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	22 0xDAC0

IOUT_OC_FAULT_LIMIT

IOUT_OC_FAULT_LIMIT コマンドは、ピーク出力電流リミットを A 単位で設定します。コントローラに電流制限が適用されている場合、過電流検出回路が過電流フォルト状態を表示します。過電流フォルト・リミットのプログラム値は、下表のディスクリートな値のいずれか最も近いものに丸められます。

25mV/IOUT_CAL_GAIN	低電流レンジ(1.5x公称ループ利得) MFR_PWM_MODE [7]=0
28.6mV/IOUT_CAL_GAIN	
32.1mV/IOUT_CAL_GAIN	
35.7mV/IOUT_CAL_GAIN	
39.3mV/IOUT_CAL_GAIN	
42.9mV/IOUT_CAL_GAIN	
46.4mV/IOUT_CAL_GAIN	
50mV/IOUT_CAL_GAIN	高電流レンジ(公称ループ利得) MFR_PWM_MODE [7]=1
37.5mV/IOUT_CAL_GAIN	
42.9mV/IOUT_CAL_GAIN	
48.2mV/IOUT_CAL_GAIN	
53.6mV/IOUT_CAL_GAIN	
58.9mV/IOUT_CAL_GAIN	
64.3mV/IOUT_CAL_GAIN	
69.6mV/IOUT_CAL_GAIN	
75mV/IOUT_CAL_GAIN	

Note: これは電流波形のピークです。READ_IOUT コマンドは、平均電流を返します。ピーク出力電流リミットは、次式を使い、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC の値に基づいて温度補正されます。

$$\text{IOUT_OC_FAULT_LIMIT} = \text{IOUT_CAL_GAIN} \cdot (1 + \text{MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERATURE_1} - 27.0))$$

LTpowerPlay の GUI は、自動的に電圧を電流に変換します。

IOUT のレンジは、MFR_PWM_MODE コマンドのビット 7 によって設定されます。

TON_RISE と TOFF_FALL の期間は、IOUT_OC_FAULT_LIMIT を無視します。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBusコマンドの詳細

IOUT_OC_WARN_LIMIT

このコマンドは、出力過電流警告を発生する出力電流の値をA単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_IOUTの値を使用します。

IOUT_OC_WARN_LIMITの超過に対して、デバイスは次のように応答します。

- STATUS_BYTEのNONE_OF_THE_ABOVEビットをセットする。
- STATUS_WORDのIOUTビットをセットする。
- STATUS_IOUTコマンドのIOUT過電流警告ビットをセットする。
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態はADCによって検出されるため、標準で最大100msの応答時間を要する場合があります。

TON_RISEとTOFF_FALLの期間は、IOUT_OC_FAULT_LIMITを無視します。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

温度

電力段のDCRの温度較正

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	電力段の温度センサの勾配を設定する。	R/W Word	Y	CF		Y	0.995 0x3FAE
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	電力段の温度センサの-273.1°Cを基準としたオフセットを設定する。	R/W Word	Y	L11	C	Y	0 0x8000

MFR_TEMP_1_GAIN

MFR_TEMP_1_GAINコマンドは、素子の非理想性およびインダクタ温度を遠隔測定していることで生じる誤差を考慮して、電力段の温度センサの勾配を補正します。

このコマンドは、16ビットの2の補数の整数形式で表される2バイトのデータを伴います。N = 8192～32767。実効的な補正値は $N \cdot 2^{-14}$ です。公称値は1です。

MFR_TEMP_1_OFFSET

MFR_TEMP_1_OFFSETコマンドは、素子の非理想性およびインダクタ温度を遠隔測定していることで生じる誤差を考慮して、電力段の温度センサのオフセットを補正します。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。デバイスは、値-273.15から計算を開始するため、デフォルトの補正値は0です。

付録C:PMBus コマンドの詳細

電力段の温度リミット

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	電力段の過熱フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	128 0xF200
OT_WARN_LIMIT	0x51	電力段の過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	125 0xE8E8
UT_FAULT_LIMIT	0x53	電力段の低温フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	-45 0xE530

OT_FAULT_LIMIT

OT_FAULT_LIMIT コマンドは、過熱フォルトを発生する電力段温度の値を°C単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_TEMPERATURE_1の値を使用します。

この状態はADCによって検出されるため、標準で最大100msの応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

OT_WARN_LIMIT

OT_WARN_LIMIT コマンドは、過熱警告を発生する電力段温度の値を°C単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_TEMPERATURE_1の値を使用します。

OT_WARN_LIMITの超過に対して、デバイスは次のように応答します。

- ・ STATUS_BYTEのTEMPERATUREビットをセットする。
- ・ STATUS_TEMPERATURE コマンドの過熱警告ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、ALERTピンをアサートしてホストに通知する。

この状態はADCによって検出されるため、標準で最大100msの応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

UT_FAULT_LIMIT

UT_FAULT_LIMIT コマンドは、低温フォルトを発生する電力段温度の値を°C単位で設定します。このリミットを超えたか否かの判断には、READ_TEMPERATURE_1の値を使用します。

この状態はADCによって検出されるため、標準で最大100msの応答時間を要する場合があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

タイミング

タイミング - オン・シーケンス/ランプ

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
TON_DELAY	0x60	RUNおよびOPERATION(または、そのいずれか)によるオンから、出力レールのターンオンまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TON_RISE	0x61	出力の立ち上がり開始から、出力電圧がV _{OUT} コマンドで指定された値に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	TON_RISEの開始から、V _{OUT} がV _{OUT_UV_FAULT_LIMIT} をよぎるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	V _{OUT} に新しい値を指定したときに出力が変化する速度。	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.001 0x8042

TON_DELAY

TON_DELAY コマンドは、スタート条件を受信してから、出力電圧が立ち上がりはじめるまでの時間をms単位で設定します。有効な値の範囲は、0ms～83秒です。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

TON_RISE

TON_RISE コマンドは、出力が立ち上がりはじめてから、レギュレーション範囲に入るまでの時間をms単位で設定します。有効な値の範囲は、0～1.3秒です。TON_RISE イベントの間、デバイスは不連続モードで動作します。TON_RISEが0.25msより短い場合、LTM4677のデジタル・スロープ制御はバイパスされます。出力電圧の遷移はPWMスイッチャのアナログ性能で決まります。許容される勾配の最大値は4V/msです。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

TON_MAX_FAULT_LIMIT

TON_MAX_FAULT_LIMIT コマンドは、出力電圧が低電圧フォルト・リミットに到達しないときに、デバイスがどれだけの時間パワーアップを試みるかをms単位で設定します。

データ値の0msは制限なしを意味します。つまり、デバイスは出力電圧の立ち上げを無期限で試みます。リミットの最大値は83秒です。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

VOUT_TRANSITION_RATE

PMBus デバイスが、出力電圧を変化させる VOUT_COMMAND または OPERATION (マージン・ハイ、マージン・ロー) のいずれかを受信したときに、出力電圧が変化する速度をV/ms単位で設定します。ここで指定した変化率は、デバイスにオン/オフするように指示した場合には適用されません。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

タイミング - オフ・シーケンス/ランプ

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
TOFF_DELAY	0x64	RUNおよびOPERATION(またはそのいずれか)によるオフからTOFF_FALLランプの開始までの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TOFF_FALL	0x65	出力の立ち下がり開始から、出力が0Vに達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	3.0 0xC300
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	TOFF_FALLが完了してから、デバイスが12.5%未満に減衰するまでの最大許容時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000

TOFF_DELAY

TOFF_DELAY コマンドは、ストップ条件を受信してから、出力電圧が立ち下がり始めるまでの時間を ms 単位で設定します。有効な値の範囲は、0～83 秒です。

このコマンドは、フォルト・イベントから除外されています。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の2バイトのデータを伴います。

TOFF_FALL

TOFF_FALL コマンドは、ターンオフ遅延時間の終了時点から、出力電圧のゼロが指示されるまでの時間を ms 単位で設定します。これは、V_{OUT}DAC のランプ時間です。V_{OUT}DAC が0になると、デバイスはトライステート状態に移行します。

デバイスは、プログラムされた動作モードを維持します。定義された TOFF_FALL の期間は、デバイスを連続導通モードに設定してください。最大値を読み込むと、デバイスは可能な限り最大の時間をかけてランプ・ダウンします。サポートされる最短の立ち下がり時間は0.25msです。0.25msよりも小さな値を設定した場合は、0.25msでランプ・ダウンします。立ち下がり時間の最大値は1.3秒です。許容される勾配の最大値は4V/msです。

不連続導通モードの場合、コントローラは負荷からの電流を流さないため、立ち下がり時間は出力容量と負荷電流によって決まります。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の2バイトのデータを伴います。

TOFF_MAX_WARN_LIMIT

TOFF_MAX_WARN_LIMIT コマンドは、デバイスがどれだけの時間出力のターンオフを試みた後に警告をアサートするかを ms 単位で設定します。V_{OUT} 電圧が、プログラムされた V_{OUT} COMMAND の値の 12.5% を下回った時点、出力のターンオフ完了と見なします。計算は、TOFF_FALL の完了後に開始されます。V_{OUT} DECAY がディスエーブルされている状態では、TOFF_MAX_WARN はイネーブルされません。

データ値の0msは制限なしを意味します。つまり、デバイスは出力電圧のターンオフを無期限で試みます。有効な値は、0を除いた120ms～524秒です。

このコマンドは、Linear_5s_11s 形式の2バイトのデータを伴います。

再起動の前提条件

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	RUN の実際のアクティブ・エッジから RUN の仮定のアクティブ・エッジまでの遅延。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	150 0xF258

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_RESTART_DELAY

このコマンドは、RUNのオフ時間の最小値をms単位で指定します。デバイスは、RUNの立ち下がりエッジを検出すると、このコマンドで設定した時間だけRUNピンを“L”に保持します。設定の推奨最小値は136msです。

Note：再起動遅延は、リトライ遅延とは異なります。再起動遅延では、指定された時間だけRUNを“L”に保持した後、標準の起動シーケンスを開始します。最小の再起動遅延は、TOFF_DELAY + TOFF_FALL + 136msに等しくなります。有効な設定は、136ms～65.52秒の範囲の16ms刻みの値です。最小オフ時間を確保するために、MFR_RESTART_DELAYには目標値より16ms長い時間を設定してください。MFR_CHAN_CONFIGの出力減衰ビット1がイネーブルに設定されていて、出力がプログラムされた値の12.5%未満まで減衰するのに長時間を要した場合は、RUNピンが“H”に引き上げられた後の出力レールのオフ期間がMFR_RESTART_DELAYの設定値よりも長くなる可能性があります。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

フォルト応答

フォルト応答 - 全フォルト

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	フォルト・リトライ・モードのリトライ間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250 0xF3E8

MFR_RETRY_DELAY

このコマンドは、フォルト応答が、指定した間隔でコントローラにリトライ動作させる設定の場合に、その再起動間隔をms単位で設定します。このコマンドの値は、リトライを必要とする全てのフォルト応答に適用されます。リトライ時間は、障害のあるチャンネルでフォルトが検出された時点を起点とします。有効な設定は、120ms～83.88秒の範囲の10μs刻みの値です。

Note：リトライの遅延時間は、MFR_RETRY_DELAY コマンドまたは安定化出力がプログラム値の12.5%未満に減衰するまでの時間の、いずれか長い方で決まります。出力が自然に減衰するまでの時間が長すぎる場合、MFR_CHAN_CONFIGのビット0をアサートすることでMFR_RETRY_DELAY コマンドの電圧要件を解除できます。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

フォルト応答 - 入力電圧(SVIN)

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	SVIN入力電源の過電圧フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VIN_OV_FAULT_RESPONSE

VIN_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、(SVIN) 入力の過電圧フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表27に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- STATUS_BYTEのNONE_OF_THE_ABOVEビットをセットする。
- STATUS_WORD 上位バイトのINPUTビットをセットする。

付録C:PMBus コマンドの詳細

- ・ STATUS_INPUT コマンドの SV_{IN} 過電圧フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

フォルト応答 - 出力電圧

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力の過電圧フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力の低電圧フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力の過電圧フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表 23 に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の VOUT_OV ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の VOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_VOUT コマンドの VOUT 過電圧フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

このコマンドは、以下に示す値のみを認識します。

0x80 - デバイスはシャットダウンし(出力をデイスエーブル)、リトライは試みません。出力は、フォルトがクリアされるまでデイスエーブルされたままになります(PMBus, Part II, Section 10.7)。

0xB8 - デバイスはシャットダウンし(出力をデイスエーブル)、オフを指示されるか(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、または両方による)、バイアス電源が遮断されるか、他のフォルト条件によってシャットダウンされるまで、リトライを継続して無期限に試みます。

0x4n - デバイスはシャットダウンし、リトライは試みません。デバイスが、オフに続いてオンするように指示されるか、RUN ピンが "L" にアサートされた後に "H" にアサートされるか、あるいは MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL コマンドの発行、SV_{IN} の遮断のいずれかが発生するまで、出力はデイスエーブルされたままになります。OV フォルトは $n \cdot 10\mu\text{s}$ の期間、アクティブを保つ必要があります。ここで、n は 0~7 の値です。

0x78 + n - デバイスはシャットダウンし、フォルト条件がクリアされるか、デバイスがオフに続いてオンするように指示されるか、RUN ピンが "L" にアサートされた後に "H" にアサートされるか、あるいは MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL コマンドの発行、SV_{IN} の遮断のいずれかが発生するまで、リトライを継続して試みます。OV フォルトは $n \cdot 10\mu\text{s}$ の期間、アクティブを保つ必要があります。ここで、n は 0~7 の値です。

その他の値は、いずれも CML フォルトを発生し、書き込みは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

表 23. VOUT_OV_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTM4677 は以下のように動作します。 ・ステータス・コマンドの該当するフォルト・ビットをセットする。 ・マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。 フォルト・ビットはいったんセットされると、以下のイベントのうち1つまたは複数が発生するまでクリアされない。 ・デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受信した場合。 ・RUN n ピン、OPERATION コマンド、RUN n ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。 ・LTM4677 へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。	00	デバイスは OV プルダウンのみを実行する (すなわち、 $V_{OUT} > V_{OUT_OV_FAULT}$ の間、上側 MOSFET をオフ、下側 MOSFET をオンする)
		01	PMBus デバイスはビット [2:0] に指定された遅延時間の数値と、特定のフォルトに対して規定された遅延時間の単位で表される期間だけ動作を継続する。この遅延時間の経過後もフォルト条件が解消されていない場合、デバイスはリトライ設定 (ビット [5:3]) にプログラムされた方法で応答する。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。
		11	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
5:3	リトライ設定	000-110	デバイスは再起動を試みない。フォルトがクリアされるか、デバイスがオフするように指示されるか、バイアス電源が遮断されるまで、出力はディスエーブルされたままになる。
		111	PMBus デバイスはオフを指示されるか (RUN n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方による)、バイアス電源が遮断されるか、他のフォルト条件によってリトライなしでシャットダウンされるまで、再起動を継続して無期限に試みる。注記: リトライ・インターバルは MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定される。
2:0	遅延時間	XXX	10 μ s 刻みの遅延時間。この遅延時間は、フォルトの検出後、コントローラが動作を継続する時間を決定する。デグリッチされたオフ・ステートに対してのみ有効。

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力の低電圧フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表 24 に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_WORD の VOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_VOUT コマンドの VOUT 低電圧フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。

次の基準が満たされるまで、UV フォルトおよび警告はマスクされます。

- 1) TON_MAX_FAULT_LIMIT に達する。
- 2) TON_DELAY シーケンスが完了する。
- 3) TON_RISE シーケンスが完了する。
- 4) VOUT_UV_FAULT_LIMIT しきい値に達する。
- 5) IOUT_OC_FAULT_LIMIT が存在しない。

チャンネルがアクティブでない場合は、常に UV フォルトおよび警告がマスクされます。

UV フォルトおよび警告は、TON_RISE と TOFF_FALL シーケンスの実行中もマスクされます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 24. VOUT_UV_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTM4677 は以下のように動作します。 ・ ステータス・コマンドの該当するフォルト・ビットをセットする。 ・ マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。 フォルト・ビットはいったんセットされると、以下のイベントのうち1つまたは複数が発生するまでクリアされない。 ・ デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受信した場合。 ・ RUN n ピン、OPERATION コマンド、RUN n ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。 ・ LTM4677 へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。	00	PMBus デバイスは中断せずに動作を続ける。(フォルト機能を無視)
		01	PMBus デバイスはビット [2:0] に指定された遅延時間の数値と、特定のフォルトに対して規定された遅延時間の単位で表される期間だけ動作を継続する。この遅延時間の経過後もフォルト条件が解消されていない場合、デバイスはリトライ設定 (ビット [5:3]) にプログラムされた方法で応答する。
		10	デバイスはシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。
		11	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
5:3	リトライ設定	000-110	デバイスは再起動を試みない。フォルトがクリアされるか、デバイスがオフするように指示されるか、バイアス電源が遮断されるまで、出力はディスエーブルされたままになる。
		111	PMBus デバイスはオフを指示されるか (RUN n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方による)、バイアス電源が遮断されるか、他のフォルト条件によってリトライなしでシャットダウンされるまで、再起動を継続して無期限に試みる。注記: リトライ・インターバルは MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定される。
2:0	遅延時間	XXX	10 μ s 刻みの遅延時間。この遅延時間は、フォルトの検出後、コントローラが動作を継続する時間を決定する。デグリッチされたオフ・ステートに対してのみ有効。

TON_MAX_FAULT_RESPONSE

TON_MAX_FAULT_RESPONSE コマンドは、TON_MAX フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表 27 に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の VOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_VOUT コマンドの TON_MAX_FAULT ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。
- ・ 値 0 を設定すると、TON_MAX_FAULT_RESPONSE がディスエーブルされます。0 を設定することは推奨できません。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

フォルト応答 - 出力電流

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力の過電流フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力の過電流フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表25に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の IOUT_OC ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の IOUT ビットをセットする。
- ・ STATUS_IOUT コマンドの IOUT 過電流フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

表25. IOUT_OC_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTM4677 は以下のように動作します。 <ul style="list-style-type: none"> ・ ステータス・コマンドの該当するフォルト・ビットをセットする。 ・ マスクされていない限り、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。 フォルト・ビットはいったんセットされると、以下のイベントのうち1つまたは複数が発生するまでクリアされない。 <ul style="list-style-type: none"> ・ デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受信した場合。 ・ RUNn ピン、OPERATION コマンド、RUNn ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。 ・ LTM4677 へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。 	00	LTM4677 は、出力電圧の変動は無視して、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値の出力電流を保ちつつ、無期限に動作を継続する(定電流リミット動作またはブリックウォール・リミット動作とも呼ばれる)。
		01	サポートされていない。
		10	LTM4677 は、出力電圧の変動は無視して、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値の出力電流を保ちつつ、ビット [2:0] で設定された遅延時間だけ動作を継続する。この遅延時間の経過後もデバイスが電流制限値で動作している場合、リトライ設定 (ビット [5:3]) にプログラムされた方法で応答する。
		11	LTM4677 は直ちにシャットダウンし、ビット [5:3] のリトライ設定にプログラムされた方法で応答する。
5:3	リトライ設定	000-110	デバイスは再起動を試みない。RUN n ピンをサイクルさせるか、バイアス電源を遮断することでフォルトをクリアするまで、出力はディスエーブルされたままになる。
		111	デバイスはオフを指示されるか (RUN n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方による)、バイアス電源が遮断されるか、他のフォルト条件によってシャットダウンされるまで、再起動を継続して無期限に試みる。注記:リトライ・インターバルは MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定される。
2:0	遅延時間	XXX	16ms 単位の数で表した遅延時間。この遅延時間は、フォルトが検出されてからシャットダウンされるまでデバイスが動作を継続する時間を決定する。デグリッチされたオフ・ステートに対してのみ有効。

付録C:PMBusコマンドの詳細

フォルト応答 - IC 温度

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	内部過熱フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R Byte	N	Reg			0xC0

MFR_OT_FAULT_RESPONSE

MFR_OT_FAULT_RESPONSE コマンド・バイトは、内部過熱フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表 26 に示した形式です。

LTM4677 は、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_WORD の MFR ビットをセットする。
- ・ STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドの過熱フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

表 26. MFR_OT_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTM4677 は以下のように動作します。 ・ ステータス・コマンドの該当するフォルト・ビットをセットする。 ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。 フォルト・ビットはいったんセットされると、以下のイベントのうち 1 つまたは複数が発生するまでクリアされない。 ・ デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受信した場合。 ・ RUN n ピン、OPERATION コマンド、RUN n ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。 ・ LTM4677 へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。	00	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
		01	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。
		11	フォルトが解消されない限り、デバイスの出力はディスエーブルされたままになる。フォルト条件が解消されると、動作が再開し、出力がイネーブルされる。
5:3	リトライ設定	000	デバイスは再起動を試みない。フォルトがクリアされるまで出力はディスエーブルされたままになる。
		001-111	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていない。値は無視される。

フォルト応答 - 電力段の温度

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	電力段の過熱フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	電力段の低温フォルトが検出されたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

付録C:PMBus コマンドの詳細

OT_FAULT_RESPONSE

OT_FAULT_RESPONSEコマンドは、電力段の過熱フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表27に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の TEMPERATURE ビットをセットする。
- ・ STATUS_TEMPERATURE コマンドの過熱フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態は ADC によって検出されるため、標準で最大 100ms の応答時間を要する場合があります。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

UT_FAULT_RESPONSE

UT_FAULT_RESPONSEコマンドは、電力段の低温フォルトに対する応答としてデバイスが取るべきアクションを指示します。データ・バイトは表27に示した形式です。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の TEMPERATURE ビットをセットする。
- ・ STATUS_TEMPERATURE コマンドの低温フォルト・ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態は ADC によって検出されるため、標準で最大 100ms の応答時間を要する場合があります。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

表 27. データ・バイトの内容:TON_MAX_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_RESPONSE、OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTM4677 は以下のように動作します。 ・ ステータス・コマンドの該当するフォルト・ビットをセットする。 ・ マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートしてホストに通知する。 フォルト・ビットはいったんセットされると、以下のイベントのうち 1 つまたは複数が発生するまでクリアされない。 ・ デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受信した場合。 ・ RUN n ピン、OPERATION コマンド、RUN n ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。 ・ LTM4677 へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。	00	PMBus デバイスは中断せずに動作を続ける。
		01	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
		10	デバイスは直ちにシャットダウンし (出力をディスエーブル)、ビット [5:3] のリトライ設定に従って応答する。
		11	サポートされていない。この値を書き込むと CML フォルトが発生する。
5:3	リトライ設定	000-110	デバイスは再起動を試みない。フォルトがクリアされるか、デバイスがオフするように指示されるか、バイアス電源が遮断されるまで、出力はディスエーブルされたままになる。
		111	PMBus デバイスはオフを指示されるか (RUN n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方による)、バイアス電源が遮断されるか、他のフォルト条件によってリトライなしでシャットダウンされるまで、再起動を継続して無期限に試みる。注記: リトライ・インターバルは MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定される。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていない。値は無視される。

付録C:PMBus コマンドの詳細

フォルト共有

フォルト共有 - 伝播

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_GPIO_PROPAGATE _n	0xD2	GPIOピンに伝播するフォルトを決定する設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6893

MFR_GPIO_PROPAGATE

MFR_GPIO_PROPAGATE コマンドは、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを“L”にアサートするフォルトをイネーブルします。コマンドは表28に示した形式です。応答するようにプログラムされたフォルトだけが $\overline{\text{GPIO}}$ に伝播されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

表28. GPIO_n伝播フォルトの設定。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ および $\overline{\text{GPIO}}_1$ ピンは、選択されたイベントをユーザーに電氣的に通知できるように設計されています。これらのイベントの一部は、両方の出力チャンネルに共通しています。その他のイベントは、1つの出力チャンネルに固有です。これらのイベントは、チャンネル間でのフォルトの共有にも使用できます。

ビット	シンボル	動作
B[15]	VOUT disabled while not decayed.	このビットはMFR_CHAN_CONFIGのビット0が0の場合のPolyPhase構成で使われる。RUNピンのトグルまたはデバイスをオフする指示によってチャンネルをオフした後、出力が減衰する前にRUNを再度アサートするか、デバイスに再びオンするように指示したとしても、12.5%の減衰要件が満たされるまでVOUTを再起動しない。ビット15がアサートされている場合、この状態の間はGPIOピンがアサートされる。
B[14]	Mfr_gpio_propagate_short_CMD_cycle	0:アクションなし。 1:デバイスがオフするように指示され、出力のオフ・シーケンスが完了する前に再度オンを指示された場合に“L”にアサートされる。オフ・シーケンスの120ms後に、再度“H”にアサートされる。
b[13]	Mfr_gpio_propagate_ton_max_fault	0:TON_MAX_FAULTフォルトがアサートされてもアクションなし。 1:TON_MAX_FAULTフォルトがアサートされた場合、関連する出力が“L”にアサートされる。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ は、ページ0のTON_MAX_FAULTフォルトに関連付けられる。 $\overline{\text{GPIO}}_1$ は、ページ1のTON_MAX_FAULTフォルトに関連付けられる。
b[12]	Mfr_gpio0_propagate_vout_uvuf, Mfr_gpio1_propagate_vout_uvuf	フィルタを通していないVOUT_UV_FAULT_LIMITコンパレータの出力 $\overline{\text{GPIO}}_0$ はチャンネル0に関連付けられる $\overline{\text{GPIO}}_1$ はチャンネル1に関連付けられる
b[11]	Mfr_gpio0_propagate_int_ot, Mfr_gpio1_propagate_int_ot	0:MFR_OT_FAULT_LIMITフォルトがアサートされてもアクションなし。 1:MFR_OT_FAULT_LIMITフォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。
b[10]	Mfr_pwrzd1_en*	0:チャンネル1のPOWER_GOODが真ではない場合もアクションなし。 1:チャンネル1のPOWER_GOODが真ではない場合、関連する出力を“L”にアサートする。 このビットがアサートされた場合、GPIO_FAULT_RESPONSEを無視する必要がある。GPIO_FAULT_RESPONSEを「無視」に設定していない場合、デバイスはラッチ・オフされ、起動できなくなる。
b[9]	Mfr_pwrzd0_en*	0:チャンネル0のPOWER_GOODが真ではない場合もアクションなし。 1:チャンネル0のPOWER_GOODが真ではない場合、関連する出力を“L”にアサートする。 このビットがアサートされた場合、GPIO_FAULT_RESPONSEを無視する必要がある。GPIO_FAULT_RESPONSEを「無視」に設定していない場合、デバイスはラッチ・オフされ、起動できなくなる。
b[8]	Mfr_gpio0_propagate_ut, Mfr_gpio1_propagate_ut	0:UT_FAULT_LIMITフォルトがアサートされてもアクションなし。 1:UT_FAULT_LIMITフォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ は、ページ0のUTフォルトに関連付けられる。 $\overline{\text{GPIO}}_1$ は、ページ1のUTフォルトに関連付けられる。

付録C:PMBus コマンドの詳細

表 28. GPIO_n 伝播フォルトの設定。GPIO₀ および GPIO₁ ピンは、選択されたイベントをユーザーに電気的に通知できるように設計されています。これらのイベントの一部は、両方の出力チャンネルに共通しています。その他のイベントは、1つの出力チャンネルに固有です。これらのイベントは、チャンネル間でのフォルトの共有にも使用できます。

ビット	シンボル	動作
b[7]	Mfr_gpio0_propagate_ot、 Mfr_gpio1_propagate_ot	0: OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされてもアクションなし。 1: OT_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。 GPIO ₀ は、ページ0のOTフォルトに関連付けられる。 GPIO ₁ は、ページ1のOTフォルトに関連付けられる。
b[6]	予約済み	
b[5]	予約済み	
b[4]	Mfr_gpio0_propagate_input_ov、 Mfr_gpio1_propagate_input_ov	0: VIN_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされてもアクションなし。 1: VIN_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。
b[3]	予約済み	
b[2]	Mfr_gpio0_propagate_iout_oc、 Mfr_gpio1_propagate_iout_oc	0: IOUT_OC_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされてもアクションなし。 1: IOUT_OC_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。 GPIO ₀ は、ページ0のOCフォルトに関連付けられる。 GPIO ₁ は、ページ1のOCフォルトに関連付けられる。
b[1]	Mfr_gpio0_propagate_vout_uv、 Mfr_gpio1_propagate_vout_uv	0: VOUT_UV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされてもアクションなし。 1: VOUT_UV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。 GPIO ₀ は、ページ0のUVフォルトに関連付けられる。 GPIO ₁ は、ページ1のUVフォルトに関連付けられる。
b[0]	Mfr_gpio0_propagate_vout_ov、 Mfr_gpio1_propagate_vout_ov	0: VOUT_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされてもアクションなし。 1: VOUT_OV_FAULT_LIMIT フォルトがアサートされた場合、関連する出力を“L”にアサートする。 GPIO ₀ は、ページ0のOVフォルトに関連付けられる。 GPIO ₁ は、ページ1のOVフォルトに関連付けられる。

*PWRGD ステータスはインジケータとして設計されたものであり、電源シーケンシングには使用できない。

フォルト共有 - 応答

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
MFR_GPIO_RESPONSE	0xD5	GPIO ピンが“L”にアサートされたとき、デバイスが取るアクション。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0

MFR_GPIO_RESPONSE

このコマンドは、GPIO_n ピンが外部ソースによって“L”に引き下げられた場合のコントローラの応答を決定します。

値	意味
0xC0	GPIO_INHIBIT。LTM4677 は GPIO ピンの“L”アサートに対する応答として出力をトライステート化する。
0x00	GPIO_IGNORE。LTM4677 は中断せずに動作を継続する。

デバイスは、この設定に加えて以下の応答を示します。

- ・ STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットをセットする。
- ・ STATUS_WORD の MFR ビットをセットする。
- ・ STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドの GPIOB ビットをセットする。
- ・ マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。ALERT ピンの“L”アサートは、MFR_CHAN_CFG のビット1をセットすることでディスエーブルできる。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

4677f

付録C:PMBus コマンドの詳細

スクラッチパッド

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
USER_DATA_00	0xB0	OEMにより予約。通常、デバイスのシリアル化に使用。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_01	0xB1	メーカーにより、LTpowerPlay用に予約。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA
USER_DATA_02	0xB2	OEMにより予約。通常、デバイスのシリアル化に使用。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_03	0xB3	ユーザーが使用可能なNVMワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000
USER_DATA_04	0xB4	ユーザーが使用可能なNVMワード。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000

USER_DATA_00～USER_DATA_04

これらのコマンドは、顧客が格納用として使用する不揮発性メモリの位置を示します。顧客には、USER_DATA_nnに、いつでも任意の値を書き込むことができるオプションが提供されています。ただし、LTpowerPlay ソフトウェアおよび提携メーカーはこれらのコマンドの一部を在庫管理のために使用します。予約済みのUSER_DATA_nn コマンドの変更は、在庫管理上の不具合やこれらの製品との互換性の問題を招く恐れがあります。

これらのコマンドはレジスタ形式の2バイトのデータを伴います。

識別

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
PMBUS_REVISION	0x98	デバイスがサポートするPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.2。	R Byte	N	Reg			0x22
CAPABILITY	0x19	デバイスがサポートするPMBusオプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0
MFR_ID	0x99	LTM4677のメーカーIDをASCIIで示した値。	R String	N	ASC			LTC
MFR_MODEL	0x9A	メーカー製品番号をASCIIで示した値。	R String	N	ASC			LTM4677
MFR_SERIAL	0x9E	この特定のユニットのシリアル番号をASCIIで示した値。	R Block	N	CF			NA
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTM4677を表すメーカーコード。	R Word	N	Reg			0x47BX

PMBus_REVISION

PMBUS_REVISION コマンドは、デバイスが準拠するPMBusのリビジョンを示します。LTM4677は、PMBusバージョン1.2のPart IおよびPart IIの両方に準拠しています。

この読み出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

CAPABILITY

このコマンドにより、ホスト・システムがPMBusデバイスのいくつかの主要機能を識別する手段が提供されます。

LTM4677は、パケット・エラー・チェック、400kHzのバス・スピード、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをサポートします。

この読み出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_ID

MFR_ID コマンドは、LTM4677のメーカーIDをASCII文字で示します。

この読み出し専用コマンドはブロック形式です。

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_MODEL

MFR_MODEL コマンドは、LTM4677のメーカー製品番号をASCII文字で示します。

この読み出し専用コマンドはブロック形式です。

MFR_SERIAL

MFR_SERIAL コマンドには、LTM4677の構成を一意に識別するための、最大9バイトのカスタム形式のデータが含まれています。

この読み出し専用コマンドはブロック形式です。

MFR_SPECIAL_ID

デバイスの名称を表す、16ビットのワードです。0x47EのプレフィックスはデバイスがLTM4677であることを意味し、Xはメーカーが変更できます。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

フォルトの警告および状態

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	形式	単位	NVM	デフォルト値
CLEAR_FAULTS	0x03	セットされている全フォルト・ビットをクリア。	Send Byte	N				NA
SMBALERT_MASK	0x1B	ALERT動作をマスクする。	Block R/W	Y	Reg		Y	CMDの詳細を参照
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアする。	Send Byte	N				NA
STATUS_BYTE	0x78	ユニットのフォルト状態の1バイトの要約。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_WORD	0x79	ユニットのフォルト状態の2バイトの要約。	R/W Word	Y	Reg			NA
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧のフォルトおよび警告の状態。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_IOUT	0x7B	出力電流のフォルトおよび警告の状態。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源(SVIN)のフォルトおよび警告の状態。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1のTSNS _{na} で検出されるフォルトおよび警告の状態。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリのフォルトおよび警告の状態。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有のフォルトおよび状態の情報。	R/W Byte	Y	Reg			NA
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタル・ステータス。	R Word	N	Reg			NA
MFR_COMMON	0xEF	複数のLTCのIC/モジュールに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA

CLEAR_FAULTS

CLEAR_FAULTS コマンドは、現在までにセットされている全てのフォルト・ビットをクリアするために使われます。このコマンドは、すべてのステータス・コマンドに含まれるすべてのビットを同時にクリアします。さらに、デバイスがALERTピン信号をアサート中であった場合は、ALERTピン信号出力を否定(クリア、解放)します。ビットをクリアする時点でフォルトが依然として存在する場合、フォルト・ビットはセットされたままになり、ALERTピンの“L”アサートによってホストに通知されます。CLEAR_FAULTSの処理には、最大で10μsかかります。この時間内にフォルトが発生した場合、ステータス・レジスタが設定される前に、そのフォルトがクリアされる場合があります。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

付録C:PMBus コマンドの詳細

CLEAR_FAULTS コマンドは、フォルト状態のためにラッチ・オフしているデバイスを再起動させることはありません。フォルト状態によってシャットダウンされたデバイスが再起動するのは、以下の場合です。

- ・ RUN ピン、OPERATION コマンド、RUN ピンと OPERATION コマンドの組み合わせアクションのいずれかによって、オフを指示された後、再びオンを指示された場合。
- ・ MFR_RESET コマンドまたは RESTORE_USER_ALL コマンドが発行された場合。
- ・ IC へのバイアス電源が遮断された後、再び印加された場合。

MFR_CLEAR_PEAKS

MFR_CLEAR_PEAKS コマンドは、MFR_*_PEAK のデータ値をクリアします。MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL コマンドが、このコマンドを起動します。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

SMBALERT_MASK

SMBALERT_MASK コマンドを使用すると、単数または複数の特定のステータス・ビットが $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートしないようにすることができます。

図 52 は、 $\overline{\text{ALERT}}$ マスクを(この場合は PEC なしで)設定するときを使用されるワード書き込み形式の例を示します。マスク・バイト内のビットは、指定のステータス・レジスタ内のビットと一致します。例えば、STATUS_TEMPERATURE コマンド・コードが最初のデータ・バイトで送られ、マスク・バイトに 0x40 が含まれている場合、後続の外部過熱警告は引き続き STATUS_TEMPERATURE のビット 6 をセットしますが、 $\overline{\text{ALERT}}$ はアサートしません。サポートされている全ての他の STATUS_TEMPERATURE ビットは、セットされると引き続き $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートします。

図 53 は、サポートされている任意のステータス・レジスタの現在の状態を読み出すときに使用する「ブロック書き込み – ブロック読み出しプロセス呼び出し」プロトコルの例を示します。この場合もやはり PEC なしです。

SMBALERT_MASK は、STATUS_BYTE、STATUS_WORD、MFR_COMMON、または MFR_PADS には適用できません。適用できるステータス・レジスタの工場出荷時のデフォルトのマスキング設定を以下に示します。サポートされていないコマンド・コードを SMBALERT_MASK に設定すると、無効なデータ/サポートされていないデータに対して CML が生成されます。

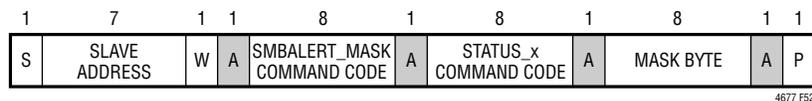


図 52. SMBALERT_MASK の設定例

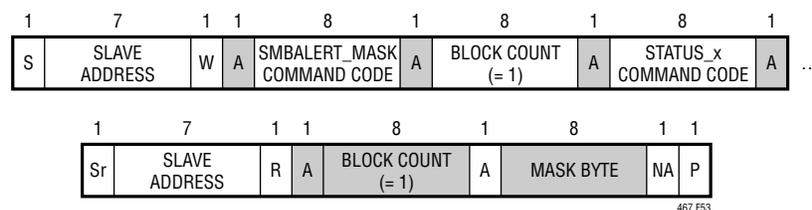


図 53. SMBALERT_MASK の読み出し例

付録C:PMBus コマンドの詳細

SMBALERT_MASK のデフォルト設定: (図 54「ステータス・レジスタ一覧」も参照してください。)

ステータス・レジスタ	ALERTのマスク値	マスクされたビット
STATUS_VOUT _n	0x00	なし
STATUS_IOUT _n	0x00	なし
STATUS_TEMPERATURE _n	0x00	なし
STATUS_CML	0x00	なし
STATUS_INPUT	0x00	なし
STATUS_MFR_SPECIFIC _n	0x11	ビット4(内部PLL非同期)、ビット0(GPI0 _n が外部デバイスによって“L”に引き下げられる)

STATUS_BYTE

STATUS_BYTE コマンドは、最も重大なフォルトの1バイトの要約を返します。

STATUS_BYTE のメッセージの内容:

ビット	ステータス・ビット名	意味
7	BUSY	LTM4677が応答できないので、フォルトが宣言された。
6	OFF	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含めて、理由に関係なく、チャンネルが出力に電力を供給していない場合に設定される。
5	VOUT_OV	出力過電圧フォルトが生じている。
4	IOUT_OC	出力過電流フォルトが生じている。
3	VIN_UV	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
2	TEMPERATURE	温度フォルトまたは警告が生じている。
1	CML	通信、メモリ、またはロジック・フォルトが生じている。
0	NONE OF THE ABOVE	ビット[7:1]に記載されていないフォルトが生じている。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

このコマンドに含まれる、サポート対象のフォルト・ビットは、いずれも $\overline{\text{ALERT}}$ イベントを起動します。

STATUS_WORD

STATUS_WORD コマンドは、チャンネルのフォルト状態の2バイトの要約を返します。STATUS_WORD コマンドの下位バイトは STATUS_BYTE コマンドと同じです。

STATUS_WORD 上位バイトのメッセージの内容:

ビット	ステータス・ビット名	意味
15	VOUT	出力電圧フォルトまたは警告が生じている。
14	IOUT	出力電流フォルトまたは警告が生じている。
13	INPUT	SV _{IN} 入力電圧フォルトまたは警告が生じている。
12	MFR_SPECIFIC	LTM4677に固有のフォルトまたは警告が生じている。
11	POWER_GOOD#	このビットが設定されている場合、POWER_GOOD 状態は正しくない。
10	FANS	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
9	OTHER	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
8	UNKNOWN	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。

このコマンドに含まれる、サポート対象のフォルト・ビットは、いずれも $\overline{\text{ALERT}}$ イベントを起動します。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

LTM4677

付録C:PMBus コマンドの詳細

STATUS_VOUT

STATUS_VOUT コマンドは、1バイトのV_{OUT}ステータス情報を返します。

STATUS_VOUTのメッセージの内容:

ビット	意味
7	V _{OUT} の過電圧フォルト。
6	V _{OUT} の過電圧警告。
5	V _{OUT} の低電圧警告。
4	V _{OUT} の低電圧フォルト。
3	VOUT_MAX 警告。
2	TON_MAX フォルト。
1	TOFF_MAX 警告。
0	LTM4677によってサポートされていない(0を返す)。

ビット [7:1] のいずれかを設定した場合は、ALERT をアサートできます。これらのビットは、CLEAR_FAULTS コマンドの代わりに、STATUS_VOUT 内でそれらのビット位置に1を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_IOUT

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

STATUS_IOUTのメッセージの内容:

ビット	意味
7	I _{OUT} の過電流フォルト。
6	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
5	I _{OUT} の過電流警告。
4:0	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。

サポートされているいずれかのビットを設定した場合は、ALERT をアサートできます。サポートされているビットは、CLEAR_FAULTS コマンドの代わりに、STATUS_IOUT 内でそのビット位置に1を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_INPUT

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

STATUS_INPUTのメッセージの内容:

ビット	意味
7	SV _{IN} の過電圧フォルト。
6	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
5	SV _{IN} の低電圧警告。
4	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
3	SV _{IN} の電圧が不十分なため、デバイスはオフ。
2	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
1	入力過電流警告。
0	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。

ビット7を設定した場合は、ALERT をアサートできます。ビット7は、CLEAR_FAULTS コマンドの代わりに、1を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

4677f

付録C:PMBus コマンドの詳細

STATUS_TEMPERATURE

STATUS_TEMPERATURE コマンドは、1バイトの検出された電力段温度のステータス情報を返します。

STATUS_TEMPERATURE のメッセージの内容:

ビット	意味
7	外部過熱フォルト。
6	外部過熱警告。
5	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。
4	外部低温フォルト。
3:0	サポートされていない(LTM4677は0を返す)。

サポートされているいずれかのビットを設定した場合は、ALERTをアサートできます。サポートされているビットは、CLEAR_FAULTS コマンドの代わりに、STATUS_TEMPERATURE 内でそのビット位置に1を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_CML

STATUS_CML コマンドは、受信したコマンド、内部メモリおよびロジックの1バイトのステータス情報を返します。

STATUS_CML のメッセージの内容:

ビット	意味
7	無効なコマンドまたはサポートされていないコマンドを受け取った。
6	無効なデータまたはサポートされていないデータを受け取った。
5	パケット・エラー検査が失敗した。
4	メモリ・フォルトが検出された。
3	プロセッサ・フォルトが検出された。
2	予約済み(LTM4677は0を返す)。
1	その他の通信フォルト。
0	その他のメモリ・フォルトまたはロジック・フォルト。

サポートされているいずれかのビットを設定した場合は、ALERTをアサートできます。サポートされているビットは、CLEAR_FAULTS コマンドの代わりに、STATUS_CML 内でそのビット位置に1を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_MFR_SPECIFIC

STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドは、メーカー固有のステータス情報を1バイトで返します。

各チャネルは同じ情報のコピーを保持します。ビット0のみがページに固有です。

このバイトの形式は次のとおりです。

ビット	意味
7	内部温度フォルト・リミットを超過した。
6	内部温度警告リミットを超過した。
5	NVM CRC フォルト。
4	PLL のロックが外れた。
3	フォルト・ログが存在する。
2	V _{DD33} のUVまたはOVフォルト
0	外部デバイスによってGPIOピンが“L”にアサートされた(ページ指定)。

付録C:PMBus コマンドの詳細

これらのビットのいずれかがセットされた場合、STATUS_WORDのMFRビットもセットされます。

ユーザーは、このコマンド内の任意のビットに1を書き込むことで、特定のフォルトをクリアできます。このビットにより、ユーザーはCLEAR_FAULTS コマンドの使用以外の手段によって、ステータスをクリアできます。例外：フォルト・ログの存在を示すビットは、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドの発行によってのみクリアできます。

このコマンドに含まれる、サポート対象のフォルト・ビットは、いずれも $\overline{\text{ALERT}}$ イベントを起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_PADS

このコマンドは、ユーザーがデバイスのI/Oピンのデジタル・ステータスを直接読み出す手段を提供します。このコマンドのビット割り当ては次のとおりです。

ビット	割り当てられるデジタル・ピン
15	V _{DD33} OVフォルト
14	V _{DD33} UVフォルト
13	予約済み
12	予約済み
11	ADCの値が無効。起動時に発生する。
10	外部クロックのため、SYNC出力がディスエーブルされている。
9	パワーグッド1
8	パワーグッド0
7	デバイスがRUN ₁ を"L"に駆動中。
6	デバイスがRUN ₀ を"L"に駆動中。
5	RUN ₁
4	RUN ₀
3	デバイスがGPIO ₁ を"L"に駆動中。
2	デバイスがGPIO ₀ を"L"に駆動中。
1	GPIO ₁
0	GPIO ₀

1は、条件が真であることを意味します。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

MFR_COMMON

MFR_COMMON コマンドには、LTCのデジタル電源および遠隔測定製品の全てに共通するビットが含まれます。

ビット	意味
7	モジュールは $\overline{\text{ALERT}}$ を"L"に駆動していない。
6	モジュールはBUSYではない。
5	計算が保留中でない。
4	出力は遷移中ではない。
3	NVMが初期化済み。
2	予約済み
1	SHARE_CLKのタイムアウト。
0	WPピンのステータス。

この読み出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

遠隔測定値

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	形式	単位	NVM	デフォルト 値
READ_VIN	0x88	入力電源 (SV _{IN}) の電圧の測定値。	R Word	N	L11	V		NA
READ_VOUT	0x8B	出力電圧の測定値。	R Word	Y	L16	V		NA
READ_IIN	0x89	入力電源電流の計算値。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_READ_IIN	0xED	チャンネルごとに計算された入力電流。	R Word	Y	L11	A		NA
READ_IOUT	0x8C	出力電流の測定値。	R Word	Y	L11	A		NA
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	電力段の温度センサ。IOUT_CAL_GAIN をはじめとする、全ての温度関連処理に使用される値。	R Word	Y	L11	C		NA
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	制御 IC のダイ温度。他のいずれのレジスタにも影響を与えない。	R Word	N	L11	C		NA
READ_DUTY_CYCLE	0x94	上側ゲート制御信号のデューティ・サイクル。	R Word	Y	L11	%		NA
READ_POUT	0x96	出力電力の計算値。	R Word	Y	L11	W		NA
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された READ_VOUT の最大値。	R Word	Y	L16	V		NA
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された READ_VIN の最大値。	R Word	N	L11	V		NA
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された電力段温度 (READ_TEMPERATURE_1) の最大値。	R Word	Y	L11	C		NA
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された制御 IC ダイ温度 (READ_TEMPERATURE_2) の最大値。	R Word	N	L11	C		NA
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降に測定された READ_IOUT の最大値を報告する。	R Word	Y	L11	A		NA
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	A/D コンバータの反復される高速読み出しのために選択する ADC 遠隔測定パラメータ。	R/W Byte	N	Reg			0x00
MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS	0xDA	ショート・ラウンド・ロビン ADC ループがイネーブルされたときに、最後に変換されたパラメータを示す ADC 遠隔測定ステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA

READ_VIN

READ_VIN コマンドは、測定された SV_{IN} 入力電圧 (V 単位) を返します。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

READ_VOUT

READ_VOUT コマンドは、VOUT_MODE コマンドによって設定されたものと同じ形式で出力電圧の測定値を返します。

この読み出し専用コマンドは、Linear_16u 形式の 2 バイトのデータを伴います。

READ_IIN

READ_IIN コマンドは、入力電流 (A 単位) を返します。注記：入力電流は、両方の出力からの READ_IOUT 電流と READ_DUTY_CYCLE 値、および MFR_IIN_OFFSET から計算されます。低電流において正確な値を得るには、デバイスを連続導通モードで動作させる必要があります。DCR 検出を使用した場合の誤差の最大の発生源は、室温の IOUT_CAL_GAIN でのインダクタの寄生 DC 抵抗 (DCR) の精度です。

$$\text{READ_IIN} = \text{MFR_READ_IIN_PAGE0} + \text{MFR_READ_IIN_PAGE1}$$

付録C:PMBus コマンドの詳細

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

MFR_READ_IIN

MFR_READ_IIN コマンドは、ページ指定されたMFR_IIN_OFFSETパラメータを適用する入力電流のページ指定読み出しです。この計算は、ページ指定値を使用することを除き、READ_IINと同じです。

$$\text{MFR_READ_IIN} = \text{MFR_IIN_OFFSET} + (\text{IOUT} \cdot \text{DUTY_CYCLE})$$

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

READ_IOUT

READ_IOUT コマンドは、平均出力電流をA単位で返します。IOUTの値は、以下の値によって決まります。

- a) ISENSEピンで測定される差動電圧。
- b) IOUT_CAL_GAINの値
- c) MFR_IOUT_CAL_GAIN_TCの値
- d) READ_TEMPERATURE_1の値
- e) MFR_TEMP_1_GAINとMFR_TEMP_1_OFFSET

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

READ_TEMPERATURE_1

READ_TEMPERATURE_1 コマンドは、外付けの検出素子で測定される温度(°C)を返します。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

READ_TEMPERATURE_2

READ_TEMPERATURE_2 コマンドは、内部検出素子で測定される温度を°C単位で返します。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

READ_DUTY_CYCLE

READ_DUTY_CYCLE コマンドは、コントローラのデューティ・サイクルを%単位で返します。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

READ_POUT

READ_POUT コマンドは、DC/DCコンバータの出力電力のページ指定読み出し値をW単位で返します。POUTは、最新の相関する出力電圧と電流読み出し値に基づいて計算されます。

このコマンドは、Linear_5s_11s形式の2バイトのデータを伴います。

MFR_VOUT_PEAK

MFR_VOUT_PEAK コマンドは、READ_VOUT測定によって報告される最大電圧をV単位で返します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドによってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_16u形式の2バイトのデータを伴います。

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_VIN_PEAK

MFR_VIN_PEAK コマンドは、READ_VIN 測定によって報告される最大電圧を V 単位で返します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドによってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK コマンドは、READ_TEMPERATURE_1 測定によって報告される最大温度を °C 単位で返します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドによってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

MFR_TEMPERATURE_2_PEAK

MFR_TEMPERATURE_2_PEAK コマンドは、READ_TEMPERATURE_2 測定によって報告される最大温度を °C 単位で返します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドによってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

MFR_IOUT_PEAK

MFR_IOUT_PEAK コマンドは、READ_IOUT 測定によって報告される最大電流を A 単位で返します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドによってクリアされます。

この読み出し専用コマンドは、Linear_5s_11s 形式の 2 バイトのデータを伴います。

MFR_ADC_CONTROL

MFR_ADC_CONTROL コマンドは、A/D コンバータの読み出し選択を決定します。このコマンドのデフォルト値 0 は標準遠隔測定ループを実行し、標準 100ms のレイテンシで全てのパラメータがラウンド・ロビン方式で更新されます。ユーザーは、0 以外の値を指示して、約 8ms の更新レートで 1 つのパラメータをモニタできます。このコマンドのレイテンシは 2 つまでの ADC 変換、つまり約 16ms かかります(電力段の温度の変換のレイテンシは 3 つまでの ADC 変換、つまり約 24ms かかることがあります)。0x0D の値を選択すると、ショート・ラウンド・ロビン・ループがイネーブルされます。この値を指示すると、ラウンド・ロビン方式で VOUT0、IOUT0、VOUT1、および IOUT1 のみを選択する短い遠隔測定ループが動作します。ラウンド・ロビンの標準レイテンシは 27ms です。1 つのパラメータについて高速な A/D コンバータの更新が必要になる特殊な場合を除き、デバイスを標準遠隔測定モードのままにすることを推奨します。限定された時間(たとえば、1 秒未満)の間目的のパラメータをモニタするようにデバイスに指示し、次に標準ラウンド・ロビン・モードに戻すようにコマンドを設定します。このコマンドを、標準ラウンド・ロビン遠隔測定値 (0) 以外の値に設定した場合、選択したパラメータ以外の遠隔測定に関連する全ての警告およびフォルトは事実上ディスエーブルされ、電圧のサーボ制御はディスエーブルされます。ラウンド・ロビンを再びアサートすると、全ての警告とフォルト、およびサーボ・モードが再びイネーブルされます。

付録C:PMBus コマンドの詳細

コマンド値	選択される遠隔測定値
0x00	標準ADCラウンド・ロビン遠隔測定値
0x01	SV _{IN}
0x02	予約済み
0x03	予約済み
0x04	内部デバイス温度
0x05	チャンネル0のVOUT
0x06	チャンネル0のIOUT
0x07	予約済み
0x08	チャンネル0の電力段の検出温度
0x09	チャンネル1のVOUT
0x0A	チャンネル1のIOUT
0x0B	予約済み
0x0C	チャンネル1の電力段またはTSNS _{1a} の検出温度
0x0D	ADCショート・ラウンド・ロビン
0x0E-0xFF	予約済み

予約済みコマンド値が入力されると、デフォルトで内部デバイス温度に設定され、CML[6]フォルトが発行されます。有効なコマンド値が入力されるまで、LTM4677によってCML[6]フォルトが継続的に発行されます。

この読み出し/書き込みコマンドは、レジスタ形式の1バイトのデータを伴います。

MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS

MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS コマンドは、コマンド 0xD8 の値 0x0D を使用して MFR_ADC_CONTROL のショート・ラウンド・ロビン・ループをイネーブルした場合に、最後の ADC 変換を決定する手段を提供します。このコマンドのビット割り当ては次のとおりです。

ビット	使用可能な遠隔測定値データ
7	予約済み、0を返す。
6	予約済み、0を返す。
5	予約済み、0を返す。
4	予約済み、0を返す。
3	チャンネル1のIOUTの読み出し (IOUT ₁)。
2	チャンネル1のVOUTの読み出し (VOUT ₁)。
1	チャンネル0のIOUTの読み出し (IOUT ₀)。
0	チャンネル0のVOUTの読み出し (VOUT ₀)。

1に設定されたデータ・ビットをMFR_ADC_TELEMETRY_STATUSに書き込むと、それぞれのビットがクリアされます。

この読み出し/書き込みコマンドは、レジスタ形式の1バイトのデータを伴います。

NVM (EEPROM) メモリ・コマンド

ストア/リストア

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	形式	単位	NVM	デフォルト 値
STORE_USER_ALL	0x15	ユーザー動作メモリをEEPROMに格納する。	Send Byte	N				NA
RESTORE_USER_ALL	0x16	ユーザー使用メモリをEEPROMからリストアする。 MFR_RESETと同じ。	Send Byte	N				NA
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	現在のコマンドの内容をNVMと比較する。	Send Byte	N				NA

付録C:PMBus コマンドの詳細

STORE_USER_ALL

STORE_USER_ALL コマンドは、PMBus デバイスに、動作メモリ内の不揮発性ユーザー・コンテンツを、不揮発性ユーザー NVM メモリ (EEPROM) の対応する位置にコピーするように指示します。

10年間のデータ保存は、STORE_USER_ALL が $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 85^{\circ}\text{C}$ で実行されたときだけ保証されます。85°C より高いまたは 0°C より低い接合部温度ではデータの保存は保証されていないので、このような条件でこのコマンドを実行することは推奨しません。ダイ温度が 130°C を超えると、STORE_USER_ALL コマンドはディスエーブルされます。IC 温度が 125°C を下回ると、コマンドは再度イネーブルされます。

LTM4677 との通信、および EEPROM のプログラミングは、VDD33 が使用可能になり、かつ SV_{IN} が印加されていない場合に開始できます。デバイスをこの状態に移行させるには、グローバル・アドレスの 0x5B を使用して 0x2B を書き込み、続いて 0xC4 を書き込みます。これによって、デバイスとの通信が可能になり、プロジェクト・ファイルが更新されます。更新されたプロジェクト・ファイルを EEPROM に書き込むには、STORE_USER_ALL コマンドを発行します。 SV_{IN} を印加したら MFR_RESET コマンドまたは RESTORE_USER_ALL コマンドを発行して、PWM をイネーブルし、ADC の有効な値を読み出せるようにする必要があります。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

RESTORE_USER_ALL

RESTORE_USER_ALL コマンドは、ユーザーが LTM4677 の MFR_RESET を実行する代替手段を提供します。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

MFR_COMPARE_USER_ALL

MFR_COMPARE_USER_ALL コマンドは、PMBus デバイスに、現在のコマンド内容を、不揮発性メモリに格納された内容と比較するように指示します。この比較動作によって相違が検出された場合、CML ビット 0 フォルトが生成されます。

MFR_COMPARE_USER_ALL コマンドは、ダイ温度が 130°C を超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が 125°C を下回るまで再度イネーブルされません。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

フォルト・ログ

コマンド名	CMD コード	説明	タイプ	ページ 指定	データ 形式	単位	NVM	デフォルト 値
MFR_FAULT_LOG	0xEE	フォルト・ログのデータ・バイト。この順次取得データを使用して完全なフォルト・ログをアセンブルする。	R Block	N	CF		Y	NA
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM へのフォルト・ログの伝送を命令する。	Send Byte	N				NA
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	フォルト・ログ用に予約された EEPROM ブロックを初期化する。	Send Byte	N				NA

MFR_FAULT_LOG

MFR_FAULT_LOG コマンドによって、ユーザーは MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドを最後に書き込んで以降、最初のフォルト発生後の FAULT_LOG の内容を読み出すことができます。このコマンドの内容は不揮発メモリに格納され、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドによってクリアされます。表 29 に、このコマンドの長さとお内容の一覧を示します。ユーザーが MFR_FAULT_LOG コマンドにアクセスしたときに、フォルト・ログが存在しなかった場合、データ長 0 が返されます。フォルト・ログが存在した場合は、常に長さ 147 バイトのデータ・ブロックが返されます。電源印加後、最初の 1 秒以内にフォルトが発生した場合、フォルト・ログの前寄りのページの一部分には有効なデータが格納されていない可能性があります。

付録C:PMBus コマンドの詳細

注記:このコマンドのおよその伝送時間は、400kHzクロックを使用した場合、3.4msです。

この読み出し専用コマンドはブロック形式です。

MFR_FAULT_LOG_STORE

MFR_FAULT_LOG_STORE コマンドは、フォルト・イベントが発生したかのように、フォルト・ログ動作が強制的にEEPROMに書き込まれるようにします。このコマンドは、MFR_CONFIG_ALL コマンドの「フォルト・ログ記録のイネーブル」ビットがセットされていると、MFR_SPECIFIC フォルトを発生します。

MFR_FAULT_LOG_STORE コマンドは、ダイ温度が 130°C を超えると、IC 温度が 125°C を下回るまでディスエーブルされます。

フォルト・ログのヘッダにはアップタイム・カウンタがあります。このカウンタは、最後のモジュール・リセット(MFR_RESET、RESTORE_USER_ALL、または SV_{IN}- power cycle)以降の 200µs 刻みの時間です。これは、48 ビット・バイナリ・カウンタです。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトがありません。

表 29. フォルト・ログ記録。この表は、MFR_FAULT_LOG コマンドのブロック・データ読み出しに使われるブロック・データの形式についてまとめたものです。

データ形式の定義				LIN 11 = PMBus = Rev 1.2, Part 2, section 7.1。
				LIN 16 = PMBus Rev 1.2, Part 2, section 8. 仮数部分のみ。
				BYTE = このコマンドの定義に従って解釈される 8 ビット
データ	ビット	データ形式	バイト番号	ブロック読み出しコマンド
ブロック長		バイト	147	MFR_FAULT_LOG コマンドの長さは 147 バイト固定である。 データ・ログ・イベントが取得されていない場合、ブロック長は 0 になる。
ヘッダ情報				
フォルト・ログの前書き	[7:0]	ASC	0	部分的なフォルト・ログまたは完全なフォルト・ログが存在する場合、バイト 0 で始まる LTxx を返します。ワード xx はデバイスごとに変えることができる工場識別子です。
	[7:0]		1	
	[15:8]	Reg	2	
	[7:0]		3	
フォルト発生源	[7:0]	Reg	4	表 30 を参照してください。
MFR_REAL_TIME	[7:0]	Reg	5	フォルト発生時の 48 ビット共有クロック・カウンタの値 (分解能 200µs)。
	[15:8]		6	
	[23:16]		7	
	[31:24]		8	
	[39:32]		9	
	[47:40]		10	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L16	11	最後の電源投入以来または CLEAR_PEAKS コマンド以来のチャンネル 0 でのピーク READ_VOUT。
	[7:0]		12	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L16	13	最後の電源投入以来または CLEAR_PEAKS コマンド以来のチャンネル 1 でのピーク READ_VOUT。
	[7:0]		14	
MFR_IOUT_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L11	15	最後の電源投入以来または CLEAR_PEAKS コマンド以来のチャンネル 0 でのピーク READ_IOUT。
	[7:0]		16	

付録C:PMBus コマンドの詳細

表 29. フォルト・ログ記録。この表は、MFR_FAULT_LOG コマンドのブロック・データ読み出しに使われるブロック・データの形式についてまとめたものです。

MFR_IOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L11	17	最後の電源投入以来または CLEAR_PEAKS コマンド以来のチャンネル1でのピーク READ_IOUT。
	[7:0]		18	
MFR_VIN_PEAK	[15:8]	L11	19	最後の電源投入以来または CLEAR_PEAKS コマンド以来のピーク READ_VIN。
	[7:0]		20	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 0)	[15:8]	L11	21	最後のイベントの間のチャンネル0の電力段。
	[7:0]		22	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1)	[15:8]	L11	23	最後のイベントの間のチャンネル1の電力段または TSNS _{1a} の検出温度1。
	[7:0]		24	
READ_TEMPERATURE2	[15:8]	L11	25	最後のイベント発生時の内部温度センサ。
	[7:0]		26	

巡回データ

EVENT n (フォルトが発生したデータ。最新データ)				イベント「n」は、フォルト発生時の MUX を介した ADC 読み出しの完全な 1 サイクルを表す。例: ADC がステップ 15 を処理しているときにフォルトが発生した場合、ステップ 25 まで読み出し値の取得を続けた後、ヘッダと 6 つのイベント・ページの全てを EEPROM に格納する。
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	27	
	[7:0]	LIN 16	28	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	29	
	[7:0]	LIN 16	30	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	31	
	[7:0]	LIN 11	32	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	33	
	[7:0]	LIN 11	34	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	35	
	[7:0]	LIN 11	36	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	37	
	[7:0]	LIN 11	38	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		バイト	39	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		バイト	40	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	41	
	[7:0]	WORD	42	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	43	
	[7:0]	WORD	44	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		バイト	45	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		バイト	46	
EVENT n-1 (フォルトの検出前に測定されたデータ)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	47	
	[7:0]	LIN 16	48	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	49	
	[7:0]	LIN 16	50	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	51	
	[7:0]	LIN 11	52	

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 29. フォルト・ログ記録。この表は、MFR_FAULT_LOG コマンドのブロック・データ読み出しに使われるブロック・データの形式についてまとめたものです。

READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	53	
	[7:0]	LIN 11	54	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	55	
	[7:0]	LIN 11	56	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	57	
	[7:0]	LIN 11	58	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		バイト	59	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		バイト	60	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	61	
	[7:0]	WORD	62	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	63	
	[7:0]	WORD	64	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		バイト	65	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		バイト	66	
*				
*				
*				
EVENT n-5				
(記録された最も古いデータ)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	127	
	[7:0]	LIN 16	128	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	129	
	[7:0]	LIN 16	130	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	131	
	[7:0]	LIN 11	132	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	133	
	[7:0]	LIN 11	134	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	135	
	[7:0]	LIN 11	136	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	137	
	[7:0]	LIN 11	138	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		バイト	139	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		バイト	140	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	141	
	[7:0]	WORD	142	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	143	
	[7:0]	WORD	144	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		バイト	145	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		バイト	146	

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 30. Position_Faultの値の説明

POSITION_FAULTの値	フォルト・ログの発生要因
0xFF	MFR_FAULT_LOG_STORE
0x00	TON_MAX_FAULTチャンネル0
0x01	VOUT_OV_FAULTチャンネル0
0x02	VOUT_UV_FAULTチャンネル0
0x03	IOUT_OC_FAULTチャンネル0
0x05	OT_FAULTチャンネル0
0x06	UT_FAULTチャンネル0
0x07	VIN_OV_FAULTチャンネル0
0x0A	MFR_OT_FAULTチャンネル0
0x10	TON_MAX_FAULTチャンネル1
0x11	VOUT_OV_FAULTチャンネル1
0x12	VOUT_UV_FAULTチャンネル1
0x13	IOUT_OC_FAULTチャンネル1
0x15	OT_FAULTチャンネル1
0x16	UT_FAULTチャンネル1
0x17	VIN_OV_FAULTチャンネル1
0x1A	MFR_OT_FAULTチャンネル1

MFR_FAULT_LOG_CLEAR

MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドは、フォルト・ログ・ファイルに格納された値を消去します。さらに、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドのビット3もクリアします。クリア・コマンドの発行後、ステータスがクリアされるまでに最大8msかかる場合があります。

この書き込み専用コマンドの形式はバイト送信です。

ブロック・メモリ書き込み/読み出し

コマンド名	CMDコード	説明	タイプ	ページ指定	データ形式	単位	NVM	デフォルト値
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドと MFR_EE_DATA コマンドによるアクセスのために、ユーザーのEEPROMのロックを解除する。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのために、ユーザーのEEPROMを初期化する。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBusワードの順次読み出しまたは書き込みによってEEPROMとの間で伝送されるデータ。一括プログラミングをサポートする。	R/W Word	N	Reg			NA

全ての (EEPROM) コマンドは、ダイ温度が 130°C を超えるとディスエーブルされ、ダイ温度が 125°C を下回ると再度イネーブルされます。

MFR_EE_xxxx

MFR_EE_XXXX コマンドは、内部EEPROMの一括プログラミングを容易にするために使用されます。詳細については、弊社にご連絡ください。

パッケージ



パッケージの行と列のラベルは μ Module 製品間で異なります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

表 31. LTM4677 の BGA パッケージのピン配置

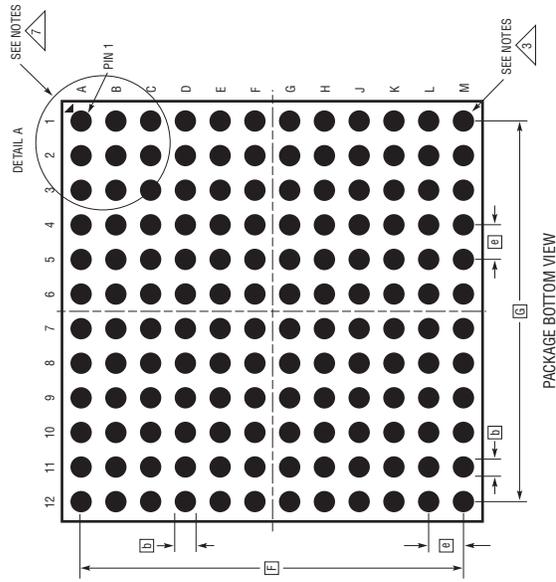
ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
A1	V _{OUT0}	B1	V _{OUT0}	C1	V _{OUT0}	D1	V _{OUT0}	E1	I _{SNS0b} ⁻	F1	I _{SNS0b} ⁺
A2	V _{OUT0}	B2	V _{OUT0}	C2	V _{OUT0}	D2	V _{OUT0}	E2	I _{SNS0a} ⁻	F2	I _{SNS0a} ⁺
A3	V _{OUT0}	B3	V _{OUT0}	C3	V _{OUT0}	D3	V _{OUT0}	E3	GND	F3	GND
A4	GND	B4	GND	C4	GND	D4	GND	E4	$\overline{\text{GPIO}}_0$	F4	$\overline{\text{GPIO}}_1$
A5	SNUB ₀	B5	GND	C5	TSNS _{0b}	D5	TSNS _{0a}	E5	$\overline{\text{ALERT}}$	F5	RUN ₀
A6	GND	B6	GND	C6	GND	D6	SDA	E6	SCL	F6	RUN ₁
A7	GND	B7	GND	C7	GND	D7	GND	E7	SYNC	F7	SGND
A8	GND	B8	GND	C8	GND	D8	COMP _{0b}	E8	COMP _{0a}	F8	SGND
A9	GND	B9	GND	C9	GND	D9	V _{OSNS0} ⁺	E9	V _{OSNS0} ⁻	F9	INTV _{CC}
A10	GND	B10	SW ₀	C10	DNC	D10	V _{ORB0} ⁺	E10	V _{ORB0} ⁻	F10	GND
A11	V _{IN0}	B11	V _{IN0}	C11	V _{IN0}	D11	V _{IN0}	E11	DNC	F11	SV _{IN}
A12	V _{IN0}	B12	V _{IN0}	C12	V _{IN0}	D12	V _{IN0}	E12	V _{IN0}	F12	SV _{IN}

ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
G1	I _{SNS1b} ⁻	H1	I _{SNS1b} ⁺	J1	V _{OUT1}	K1	V _{OUT1}	L1	V _{OUT1}	M1	V _{OUT1}
G2	I _{SNS1a} ⁻	H2	I _{SNS1a} ⁺	J2	V _{OUT1}	K2	V _{OUT1}	L2	V _{OUT1}	M2	V _{OUT1}
G3	GND	H3	GND	J3	V _{OUT1}	K3	V _{OUT1}	L3	V _{OUT1}	M3	V _{OUT1}
G4	ASEL	H4	F _{SWPHCFG}	J4	GND	K4	GND	L4	GND	M4	GND
G5	V _{OUT0CFG}	H5	V _{TRIM0CFG}	J5	TSNS _{1a}	K5	TSNS _{1b}	L5	GND	M5	SNUB ₁
G6	V _{OUT1CFG}	H6	V _{TRIM1CFG}	J6	V _{DD25}	K6	WP	L6	GND	M6	GND
G7	SGND	H7	SHARE_CLK	J7	V _{DD33}	K7	GND	L7	GND	M7	GND
G8	SGND	H8	COMP _{1a}	J8	COMP _{1b}	K8	GND	L8	GND	M8	GND
G9	INTV _{CC}	H9	V _{OSNS1}	J9	V _{ORB1}	K9	GND	L9	GND	M9	GND
G10	GND	H10	GND	J10	GND	K10	DNC	L10	SW ₁	M10	GND
G11	GND	H11	DNC	J11	V _{IN1}	K11	V _{IN1}	L11	V _{IN1}	M11	V _{IN1}
G12	GND	H12	V _{IN1}	J12	V _{IN1}	K12	V _{IN1}	L12	V _{IN1}	M12	V _{IN1}

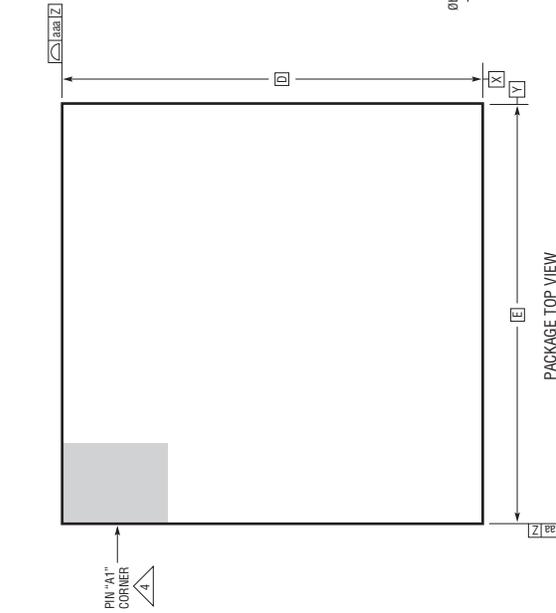
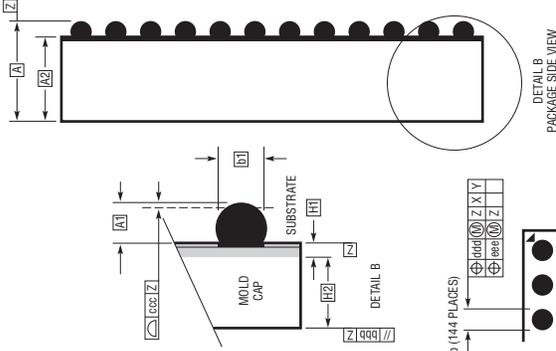
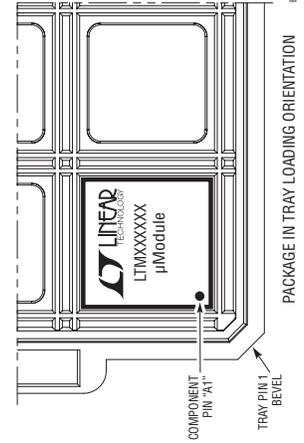
パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTM4677#packaging> を参照してください。

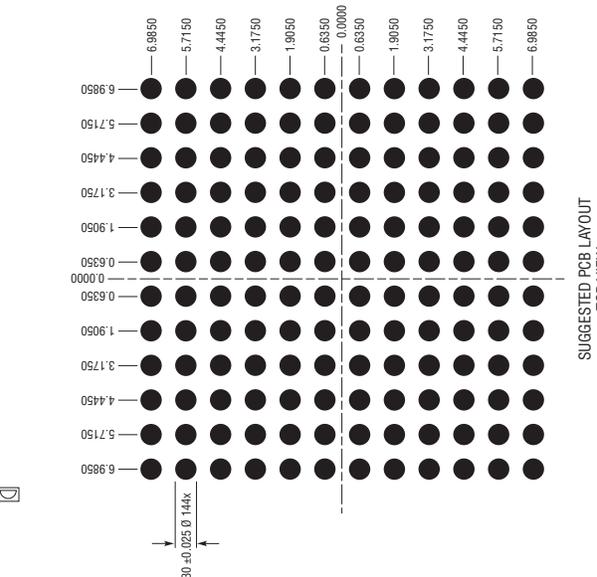
BGA Package
144-Lead (16mm × 16mm × 5.01mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1920 Rev B)



- NOTES:
1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 による
 2. すべての寸法はミリメートル
 3. ボールの指定は JEDEC MS-028 および JEPP95 による
 4. ピン #1 の識別マークの詳細はオプションだが、示された領域内になければならぬ
 5. 主タータム-Zはシーティングプレーン
 6. 半田ボールは、元素構成比がスズ (Sn) 96.5%、銀 (Ag) 3.0%、銅 (Cu) 0.5% の合金
 7. パッケージの行と列のラベルはµModule 製品間で異なります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。



DIMENSIONS			
SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	4.81	5.01	5.21
A1	0.50	0.60	0.70
A2	4.31	4.41	4.51
b	0.60	0.75	0.90
b1	0.60	0.63	0.66
D		16.00	
e		1.27	
F		13.97	
G		13.97	
H1	0.36	0.41	0.46
H2	3.95	4.00	4.05
aaa		0.15	
bbb		0.10	
ccc		0.20	
ddd		0.30	
eee		0.15	
TOTAL NUMBER OF BALLS:			144



LTM4677

標準的応用例

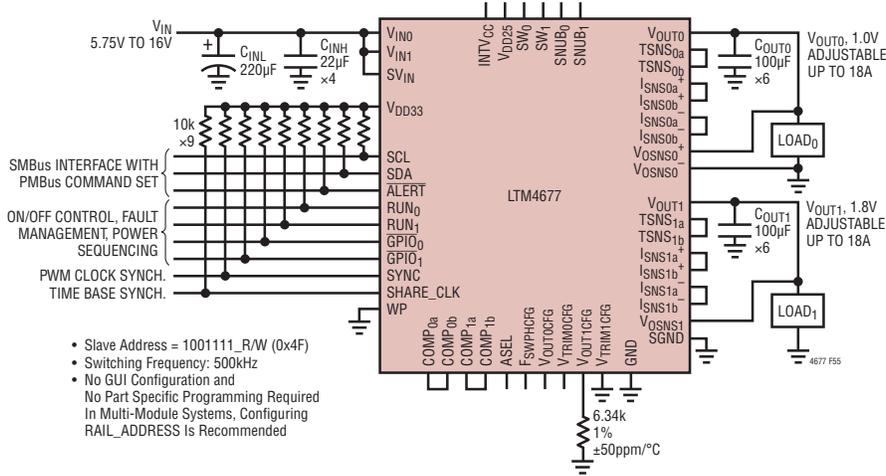


図55. シリアル・インタフェースを備えた18A/1Vおよび18A/1.8V出力 DC/DC μModuleレギュレータ

デザイン・リソース

主題	説明
μModuleのデザイン/製造リソース	設計: • 選択ガイド • デモボードおよびGerberファイル • 無料シミュレーション・ツール 製造: • クイック・スタート・ガイド • PCBの設計、組立、および製造ガイドライン • パッケージおよびボード・レベルの信頼性
μModuleレギュレータ製品の検索	1. 製品の表をパラメータによって並べ替え、結果をスプレッドシートとしてダウンロードする 2. Quick Power Searchパラメトリック・テーブルを使って検索を実行する <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Quick Power Search</p> <p>Input V_{in} (Min) <input type="text"/> V V_{in} (Max) <input type="text"/> V</p> <p>Output V_{out} <input type="text"/> V I_{out} <input type="text"/> A</p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Search"/></p> </div>
TechClipビデオ	μModule製品の電気的特性と熱特性のベンチマーク・テストの方法を詳しく説明した短いビデオ
デジタル・パワーシステム・マネージメント	リニアテクノロジーのデジタル電源管理デバイス・ファミリは、電源の監視、管理、マージン制御およびシーケンス制御などの基本機能を提供する高度に集積されたソリューションであり、ユーザーの構成とフォルト・ログを保存するEEPROMを搭載しています。

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTM4676A	LTM4677より低電力、ピン互換	デュアル13A出力またはシングル26A出力
LTM4630	電力はLTM4677と同じだが、デジタル・パワー・システム・マネージメントなし	デュアル18A出力またはシングル36A出力
LTM4620/ LTM4620A	LTM4677より低電力だが、デジタル・パワー・システム・マネージメントなし	デュアル13A出力またはシングル26A出力、LTM4630とピン互換
LTM4633	トリプル出力、16V入力、5.5V出力	10A、10A、10A
LTM4634	トリプル出力、28V入力、12V出力	5A、5A、4A
LTM4675	LTM4677より低電力で、パッケージが小さい	デュアル9A出力またはシングル18A出力、11.9mm × 16mm × 3.5mm