

デジタル・パワーシステム・ マネージメント機能を備えた デュアル9A/シングル18A μ Module レギュレータ

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 ~ 17V
- 出力電圧範囲: 0.5V ~ 5.5V
- 全温度範囲での最大DC出力誤差: 0.5%
- 9A 負荷での電流読み取り精度: 2.5%
- 400kHzのPMBusに準拠したI²C シリアル・インタフェース
- 16ビット $\Delta\Sigma$ /D コンバータ内蔵
- 最大125Hzの遠隔測定ポーリング・レートをサポート
- 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
- 全7ビットのスレーブ・アドレスをサポート
- デュアル13AのLTM4676Aに差し込み式でピン互換
- 16mm×11.9mm×3.51mm 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
- 電圧増減のデジタル・ソフトスタート/ストップ
- 0V/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

概要

LTM[®]4675は、オン時間が70msのデュアル9Aまたはシングル18Aの降圧 μ Module[®] (マイクロモジュール) DC/DCレギュレータです。このデバイスは遠隔設定が可能であり、またPMBus (オープンな標準規格であるI²Cベースのデジタル・インタフェース・プロトコル) を介してパワー・マネージメント・パラメータの遠隔モニタが可能で^①。LTM4675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。

LTM4675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の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。

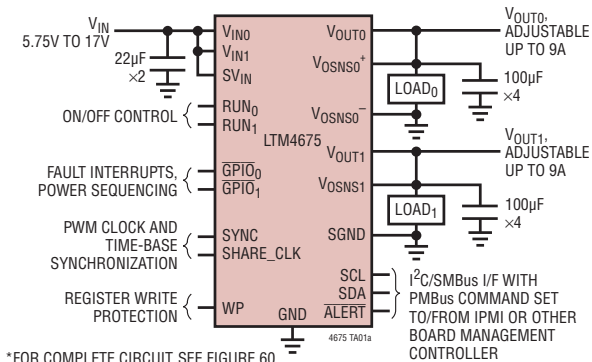
LTM4675は、SnPbまたはRoHS準拠の端子仕上げの16mm×11.9mm×3.51mm BGAパッケージで供給されます。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linearのロゴ、 μ ModuleおよびPolyPhaseはリアテックノロジー社の登録商標です。LTpowerPlayはリアテッ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。

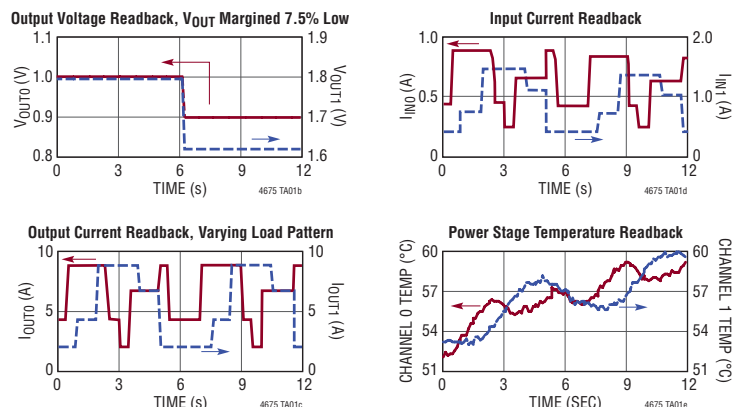
 クリックして関連のVideo Design Ideaを表示

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9A μ Module 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 テレメトリとマーゼンのモニタ。10Hzのポーリング・レート。V_{IN}: 12V



目次

特長.....	1	フォルトの検出と処理.....	54
アプリケーション.....	1	オープン・ドレイン・ピン.....	54
標準的応用例.....	1	フェーズロック・ループと周波数同期.....	55
概要.....	1	RCONFIGのピンストラップ(外付け抵抗設定ピン).....	56
絶対最大定格.....	3	電圧の選択.....	56
発注情報.....	3	USBとI ² C/SMBus/PMBusの間のコントローラの	
ピン配置.....	3	システム内のLTM4675への接続.....	56
電気的特性.....	4	LTpowerPlay: デジタル・パワーシステム・マネージメント	
標準的性能特性.....	11	向けのインタラクティブ GUI.....	60
ピン機能.....	13	PMBus通信とコマンド処理.....	61
簡略ブロック図.....	18	熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング.....	62
デカップリングの要件.....	18	EMI性能.....	69
機能図.....	19	安全性に関する検討事項.....	69
テスト回路.....	20	レイアウトのチェックリスト/例.....	69
動作.....	21	標準的応用例.....	71
電源モジュールの概要.....	21	付録A.....	77
設定可能な電源モジュールと読み出しデータ.....	23	PMBus、SMBus、I ² C 2線インタフェース間の類似性.....	77
時間平均とピーク読み出しデータ.....	25	付録B.....	78
電源モジュールの概要.....	28	PMBusシリアル・デジタル・インタフェース.....	78
EEPROM.....	32	付録C: PMBus コマンドの詳細.....	82
シリアル・インタフェース.....	33	アドレス指定および書き込み保護.....	82
デバイス・アドレス指定.....	33	汎用構成レジスタ.....	84
フォルトの検出と処理.....	34	オン/オフ/マージン.....	85
V _{OUT} およびI _{OUT} フォルトに対する応答.....	35	PWM Config.....	87
タイミング・フォルトに対する応答.....	36	電圧.....	89
SV _{IN} のOVフォルトに対する応答.....	36	電流.....	92
OT/UTフォルトに対する応答.....	36	温度.....	95
外部フォルトに対する応答.....	36	タイミング.....	97
フォルト・ログ.....	37	フォルト応答.....	99
バスのタイムアウト保護.....	37	フォルト共有.....	106
PMBus コマンドの概要.....	38	スクラッチパッド.....	108
PMBus コマンド.....	38	識別.....	108
V _{IN} からV _{OUT} への降圧比.....	48	フォルトの警告および状態.....	109
入力コンデンサ.....	48	遠隔測定値.....	116
出力コンデンサ.....	48	NVM (EEPROM) メモリ・コマンド.....	119
軽負荷電流動作.....	48	パッケージ.....	125
スイッチング周波数と位相.....	49	パッケージの写真.....	126
最小オン時間に関する検討事項.....	51	パッケージ.....	127
可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ.....	51	標準的応用例.....	128
デジタル・サーボ・モード.....	52	デザイン・リソース.....	128
ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ).....	53	関連製品.....	128
低電圧ロックアウト.....	53		

絶対最大定格

(Note 1)

端子電圧:

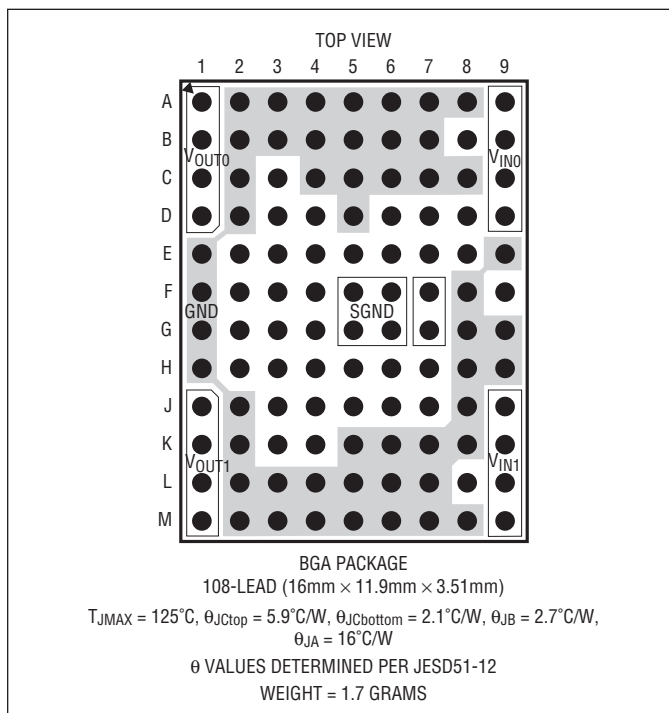
V_{IN7} (Note 4)、 SV_{IN}	-0.3V ~ 20V
V_{OUT7}	-0.3V ~ 6V
V_{OSNS0^+} 、 V_{ORBO^+} 、 V_{OSNS1} 、 V_{ORB1} 、 $INTV_{CC}$	-0.3V ~ 6V
$RUN7$ 、 SDA 、 SCL 、 \overline{ALERT}	-0.3V ~ 5.5V
$F_{SWPHCFG}$ 、 $V_{OUT7CFG}$ 、 $V_{TRIM7CFG}$ 、 A_{SEL}	-0.3V ~ 2.75V
V_{DD33} 、 $\overline{GPIO7}$ 、 $SYNC$ 、 $SHARE_CLK$ 、 WP 、 $COMP_{7a}$ 、 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).....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲.....	-55°C ~ 125°C
リフロー時のピーク・パッケージ・ボディ温度.....	245°C

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ・ タイプ	MSL 定格	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4675EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4675Y	e1	BGA	4	-40°C to 125°C
LTM4675IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4675Y	e1	BGA	4	-40°C to 125°C
LTM4675IY	SnPb (63/37)	LTM4675Y	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.com/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.com/umodule/pcbassembly
- LGA/BGAパッケージおよびトレイの図面の参照先:
www.linear.com/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、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、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		17	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; 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		5.5	V
			● 0.5		5.5	V
$V_{OUTn(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	(Note 5) V_{OUTn} Low Range (MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = 1 $_b$), FREQUENCY_SWITCH = 425kHz) Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 1 $_b$) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 0 $_b$)	● 0.995	1.000	1.005	V
			0.985	1.000	1.015	V

入力の規格

$I_{INRUSH}(V_{IN})$	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
$I_Q(SV_{IN})$	Input Supply Bias Current	Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODE $_n$ [0] = 1 $_b$ $RUN_n = 5\text{V}$, $RUN_{1-n} = 0\text{V}$ Shutdown, $RUN_0 = RUN_1 = 0\text{V}$		40		mA
				20		mA
$I_S(V_{INn}, \text{PSM})$	Input Supply Current in Pulse-Skipping Mode Operation	Pulse-Skipping Mode, MFR_PWM_MODE $_n$ [0] = 0 $_b$, $I_{OUTn} = 100\text{mA}$		20		mA
$I_S(V_{INn}, \text{FCM})$	Input Supply Current in Forced-Continuous Mode Operation	Forced Continuous Mode, MFR_PWM_MODE $_n$ [0] = 1 $_b$ $I_{OUTn} = 100\text{mA}$ $I_{OUTn} = 9\text{A}$		40		mA
				927		mA
$I_S(V_{INn}, \text{SHUTDOWN})$	Input Supply Current in Shutdown	Shutdown, $RUN_n = 0\text{V}$		50		μA

出力の規格

I_{OUTn}	Output Continuous Current Range	(Note 6)		0	9	A	
$\frac{\Delta V_{OUTn}(\text{LINE})}{V_{OUTn}}$	Line Regulation Accuracy	Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 1 $_b$) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 0 $_b$) SV_{IN} and V_{INn} Electrically Shorted Together and INTV_{CC} Open Circuit; $I_{OUTn} = 0\text{A}$, $5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 17\text{V}$, V_{OUT} Low Range (MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = 1 $_b$) FREQUENCY_SWITCH = 425kHz (Referenced to $12V_{IN}$) (Note 5)	●	0.03	±0.2	%	
				0.03		%/V	
$\frac{\Delta V_{OUTn}(\text{LOAD})}{V_{OUTn}}$	Load Regulation Accuracy	Digital Servo Engaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 1 $_b$) Digital Servo Disengaged (MFR_PWM_MODE $_n$ [6] = 0 $_b$) $0\text{A} \leq I_{OUTn} \leq 9\text{A}$, V_{OUT} Low Range, (MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = 1 $_b$) FREQUENCY_SWITCH = 425kHz (Note 5)	●	0.03	0.5	%	
				0.2		%	
$V_{OUTn(AC)}$	Output Voltage Ripple			10		mV $_p-p$	
f_S (Each Channel)	V_{OUTn} Ripple Frequency	FREQUENCY_SWITCH Set to 500kHz (0xFBE8)	●	462.5	500	537.5	kHz
$\Delta V_{OUTn}(\text{START})$	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 $\overline{\text{GPIO}}_n$. $\text{TON_DELAY}_n = 0\text{ms}$, $\text{TON_RISE}_n = 3\text{ms}$, MFR_GPIO_PROPAGATE $_n = 0\text{x}0100$, MFR_GPIO_RESPONSE $_n = 0\text{x}0000$	●	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、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 500\text{kHz}$ 、および V_{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
$t_{\text{DELAY}}(0\text{ms})$	Turn-On Delay Time	Time from First Rising Edge of RUN_n to Rising Edge of $\overline{\text{GPIO}}_n.TON_DELAY_n = 0\text{ms}$, $TON_RISE_n = 3\text{ms}$, $MFR_GPIO_PROPAGATE_n = 0x0100$, $MFR_GPIO_RESPONSE_n = 0x0000$. V_{IN} Having Been Established for at Least 70ms	● 2.75	3.1	3.5	ms
$\Delta V_{OUT_n}(LS)$	Peak Output Voltage Deviation for Dynamic Load Step	Load: 0A to 4.5A and 4.5A to 0A at 4.5A/ μs , 図 60 Circuit, $V_{OUT_n} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12)		50		mV
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0A to 4.5A and 4.5A to 0A at 4.5A/ μs , 図 60 Circuit, $V_{OUT_n} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 12)		35		μs
$I_{OUT_n}(OCL_PK)$	Output Current Limit, Peak	Cycle-by-Cycle Inductor Peak Current Limit Inception		15.8		A
$I_{OUT_n}(OCL_AVG)$	Output Current Limit, Time Averaged	Time-Averaged Output Inductor Current Limit Inception Threshold, Commanded by $I_{OUT_OC_FAULT_LIMIT_n}$ (Note 12)		10.8A; See $I_{O_RB_ACC}$ Specification (Output Current Readback Accuracy)		

制御セクション

$V_{\text{FB}CM0}$	Channel 0 Feedback Input Common Mode Range	$V_{\text{OSNS}0^-}$ Valid Input Range (Referred to SGND) $V_{\text{OSNS}0^+}$ Valid Input Range (Referred to SGND)	● ●	-0.1	0.3 5.7	V V
$V_{\text{FB}CM1}$	Channel 1 Feedback Input Common Mode Range	SGND Valid Input Range (Referred to GND) $V_{\text{OSNS}1}$ Valid Input Range (Referred to SGND)	● ●	-0.3	0.3 5.7	V V
$V_{\text{OUT-RNG}0}$	Full-Scale Command Voltage, Range 0	(Notes 7, 15) V_{OUT_n} Commanded to 5.500V, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 0_b$ Resolution LSB Step Size		5.422	12 1.375	5.576 V Bits mV
$V_{\text{OUT-RNG}1}$	Full-Scale Command Voltage, Range 1	(Notes 7, 15) V_{OUT_n} Commanded to 2.750V, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b$ Resolution LSB Step Size		2.711	12 0.6875	2.788 V Bits mV
$R_{\text{VSENSE}0^+}$	$V_{\text{OSNS}0^+}$ Impedance to SGND	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OSNS}0^+} - V_{\text{SGND}} \leq 5.5\text{V}$			41	k Ω
$R_{\text{VSENSE}1}$	$V_{\text{OSNS}1}$ Impedance to SGND	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OSNS}1} - V_{\text{SGND}} \leq 5.5\text{V}$			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)

NOV/UV_COMP	Resolution, Output Voltage Supervisors	(Note 15)			8	Bits
VOV_RNG	Output OV Comparator Threshold Detection Range	(Note 15) High Range Scale, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 0_b$ Low Range Scale, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b$		1 0.5	5.6 2.7	V V
VOU_STP	Output OV and UV Comparator Threshold Programming LSB Step Size	(Note 15) High Range Scale, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 0_b$ Low Range Scale, $MFR_PWM_MODE_n[1] = 1_b$			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、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $\text{FREQUENCY_SWITCH} = 500\text{kHz}$ 、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_{OV-ACC}	Output OV Comparator Threshold Accuracy	(See Note 14) $2\text{V} \leq V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-} \leq 5.6\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 0_b$ $1\text{V} \leq V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-} \leq 2.7\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-} < 1\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $2\text{V} \leq V_{VSENSE1} - V_{SGND} \leq 5.6\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 0_b$ $1.5\text{V} \leq V_{VSENSE1} - V_{SGND} \leq 2.7\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{VSENSE1} - V_{SGND} < 1.5\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$	● ● ● ● ● ●		± 2 ± 2 ± 20 ± 2 ± 2 ± 30	% % mV % % mV
V_{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_{UV-ACC}	Output UV Comparator Threshold Accuracy	(See Note 14) $2\text{V} \leq V_{VSENSE0^+} - V_{VSENSE0^-} \leq 5.4\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 0_b$ $1\text{V} \leq V_{VSENSE0^+} - V_{VSENSE0^-} \leq 2.7\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{VSENSE0^+} - V_{VSENSE0^-} < 1\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_0[1] = 1_b$ $2\text{V} \leq V_{VOSNS1} - V_{SGND} \leq 5.4\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 0_b$ $1.5\text{V} \leq V_{VOSNS1} - V_{SGND} \leq 2.7\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$ $0.5\text{V} \leq V_{VOSNS1} - V_{SGND} < 1.5\text{V}$, $\text{MFR_PWM_MODE}_1[1] = 1_b$	● ● ● ● ● ●		± 2 ± 2 ± 20 ± 2 ± 2 ± 30	% % mV % % mV
$t_{PROP-OV}$	Output OV Comparator Response Times	Overdrive to 10% Above Programmed Threshold			35	μs
$t_{PROP-UV}$	Output UV Comparator Response Times	Underdrive to 10% Below Programmed Threshold			50	μs

アナログ OV/UV SV_{IN} 入力電圧スーパーバイザ・コンパレータ (V_{IN_ON} と V_{IN_OFF} のしきい値検出器)

$N_{SVIN-OV/UV-COMP}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Threshold-Programming Resolution	(Note 15)		8		Bits
$SV_{IN-OU-RANGE}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Threshold-Programming Range		●	4.5	20	V
$SV_{IN-OU-STP}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Threshold-Programming LSB Step Size	(Note 15)			82	mV
$SV_{IN-OU-ACC}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Threshold Accuracy	$9\text{V} < SV_{IN} \leq 20\text{V}$ $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 9\text{V}$	● ●		± 2.5 ± 225	% mV
$t_{PROP-SVIN-HIGH-VIN}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Response Time, High V_{IN} Operating Configuration	Test Circuit 1, and: $V_{IN_ON} = 9\text{V}$; SV_{IN} Driven from 8.775V to 9.225V $V_{IN_OFF} = 9\text{V}$; SV_{IN} Driven from 9.225V to 8.775V	● ●		35 35	μs μs
$t_{PROP-SVIN-LOW-VIN}$	SV_{IN} OV/UV Comparator Response Time, Low V_{IN} Operating Configuration	Test Circuit 2, and: $V_{IN_ON} = 4.5\text{V}$; SV_{IN} Driven from 4.225V to 4.725V $V_{IN_OFF} = 4.5\text{V}$; SV_{IN} Driven from 4.725V to 4.225V	● ●		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_{VO-RB}	Output Voltage Readback Resolution and LSB Step Size	(Note 15)		16 244		Bits μV
$V_{O-F/S}$	Output Voltage Full-Scale Digitizable Range	$V_{RUNn} = 0\text{V}$ (Notes 7, 15)		8		V
$V_{O-RB-ACC}$	Output Voltage Readback Accuracy	Channel 0: $1\text{V} \leq V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-} \leq 5.5\text{V}$ Channel 0: $0.6\text{V} \leq V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-} < 1\text{V}$ Channel 1: $1\text{V} \leq V_{VOSNS1} - V_{SGND} \leq 5.5\text{V}$ Channel 1: $0.6\text{V} \leq V_{VOSNS1} - V_{SGND} < 1\text{V}$	● ● ● ●		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	

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、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $RUN_n = 5\text{V}$ 、 $FREQUENCY_SWITCH = 500\text{kHz}$ 、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
$t_{\text{CONVERT-VO-RB}}$	Output Voltage Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15)		100		ms
		MFR_ADC_CONTROL=0x0D (Notes 9, 15)		27		ms
		MFR_ADC_CONTROL=0x05 or 0x09 (Notes 9, 15)		8		ms

入力電圧 (SV_{IN}) 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, $4.5\text{V} \leq SV_{IN} \leq 17\text{V}$	●	Within $\pm 2\%$ of Reading		
$t_{\text{CONVERT-SVIN-RB}}$	Input Voltage Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15)		100		ms
		MFR_ADC_CONTROL=0x01 (Notes 9, 15)		8		ms

チャンネル0とチャンネル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_IOUT _n , Channels 0 and 1, $0 \leq I_{OUTn} \leq 9\text{A}$, Forced-Continuous Mode, MFR_PWM_MODE _n [1:0] = 10 _b	●	Within 225mA of Reading		
$I_{O-RB(9A)}$	Full Load Output Current Readback	$I_{OUTn} = 9\text{A}$ (Note 12). See Histograms in Typical Performance Characteristics		9		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_IIN _n , Channels 0 and 1, $0 \leq I_{OUTn} \leq 9\text{A}$, Forced-Continuous Mode, MFR_PWM_MODE _n [1:0] = 10 _b , MFR_IIN_OFFSET _n = 0mA	●	Within 140mA of Reading		
$t_{\text{CONVERT-IO-RB}}$	Output Current Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15)		100		ms
		MFR_ADC_CONTROL=0x0D (Notes 9, 15)		27		ms
		MFR_ADC_CONTROL=0x06 or 0x0A (Notes 9, 15)		8		ms
$t_{\text{CONVERT-II-RB}}$	Computed Input Current, Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15)		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	%
$t_{\text{CONVERT-DUTY-RB}}$	Duty Cycle Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15)		100		ms

チャンネル0、チャンネル1、およびコントローラの温度の読み出し (それぞれ、READ_TEMPERATURE_1₀、READ_TEMPERATURE_1₁、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, $RUN_n = 0\text{V}$, $\Delta V_{TSENS7a} = 72\text{mV}$	●	Within $\pm 3^\circ\text{C}$ of Reading		

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_{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
$T_{RB-CH-ACC(ON)}$	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			
$t_{\text{CONVERT-TEMP-RB}}$	Temperature Readback Update Rate	MFR_ADC_CONTROL=0x00 (Notes 9, 15) MFR_ADC_CONTROL=0x06 or 0x0A (Notes 9, 15)		100 8		ms ms
INTV_{CC} レギュレータ						
V_{INTVCC}	Internal V _{CC} Voltage No Load	$6\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 17\text{V}$	4.8	5	5.2	V
$\frac{\Delta V_{\text{INTVCC(LOAD)}}}{V_{\text{INTVCC}}}$	INTV _{CC} Load Regulation	$0\text{mA} \leq I_{\text{INTVCC}} \leq 50\text{mA}$		0.5	± 2	%
V_{DD33} レギュレータ						
V_{VDD33}	Internal V _{DD33} Voltage		3.2	3.3	3.4	V
$I_{\text{LIM(VDD33)}}$	V _{DD33} Current Limit	V _{DD33} Electrically Short-Circuited to GND		70		mA
$V_{\text{VDD33_OV}}$	V _{DD33} Overvoltage Threshold	(Note 15)		3.5		V
$V_{\text{VDD33_UV}}$	V _{DD33} Undervoltage Threshold	(Note 15)		3.1		V
V_{DD25} レギュレータ						
V_{VDD25}	Internal V _{DD25} Voltage			2.5		V
$I_{\text{LIM(VDD25)}}$	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) $250\text{kHz} \leq \text{FREQUENCY_SWITCH} \leq 1\text{MHz}$ (Note 15)	●		± 7.5 ± 7.5	% %
f_{SYNC}	PLL SYNC Capture Range	(Note 16)	●	225	1100	kHz
$V_{\text{TH,SYNC}}$	SYNC Input Threshold	V_{SYNC} Rising (Note 15) V_{SYNC} Falling (Note 15)		1.5 1		V V
$V_{\text{OL,SYNC}}$	SYNC Low Output Voltage	$I_{\text{SYNC}} = 3\text{mA}$	●	0.3	0.4	V
I_{SYNC}	SYNC Leakage Current in Frequency Slave Mode	$0\text{V} \leq V_{\text{SYNC}} \leq 3.6\text{V}$ MFR_CONFIG_ALL[4]=1 _b	●		± 5	μA
$\theta_{\text{SYNC-}\theta 0}$	SYNC-to-Channel 0 Phase Relationship, Lag from Falling Edge of Sync to Rising Edge of Top MOSFET (MT0) Gate	(Note 15) MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 000 _b , 01X _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 101 _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 001 _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1X0 _b		0 60 90 120		Deg Deg Deg Deg
$\theta_{\text{SYNC-}\theta 1}$	SYNC-to-Channel 1 Phase Relationship, Lag from Falling Edge of Sync to Rising Edge of Top MOSFET (MT1) Gate	(Note 15) MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 011 _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 000 _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 010 _b , 10X _b MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 001 _b 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 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

電气的特性

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性があります。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: LTM4675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。LTM4675Eは 0°C ～ 125°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°C ～ 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学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4675Iは -40°C ～ 125°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。

Note 3: LTM4675のEEPROMの書き込みコマンドが有効な温度範囲は 0°C ～ 85°C である。EEPROMの保証されたデータ保持特性を実現するため、この温度範囲の外側で「STORE_USER_ALL」コマンドを実行すること（つまり、RAMの内容をNVMにアップロードすること）は推奨しない。ただし、LTM4675のEEPROMの温度が 130°C 未満である限り、LTM4675はSTORE_USER_ALLコマンドに従う。EEPROMの温度が 130°C を超えた場合に限り、LTM4675はどのSTORE_USER_ALLトランザクションにも従わない。その代わりに、LTM4675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] = $0b$ ）、低い V_{OUTn} 範囲を選択した状態（MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = $1b$ ）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] = $1b$ 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。その代わりに、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ギュレーション曲線を参照。

Note 7: V_{OUT0} および V_{OUT1} は、6Vの絶対最大定格に対して規定されているが、レギュレーション・コマンドの推奨最大電圧は、次のとおりである。MFR_PWM_MODE $_n$ [1]= $0b$ の高い方の V_{OUT} 範囲の設定値は5.5Vであり、MFR_PWM_MODE $_n$ [1]= $1b$ の低い方の V_{OUT} 範囲の設定値は2.5Vである。

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。すべてのテレメトリ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。一部のテレメトリ・パラメータは、MFR_ADC_CONTROLを設定することにより、より頻度の高い更新率でデジタル化できる。

Note 10: 次のテレメトリ・パラメータは、PMBusで規定された「リニア・データ形式」で表され、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。これらのテレメトリ・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（ S_{VIN} ）、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（ $I_{VINn} + 1/2 \cdot I_{SVIN}$ ）、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・パワー段のデューティ・サイクルである。このデータ形式は、内蔵ADCが16ビット、LTM4675内部の計算が32ビット・ワードを用いるものの、テレメトリ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: S_{VIN} ピンの絶対最大定格は20Vである。入力電圧のテレメトリ（READ_VIN）は、 S_{VIN} 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。最小保持時間の規格の適用対象デバイスは、そのEEPROMの書き換えサイクル回数が最小耐久性規格より少なく、EEPROMのデータが $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 85^{\circ}\text{C}$ の範囲で書き込まれたデバイスである。RESTORE_USER_ALLコマンドまたはMFR_RESETコマンドを実行してNVMの内容をRAMにダウンロードすることは、全動作温度範囲で有効であり、EEPROMの特性には影響しない。

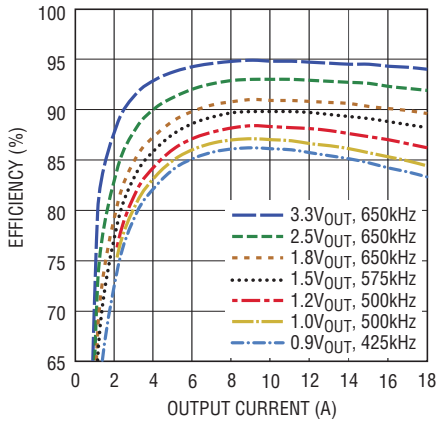
Note 14: MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = $1b$ に対するチャンネル0のOV/UVコンパレータのしきい値の精度は、 $V_{VOSNS0^+} - V_{VOSNS0^-}$ が0.5Vと2.7VのときにATEでテストされる。1Vの状態はICレベルでのみテストされる。MFR_PWM_MODE $_n$ [1] = $1b$ に対するチャンネル1のOV/UVコンパレータのしきい値の精度は、 $V_{VOSNS1^+} - V_{VOSNS1^-}$ が0.5Vと2.7VのときにATEでテストされる。1.5Vの状態はICレベルでのみテストされる。

Note 15: ICレベルのATEでテストされる。

Note 16: PLL SYNCのキャプチャ範囲は、MFR_CONFIG_ALL[4] = $1b$ を指定してFREQUENCY_SWITCHを周波数スレープ・モード（0x0000）に設定し、SYNCを外周クロックで駆動してテストされる。SYNCのキャプチャ範囲の下端（225kHz）は、 $V_{IN} = 5.75\text{V}$ および $V_{OUTn} = 2.5\text{V}$ で検査される。SYNCのキャプチャ範囲の上端（1.1MHz）は、 $V_{IN} = 12\text{V}$ および $V_{OUTn} = 3.3\text{V}$ で検査される。

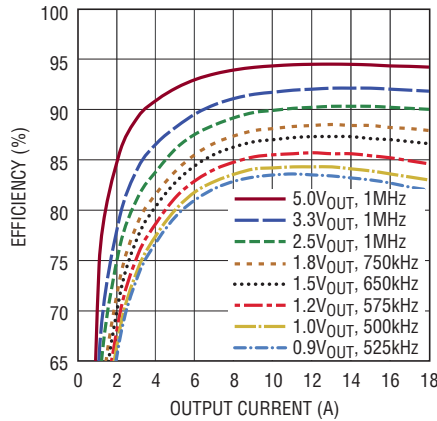
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$ 。

効率と負荷電流 ($V_{IN} = 5\text{V}$)



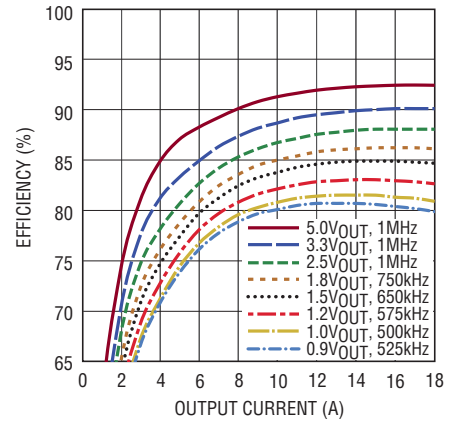
4675 G01

効率と負荷電流 ($V_{IN} = 8\text{V}$)



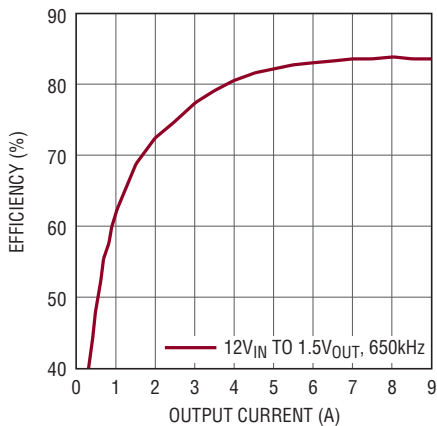
4675 G02

効率と負荷電流 ($V_{IN} = 12\text{V}$)



4675 G03

シングル・フェーズ・シングル出力
パルス・スキップ(不連続)モードの
効率、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $V_{IN} = V_{INr}$ 、 $INTV_{CC}$
開放、 $MFR_PWM_MODE_n[0] = 0_b$



4675 G04

デュアル・フェーズ・シングル
出力負荷トランジェント応答、
 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$

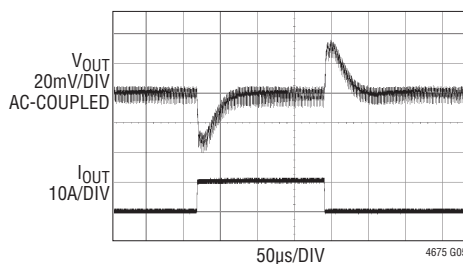


FIGURE 27 CIRCUIT AT 12V_{IN} , $INTV_{CC}$ PIN OPEN CIRCUIT AND $V_{OUT_COMMAND}_n$ SET TO 1.000V . 8A TO 18A LOAD STEP AT $10\text{A}/\mu\text{s}$

シングル・フェーズ・シングル
出力負荷トランジェント応答、
 $V_{IN} = 12\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$

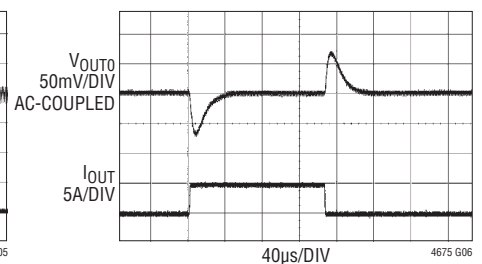


FIGURE 60 CIRCUIT AT 12V_{IN} 0A TO 5A LOAD STEP AT $5\text{A}/\mu\text{s}$

デュアル・フェーズ・シングル出力負荷
トランジェント応答、 $V_{IN} = 5\text{V}/V_{OUT} = 1\text{V}$

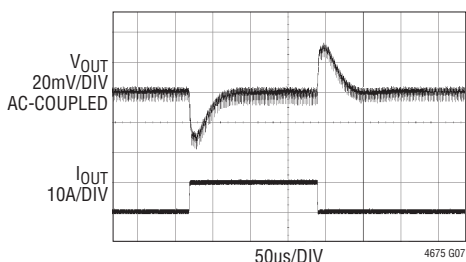


FIGURE 27 CIRCUIT AT 5V_{IN} , $V_{OUT_COMMAND}_n$ SET TO 1.000V . 8A TO 18A LOAD STEP AT $10\text{A}/\mu\text{s}$

デュアル出力並行レールの
起動/シャットダウン

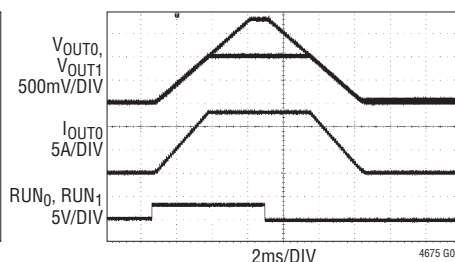


FIGURE 60 CIRCUIT AT 12V_{IN} , $112\text{m}\Omega$ LOAD ON V_{OUT0} , NO LOAD ON V_{OUT1} . $T_{ON_RISE0} = 3\text{ms}$, $T_{ON_RISE1} = 5.297\text{ms}$, $T_{OFF_DELAY1} = 0\text{ms}$, $T_{OFF_DELAY0} = 2.43\text{ms}$, $T_{OFF_FALL1} = 5.328\text{ms}$, $T_{OFF_FALL0} = 3\text{ms}$, $ON_OFF_CONFIG_n = 0x1E$

プリバイアスされた負荷での
デュアル出力の起動/シャットダウン

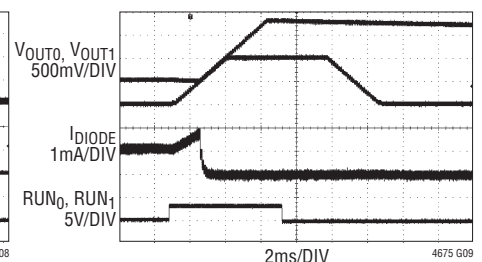


FIGURE 60 CIRCUIT AT 12V_{IN} , $112\text{m}\Omega$ LOAD ON V_{OUT0} , 500Ω ON V_{OUT1} , V_{OUT1} PRE-BIASED THROUGH A DIODE. $T_{ON_RISE0} = 3\text{ms}$, $T_{ON_RISE1} = 5.297\text{ms}$, $T_{OFF_DELAY1} = 0\text{ms}$, $T_{OFF_DELAY0} = 2.43\text{ms}$, $T_{OFF_FALL1} = 5.328\text{ms}$, $T_{OFF_FALL0} = 3\text{ms}$, $ON_OFF_CONFIG1 = 0x1F$, $ON_OFF_CONFIG0 = 0x1E$

4675f

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・フェーズ・シングル出力
無負荷時の短絡保護

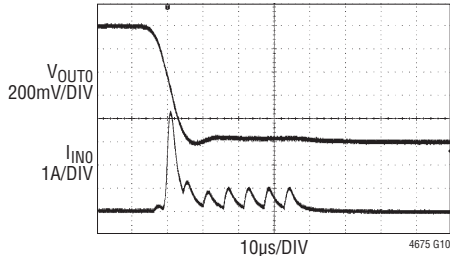


FIGURE 60 CIRCUIT AT 12V_{IN} .
NO LOAD ON V_{OUT0} PRIOR TO APPLICATION
OF SHORT CIRCUIT

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

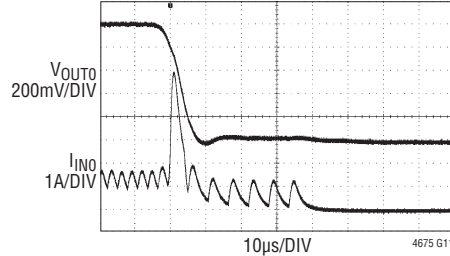
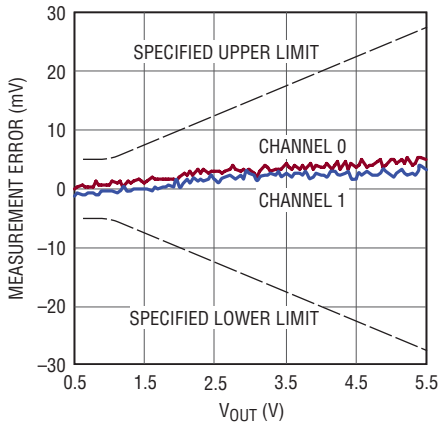


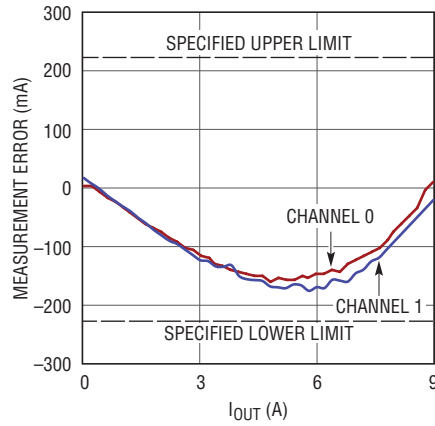
FIGURE 60 CIRCUIT AT 12V_{IN} .
 $112\text{m}\Omega$ LOAD ON V_{OUT0} PRIOR TO
APPLICATION OF SHORT CIRCUIT

READ_VOUT_n (出力電圧の読み出し)
誤差と V_{OUTn}
 $I_{OUTn} = \text{無負荷}$ 、 $\text{RUN}_{1-n} = 0\text{V}$



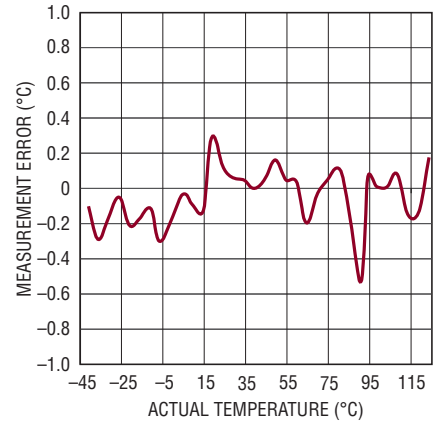
4675 G12

READ_IOUT_n (出力電流の読み出し)
誤差と I_{OUTn}



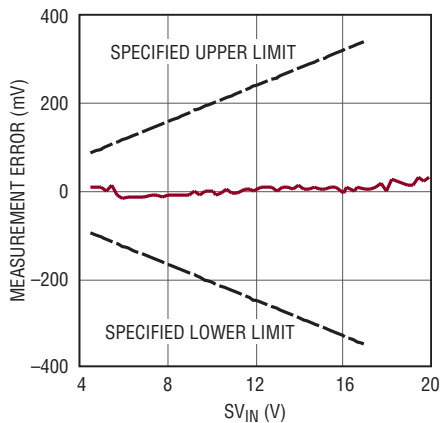
4675 G13

READ_TEMPERATURE_2
(制御ICの温度誤差)と
接合部温度、 $\text{RUN}_n = 0\text{V}$



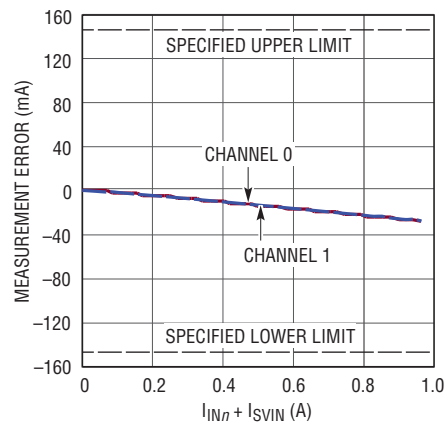
4675 G14

READ_VIN (入力電圧読み出し
テレメトリ) 誤差と S_{VIN} 、 $\text{RUN}_n = 0\text{V}$



4675 G15

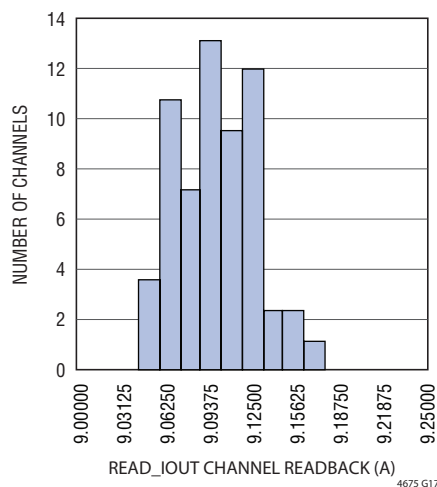
MFR_READ_IIN_n (入力電流の
読み出し) 誤差と $(I_{VINn} + I_{SVIN})$ 、
MFR_PWM_MODE_n[0]=1_b、 I_{OUTn} を
0A~9Aの範囲で掃引、一度に
1チャンネル、 $\text{RUN}_{1-n} = 0\text{V}$



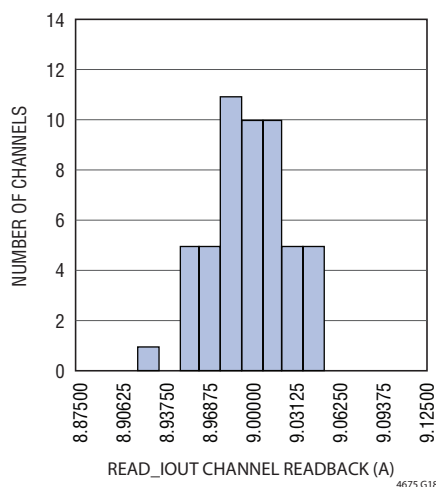
4675 G16

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

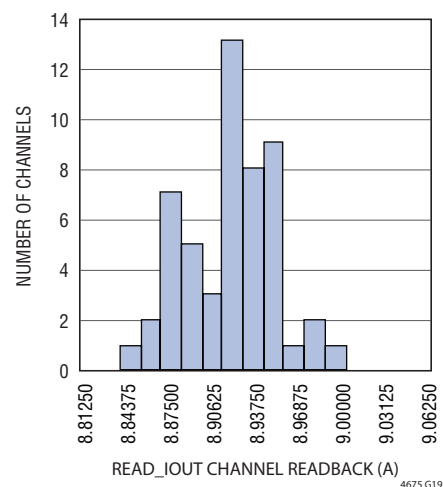
26個のLTM4675 (DC2053)の
READ_IOUT、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 、 $I_{OUTn} = 9\text{A}$ 、システムは
熱的安定状態に到達、空気流なし



26個のLTM4675 (DC2053)の
READ_IOUT、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_{OUTn} = 9\text{A}$ 、システムは
熱的安定状態に到達、空気流なし



26個のLTM4675 (DC2053)の
READ_IOUT、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 1\text{V}$ 、 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 、 $I_{OUTn} = 9\text{A}$ 、システムは
熱的安定状態に到達、空気流なし



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 (A2 ~ 8, B2 ~ 7, C2, C4-8, D2, D5, E1, E9, F1, F8, G1, G8 ~ 9, H1, H8 ~ 9, J2, J8, K2, K5 ~ 8, L2 ~ 7, M2 ~ 8) :
LTM4675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, B1, C1, D1) :チャンネル0の出力電圧。

V_{OSNS0+} (D7) :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、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の制御ループ回路および電圧スーパーバイザ回路に直接供給することができます。V_{OUT0}は最大5.5Vの出力を安定化できます。コマンドV_{OUT0}の、シリアル・バスによる目標のレギュレーション電圧。SV_{IN}の電源投入時の初期コマンドの値はNVM(不揮発性メモリ)の内容(出荷時のデフォルト値: 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-} (E7) :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+} (D8) :チャンネル0の正の読み出しピン。LTM4675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-} (E8) :チャンネル0の負の読み出しピン。LTM4675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, K1, L1, M1) :チャンネル1の出力電圧。

V_{OSNS1} (H7) :チャンネル1の正電圧検出入力。V_{OSNS1}は、POLでV_{OUT1}に接続します。これにより、チャンネル1の制御ループ回路および電圧スーパーバイザの帰還信号が得られます。V_{OUT1}は最大5.5Vの出力を安定化できます。コマンドV_{OUT1}の、シリアル・バスによる目標のレギュレーション電圧。SV_{IN}の電源投入時の初期コマンドの値はNVM(不揮発性メモリ)

ピン機能

の内容(出荷時のデフォルト値: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_{OUTICFG}、V_{TRIMICFG}、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 (F5-6, G5-6) : チャンネル1の負の電圧検出入力。V_{OSNS1}を参照してください。また、SGNDはLTM4675の信号グランドのリターン・パスです。必要に応じて、4つのSGNDピンの1つにテスト・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、他の3つのSGNDピンとGND(V_{OUTI}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。SGNDはLTM4675の内部でGNDに電氣的に接続されていません。SGNDはLTM4675の近くでGNDに接続してください。

VORB1 (J7) : チャンネル1の正の読み出しピン。LTM4675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_{OUTI}までのインピーダンスを測定することにより、V_{OUTI}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} (A9, B9, C9, D9) : 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LTM4675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} (J9, K9, L9, M9) : 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LTM4675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 (B8) : 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。テストの目的またはEMIを吸収する目的で使用します。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。モニタしない場合には電氣的絶縁状態(開放)のままにします。

SW₁ (L8) : チャンネル1の降圧コンバータ段のスイッチング・ノード。テストの目的またはEMIを吸収する目的で使用します。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。モニタしない場合には開放のままにします。

SV_{IN} (F9) : LTM4675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} (F7, G7) : 内部レギュレータ、5V出力。LTM4675が5.75V ≤ SV_{IN} ≤ 17Vで動作する場合、LDOがSV_{IN}からINTV_{CC}を生成し、LTM4675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。LTM4675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} (J5) : 内部で生成される3.3V電源の出力ピン。G_{PIOn}、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} (J4) : 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 (G2) : 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、LTM4675は電源投入時に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)。このピンとSGNDの間に抵抗を接続することにより、LTM4675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。

ピン機能

F_{SWPHCFG} (H2) : スイッチング周波数、チャン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、またはピンストラップ (RCONFIG) 抵抗を無視するように LTM4675 を設定する (つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b) と、LTM4675 のスイッチング周波数 (FREQUENCY_SWITCH) と (SYNC クロックを基準にした) チャンネルの位相関係 (MFR_PWM_CONFIG[2:0]) は、SV_{IN} の電源投入時に LTM4675 の NVM の内容によって決まります。出荷時のデフォルト値は、500kHz 動作、0°でのチャンネルが 0、180°でのチャンネルが 1 です (この文書の表記では、0°の位相角はチャンネルのスイッチ・ノードの立ち上がり方が 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)。このピンと SGND の間に抵抗を接続 (して、NVM の出荷時デフォルト設定値である 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 LTM4675 を異なる動作スイッチング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ン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_{OUT0CFG} (G3) : V_{OUT0} の出力電圧選択ピン、微調整されない設定。V_{OUT0CFG} ピンと V_{TRIM0CFG} ピンの両方を開放のままにするか、またはピンストラップ (RCONFIG) 抵抗を無視するように LTM4675 を設定する (つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b) と、LTM4675 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は、SV_{IN} の電源投入時に LTM4675 の NVM の内容によって決まります。このピンと SGND の間に接続された抵抗、V_{TRIM0CFG} 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、LTM4675 のチャンネル 0 の出力を電源投入時に 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_{OUT0CFG} と SGND の間に、または V_{TRIM0CFG} と SGND の間に抵抗を接続することにより、同一の NVM の内容で複数の LTM4675 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出できるように、容量を最小限に抑えてください。V_{OUT0CFG}/V_{TRIM0CFG} 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及ぼす可能性があることに注意してください。

V_{TRIM0CFG} (H3) : V_{OUT0} の出力電圧選択ピン、微調整された設定。V_{OUT0CFG} と組み合わせて、SV_{IN} の電源投入時にチャンネル 0 の V_{OUT_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_{OUT0CFG} 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_{OUT0CFG}/V_{TRIM0CFG} 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及ぼす可能性があることに注意してください。

V_{OUT1CFG} (G4) : V_{OUT1} の出力電圧選択ピン、微調整されない設定。V_{OUT1CFG} ピンと V_{TRIM1CFG} ピンの両方を開放のままにするか、またはピンストラップ (RCONFIG) 抵抗を無視するように LTM4675 を設定する (つまり、MFR_CONFIG_ALL[6] = 1_b) と、LTM4675 の目標 V_{OUT1} 出力電圧の設定値 (V_{OUT_COMMAND1})、ならびに関連する OV/UV 警告、およびフォルトしきい値は、SV_{IN} の電源投入時に LTM4675 の NVM の内容によって決まります。これは、V_{OUT0CFG} ピンと V_{TRIM0CFG} 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_{OUT0CFG}、V_{TRIM0CFG}、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_{OUT1CFG}/V_{TRIM1CFG} 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及ぼす可能性があることに注意してください。

V_{TRIM1CFG} (H4) : V_{OUT1} の出力電圧選択ピン、微調整された設定。V_{OUT1CFG} と組み合わせて、SV_{IN} の電源投入時にチャンネル 1 の V_{OUT_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_{OUT1CFG} 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_{OUT1CFG}/V_{TRIM1CFG} 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及ぼす可能性があることに注意してください。

ピン機能

SYNC (E5) : 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、LTM4675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。LTM4675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1回に500nsの間“L”に駆動します。これに対して、同期スレーブはMFR_CONFIG_ALL[4]=1_bを使用し、SYNCピンが“L”になることはありません。LTM4675のPLLはLTM4675のPWMクロックをSYNCピンの波形に同期させるので、LTM4675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、アプリケーションには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 (E4) : 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を必要とします。SCLの通信速度が100kHzを超えない限り、LTM4675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、LTM4675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LTM4675の双方向オープン・ドレイン出力ピンになります。

SDA (D4) : 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 (E3) : 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。

SHARE_CLK (H5) : 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LTM4675（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。複数のデバイス間のタイムベースを同期化する際には、3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。複数のデバイス間でタイムベースを同期する必要がない場合で、MFR_CHAN_CONFIG_n[2] = 0_bである場合に限り、プルアップ抵抗は不要です。

GPIO₀, GPIO₁ (それぞれE2およびF2) : 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。LTM4675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)チャンネルのOT（過熱）や出力の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)入力のOVや制御ICのOTなどのチャンネル固有以外の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) LTM4675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ときに、他のLTM4675のチャンネルと並列接続したLTM4675の緩やかな統合および相互動作を実現することです。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。（LTM4675のMFR_GPIO_RESPONSE_nの値が0x00に設定されている場合に限り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。）

ピン機能

WP (K4) : アクティブ“H”の書き込み保護ピン。このピンは10 μ A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F3およびF4) : それぞれチャンネル0とチャンネル1のイネーブルRUN入力。オープン・ドレインの入力および出力。これらのピンをロジック“H”にすると、LTM4675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、LTM4675がリセットできない状態になり、SV_{IN}がVIN_ONを超えることが検出されるまで、“L”に保持されます。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。RUNは、低インピーダンスの電流源でロジック“H”にしないでください。

TSNS₀ (C3およびD3) : チャンネル0の温度センサ・ノード。パッドC3およびD3は、内部で互いにモジュールに接続されています。これらのパッドを電気的な開放状態のままにして、これらのピンをPC基板の取り付けパッドに半田付けだけを行い、機械的な保全性を維持することは差し支えありません。ただし、PC基板上でC3をD3に電氣的に接続してもかまいません。

TSNS_{1a}、TSNS_{1b} (それぞれJ3およびK3) : それぞれ、チャンネル1の温度励起/測定ピンおよび温度センサ・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、LTM4675はチャンネル1のパワー段の温度をモニタすることができます。TSNS_{1a}を使用し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。

COMP_{0a}、COMP_{1a} (それぞれE6およびH6) : 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。LTM4675では、これらのCOMPピンの内部にある小容量(22pF)のフィルタ・コンデンサ(SGNDに終端)によってエラーアンプの高周波数ロールオフ応答が決まり、制御ループで優れたノイズ除去性能が得られます。COMP_{0b}/COMP_{1b}を参照してください。

COMP_{0b}、COMP_{1b} (それぞれD6およびJ6) : 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、LTM4675のデフォルトのループ補償を「そのまま」適用するのが妥当であり、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のループ補償が適用されます。これに対して、特殊な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RCネットワーク(SGNDに終端)に接続し、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。

簡略ブロック図

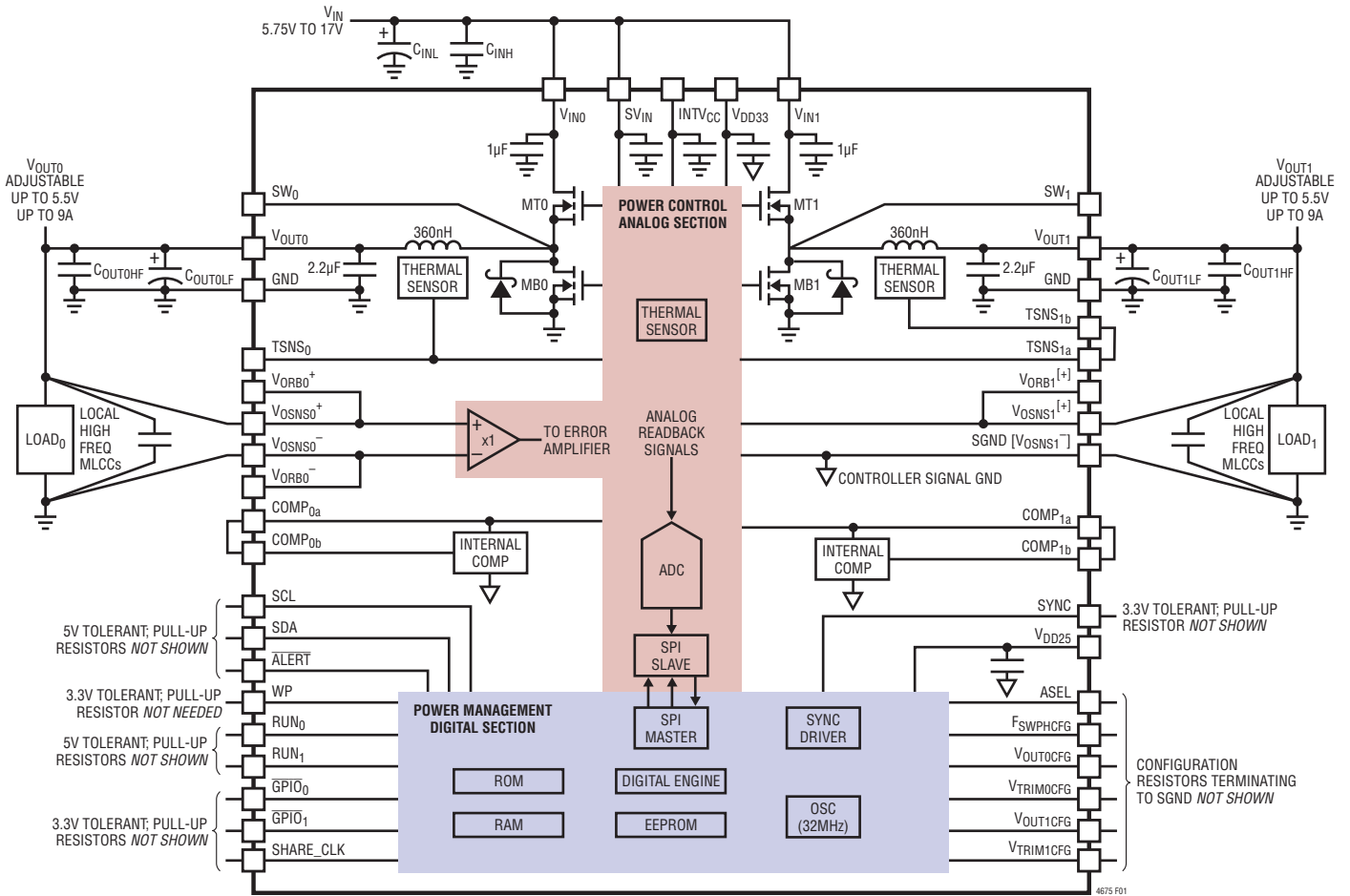
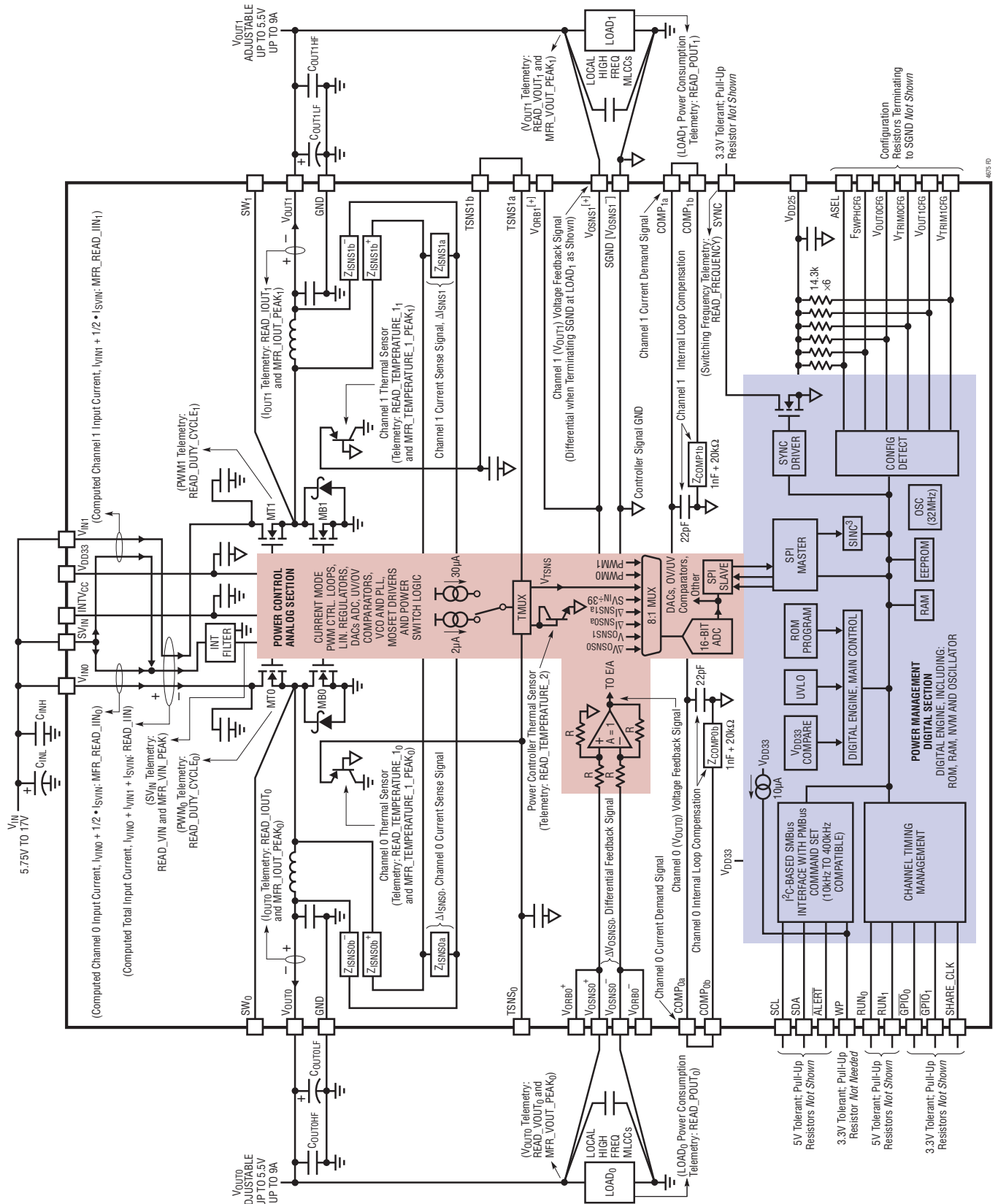


図1. LTM4675の簡略ブロック図

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 ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 17\text{V}$, V_{OUTn} Commanded to 1.000V)	$I_{OUT0} = 9\text{A}$, $2 \times 22\mu\text{F}$, or $3 \times 10\mu\text{F}$ $I_{OUT1} = 9\text{A}$, $2 \times 22\mu\text{F}$, or $3 \times 10\mu\text{F}$	30	44		μF
C_{OUTnHF}	External High Frequency Output Capacitor Requirement ($5.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 17\text{V}$, V_{OUTn} Commanded to 1.000V)	$I_{OUT0} = 9\text{A}$ $I_{OUT1} = 9\text{A}$		400	400	μF

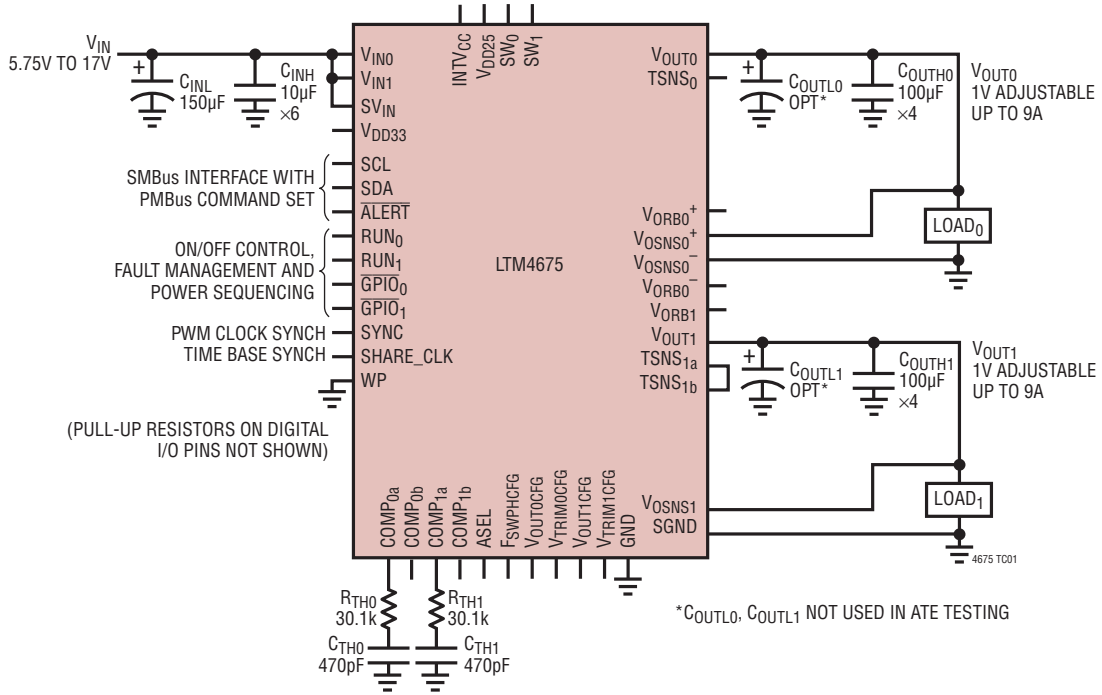
機能図



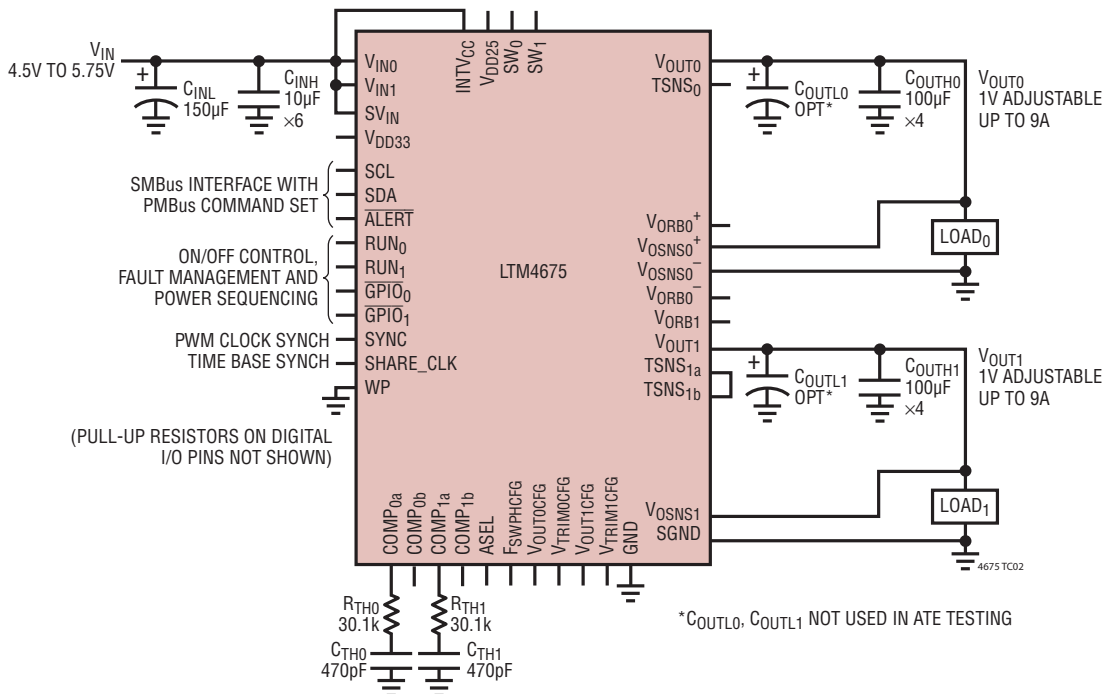
4675 FD

テスト回路

テスト回路1. 高い V_{IN} 動作範囲でのLTM4675のATE構成、 $5.75V \leq V_{IN} \leq 17V$



テスト回路2. 低い V_{IN} 動作範囲でのLTM4675のATE構成、 $4.5V \leq V_{IN} \leq 5.75V$



動作

電源モジュールの概要

LTM4675は、高度な設定が可能なデュアル9A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/SMBus 2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テレメトリ・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。

LTM4675は、DC0.6V～DC5.5Vの範囲の高精度安定化出力電圧（DC1Vより高い場合は±0.5%、DC1Vより低い場合は±5mV）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）、NVM/レジスタの設定値に従って設定することや、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。ユーザーはPMBusのVOUT_COMMANDに書き込むことによって、いつでも出力電圧を変更できます。このコマンドを実行するときの標準的な待ち時間は10ms未満です。PMBusのOPERATIONに書き込む場合の標準的な待ち時間は1ms未満です。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を基準にした位相関係は、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、電源投入時にMFR_ADDRESS[6:0]から読み出した値（出荷時のデフォルト値：0x4F）ですが、アドレスの下位4ビットはASELピンを抵抗でピンストラップすることにより設定されます。MFR_ADDRESSのビット[6:4]を書き込んでEEPROMに格納することができます。ASELでの抵抗ピンストラップとユーザーが設定可能なMFS_ADDRESS[6:4]の間で、LTM4675は7ビットのスレーブ・アドレスを自由に設定することができます。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）。

表1に、LTM4675のサポート対象PMBusコマンドの要約を示します。サポートされているコマンド、ペイロード、および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および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LTM4675の主な特長は以下のとおりです。

- 2つの内蔵パワー段のそれぞれから最大9Aの出力電流を供給（表紙の図を参照）、2つのパワー段を結合した場合は最大18Aの出力電流を供給（図27および図34を参照）。
- 広い入力電圧範囲：5.75V～17V入力からDC/DC降圧変換（図60を参照）。
- 4.5V～5.75V入力からDC/DC降圧変換、SV_{IN}をINTV_{CC}に接続（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未満の入力からDC/DC降圧変換が可能（図29を参照）。
- 出力電圧範囲：V_{OUT0}とV_{OUT1}の両方で0.5V～5.5V。
- V_{OUT0}（V_{OSNS0}⁺/V_{OSNS0}⁻）の差動リモート検出。並列出力の場合は、V_{OSNS0}⁺/V_{OSNS0}⁻ピンの対をV_{OUT0}とV_{OUT1}の両方の帰還経路として構成できる（図34を参照。必要に応じてMFR_PWM_CONFIG[7]も参照）。
- 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LTM4675を並列接続して最大70Aを供給可能（図31を参照）。
- 1個のLTM4675を3個のLTM4620AモジュールまたはLTM4630モジュールと並列接続して最大122Aを供給可能。並列接続されたLTM4620AまたはLTM4630の電源レール状態とテレメトリを1個のLTM4675を介して推定（図32を参照）。
- 軽負荷での効率を高めるのに使用できる不連続モード動作（MFR_PWM_MODE_n[0]）。
- 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。

動作

- 設定可能スイッチング周波数: 250kHz~1MHz、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。
 - 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×11.9mm×3.51mm) 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LTM4675の特長は以下のとおりです。
- 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LTM4675の組み込み設計の現場での設定変更のイネーブル)。
 - 以下のテレメトリ・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、およびパワー段のデューティ・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。
 - A/Dコンバータの待ち時間が100ms(公称)以下。
 - チャンネル1(V_{OUT1})のモジュールのパワー段の温度の代わりに1つの外部温度をモニタするオプション。
 - 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パワー段出力の過電流。
 - モジュールのパワー段の過熱/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。LTM4675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・テレメトリ、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テレメトリ、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。
 - 2つの設定可能な汎用オープン・ドレイン入力/出力ピン(GPIO₀、GPIO₁)、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LTM4675のオン/オフの調整。
 - 下流の電源レールのオン/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_{OUTn} 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。
 - 複数のLTM4675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のハートビート)。
 - 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)。
 - 任意の7ビット・スレーブ・アドレスをLTM4675に割り当て(デフォルト: 0x4F)、ASELピンの抵抗ピンストラップ、およびユーザーが編集可能なMFR_ADDRESSのビット[7:4]によって設定可能。

動作

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を介してアクセスできるLTM4675のすべての設定可能な機能と読み出し可能なデータについて説明します。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”)。コマンド・コード、ペイロード・サイズ、データ形式、および出荷時の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」および「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(チャンネル固有のテレメトリを生成)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であるPAGEコマンド(コマンド・コード0x00)を実行すると、LTM4675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であるPAGEコマンドを実行すると、LTM4675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であるPAGEコマンドを実行すると、LTM4675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、LTM4675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LTM4675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)ピンの状態および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)、コマンドで生成可能な最大出力電圧(VOUT_MAX_n)、出力マージン“H”(VOUT_MARGIN_HIGH_n)および出力マージン“L”(VOUT_MARGIN_LOW_n)コマンドの電圧、および出力過電圧/低電圧の警告しきい値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}の電源投入時に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。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を介した書き込みで設定。
- 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witch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をI²C通信を介して変更できるのは、LTM4675のチャンネルがオフのとき、つまり、スイッチングしていないときだけです。LTM4675は、MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b

動作

のとき、そのスイッチング周波数を、SYNCピンに入力されているクロック信号に同期させます。これらのパラメータは、MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bの場合、SV_{IN}の電源投入時にFSWPHCFGピンの抵抗のピンストラップに従って設定できます。

- 出力電圧のオン/オフ・シーケンス制御および以下に示す関連のウォッチドッグ・タイマ。
 - 出力電圧のターンオン遅延時間(LTM4675が、スイッチング動作が開始する前に、例えばRUN_nピンをロジック“L”から“H”に切り替えることによって、オンするように指示されてからの遅延時間、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)。
 - LTM4675が、例えばRUN_nピンをロジック“L”から“H”に切り替えることによって、オンするように指示されてからの許容経過時間(TON_MAX_FAULT_LIMIT_n)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、LTM4675の出力(VOUT_n)はタイムリーに起動していないと明示されます。
 - 上記のTON_MAX_FAULT_LIMIT_nなどのすべてのイベントに対するLTM4675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(LTM4675が、スイッチング動作が停止する前に、例えばRUN_nピンをロジック“H”から“L”に切り替えることによって、オフするように指示されてからの遅延時間、TOFF_DELAY_n)。
 - 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、LTM4675の出力(VOUT_n)は「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、パワー段の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。)
 - LTM4675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)が経過した後、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%より低くならなかった場合は、LTM4675の出力

(VOUT_n)の電力がタイムリーに切断されていないことが宣言されます。

- 設定可能な出力電圧の再起動時間。LTM4675はRUN_nピンが“L”になった後で、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。この遅延により、すべてのシステム・レールの適切なシーケンシングが保証されます。LTM4675によって処理される最小再起動遅延は(TOFF_DELAY_n + TOFF_FALL_n + 136ms)と指定した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、LTM4675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・リトライ遅延時間。フォルトが生じたとき、LTM4675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起動を再試行すること(例えば、「無限の再試行」)の場合、LTM4675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“1b”に設定することによって無視されます。これはLTM4675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(VOUT_OV_FAULT_RESPONSE_n, VOUT_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(IOUT_OC_WARN_LIMIT_n, IOUT_OC_FAULT_LIMIT_n, IOUT_OC_FAULT_RESPONSE_n)。
- チャンネル(VOUT₀, VOUT₁)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(VOUT₀, VOUT₁)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(VIN_OV_FAULT_LIMIT, VIN_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(VIN_UV_WARN_LIMIT)。

動作

- モジュール入力の過電流警告しきい値 (IIN_OC_WARN_LIMIT)

LTM4675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す。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。

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テレメトリ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)。
- チャンネルの上側パワー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テレメトリを標準10Hzの更新レートで使用できます。MFR_ADC_CONTROL コマンドを使用することにより、通常は目的とするいくつかの信号をより頻繁に (最大125Hzの更新レートで) デジタル化することができます。新規にデジタル化されたテレメトリ・データを利用できるかどうかは、MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS コマンドによって確認することができます。

デジタル化された周期的テレメトリを標準10Hzの更新レートで使用できます。MFR_ADC_CONTROL コマンドを使用することにより、通常は目的とするいくつかの信号をより頻繁に (最大125Hzの更新レートで) デジタル化することができます。新規にデジタル化されたテレメトリ・データを利用できるかどうかは、MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS コマンドによって確認することができます。

WRITE_PROTECTレジスタ値によって許容される場合、テレメトリ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。)

LTM4675のフォルト・ログ機能の詳細は以下のとおりです。

- MFR_CONFIG_ALL[7] = 1_bのときは、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”を通知した場合は、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は、MFR_FAULT_LOGコマンドでこのデータが読み出されます。SMBusのブロック読み出しプロトコルのPMBusにより規定された変種を使用して、147バイトのデータが読み出されます。
- NVMにフォルト・ログの内容が存在する場合は、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により、LTM4675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。LTM4675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。

LTM4675のGPIO_nピンが外部信号によってロジック“L”になると、それぞれのチャンネル(VOUT_n)は、何の動作もしない、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、つまりパワー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)。

動作

MFR_GPIO_PROPAGATE_nレジスタの内容により、LTM4675の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。LTM4675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(V_{OUT0}:PAGE 0x00)、LTM4675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(V_{OUT1}:PAGE 0x01)、またはLTM4675のチャンネル0とチャンネル1の両方への書き込み(V_{OUT0}およびV_{OUT1}: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。

LTM4675は、常にグローバル・スレーブ・アドレス(0x5Aおよび0x5B)にตอบสนอง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行います。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LTM4675デバイスのチャンネル固有コマンドが可能です。

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による書き込みが許容されることを条件に、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])。
- LTM4675のユーザーが書き込み可能なRAMレジスタのデータのEEPROMのNVMへの格納(STORE_USER_ALL)。
- STORE_USER_ALLコマンドの代わりにLTM4675のEEPROMの内容の消去および書き込みを直接行う手段で、ロック解除キーによって保護され、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LTM4675のEEPROMのプログラミングが容易になります。また、

LTM4675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}電源の入れ直しをしないLTM4675のソフト・リセットの開始(MFR_RESET)。MFR_RESETコマンドにより、SV_{IN}電源の入れ直しがあった場合のように、EEPROMのNVMデータのRAMレジスタへのダウンロードが始まります。
- EEPROMのNVMデータのRAMレジスタへのダウンロードの強制実行(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LTM4675から得られるその他のデータは以下のとおりです。

- 以下のPMBus機能(CAPABILITY)をPMBusで規定されているとおりにLTM4675に要求。
 - PEC(パケット・エラー・チェック)。MFR_CONFIG_ALL[2] = 1_bの場合は、I²C通信で有効なPECをLTM4675が必要とすること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です。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。LTM4675でクロック“L”の時間の延長(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です。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。
 - LTM4675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。
- コマンドによって生成可能な最大出力電圧をモジュールに要求(MFR_VOUT_MAX_n)。
- 出力電圧に関連するレジスタのデータ形式をデバイスに要求(VOUT_MODE_n)。
- 対応するPMBus規格のリビジョンをデバイスに要求(Part I: Rev. 1.2、Part II: Rev. 1.2)。
- LTM4675のメーカーの識別表示“LTC”(MFR_ID)、およびLTM4675とリビジョンを表すメーカー・コード0x47AXをデバイスに要求(MFR_SPECIAL_ID)。

動作

- 製品番号“LTM4675”をデバイスに要求(MFR_MODEL)。
- シリアル番号をモジュールに要求(MFR_SERIAL)。
- LTM4675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LTM4675に関連するパワーシステム・マネージメントとパワー・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)ピンの状態およびWRITE_PROTECTレジスタの値がI²Cによる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。

- 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、LTM4675の特定のチャンネルにデータを直接読み出すか書き込む複数の手段を提供(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のトラフィックが減少します。また、PMBusのグループ・コマンド・プロトコルを呼び出さずに、複数のLTM4675の同じレジスタを一斉に変更できます。PAGE_PLUS_READおよび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”からロジック“H”に切り替わったときに、LTM4675がそれ自体にCLEAR_FAULTSコマンドを実行するかどうかの設定(MFR_CONFIG_ALL[0])。
- LTM4675が他の手段でオフするよう指定されたときに、LTM4675がRUN_nをロジック“L”にするかどうかの設定(MFR_CHAN_CONFIG_n[4])。
- LTM4675がTOFF_DELAY_nとTOFF_FALL_nの電源切断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、LTM4675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、LTM4675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])。
- 外部信号によってGPIO_nが“L”になったときに、ALERTピンを“L”にするかどうかの設定(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LTM4675によって測定されませんが、計算では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)。
- LTM4675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)。
- I²Cトランザクションを完了するのにホストがより多くの時間を必要とする場合は、バスのタイムアウトを255msに設定(MFR_CONFIG_ALL[3]=1b)。
- 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_MODE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。V_{OUT}の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。
- LTM4675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、パワー段階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)。
- SV_{IN}がUVLOしきい値を下回ったときに、LTM4675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)。

動作

- LTM4675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)。
- LTM4675の電流制限範囲を高電流範囲にするか低電流範囲にするかの設定。(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、LTM4675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LTM4675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。)
- LTM4675のNVMからRAMへのダウンロードが行われたかどうかを確認する手段を提供(「NVMの初期化」、MFR_COMMON[3])。
- LTM4675がALERTを“L”にし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])。
- LTM4675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}はDC0.5V～DC5.5Vに指定できます。V_{OUT1}は、V_{OSNS1}とモジュールの信号グランド(SGND)で形成されるピンのペアを介して検出されます。V_{OUT1}はDC0.5V～DC5.5Vに指定できます。出力電圧の読み出しテレメトリは、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テレメトリは、MFR_READ_VOUT_PEAK_nレジスタでアクセス可能です。V_{OSNS0}⁻がV_{OSNS0}⁺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)。柔軟性を高めるため、MFR_PWM_CONFIG[7]=1_bを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構成することができます。(図34参照)。

「標準的応用例」の回路図をこのデータシートの最終ページの図60に示します。

LTM4675は、5.75V～17Vの入力電圧範囲で動作可能です(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、LTM4675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、LTM4675は4.5V～5.75Vの入力電圧で動作可能です(図27を参照)。制御ICのバイアス(SV_{IN})はパワー段への入力(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～17V)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29を参照)。さらに、2つのパワー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

LTM4675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み合わせがピン設定の抵抗ですべて設定できるとは限りません。表4を参照してください。LTM4675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LTM4675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なくなります。その代わりに、SYNCは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は、V_{DD33}にプルアップ抵抗を接続することにより、外部生成クロックまたは兄弟関係のLTM4675から供給されるSYNCに同期します。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、LTM4675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20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。

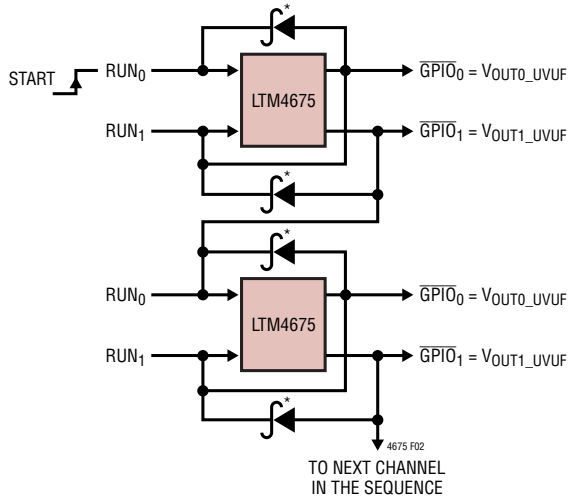
LTM4675には、 $\overline{\text{GPIO}}_0$ と $\overline{\text{GPIO}}_1$ という名称の2つの汎用入力/出力ピンがあります。これらのピンの動作は、レジスタMFR_

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つの主な機能の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LTM4675によって検出されると、アクティブ“L”状態になります。LTM4675の出荷時のNVMデフォルト設定は後者のケースで、電源の投入と切断の順序を正しく調整する、つまり、揃えることを目的として、並列に接続した兄弟関係デバイス(並列に接続したLTM4675のチャンネルやモジュール)に $\overline{\text{GPIO}}_n$ をバス接続することができます。LTM4675 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。下流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、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ をMFR_GPIO_PROPAGATE_nのビット12を“1_b”に設定した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。後者の例では、パワーグッドの伝播がスーパーバイザのフィルタリングとコンパレータの待ち時間によって決まるので、MFR_GPIO_PROPAGATE_nのビット9と10はこの目的のために設定しないでください。目的のPGOOD極性をSV_{IN}の電源投入直後に $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンに出力する必要がある場合(NVMの内容がRAMにダウンロードされるまで、このピンは最初高インピーダンスになると仮定)、LTM4675のRUN_nピンとそれぞれの $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンの間にプルダウンのショットキ・ダイオードが必要です。(図2参照)。 $\overline{\text{GPIO}}_n$ 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、強制的にラッチオフ状態になるためにLTM4675は起動できません。

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の電流源によってロジック“H”に駆動してはならないことを意味します。代わりに、RUN_nピンとV_{DD33}の間に10kのプルアップ抵抗をそのまま接続します。SV_{IN}が指定された低電圧ロックアウト電圧(上昇時のVIN_ON、下降時のVIN_OFF)より低く、その後RUNピンを“L”にする外部信号が(MFR_RESTART_DELAY_nによって指定

動作

Voltage Based Sequencing by Cascading $\overline{\text{GPIO}}_n$ Pins Into RUN_n Pins
(MFR_GPIO_PROPAGATE = XXX1X00XX00XXXXX_b 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

された最小時間の間)入力されると、LTM4675は、NVMのダウンロードからRAMの初期化までの間、 RUN_n ピンをロジック“L”にします。対応する RUN_n ピンと $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを兄弟関係のLTM4675モジュールにバス接続すると、電源の投入/切断をうまく調整する、つまり、オンとオフを一元的に実行することができます。

RUN_n が2Vを超えると、LTM4675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。V_{OUTn}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。V_{OUTn}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、LTM4675がパワー段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、LTM4675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、V_{OUTn}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」のセクションを参照してください。LTM4675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LTM4675のオープン・ドレインのSHARE_CLKピンをバス接続(して、V_{DD33}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LTM4675に対して、タイムベース(つまり、「ハートビート」)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LTM4675でハートビート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打ち消されます。

隣接ピン(I_{SNs0a+}とI_{SNs0b+}、I_{SNs0a-}とI_{SNs0b-}、I_{SNs1a+}とI_{SNs1b+}、およびI_{SNs1a-}とI_{SNs01b-})を電気的に接続します。LTM4675内部のパワー・インダクタの両端(I_{SNsnb+}/I_{SNsnb-}ピンのペア)から電流検出情報が得られ、上記の接続により、内部制御ICの電流制御ループとADCセンサ(I_{SNsna+}/I_{SNsna-})に利用できます。出力電流の読み出しテレメトリは、I²C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テレメトリは、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LTM4675で計算されます。

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

2μAと30μAの交流励起電流がTSNS_{1a}ピンから供給されます。TSNS_{1a}をTSNS_{1b}に接続すると、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LTM4675により、チャンネル1のパワー段の温度が検出されます。TSNS₀ノードでも同様の動作が行われ、チャンネル0のパワー段の温度が得られます。LTM4675は、業界で

動作

デルタVBE (ΔV_{BE}) 計算として知られる計算を実行し、チャンネル(パワー段)の温度を I^2C を介して遠隔測定することができます(READ_TEMPERATURE_1_n)。LTM4675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。

負荷電流が固定の場合、電流検出情報の振幅は、銅線の温度係数(インダクタのDCR)の温度係数(約3900ppm/°C)が原因で、温度によって変化します。このため、LTM4675の温度読み出し情報を知覚電流検出信号と組み合わせて使用して、温度補正された電流読み出しデータを得ていない場合には、モジュールの動作温度範囲全体での電流読み出し誤差が大きくなります。

必要に応じて、TSNS₀ピンによって得られる温度読み出し情報だけを使用して、チャンネル0とチャンネル1の両方について温度補正された電流読み出しデータを得ることができます。これにより、チャンネル1の温度センサがLTM4675外部の温度センサをモニタできるようになります。これを実現するには、MFR_PWM_MODE₀[4] = 1_bに設定します(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)。前述の実装方法は次のとおりです。(1) LTM4675に限定すると、TSNS_{1a}とSGNDの間に10nFのX7Rコンデンサを直接、電氣的に接続します。(2) LTM4675のTSNS_{1a}ピンとSGNDピンから目的のPNPトランジスタまでの1対のトレースを差動で配線します。(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。

パワー段のデューティ・サイクルの読み出しは、 I^2C を介して遠隔測定することができます(READ_DUTY_CYCLE_nレジスタ)。チャンネルの入力電流読み出し計算値は、LTM4675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計算値は、LTM4675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29.56mAで、パワー段が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}の読み出しテレメトリは、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。

パワー段のスイッチ・ノードがSW_nピンに引き出されているので、機能動作のモニタに使用することや、抵抗とコンデンサのスナバ回路(GNDに終端)をオプションで実装して、EMIを低減することができます。

LTM4675は書き込み保護(WP)ピンを備えています。WPが開放状態またはロジック“H”の場合、 I^2C による書き込みは厳しく制限されます。サポートされているのは、PAGE、OPERATION、CLEAR_FAULTS、MFR_CLEAR_PEAKS、およびMFR_EE_UNLOCKの各コマンドに対する I^2C 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“1_b”を書き込むことによって個々のフォルト・ビットをクリアすることができます。レジスタの読み出しが制限されることはありません。LTM4675は、 I^2C によるレジスタの内容への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C: PMBusコマンドの詳細」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。

LTM4675は、可能な7ビットのスレーブ・アドレスをすべてサポートします。NVMの出荷時デフォルト・スレーブ・アドレスは0x4Fです。ASELピンとSGNDの間に抵抗を接続することにより、LTM4675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。詳細については、「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。ピッ

動作

ト[6:4]は、SLAVE_ADDRESS コマンドに記述することによって変更できます。SLAVE_ADDRESS コマンドの値はNVMに格納することができますが、SLAVE_ADDRESS の下位4ビットは、常にASELでの抵抗ピンストラップ設定によって指定します。

最大4個のLTM4675モジュール(8チャンネル)を並列接続可能であり、CPUやGPUなど、約70Aの負荷に電力を供給するのに適しています。(図31参照)。LTM4675は、LTM4620AまたはLTM4630のモジュールにも並列接続することができます(図32および図33参照)。

EEPROM

LTM4675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が0°Cより低いときやT_Jが85°Cを超えるときに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より高いときは、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、LTM4675の制御ICはすべてのEEPROM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の保持特性の低下は、次式を使って無次元の加速係数を計算することにより、近似することができます。

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

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。

EEPROMの完全性は、パワーオン・リセット後または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エラーが発生すると、STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドのMFRビットがセットされます。STATUS_MFR_SPECIFICコマンドのNVM CRCエラー・ビットがセットされ、ALERTピンおよびRUNピンは“L”になって、安全対策として出力をディスエーブルします。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でのみ応答するようになります。

CRC保護

EEPROMメモリの完全性はパワーオン・リセット後に確認されます。CRCエラーは、コントローラがオフ状態から脱することを防ぎます。CRCエラーが発生すると、STATUS_BYTEコマンドおよびSTATUS_WORDコマンド内のCMLビットがセットされ、STATUS_MFR_SPECIFICコマンド内の該当ビットがセットされて、ALERTピンが“L”になります。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。

動作

LTM4675のEEPROMの製造時セクションには、ミラー・コピーがあります。LTM4675には、EEPROM構成の2つの製造時セクションのいずれか一方の構成データが破壊された場合でも動作する能力を備えています。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

LTM4675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で動作することができます。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、LTM4675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、両方のチャンネルで実行されます。0x5Bはページ・コマンドに従います。アドレス0x5Aはページをサポートしないので、ページが指定された読み出しコマンドに使用することはできません。

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。すべ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コマンドのPEC_REQUIREDビットがセットされている場合、LTM4675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

LTM4675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、バス上にあるすべてのLTM4675デバイスのアドレスを指定するPMBus マスタの手段を提供します。LTM4675のグローバル・アドレスは0x5A (7ビット) または0xB4 (8ビット) に固定されており、ディスエーブルすることはできません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGEが0xFFという値に設定されている場合と同じように動作します。送信されたコマンドは両方のチャンネルに同時に書き込まれます。グローバル・コマンド0x5B (7ビット) または0xB6 (8ビット) はページ指定され、バス上にあるすべてのLTM4675デバイスのチャンネル固有コマンドが可能です。リニアテクノロジーのその他のデバイス・タイプは、これらのグローバル・アドレスの一方または両方で応答することがあります。したがって、グローバル・アドレスから読み出すことはしないでください。

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すべ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。複数のリニアテクノロジー・デバイスが応答できるので、レール・アドレスから読み出さないようにしてください。

デバイス・アドレス指定は、PMBus マスタがLTM4675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した場合、動作対象チャンネルはPAGEコマンドによって決まります。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ィスエーブルできます。

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LTM4675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。

動作

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、LTM4675はフォルト・インジケータの任意の組み合わせをそれぞれの $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンに割り当てることができます。それには、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ 応答伝播コマンドである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・デバイスのドライバ、過熱アラート、過電圧アラート、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 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを使用することもできます。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ ピンまたは $\overline{\text{GPIO}}_1$ ピン(あるいはその両方)は、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、このピンはトリステートです。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 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンに接続する必要があります(図2参照)。 $\overline{\text{GPIO}}$ 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。無視できない場合は、ラッチ・オフ状態が存在します。

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。 $\overline{\text{GPIO}}_n$ を使用して他のコントローラのRUNピンを駆動する場合は、フィルタを適用していない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。

SMBALERT_MASKコマンドによって $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをマスクしていない限り、フォルト・イベントまたは警告イベントがあると、 $\overline{\text{ALERT}}$ は“L”にアサートされます。このピンは“L”にアサートされたままです。これを解除するには、CLEAR_FAULTSコマンドを発行するか、フォルト・ビットを1に書き込むか、PMBusマスタがデバイスのARAレジスタを正常に読み込むか、バイアス電源を入れ直すか、MFR_RESETコマンドまたはRESTORE_USER_ALLコマンドを発行します。チャンネル固有のフォルトは、RUNピンのオン/オフを切り替えるか、デバイスのオン/オフをPMBusを介して指示するとクリアされます。MFR_CONFIG_ALLのビット0を1に設定した場合は、RUNピンのオン/オフを切り替えるか、デバイスのオン/オフをPMBusを介して指示すると、すべ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”になるかどうかは、MFR_GPIO_PROPAGATE_nコマンドによって決まります。ただし、SMBALERT_MASKコマンドを使用して $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをマスクしていない限り、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、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンは必ず“L”になります。

出力および入力のフォルト・イベント処理は、表24～表28に指定されているように、対応するフォルト応答バイトによって制御されます。これらの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ます。これにより、電源の入れ直しが繰り返されることによるレギュレータ部品の損傷を防止します。MFR_RETRY_DELAYの値は120msより大きくする必要があります。この値が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構成され、バスで接続された $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンは“L”になります。それ以外のチャンネルは、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンが“L”になるとシャットダウンするように構成されます。自律的グループのリトライでは、リトライ・インターバルの経過後、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、グループ内のすべてのチャンネルがソフトスタート・シーケンスを開始します。フォルト応答がLATCH_OFFの場合、RUNピンのオン/オフが切り替えられるか、デバイスのオン/オフが指示されるまで、 $\overline{\text{GPIO}}$ ピンは“L”にアサートされたままになります。RUNピンの状態を

動作

直接切り替えるか、またはオン/オフ指示によって切り替えると、チャンネル関連のフォルトはクリアされます。一方のRUNピンが切り替えられたらすべ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にセットします。

すべ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コマンドにより、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の公称待ち時間が存在することがあります。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}を超えると、ALERTピンは“L”になり、STATUS_INPUTレジスタのI_{IN_OC_WARN}ビットがアサートされます。

LTM4675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にリトライを繰り返す機能(ヒカッパ)があります。リトライ・インターバルはMFR_RETRY_DELAY_nで設定され、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。このような場合には、PMBus VOUT_OV_FAULT_RESPONSE_nコマンドのバイト値に関係なく、過電圧状態が解消されるまで上側MOSFETはオフになり、下側MOSFETは

オンになります。過電圧状態からBGが“H”にアサートされるまでのこのハードウェア・レベルのフォルト応答遅延時間は、標準で2μsです。VOUT_OV_FAULT_RESPONSE_nコマンドを使用することにより、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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

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24を参照してください。

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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

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25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、インダクタのピーク電流は、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によって動作します。DCRによる検出を使用するので、COMP_{na}の最大電圧には、インダクタのDCRの温度係数に直接比例する温度依存性があります。LTM4675は、パワー段の温度センサを自動的にモニタし、COMP_{na}の最大許容値を変更して、この項を補償します。

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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

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26を参照してください。

動作

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を中心とします。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの分解能は10μs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は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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

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、このフォルトを無視することを意味します。TON_MAX_FAULT_LIMIT_nは、TON_RISE_nの時間よりも長い時間に設定してください。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りず、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28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、ADCによって測定されます。したがって、その応答はADCの標準応答時間である最大100msまでに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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

表28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/警告に対する応答

内部温度センサは、EEPROMを損傷から保護します。85°Cを超える温度では、EEPROMに書き込まないことを推奨します。130°Cを超える温度では、内部過熱警告しきい値を超えているので、デバイスはEEPROMの書き込みをディスエーブルし、温度が125°Cに低下するまで再イネーブルしません。ダイ温度が160°Cを超えると、内部過熱フォルト応答がイネーブルされ、ダイ温度が150°Cより低くなるまでPWMはディスエーブル状態になります。温度はADCによって測定されます。内部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27を参照してください。

外部の過熱フォルトおよび低温フォルトに対する応答

LTM4675内部の2つの温度センサを使用して、パワー段の温度を検出します。OT_FAULT_RESPONSE_nコマンドおよびUT_FAULT_RESPONSE_nコマンドを使用して、過熱状態および低温状態に該当する応答をそれぞれ決定します。

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で指定した時間間隔による無期限のリトライ

表28を参照してください。

外部フォルトに対する応答

いずれかのGPIO_nピンが“L”になると、STATUS_WORDコマンドのOTHERビットがセットされ、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドの該当ビットがセットされて、ALERTピンが“L”になります。応答はデグリッチされません。各チャネルは、MFR_GPIO_RESPONSE_nコマンドを変更することにより、そのGPIO_nピンが“L”になるのに応じて、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。GPIOが“L”になったときにALERTピンを“L”にアサートしないようにするには、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ALERTをマスクします。

動作

フォルト・ログ

LTM4675にはフォルト・ログの機能があります。データは表30に示す順序でメモリに記録されます。フォルト・ログに保管されるデータは、内部の揮発性メモリに絶えず格納されます。フォルト・イベントが発生すると、内部の揮発性メモリへの記録が停止し、MFR_FAULT_LOGコマンドによってフォルト・ログ情報を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、ダイ温度が125°Cより低くなるまでフォルト・ログは遅延します。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たら、フォルト・ログ・データを消去する前にフォルトをクリアします。そうしないと、デバイスは直ちに別のフォルト・ログを発行します。

LTM4675は、電源投入時にEEPROMを検査して、有効なフォルト・ログがないか確認します。EEPROMに有効なフォルト・ログが存在する場合は、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドの「有効なフォルト・ログ」ビットがセットされ、ALERTイベントが生成されます。また、LTM4675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ディスエーブルするフォルトが発生した場合、情報がEEPROMに格納されます。GPIO_nを外部から“L”にしても、フォルト・ログ・イベントは作動しません。

バスのタイムアウト保護

シリアル・インタフェースのハングアップを防ぐために、LTM4675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・タイマはデバイス・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、LTM4675はバスをトリ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。より長い時間が必要な場合は、MFR_CONFIG_ALLのビット3をアサートして、標準のバス・タイムアウトである255msを許容します。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）、すべてのデータ・バイト、および該当する場合はPECバイトが含まれます。

LTM4675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t_{TIMEOUT_SMB}の規定値である32ms（標準）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すべ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。LTM4675は、PMBusの全周波数範囲である10kHz～400kHz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備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備の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、すべてVOUT_MODEに対する0x14の設定に基づいています。これは、2の-12乗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. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675のNVMの出荷時デフォルト値や属性	PAGE
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“H”およびマージン“L”。	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 ピンとオン/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。	82
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、表示どおりにページ指定、合計10バイト、NVMに格納される。	110
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値。	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

4675f

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675 の NVM の出荷時デフォルト値や属性	PAGE
VOUT_MAX _n	0x24	指定可能な出力電圧の上限。	ページ 0x00: 0x599A (5.600V) ページ 0x01: 0x599A (5.600V) 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“H”の出力電圧設定値。 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“L”の出力電圧設定値。 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。	0xCAAO (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、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。	90
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE _n	0x41	出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	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。	100
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のデバイスの動作。	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。	100
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)。	0xD3F3 (15.80A)、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のデバイスの動作。	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
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)。	0xD2B3 (10.80A)、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

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675のNVMの出荷時デフォルト値や属性	PAGE
OT_FAULT_RESPONSE _n	0x50	TSNS _{nA} を介して過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	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。	0xDA2E (17.44V)、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。	0xCAAE (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。	0xD220 (8.5A)、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のデバイスの動作。	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・コマンドの受信時に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
STATUS_BYTE _n	0x78	デバイスのフォルト状態の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	デバイスのフォルト状態の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

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675 の NVM の出荷時デフォルト値や属性	PAGE
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} で検出された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} で検出された温度の測定値。	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。	LTM4675、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)。読み出し専用、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
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

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675 の NVM の出荷時デフォルト値や属性	PAGE
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 駆動回路をアクティブ (0 _b) にするか非アクティブ (1 _b) にするかを設定する。ビット 3 は Stuck PMBus Timer Timeout をブロック読み出しの場合は 150ms で非ブロック読み出しの場合は 32ms にする (0 _b) か、またはすべての読み出しに対して 250ms にする (1 _b) かを設定する。 レジスタ名は LTpowerPlay では "MFR_CONFIG_ALL_LTM467X"。	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。	0xC1、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 は出力を高電圧範囲 (0 _b) にするか低電圧範囲 (1 _b) にするかを指定する。ビット 0 は出力を強制連続導通モード (1 _b) にするか不連続モード (0 _b) にするかを指定する。 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のデバイスの動作。	0xC0 (それぞれの出力のパワー段を高インピーダンス、つまりスリープ状態にする、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のデバイスの動作。	0xC0 (それぞれの出力のパワー段を高インピーダンス、つまりスリープ状態にする、フォルト解除時に自律的に再起動)、読み出し専用、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	高速の ADC 読み出しを繰り返す場合の ADC テレメトリパラメータ	0x00、読み出し/書き込み、非ページ指定、NVM に格納されない。 テレメトリ読み出しレートを公称の 10Hz ではなく最大 125Hz まで許可。	118
MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS	0xDA	短いループの間の 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・ループに関与する場合、最新のデジタル化テレメトリを示す 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・モードでのリトライ・インターバル。	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

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675 の NVM の出荷時デフォルト値や属性	PAGE
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。	117
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	すべ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	LTM4675 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、デバイスの 7 ビットのスレーブ・アドレスのユーザー設定可能な下位 3 ビットを表す。ビット [3:0] は ASEL での抵抗ピンストラップ設定によって指定される。このコマンドを 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る。	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。	0x47AX、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。	0x8BC9 (0.02956A)、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・ログの伝送を命令する。この命令によって、デバイスはチャンネルがフォルトによって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
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

PMBus コマンドの概要

表 1. サポート対象コマンドの要約

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	LTM4675 の NVM の出荷時デフォルト値や属性	PAGE
MFR_PWM_CONFIG_*	0xF5	チャンネル0および1の位相インターリーブ角、UVLOでのSHARE_CLK動作を設定し、完全差動アンプを使用して並列接続の出力チャンネルを安定化するための設定ビット。	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 の場合、チャンネル1の出力はV _{OSNS1} およびSGNDの帰還信号によって安定化される。ビット7が1 _b の場合、チャンネル1の出力はV _{OSNS0+} および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には、ビット7の設定を1 _b に限定する。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 (カスタム・デバイスでは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	-273.1°Cを基準にしてTSNS _{na} 温度センサの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	電源遮断不要の、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. LTM4675 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 の場合には非該当)

$R_{VOUTn}CFG^*$ (k Ω)	V_{OUTn} (V) の微調整されない設定値	MFR_PWM_MODE _n [1] ビット
開放	NVM	NVM
32.4	表3を参照	表3を参照
22.6	3.3	0
18.0	3.1	0
15.4	2.9	0
12.7	2.7	0
10.7	2.5	$V_{TRIMn} > 0mV$ の場合は0 $V_{TRIMn} \leq 0mV$ の場合は1
9.09	2.3	1
7.68	2.1	1
6.34	1.9	1
5.23	1.7	1
4.22	1.5	1
3.24	1.3	1
2.43	1.1	1
1.65	0.9	1
0.787	0.7	1
0	0.5	1

* $R_{VOUTn}CFG$ 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. (抵抗温度係数) 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、 SV_{IN} の電源投入時や MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行時に製品の全寿命期間にわたって毎期待どおりの結果が得られるように、このような影響はすべて考慮する必要がある。

表3. LTM4675 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 の場合には非該当)

$R_{VTRIMn}CFG^*$ (k Ω)	各 $R_{VOUTn}CFG \neq 32.4k\Omega$ のときの V_{OUTn} の設定値に対する V_{TRIM} (mV) の微調整値	$V_{OUTn}CFG$ ピンが $R_{CFG} = 32.4k\Omega$ を使用しているときの V_{OUTn} の出力電圧の設定値 (V)。	MFR_PWM_MODE _n [1] ビット
開放	0	NVM	$V_{OUT_OV_FAULT_LIMITn} > 2.75V$ の場合は0 $V_{OUT_OV_FAULT_LIMITn} \leq 2.75V$ の場合は1
32.4	99		
22.6	86.625		
18.0	74.25		
15.4	61.875		
12.7	49.5		
10.7	37.125	5.50	0
9.09	24.75	5.25	0
7.68	12.375	5.00	0
6.34	-12.375	4.75	0
5.23	-24.75	4.50	0
4.22	-37.125	4.25	0
3.24	-49.5	4.00	0
2.43	-61.875	3.75	0
1.65	-74.25	3.63	0
0.787	-86.625	3.50	0
0	-99	3.46	0

* $R_{VTRIMn}CFG$ 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. (抵抗温度係数) 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、 SV_{IN} の電源投入時や MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行時に製品の全寿命期間にわたって毎期待どおりの結果が得られるように、このような影響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. LTM4675 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 の場合には非該当)

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]
開放	NVM、LTM4675 デフォルト = 500	NVM、LTM4675 デフォルト = 0°	NVM、LTM4675 デフォルト = 180°	NVM、LTM4675 デフォルト = 000 _b	NVM、LTM4675 デフォルト = 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
9.09	1000	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	外部**	0°	240°	010 _b	1 _b
4.22	外部**	0°	120°	011 _b	1 _b
3.24	外部**	60°	240°	101 _b	1 _b
2.43	外部**	120°	300°	110 _b	1 _b
1.65	外部**	90°	270°	001 _b	1 _b
0.787	外部**	0°	180°	000 _b	1 _b
0	外部**	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. (抵抗温度係数) 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、S_{VIN} の電源投入時や MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行時に製品の全寿命期間にわたって毎周期待どりの結果が得られるように、このような影響はすべて考慮する必要がある。

** 「外部」設定値は、0x0000i に設定された FREQUENCY_SWITCH (コマンド 0x33) の値に相当する。デバイスは、そのスイッチング周波数を、SYNC ピンに供給されるクロックの周波数と同期させる。ただし、MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b が前提。

アプリケーション情報

表 5. LTM4675 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
開放	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: LTM4675 は、NVM 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. (抵抗温度係数) 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_{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、SV_{IN} の電源投入時や MFR_RESET または RESTORE_USER_ALL の実行時に製品の全寿命期間にわたって毎期待どおりの結果が得られるように、このような影響はすべて考慮する必要がある。

表 6. LTM4675 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)

概要	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									
レール ⁴	0x5A	0xB4	0	1	0	1	1	0	1	0	0
グローバル ⁴	0x5B	0xB6	0	1	0	1	1	0	1	1	0
デフォルト	0x4F	0x9E	0	1	0	0	1	1	1	1	0
例 1	0x40	0x80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
例 2	0x41	0x82	0	1	0	0	0	0	0	1	0
ディセーブル ^{2,3}			1	0	0	0	0	0	0	0	0

Note 1: この表は MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドには適用できるが、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セ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セ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: 0x00、0x0C (7 ビット)、0x5A (7 ビット)、0x5B (7 ビット)、または 0x7C (7 ビット) を MFR_RAIL_ADDRESS_n コマンドまたは MFR_ADDRESS コマンドに書き込むことは推奨しない。

アプリケーション情報

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。LTM4675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}とV_{OUT}の間の最小ドロップアウトは引き続き負荷電流の関数なので、上側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。

入力コンデンサ

LTM4675モジュールは低ACインピーダンスのDC電源に接続する必要があります。RMSリップル電流に対応するために、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・コンデンサを使用することができます。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電源の容量不足によって入力電源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、η%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

LTM4675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・コンデンサを使用することができます。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。4.5A/μsのトランジェント発生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20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20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

LTM4675には、高効率の不連続導通モードまたは強制連続導通モードという2つの動作モードがあります。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)。

アプリケーション情報

チャンネルが不連続モード動作にな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}) が下側 MOSFET (M_{Bn}) 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の場合よりも低くなります。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、デバイスの不連続導通動作を維持してください。

スイッチング周波数と位相

LTM4675 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を LTM4675 の内部回路によって生成することができるのは、外付けプルアップ抵抗を 3.3V (例えば、 V_{DD33}) に接続し、それと組み合わせて LTM4675 の制御 IC の FREQUENCY_SWITCH コマンドを次のいずれかのサポート対象値 (250kHz、350kHz、425kHz、500kHz、575kHz、650kHz、750kHz、1MHz) に設定した場合です (16 進数の値については表 8 を参照)。この構成では、モジュールは「同期マスタ」と呼ばれます。出荷時のデフォルト値である MFR_CONFIG_ALL[4]=0_b を使用すると、SYNC は双方向のオープン・ドレイン・ピンになり、LTM4675 は、所定のクロック・レートのとき、1 回に 500ns (公称) の間 SYNC をロジック“L”にします。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) LTM4675 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 LTM4675 だけを「同期マスタ」に設定し、その他の LTM4675 を「同期スレーブ」に設定する必要があります。

LTM4675 を「同期スレーブ」として設定する推奨の方法は、次のように 2 通りあります。

- 最も直接的なのは、その FREQUENCY_SWITCH コマンドを 0x0000 および MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b に設定する方法です。これは FSWPHCFG ピンでの抵抗ピンストラップ設定によって簡単に実装することができます (表 4 参照)。MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b を使用した場合、LTM4675 の SYNC ピンは高インピーダンス入力専用になります。つまり、SYNC は“L”になりません。モジュールは、その周波数を、SYNC ピンに入力されているクロックの周波数に同期させます。この方法の唯一の欠点は、クロックを外部から入力しない場合、モジュールのスイッチング周波数が、デフォルトで周波数同期キャプチャ範囲の下端 (約 225kHz) になることです。
- 外部入力の SYNC クロックがない場合の障害許容性が求められる場合は、「同期スレーブ」の FREQUENCY_SWITCH コマンドをアプリケーションの公称の目標スイッチング周波数のままにして、0x0000 に設定しないことができます (表 7 参照)。ただし、この場合もやはり MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b を設定する必要があります。この設定を組み合わせると、LTM4675 の SYNC ピンは高インピーダンス入力になり、モジュールはその周波数を外部入力クロックの周波数に同期させます。ただし、外部入力クロックの周波数が目標周波数 (FREQUENCY_SWITCH) の約 1/2 を超えていることが前提です。SYNC クロックの入力がない場合、モジュールはその目標周波数で (無期限に) 動作することによって応答します。SYNC クロックが元に戻ると、モジュールは通常どおり、自動的に SYNC クロックに位相同期します。この方法の唯一の欠点は、前述の説明に従って EEPROM を設定する必要があることです。FSWPHCFG ピンでの抵抗ピンストラップ・オプション単独では、SYNC クロックがない場合の障害許容性を確保できないからです。

FREQUENCY_SWITCH 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、それはスイッチング動作が停止しているとき、つまり、モジュールの出力がオフのときだけです。FREQUENCY_SWITCH コマンドは、 SV_{IN} の電源投入時に 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) に限り、FSWPHCFG ピンと SGND の間に適用された抵抗ピンストラップに従って変更されます。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。

アプリケーション情報

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 $360^\circ/n$ 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 の立ち下がりがエッジに相当する 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、それはスイッチング動作が停止しているとき、つまり、モジュールの出力がオフのときだけです。MFR_PWM_CONFIG コマンドは、SV_{IN} の電源投入時に 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) に限り、FSWPHCFG ピンと SGND の間に適用された抵抗ピンストラップに従って変更されます。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] 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。)

LTM4675 が同期スレーブとして設定されている場合は、プルアップ抵抗を使用せずに、電流制限された電流源 (10mA 未満) により、外部回路で 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} の電源投入時には、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、LTM4675 の推奨スイッチング周波数を表7に示します。LTM4675 の2つのチャンネルが、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。) たとえば、LTM4675 のチャンネル0で12VのV_{IN}から1VのV_{OUT}への降圧を、チャンネル1で12VのV_{IN}から3.3VのV_{OUT}への降圧を必要とするアプリケーションを検討すると、表7から、推奨スイッチング周波数はそれぞれ350kHzと650kHzになります。ただし、LTM4675 のスイッチング周波数の設定値は両方のチャンネルで共通です。上記の説明により、インダクタのリップル電流を適度な大きさに保つためには650kHzでの動作が適しています。ただし、650kHzでの12VのV_{IN}から1VのV_{OUT}へのオン時間がわずかに128nsであることが分かります。これは最低限度の値です。したがって、この特別な例では、推奨スイッチング周波数は575kHzになります。

表7. さまざまな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

	V _{IN} :5V	V _{IN} :8V~12V
V _{OUT} :0.9V	425kHz	425kHz
V _{OUT} :1.0V	500kHz	500kHz
V _{OUT} :1.2V	500kHz	575kHz
V _{OUT} :1.5V	575kHz	650kHz
V _{OUT} :1.8V	650kHz	750kHz
V _{OUT} :2.5V	650kHz	1MHz
V _{OUT} :3.3V	650kHz	1MHz
V _{OUT} :5.0V	非該当	1MHz

LTM4675 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テレメトリの計算に使用されます。MFR_IIN_OFFSET_n の推奨設定値は、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)。

アプリケーション情報

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	20.26	0x8A98
350	0xFA9C	23.98	0x8B12
425	0xFB52	26.77	0x8B6D
500	0xFBE8	29.56	0x8BC9
575	0x023F	32.35	0x9212
650	0x028A	35.14	0x9240
750	0x02EE	38.86	0x927D
1000	0x03E8	48.16	0x9315
外部クロックへの同期、f _{SYNC}	0x0000	0.372 • f _{SYNC} + 10.96	*

*「付録 C: PMBus コマンドの詳細」の 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、LTM4675 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。

LTM4675 の最小オン時間は 90ns (公称) で、ガードバンドは 130ns までです。

可変遅延時間、ソフトスタート、出力電圧ランプ

LTM4675 は、ソフトスタートの前に動作状態に移行している必要があります。デバイスの初期化が完了し、 SV_{IN} が V_{IN_ON} しいき値を超えると、 RUN_n ピンが解放されます。アプリケーションで複数の LTM4675 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 V_{IN_ON} しいき値を超えるまで、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 LTM4675 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。LTM4675 は必要な計算を内部で実行して、電圧ランプを確実に目的の勾配に制御します。ただし、パワー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 $TON_RISE_n/0.1ms$ 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、LTM4675 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、下側 MOSFET (MB_n) が直ちにオフします。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。

LTM4675 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、すべてのタイミング・パラメータが同じでなければなりません。

アプリケーション情報

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)

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

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。連続イベントによる起動では、異なるコントローラの \overline{GPIO}_n ピンを使って、RUNピンを制御できます(図2参照)。 \overline{GPIO}_n ピンは、コンバータの出力電圧が $VOUT_UV_FAULT_LIMIT_n$ 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{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、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 μ sの小さなデジタル・フィルタが \overline{GPIO}_n ピンを内部で

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{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 μ s~500 μ s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、LTM4675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(電圧範囲ビット、MFR_PWM_MODE_n[1]に応じて公称1.375mVまたは0.6875mV)刻みで電圧を調整します。電源投入時、このモードは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)。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 $VOUT_UV_FAULT_LIMIT_n$ 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。これと同じ時点に、出力は不連続モードから、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 $VOUT_n$ の波形の詳細については、図3を参照してください。

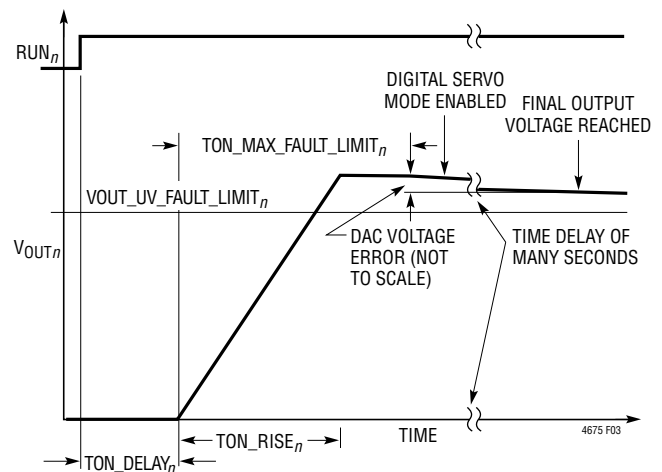


図3. タイミング制御された $VOUT$ の立ち上がり

アプリケーション情報

TON_MAX_FAULT_LIMIT_nに0より大きい値が設定され、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. TON_MAX_FAULT_LIMIT_nの時間の経過後、
および
3. VOUT_UV_FAULT_LIMIT_nを超えるか、IOUT_OC_FAULT_LIMIT_nがアクティブでなくなった時点。

TON_MAX_FAULT_LIMIT_nに0より大きい値が設定され、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. 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。

ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ)

LTM4675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、GPIO_nが外部から“L”に引き下げられ、モジュールがこれに応答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。

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パワー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、パワー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、VOUT_n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、出力はパワー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。ランプのステップ数はTOFF_FALL_n/0.1msに等しくなります。したがって、TOFF_FALL_nの設定値を小さくするほど、より大きなギザギザがTOFF_FALL_nランプに現れます。

低電圧ロックアウト

LTM4675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、LTM4675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と初期化されません。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、LTM4675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、LTM4675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。LTM4675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

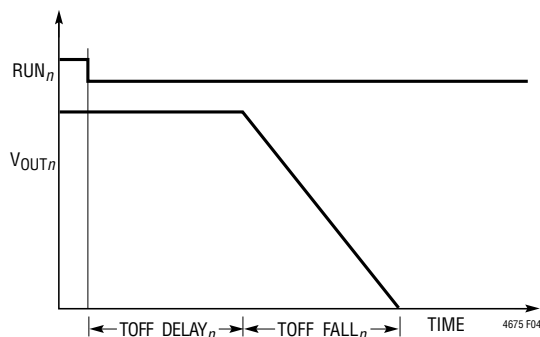


図4. TOFF_DELAY_nとTOFF_FALL_n

アプリケーション情報

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応答ようになります。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

LTM4675 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、 $\overline{\text{GPIO}}_n$ ピンを外部電流源によって“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 LTM4675 に知らせることも可能です。フォルト応答は、_RESPONSE という接尾文字列の付いた PMBus コマンド・コード名を介して設定可能であり、以下のオプションを設定することができます。

- 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 で指定した時間間隔による無期限のリトライ

詳細については、「付録 C」および PMBus 規格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。

LTM4675 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。

LTM4675 の内部温度が 85°C を超えているか 0°C 未満の場合、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、すべての NVM 通信がディスエーブルされ、ダイ温度が 125°C より低くなるまでその状態が続きます。ただし、RESTORE_USER_ALL コマンドは例外で、このコマンドは温度に関係なく有効です。

オープン・ドレイン・ピン

LTM4675 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になること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 $\overline{\text{ALERT}}$ ピン) 用に 3 個、システムの SMBus ホストが $\overline{\text{ALERT}}$ 割り込みを使用しない場合だけは 2 個。(これらの耐電圧は 5V です)。
- 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)。(これらの耐電圧は 5V です)。
- $\overline{\text{GPIO}}_0$ と $\overline{\text{GPIO}}_1$ にそれぞれ 1 個 (または、 $\overline{\text{GPIO}}_0$ と $\overline{\text{GPIO}}_1$ が電氣的に相互接続されている場合には、 $\overline{\text{GPIO}}_0$ と $\overline{\text{GPIO}}_1$ に 1 個だけ)。(これらの耐電圧は 3.3V です)。
- LTM4675 が、タイミング関連の動作や機能 (出力電圧のランプアップ・タイミング、電圧のマーゼ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 ハートビート・タイムベースを設定するのに必要な SHARE_CLK に 1 個。(SHARE_CLK の耐電圧は 3.3V です)。
- LTM4675 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位同期するために SYNC に 1 個。例外: アプリケーションによっては、LTM4675 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。これは、LTM4675 が SYNC にプルアップ抵抗を必要としない唯一の状況です。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、LTM4675 の SYNC ピンに入力する必要があります。FREQUENCY_SWITCH=0x0000 である場合は、RUN_n ピンがロジック“L”からロジック“H”に切り替わ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、LTM4675 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) から始まります。(SYNC の耐電圧は 3.3V です)。

アプリケーション情報

上記のピンは、いずれも0.4Vで3mAシンク電流を流すことができるプルダウン・トランジスタとモジュール内部で接続されています。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。

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

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ピンはプルダウン・トランジスタとモジュール内部で接続されており、モジュールの出力はスイッチング周期ごとに公称500nsの間“L”に保持されます。内部発振器が500kHzに設定され、負荷が100pFで、3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は次のようになります。

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

最も近い1%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

LTM4675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ピンの立ち下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の立ち下がりエッジの間の位相関係は、MFR_PWM_CONFIGコマンドの下位3ビットで制御されます。PolyPhaseアプリケーションでは、すべ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相システムでは信号間の位相差を180°に、4相システムでは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、内部フィルタ回路網を充放電する、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。立ち下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LTM4675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LTM4675間でSYNCピンを共用する場合、周波数出力に設定できるLTM4675は1つだけです。他のLTM4675は、すべて外部クロックに設定する必要があります(MFR_CONFIG_ALL[4]=1_b、または表4参照)。

アプリケーション情報

RCONFIGのピンストラップ(外付け抵抗設定ピン)

LTM4675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、およびアドレスを設定するときに、ユーザーによるデバイスのプログラミングを行わない場合、または特別にプログラムしたデバイスを購入しない場合は、RCONFIGピンを使用してこれらのパラメータを設定できます。ただし、MFR_CONFIG_ALL[6] = 0_bであることが前提です。RCONFIGピンに必要なのはLTM4675のSGNDに終端する抵抗だけです。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時(MFR_RESETまたはRESTORE_USER_ALL)だけです。したがって、デバイスへの通電後にたとえばDACを使用してこれらの値を変更しても、何の効果も得られません。正常動作を保証するため、LTM4675のピンストラップ・ピンに接続するRCONFIG抵抗の値は、製品の寿命を通して、表2～表5に示す目標公称値からのずれが±3%を超えないようにする必要があります。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]の設定に関係なく、ASELピンのピンストラップ抵抗によって指定されます。

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%
• VOUT_MARGIN_LO	-5%
• VOUT_UV_WARN	-6.5%
• VOUT_UV_FAULT_LIMIT	-7%

USBとI²C/SMBus/PMBusの間のコントローラのシステム内のLTM4675への接続

USBとI²C/SMBus/PMBusを接続するリニアテクノロジーのコントローラは、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、ユーザーの基板上的LTM4675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、LTM4675のEEPROMに格納できます。

アプリケーション情報

システム電源が存在するか否かに関係なく、リニアテクノロジーのI²C/SMBus/PMBusコントローラを介して、1個または複数のLTM4675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および図6に示します。システム電源が存在しない場合は、ドングルがV_{DD33}電源ピンを介してLTM4675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またはRESTORE_USER_ALLを発行して、PWMをイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

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、LTM4675、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LTM4675と共有しているデバイスでは、SDA/SCLピンとそれぞれの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}が存在するとき、ドングルはLTM4675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。

リニアテクノロジーのコントローラ/アダプタのI²C接続はPCのUSBから光絶縁されています。コントローラ/アダプタからの3.3V/3.4VとLTM4675のV_{DD33}ピンは、図5および図6に従って、別個のPFETやダイオードを使って各LTM4675を駆動する必要があります。SV_{IN}を印加していない場合に限り、V_{DD33}ピンを電氣的に並列にすることが許容されます。これはINTV_{CC}のLDOがオフしているからです。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、2Aのとき3.4V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、製品開発サイクルや製造サイクルのあらゆる段階でLTM4675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、LTM4675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LTM4675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ピンは必要なく、3ピン・ヘッダで十分です。LTM4675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LTM4675のRUNピンを“L”に保ちながらSV_{IN}を印加する手段により、LTM4675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。推奨のヘッダを表9および表10に示します。

アプリケーション情報

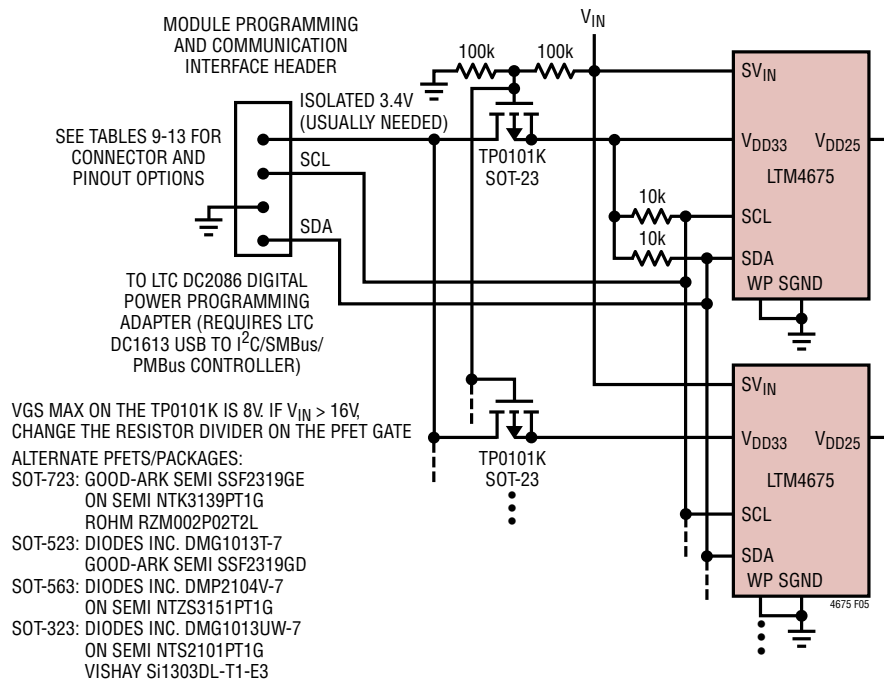


図5. V_{IN} 電源を失った場合でも、大規模システムに実装したLTM4675やその他のLTC PSM モジュール/ICのEEPROM/NVMをプログラミングするのに適した回路、0°C < T_J ≤ 85°C

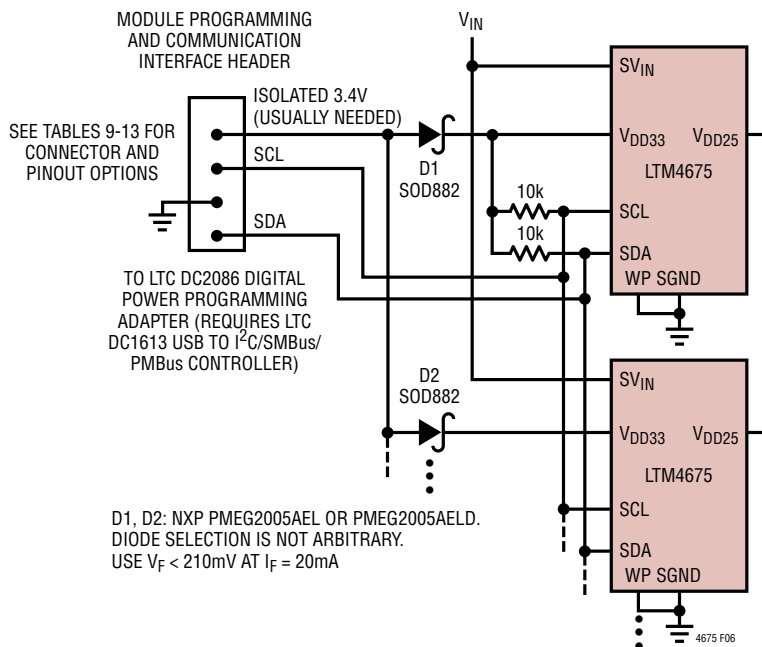


図6. V_{IN} 電源を失った場合でも、大規模システムに実装したLTM4675やその他のLTC PSM モジュール/ICのEEPROM/NVMをプログラミングするのに適した回路、T_A > 20°CかつT_J < 85°C

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、LTM4675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、DC2053(1個のLTM4675)、DC1811(1個のLTM4676A)、DC1989(2個、3個、4個のLTM4676)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、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・ドライバー式や資料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。

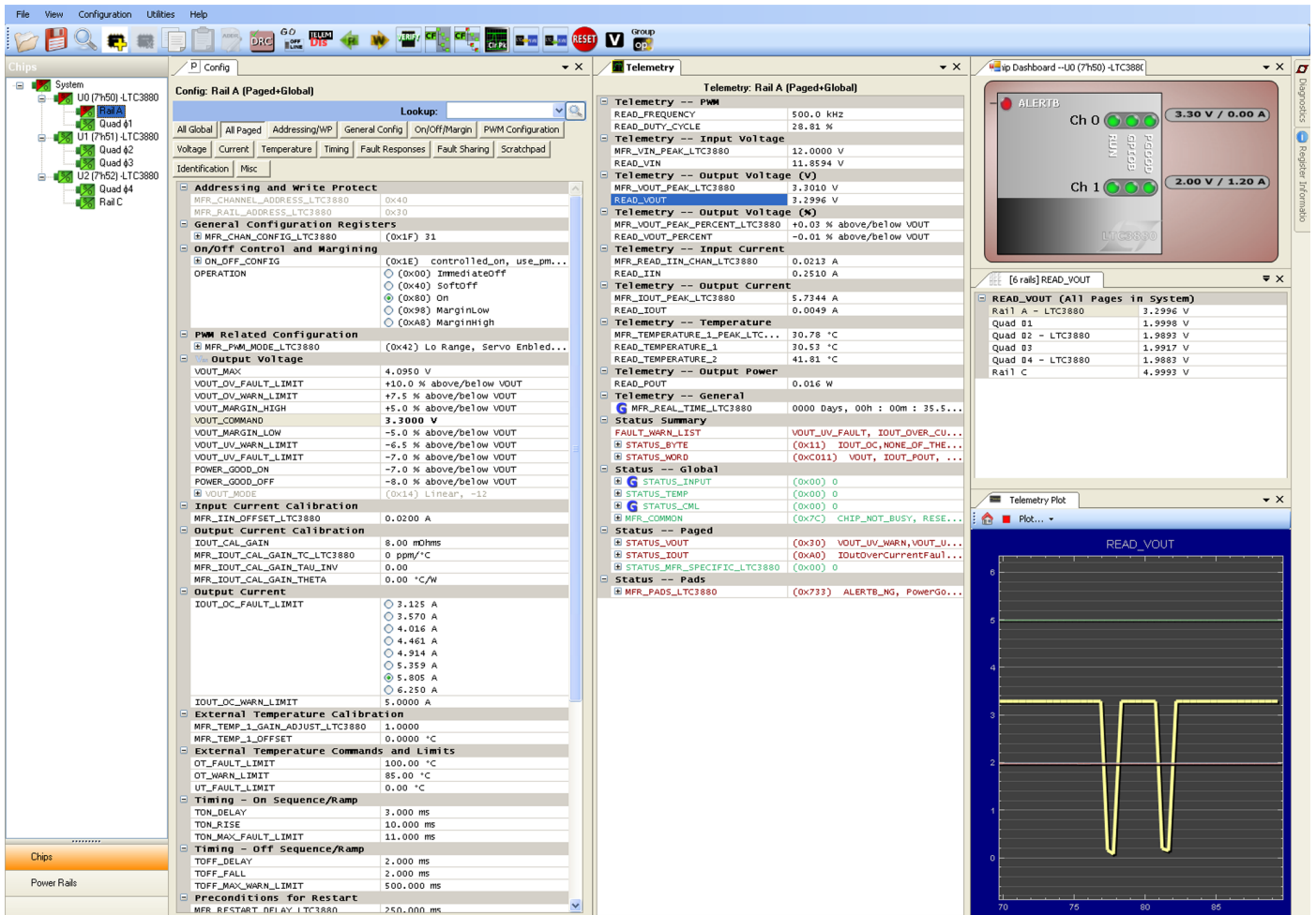


図 7. LTpowerPlay

アプリケーション情報

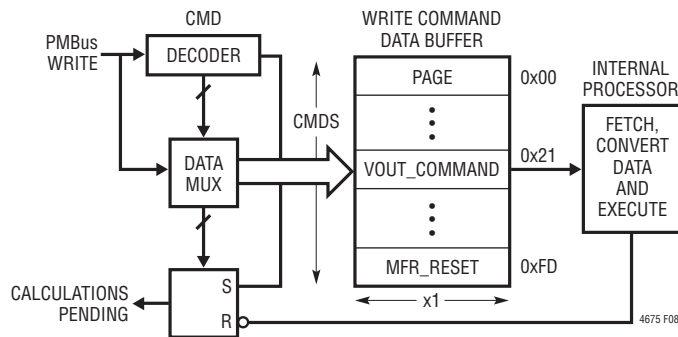


図8. 書き込みコマンドのデータ処理

PMBus通信とコマンド処理

LTM4675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。

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。デバイスがコマンドの処理でビジー状態になっているときに新しいコマンドが受信されると、その実行が遅れることや、受信の順番とは異なる順番で実行されることがあります。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」）によって知らせます。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の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、読み出しのためにすべて1 (0xFF)を返します。BUSYフォルトとALERT通知の生成、またはSCLクロックの“L”期間の長時間化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状態のとき、デバイスはMFR_COMMONのビット6（モジュールはビジーではない）をクリアします。特にVOUTが遷移状態（マージン“H”/“L”の切り替え、電源オフ/オン、新しい出力電圧設定値への移行など）にある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つのビットすべ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性はあります（たとえば、無効なコマンドやデータなど）。VOUT_COMMAND_nレジスタに対する堅牢なコマンド書き込みアルゴリズムの例を図9に示します。

```
// 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 R
```

図9. VOUT_COMMANDのコマンド書き込みの例

4675f

アプリケーション情報

すべてのコマンド書き込み(バイト書き込み、ワード書き込みなど)の前には、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、デバイスとの堅牢な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、正常に回復できるシステム・ソフトウェアが必要です。クロック・ストレッチでは、規定の400kHzを超える速度までPMBusの速度を向上させることはできません。

熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

このデータシートの「ピン配置」のセクションに記載されている熱抵抗はJESD51-12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 μ Module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 μ Module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、「静止空気」と呼ばれることがあります。この値は、JESD51-9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、パッケージの底面を通して流れ出す部品の全電力損失によって決まります。標準的な μ Moduleレギュレータでは、熱の大半がパッケージの底面から流出しますが、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、部品のほぼ全電力損失がパッケージの上面を通して流れ出す状態で決定されます。標準的な μ Moduleレギュレータの電氣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過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JESD51-9に記述されています。

上記の熱抵抗の概念図を図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過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。ヒートシンクと空気流がない場合には、当然、熱流の大部分は基板に流れます。

LTM4675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、LTM4675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空気流がある場合のLTM4675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イト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。

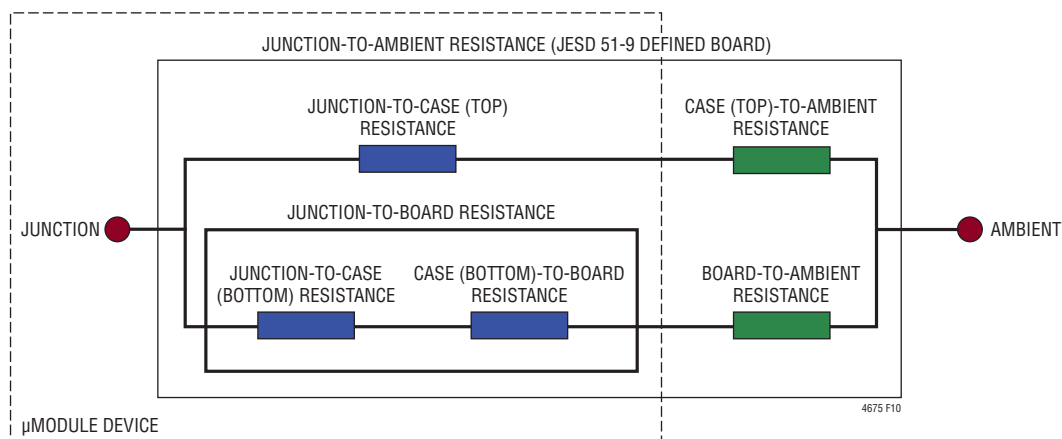


図10. JESD51-12の熱係数の図解

アプリケーション情報

図11、図12、図13の1V、1.8V、3.3V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、LTM4675の熱抵抗 θ_{JA} をさまざまなヒートシンク条件や空気流条件で概算することができます。これらの熱抵抗は、LTM4675の実証済みの性能をDC2053Aハードウェア上で表しています。寸法が99mm×133mm×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ますが、周囲温度に応じた係数で増加します。これらの近似係数を表14に示します。(中間の温度については、補間法によって係数を計算します。)デレレーティング曲線は、当初最大18Aを供給するLTM4675の並列接続出力と30°Cの周囲温度からプロットされます。出力電圧は1V、1.8V、および3.3Vです。これらの数値が選ばれたのは、低めおよび高めの出力電圧範囲を含むようにして、熱抵抗の相関をとるためです。熱モデルは、恒温槽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。デレレーティング曲線には、周囲温度の変化に応じた電力損失の増加が加味されます。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65°C、空気流が200LFM、ヒートシ

ンクなしの条件で負荷電流は約12Aにデレレーティングされ、入力12V、出力1V(12A)というこの条件で室温(25°C)での電力損失は約3.6Wになります。入力12V、出力1.8V(12A)の電力損失曲線(図12)から得られる室温での損失の約3.6Wと、周囲温度65°Cでの係数の1.125(表14)を掛け合わせるにより、4.05Wという損失が算出されます。120°Cの接合部温度から65°Cの周囲温度を差し引き、その差の55°Cを4.05Wで割ると、13.6°C/Wという熱抵抗 θ_{JA} が得られます。この値は表16とよく一致しています。表15、表16、および表17は、空気流とヒートシンクの有無を条件とした、1V出力、1.8V出力、および3.3V出力の等価熱抵抗を示しています。表15、表16、および表17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、表14の周囲温度係数で調整することができます。

表14. 電力損失の係数と周囲温度

周囲温度	電力損失の係数
40°Cまで	1.00
50°C	1.05
60°C	1.10
70°C	1.15
80°C	1.20
90°C	1.25
100°C	1.30
110°C	1.35
120°C	1.40

アプリケーション情報

表 15. 1.0V 出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W)
図 14、図 15	5, 12	図 11	0	なし	16.1
図 14、図 15	5, 12	図 11	200	なし	12.3
図 14、図 15	5, 12	図 11	400	なし	11.2
図 16、図 17	5, 12	図 11	0	BGA ヒートシンク	14.8
図 16、図 17	5, 12	図 11	200	BGA ヒートシンク	11.4
図 16、図 17	5, 12	図 11	400	BGA ヒートシンク	10.3

表 16. 1.8V 出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W)
図 18、図 19	5, 12	図 12	0	なし	16.4
図 18、図 19	5, 12	図 12	200	なし	13.4
図 18、図 19	5, 12	図 12	400	なし	12.3
図 20、図 21	5, 12	図 12	0	BGA ヒートシンク	15.4
図 20、図 21	5, 12	図 12	200	BGA ヒートシンク	12.6
図 20、図 21	5, 12	図 12	400	BGA ヒートシンク	11.4

表 17. 3.3V 出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W)
図 22、図 23	5, 12	図 13	0	なし	15.9
図 22、図 23	5, 12	図 13	200	なし	13.1
図 22、図 23	5, 12	図 13	400	なし	11.8
図 24、図 25	5, 12	図 13	0	BGA ヒートシンク	15.0
図 24、図 25	5, 12	図 13	200	BGA ヒートシンク	12.2
図 24、図 25	5, 12	図 13	400	BGA ヒートシンク	11.1

表 18. 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
Cool Innovations	3-050435UT411	www.coolinnovations.com

表 19. 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

LTM4675

アプリケーション情報

表 20. LTM4675 のチャンネル出力電圧応答と部品のマトリックス。負荷ステップ 4.5A (4.5A/μs) 標準測定値

COUTh のメーカー	製品番号	COUtl のメーカー	製品番号
AVX	12106D107MAT2A (100μF, 6.3V, ケース・サイズ: 1210)	Sanyo 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)	Sanyo 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)	Sanyo 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)	Sanyo POSCAP	6TPF470MAH (470μF, 6.3V, ESR: 10mΩ, ケース・サイズ: D4)

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 _{OUTn/CFG} から SGND へのピン・ストラップ抵抗 (表2) (kΩ)	V _{TRIMn/CFG} から SGND へのピン・ストラップ抵抗 (表3) (kΩ)	トランジェント時低下電圧 (0A ~ 4.5A) (mV)	ピーク・トゥ・ピーク偏差 (0A ~ 4.5A) (mV)	回復時間 (μs)
0.9	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	425	18.0	1.65	なし	37	76	45
0.9	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	425	18.0	1.65	なし	30	63	50
0.9	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	425	18.0	1.65	なし	37	76	45
0.9	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	425	18.0	1.65	なし	30	63	50
1	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	2.43	0	39	79	45
1	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	2.43	0	31	63	50
1	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	2.43	0	39	79	45
1	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	2.43	0	31	63	50
1.2	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	3.24	0	40	80	45
1.2	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	500	なし	3.24	0	32	64	50
1.2	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	575	15.4	3.24	0	40	80	45
1.2	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	575	15.4	3.24	0	32	64	50
1.5	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	575	15.4	4.22	なし	41	81	45
1.5	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	575	15.4	4.22	なし	32	65	50
1.5	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	4.22	なし	41	81	45
1.5	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	4.22	なし	32	65	50
1.8	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	6.34	0	41	82	45
1.8	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	6.34	0	32	65	50
1.8	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	750	10.7	6.34	0	41	82	45
1.8	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	750	10.7	6.34	0	32	65	50
2.5	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	10.7	なし	42	87	45
2.5	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	10.7	なし	32	65	50
2.5	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	1000	9.09	10.7	なし	42	87	45
2.5	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	1000	9.09	10.7	なし	32	65	50
3.3	5	テスト回路2	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	22.6	なし	70	147	50
3.3	5	テスト回路2	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	650	12.7	22.6	なし	54	104	60
3.3	12	テスト回路1	100μF×4	なし	はい、図60参照	非該当	非該当	1000	9.09	22.6	なし	70	147	50
3.3	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	1000	9.09	22.6	なし	54	105	60
5	12	テスト回路1	100μF×3	470μF	はい、図60参照	非該当	非該当	1000	9.09	32.4	7.68	56	113	60

* あらゆる条件において: C_{INH} 入力容量はチャンネル (V_{IN0}, V_{IN1}) あたり 10μF×2。V_{IN} の入力インピーダンスが非常に低い場合は、150μF の C_{INL} バルク入力容量はオプション。

アプリケーション情報—ディレーティング曲線

図35の12V入力、5V出力でのディレーティング曲線も参照してください。

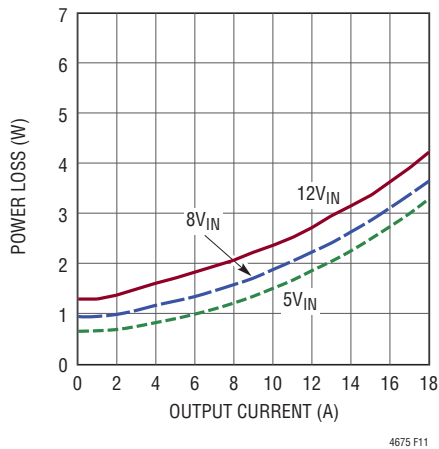


図11. 1V出力の電力損失曲線

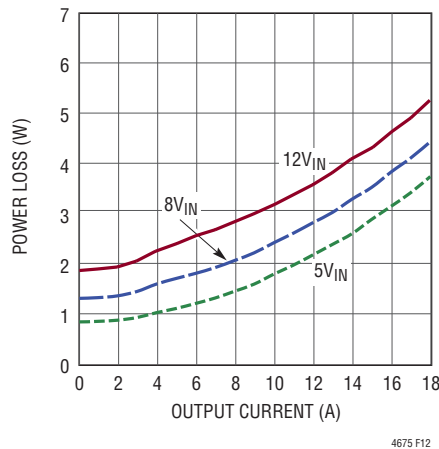


図12. 1.8V出力の電力損失曲線

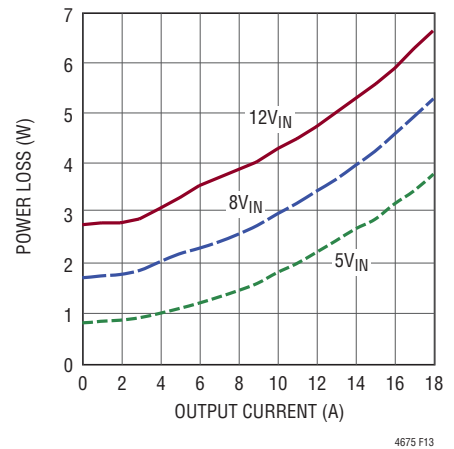


図13. 3.3V出力の電力損失曲線

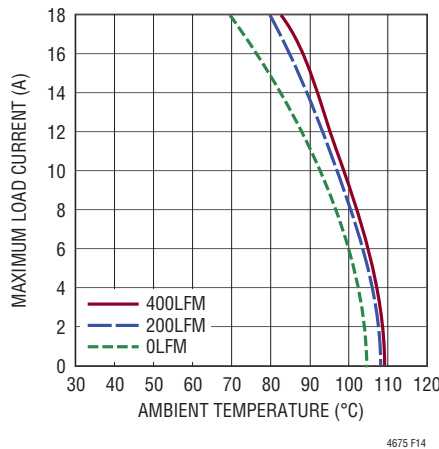


図14. 5V入力、1V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

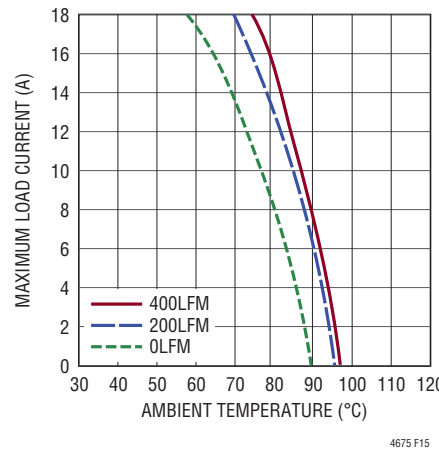


図15. 12V入力、1V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

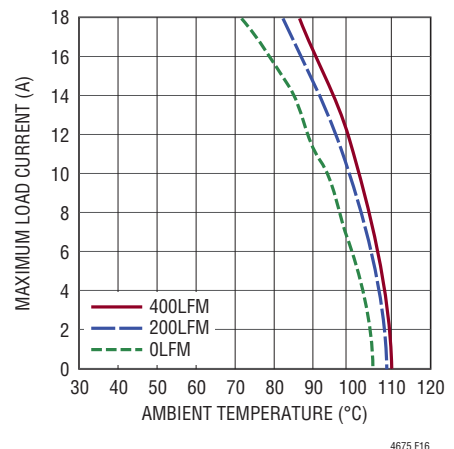


図16. 5V入力、1V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり

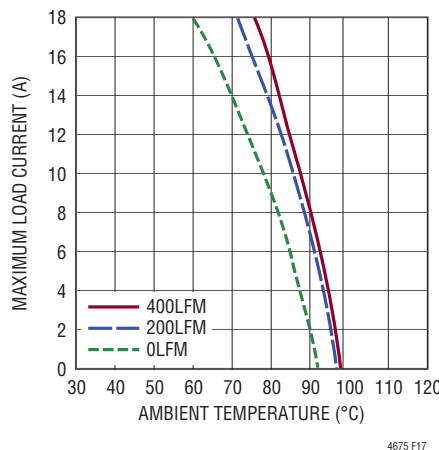


図17. 12V入力、1V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクあり

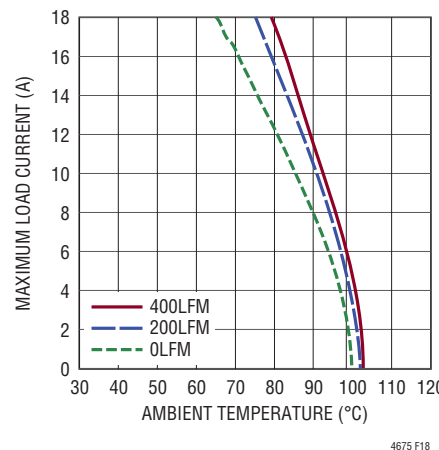


図18. 5V入力、1.8V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

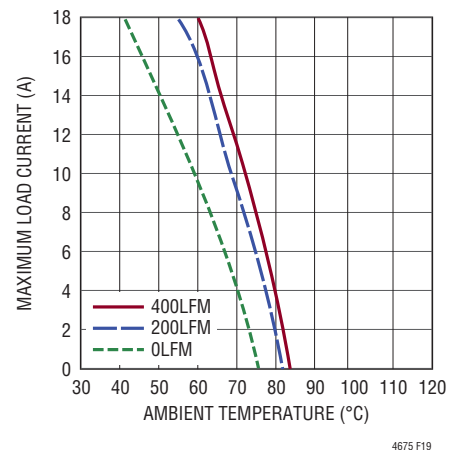
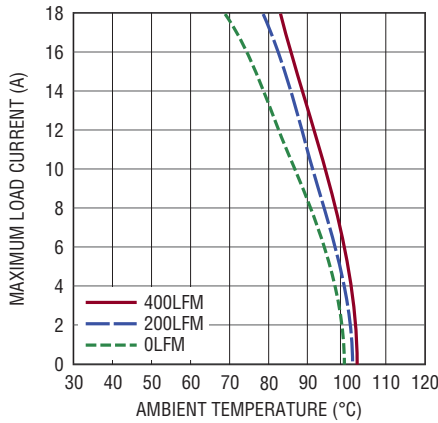


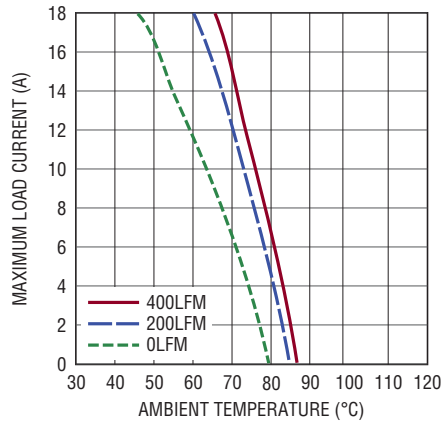
図19. 12V入力、1.8V出力のディレーティング曲線、ヒートシンクなし

アプリケーション情報—デレーティング曲線



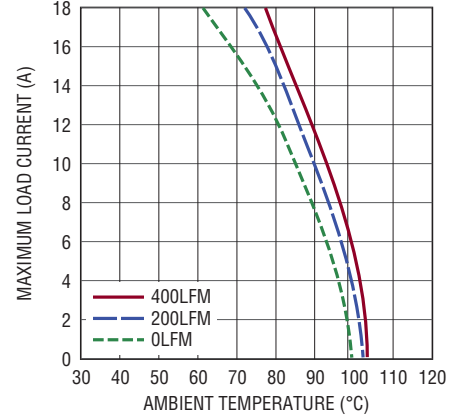
4675 F20

図 20. 5V 入力、1.8V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクあり



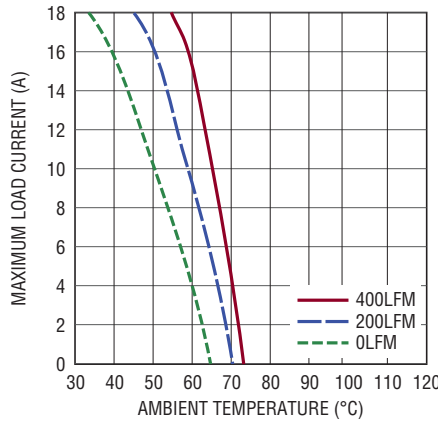
4675 F21

図 21. 12V 入力、1.8V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクあり



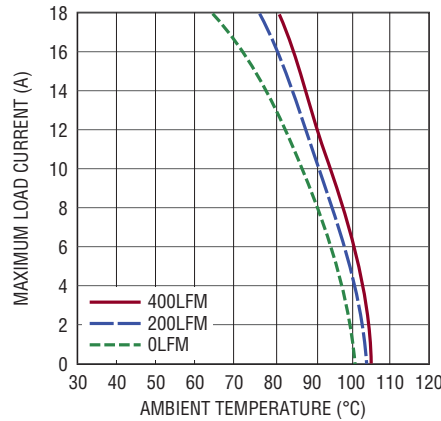
4675 F22

図 22. 5V 入力、3.3V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクなし



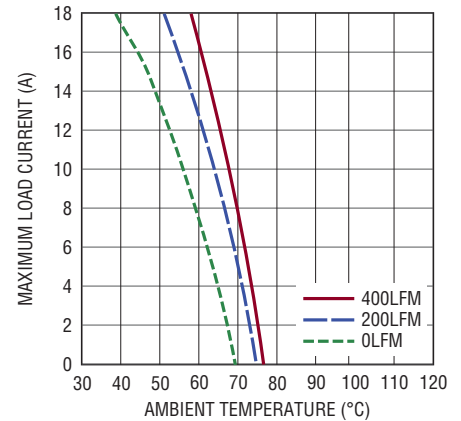
4675 F23

図 23. 12V 入力、3.3V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクなし



4675 F24

図 24. 5V 入力、3.3V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクあり



4675 F25

図 25. 12V 入力、3.3V 出力のデレーティング曲線、ヒートシンクあり

アプリケーション情報

EMI性能

SW_nピンは、LTM4675のパワー段にあるパワーMOSFETの中間点に接続されています。

SW_n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パワー段の入力(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。

安全性に関する検討事項

LTM4675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。

内蔵の上側MOSFETのフォルト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定してください。内蔵の上側MOSFETに障害が発生した場合、これをターンオフするだけでは過電圧は解消されません。このため、内蔵の下側MOSFETがオンし続けて負荷の保護を試みます。このようなフォルト条件では、障害が発生した内部の上側MOSFETとイネーブルされた内部の下側MOSFETを通して、入力電圧源からグラウンドにきわめて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

LTM4675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。

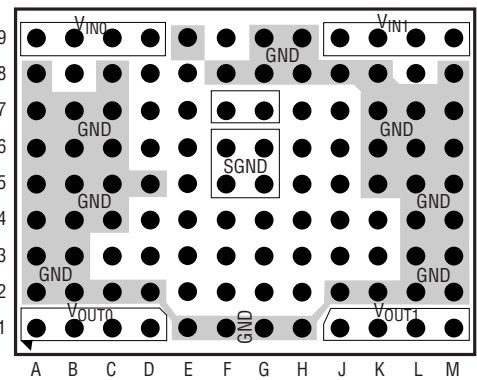
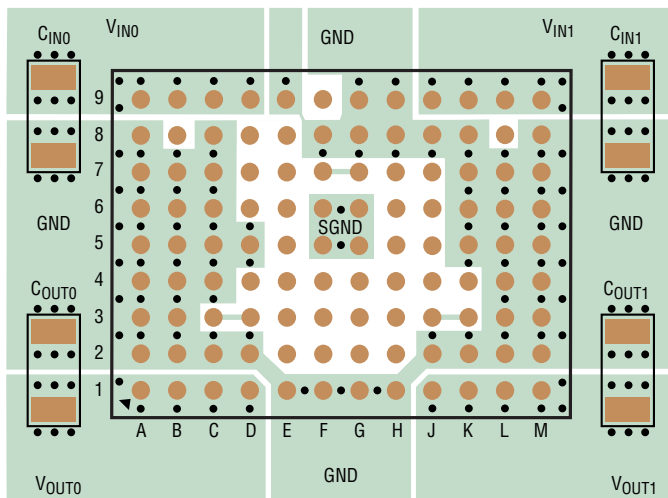
- V_{INn}、GNDおよびV_{OUTn}を含む大電流経路には大きなPCBの銅箔面積を使用します。PCBの導通損失と熱ストレスを最小に抑えるのに役立ちます。
- 入力と出力の高周波用セラミック・コンデンサをV_{INn}、GNDおよびV_{OUTn}の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小限に抑えます。
- モジュールの下に専用の電源グラウンド層を配置します。
- ビアの導通損失を最小に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ層と他の電源層の間の相互接続に複数のビアを使います。
- 充填ビアまたはメッキビアでない限り、パッドの上に直接ビアを置かないでください。

アプリケーション情報

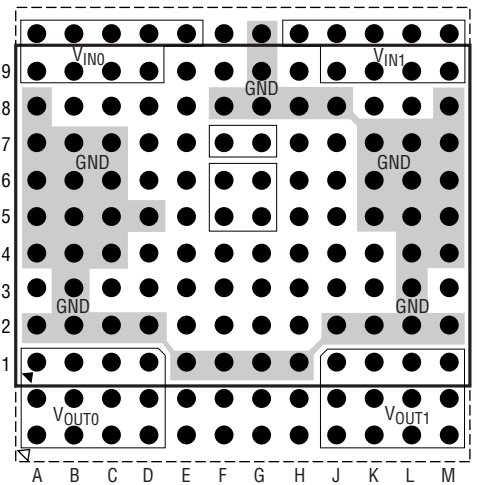
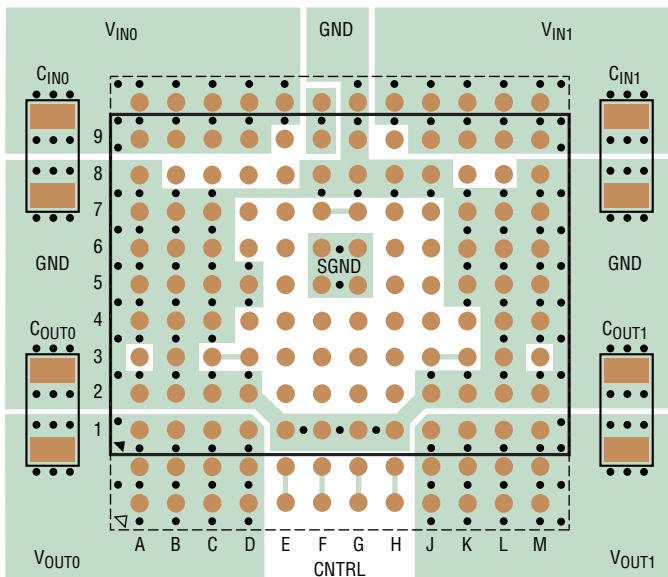
- 信号ピンに接続された部品には、別のSGND銅箔プレーンを使用します。SGNDはLTM4675の近くでGNDに接続してください。
- 並列モジュールの場合は、図31に示すように、 V_{OUTn} 、 V_{OSNS0+}/V_{OSNS-} や $V_{OSNS1}/SGND$ の電圧検出用差動ペア入力、 $RUNn$ 、 \overline{GPIO}_n 、 $COMP_{na}$ 、 $SYNC$ 、 $SHARE_CLK$ の各ピンを互いに接続します。

- 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。

LTM4675の推奨レイアウトの良い例を図26 (a)に示します。柔軟性を確保するため、LTM4675は、高さがあり、より大型のデュアル13A LTM4676/LTM4676A兄弟モジュールと差し込み式でピン互換です。これは、図26 (b)の推奨レイアウトで示すとおりです。



(a) LTM4675 の PCB レイアウトをパッケージ上面から見た図



(b) LTM4675、LTM4676、LTM4676Aのいずれかのモジュールを搭載するPCBレイアウト

4675 F26ab

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

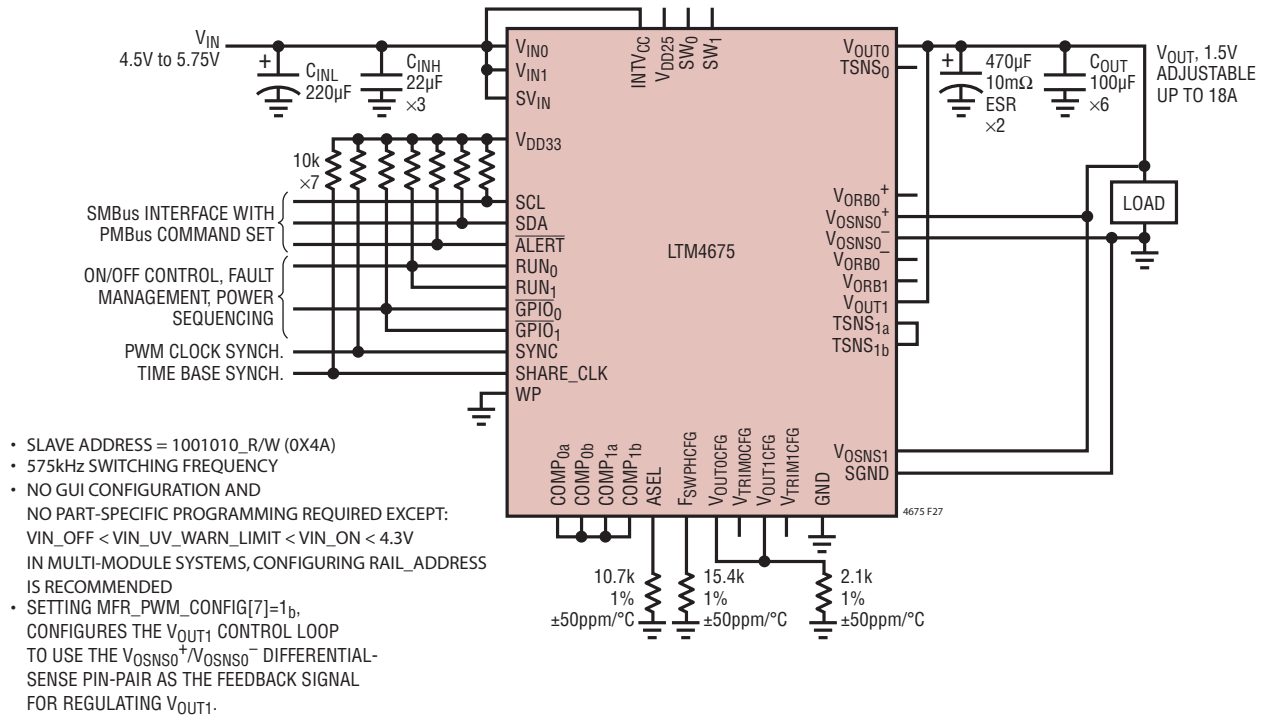
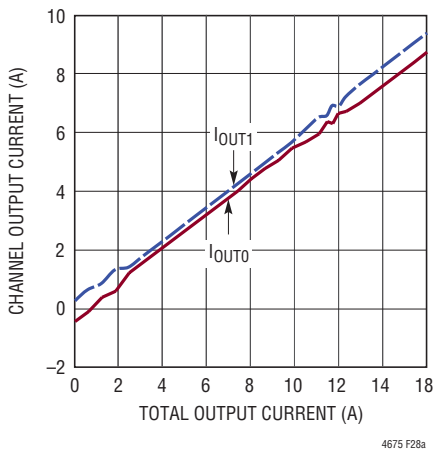
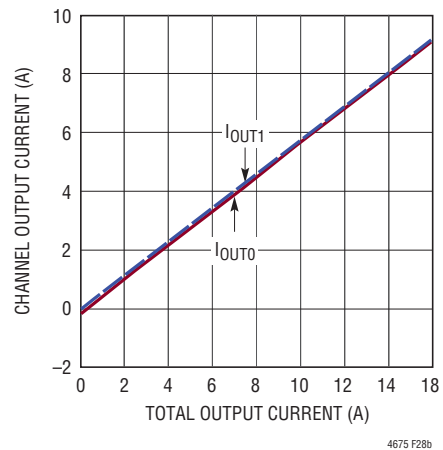


図 27. I²C/SMBus/PMBus シリアル・インタフェースを備えた 18A、1.5V 出力の DC/DC μ Module レギュレータ



(28a) 5V 入力、図 27 の回路



(28b) 12V 入力、図 27 の回路の INTV_{CC} を開放、V_{OUT} を 1V に指定した場合

図 28. LTM4675 のチャネルの電流分担性能

標準的応用例

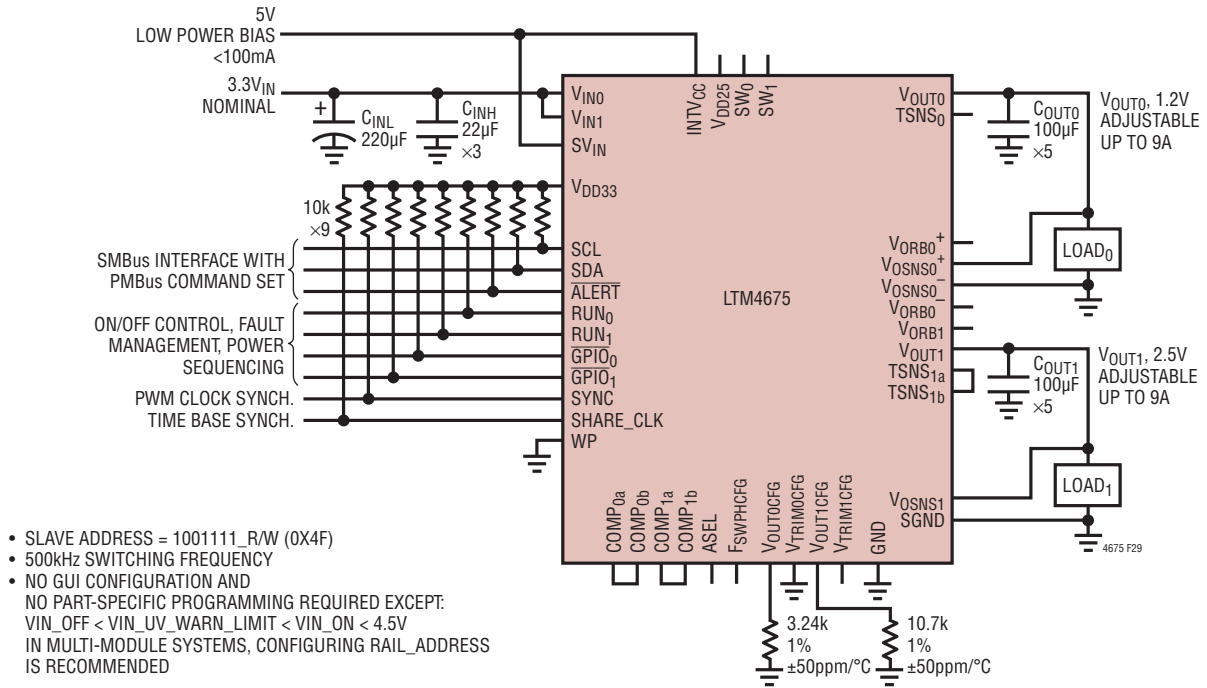
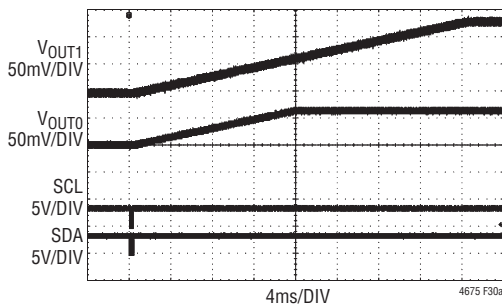
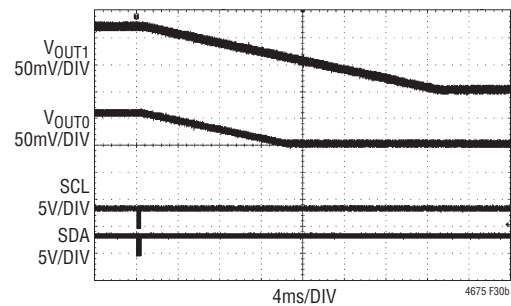


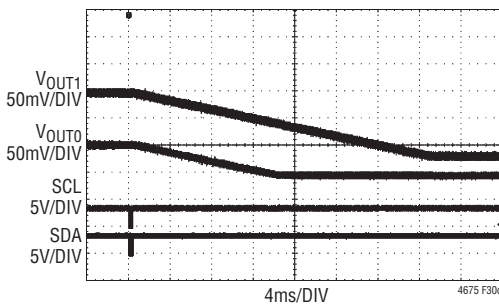
図29. 3.3V電源入力から9A、1.2Vおよび2.5V出力を生成し、I²C/SMBus/PMBusシリアル・インタフェースを実現



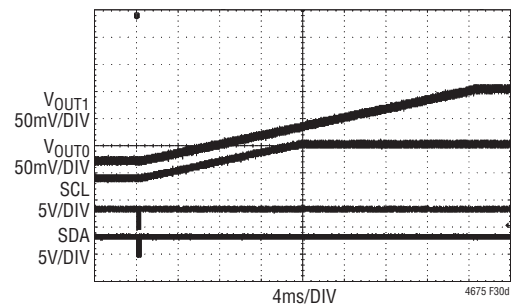
(30a) PMBus動作(レジスタ 0x01) : 0x80 → 0xA8 (マージン“H”)



(30b) PMBus動作(レジスタ 0x01) : 0xA8 → 0x80 (マージン・オフ)



(30c) PMBus動作(レジスタ 0x01) : 0x80 → 0x98 (マージン“L”)



(30d) PMBus動作(レジスタ 0x01) : 0x98 → 0x80 (マージン・オフ)

図30. 出力電圧のマージニング、図29の回路

標準的応用例

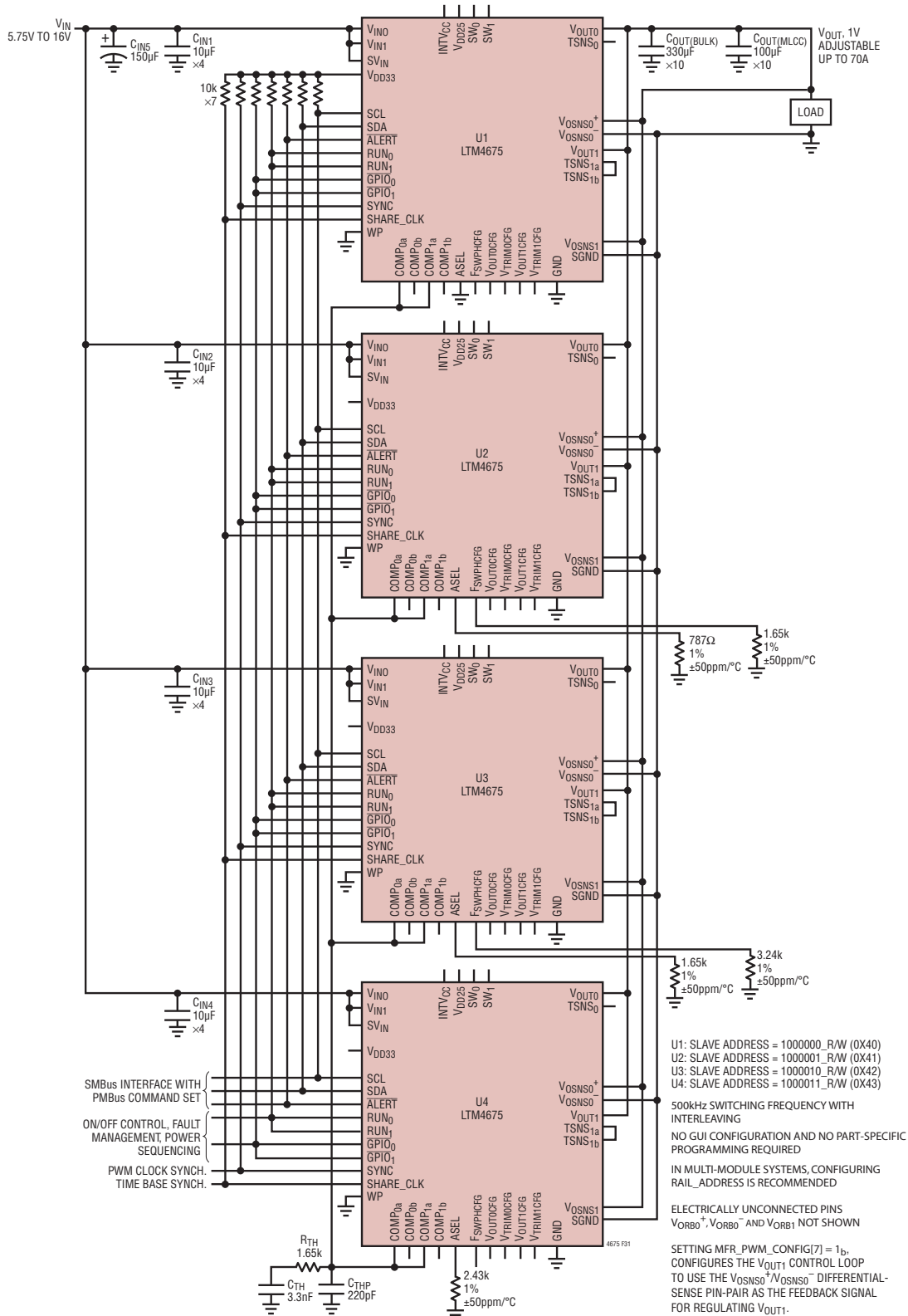
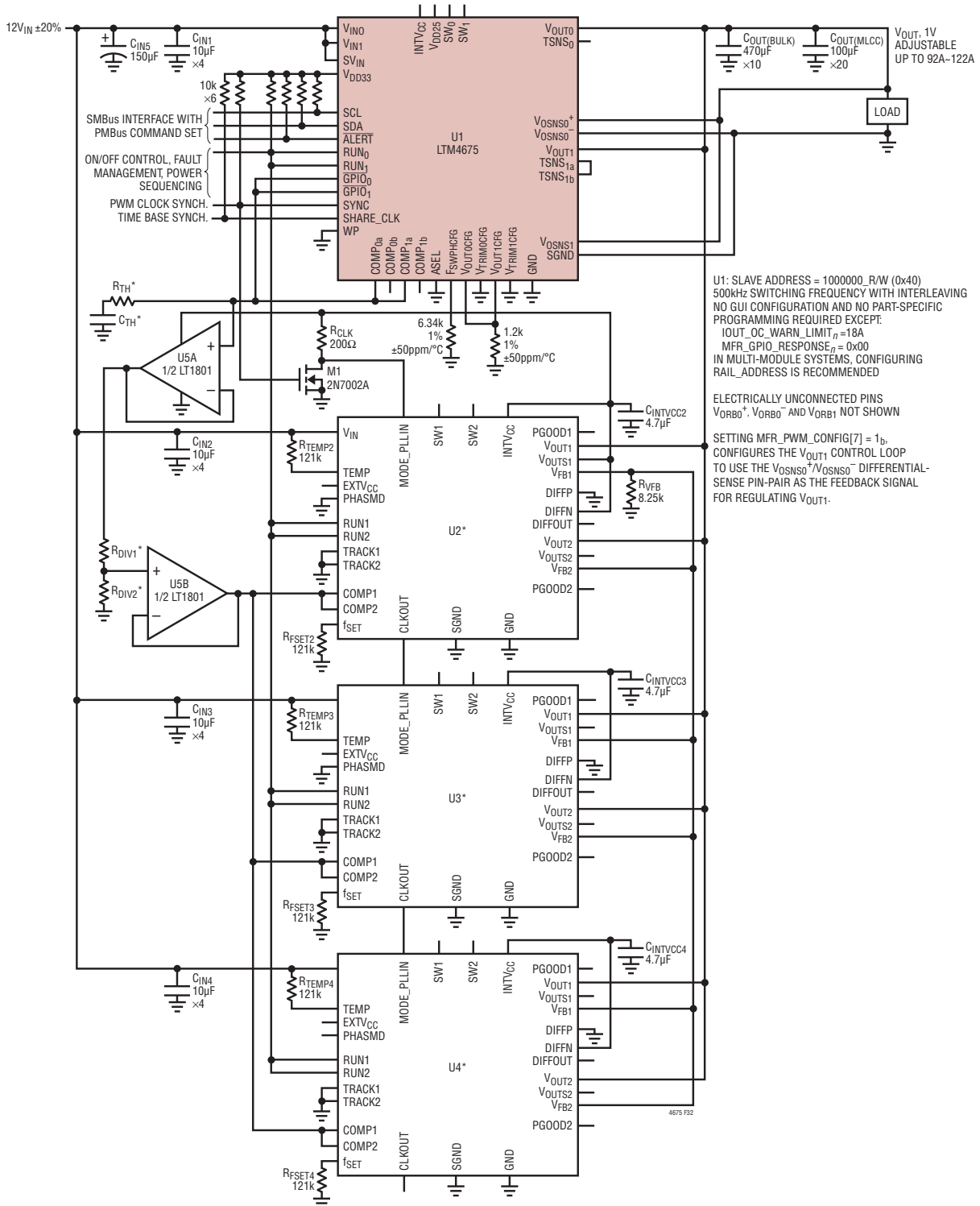


図 31. 最大 70A で 1V 出力を生成する並列接続された 4 個の LTM4675。2 線 I²C/SMBus/PMBus シリアル・インタフェースでアクセス可能なパワーシステム・マネージメント機能を搭載。DC1989A-C で評価、LTM4675 モジュールを個別仕様で満載

標準的応用例



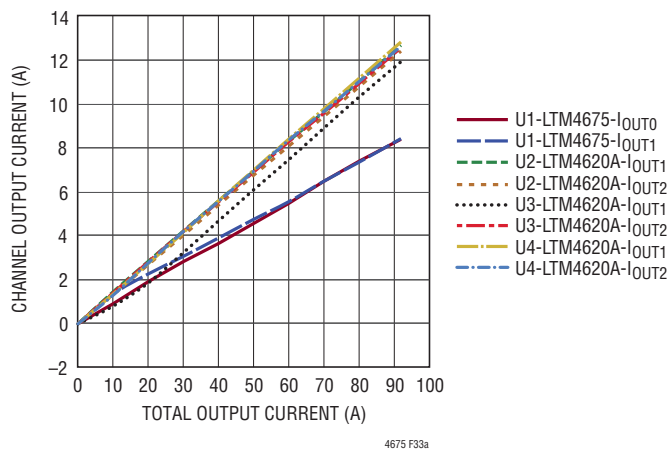
***STUFFING OPTIONS**

DEMO BOARD	OUTPUT CURRENT	U1	U2, U3, U4	R _{DIV1}	R _{DIV2}	R _{TH}	C _{TH}
DC2106A-A	UP TO 92A	LTM4675	LTM4620A	28k	90.9k	13.3k	4.7nF
DC2106A-B	UP TO 122A	LTM4675	LTM4630	23.2k	95.3k	8.87k	4.7nF

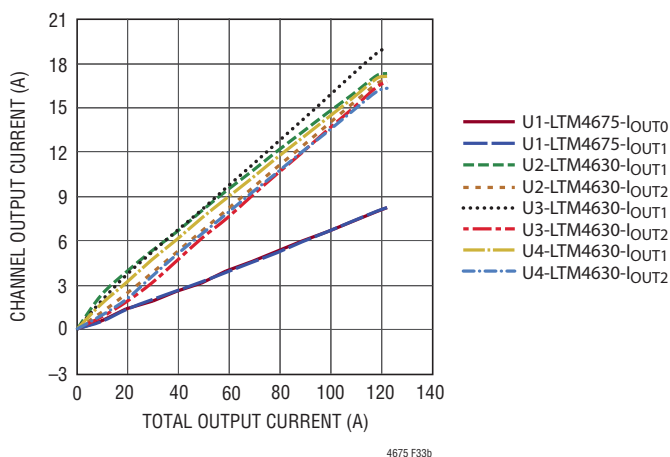
図32. 3個のLTM4620Aまたは3個のLTM4630と並列に動作する1個のLTM4675(デモボードDC2106A-A、DC2106A-Bを参照、U1にはLTM4675モジュールを個別仕様で実装)、最大92A~122Aのとき1Vを出力LTM4675を介してパワーシステム・マネージメント機能を利用可能。図33参照

4675f

標準的応用例



(33a) LTM4675を3個のLTM4620Aと並列接続した場合(最大出力92A)



(33b) LTM4675を3個のLTM4630と並列接続した場合(最大出力122A)

図33. 12V入力での図32の電流分担性能

標準的応用例

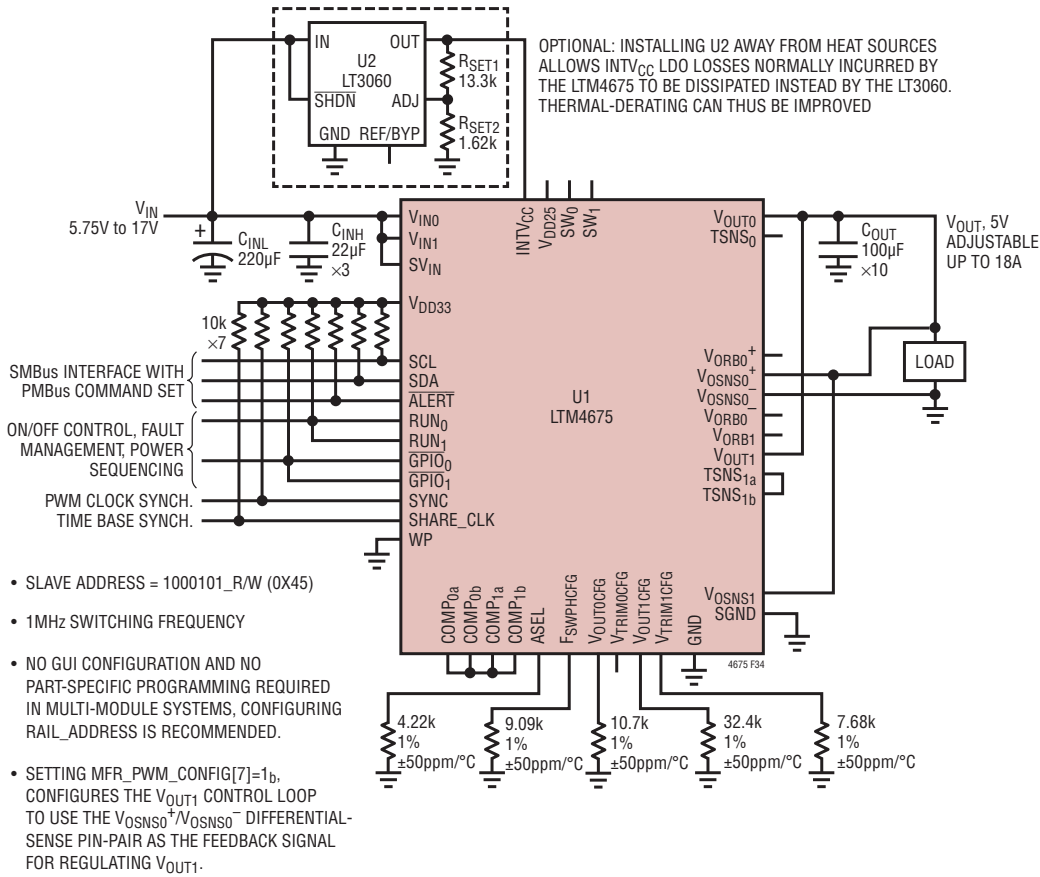


図34. シリアル・インタフェースを備えた18A/5V出力DC/DC μModuleレギュレータ

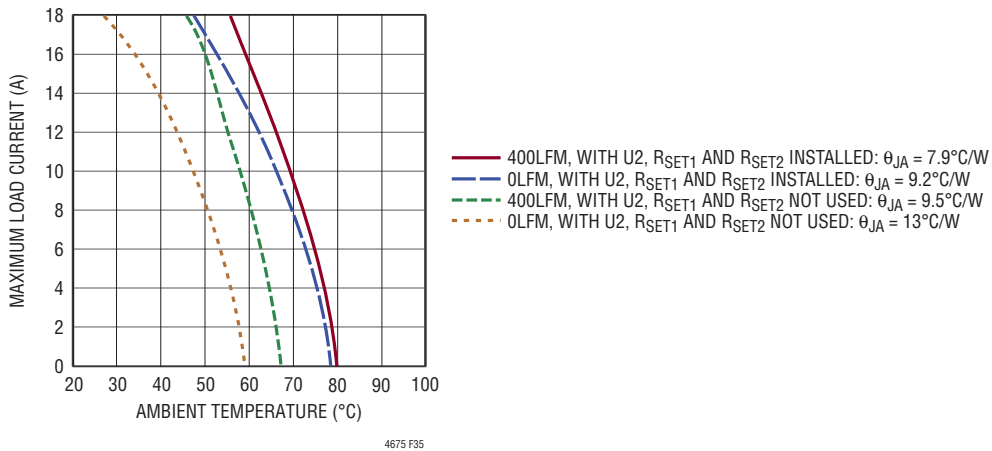


図35. DC2053、12V入力、ヒートシンクなしでテストした 図34の回路の出力ディレーティング曲線

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、バスの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通信に構成できるマスタ・デバイスは、ハードウェアまたはファームウェアにわずかな変更を加えるか、まったく変更することなくPMBus通信に使用できます。反復スタート(リスタート)は、すべての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。

リニアテクノロジーのデータシート(例えば、「付録C」参照)、アプリケーション・ノート、およびLTpowerPlay GUIで使用されるPMBusデータ形式の用語および略語を表21に示します。

表 21. データ形式の用語

PMBus用語	意味	用語の対象:仕様、GUI、アプリケーション・ノート	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	直接のメーカー個別仕様	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

LTM4675は、標準のPMBusシリアル・バス・インタフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス信号相互のタイミング関係をタイミング図(図36)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。

LTM4675はスレーブ・デバイスです。マスタは以下のフォーマットを使用してLTM4675と通信することができます。

- 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
- 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

前述したPMBusプロトコルを図38～図54に示します。すべてのトランザクションがPEC(パリティ・エラー・チェック)とGCP(グループ・コマンド・プロトコル)に対応しています。ブロック

読み出しは、戻り値のデータとして255バイトをサポートします。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37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。
- 複合形式。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。

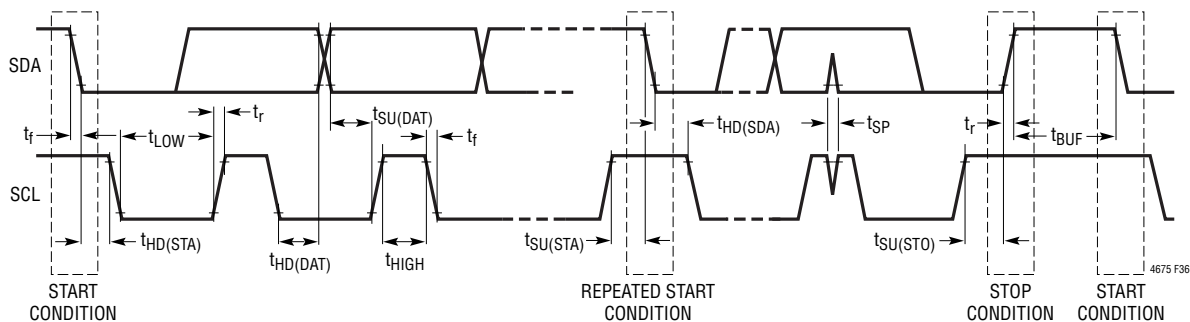
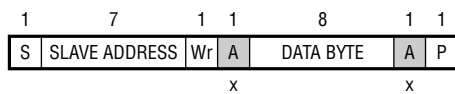


図36. タイミング図

付録B



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

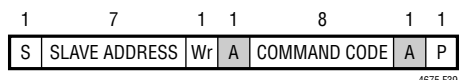
4675 F37

図 37. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



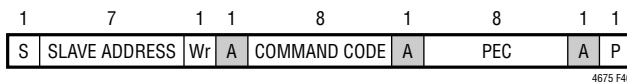
4675 F38

図 38. クイック・コマンド・プロトコル



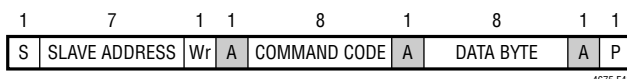
4675 F39

図 39. バイト送信プロトコル



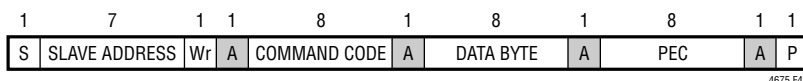
4675 F40

図 40. PEC 付きバイト送信プロトコル



4675 F41

図 41. バイト書き込みプロトコル



4675 F42

図 42. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

付録B

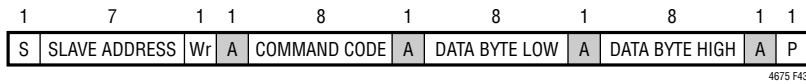


図 43. ワード書き込みプロトコル

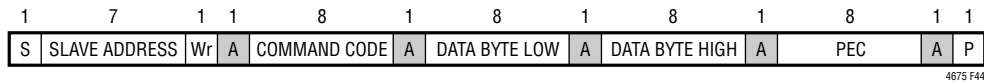


図 44. PEC 付きワード書き込みプロトコル

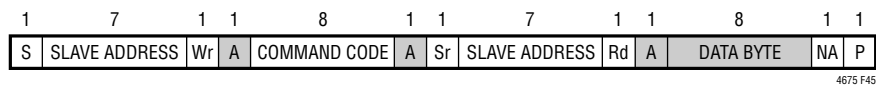


図 45. バイト読み出しプロトコル

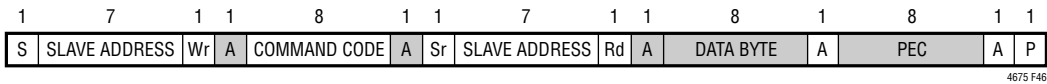


図 46. PEC 付きバイト読み出しプロトコル

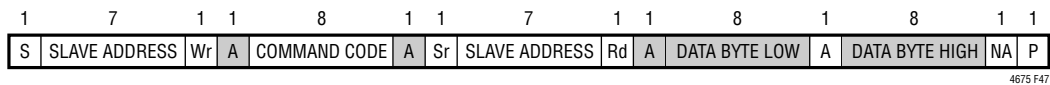


図 47. ワード読み出しプロトコル

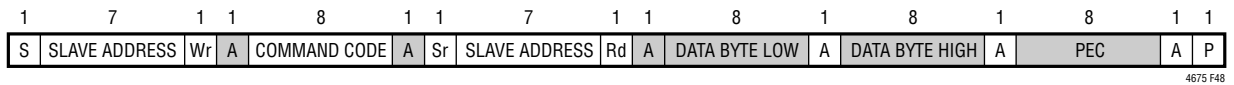


図 48. PEC 付きワード読み出しプロトコル

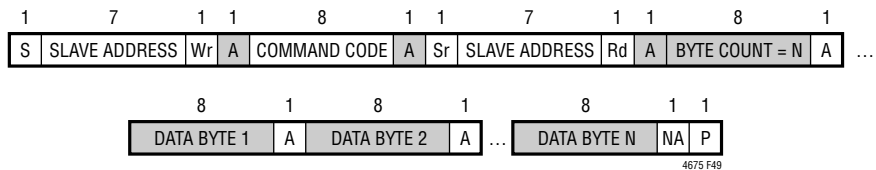


図 49. ブロック読み出しプロトコル

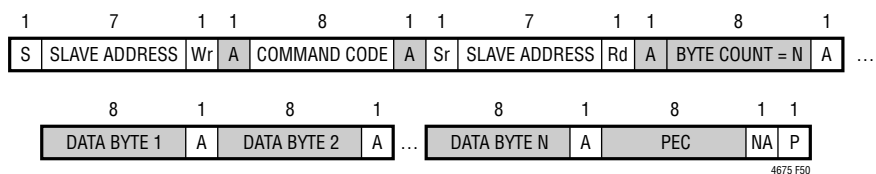


図 50. PEC 付きブロック読み出しプロトコル

付録B

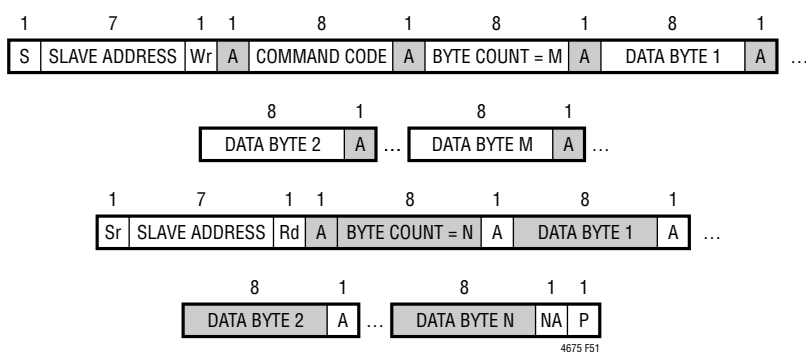


図51. ブロック書き込み - ブロック読み出しプロセス呼び出し

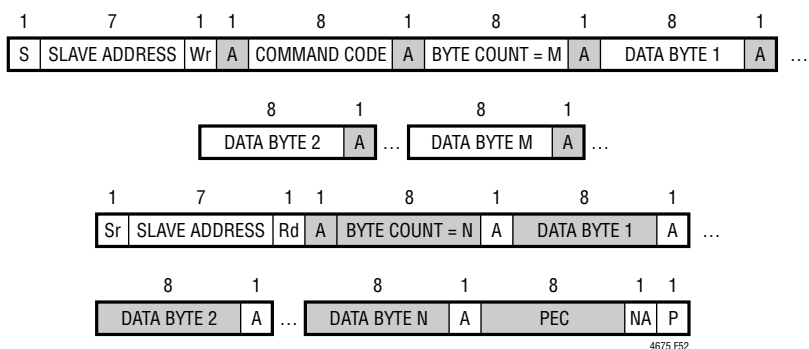


図52. ブロック書き込み - PEC 付きブロック読み出しプロセス呼び出し

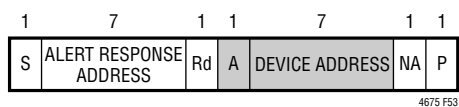


図53. アラート応答アドレス・プロトコル

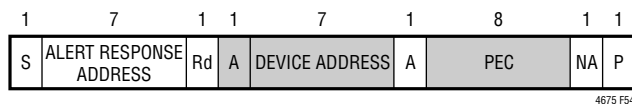


図54. PEC 付きアラート応答アドレス・プロトコル

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	概要	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	右そろえした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、右そろえした独自の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、LTM4675は、PAGEが0x00に設定されているかのように読み出しコマンドに応答します(チャンネル0の結果)。

このコマンドのデータは1バイトです。

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すべ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バイトのデータを持つコマンドを送信するPAGE_PLUS_WRITEコマンドとPECの一例を図55に示します。

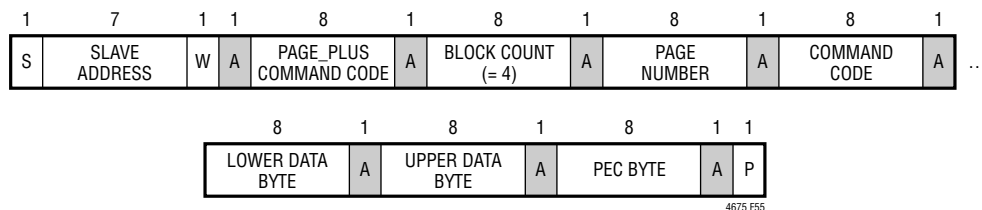


図55. PAGE_PLUS_WRITEの例

付録C:PMBus コマンドの詳細

PAGE_PLUS_READ

PAGE_PLUS_READ 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、その後コマンドによって返されるデータを1つの通信パケットですべて読み取る機能を提供します。

PAGE コマンドで保存された値は、PAGE_PLUS_READ による影響を受けません。PAGE_PLUS_READ を使用してページ設定以外のコマンドによりデータにアクセスする場合、Page Number バイトは無視されます。

このコマンドは Block Write – Block Read Process Call プロトコルを使用します。PAGE_PLUS_READ コマンドと PEC の一例を図 56 に示します。

注記：PAGE_PLUS コマンドをネストすることはできません。PAGE_PLUS コマンドは、別の PAGE_PLUS コマンドの読み取りまたは書き込みに使用することはできません。これを試行すると、LTM4675 は PAGE_PLUS パケット全体に NACK を返し、無効なデータ/サポートされていないデータに対して CML フォルトを出します。

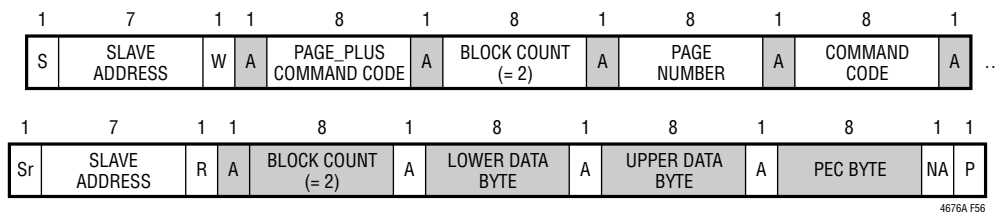


図 56. PAGE_PLUS_READ の例

WRITE_PROTECT

WRITE_PROTECT コマンドは、LTM4675 デバイスへの書き込みを制御するために使用します。このコマンドは、MFR_COMMON コマンド内で定義される WP ピンの状態を表示するものではありません。WRITE_PROTECT コマンドがより厳格でない限り、WP ピンの状態が、このコマンドの値よりも優先されます。

BYTE	意味
0x80	WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL コマンドに対する書き込みを除く、すべての書き込みをディスエーブルする。
0x40	WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、STORE_USER_ALL、OPERATION、CLEAR_FAULTS コマンドに対する書き込みを除く、すべての書き込みをディスエーブルする。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。
0x20	WRITE_PROTECT、OPERATION、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、CLEAR_FAULTS、PAGE、ON_OFF_CONFIG、VOUT_COMMAND、STORE_USER_ALL コマンドに対する書き込みを除く、すべての書き込みをディスエーブルする。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。
0x10	予備。0 にする必要がある。
0x08	予備。0 にする必要がある。
0x04	予備。0 にする必要がある。
0x02	予備。0 にする必要がある。
0x01	予備。0 にする必要がある。

WRITE_PROTECT を 0x00 に設定すると、すべてのコマンドに対する書き込みがイネーブルされます。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

付録C: PMBus コマンドの詳細

WP ピンが“H”の場合は、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ます。

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(MFR_CONFIG_ALL[6]=1_b)も、ASELピンはチャンネル・アドレスの下位ビットを決定するために引き続き使用されます。ASELピンを開放にした場合、LTM4675はEEPROMに格納されているMFR_ADDRESSの下位4ビットを使用します。0x5A、0x5B、0x0C、および0x7Cという値は推奨しません。

このコマンドのデータは1バイトです。

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すべ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、LTM4675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。

このコマンドのデータは1バイトです。

汎用構成レジスタ

コマンド名	CMDコード	概要	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	予備
6	予備
5	予備
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に従った上で、デバイスはオンするよう指示される。
2	SHARE_CLOCK制御。SHARE_CLOCKを“L”に保持すると、出力は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、レールをオフする全動作に対して、出力は設定値の12.5%未満に減衰する必要がある。対象の動作には、フォルト、OFF/ONコマンド、RUNの“H”-“L”-“H”への切り替えが含まれる。

このコマンドのデータは1バイトです。

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・メッセージに対する 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ために必要な有効な PEC。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 ピンで“L”から“H”への切り替えを有効にして CLEAR_FAULTS コマンドを発行する。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

オン/オフ/マージン

コマンド名	CMD コード	概要	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“H”およびマージン“L”。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80
MFR_RESET	0xFD	電源遮断不要の、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。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 22. ON_OFF_CONFIGの詳細なレジスタ情報
ON_OFF_CONFIGのデータの内容

ビット	シンボル	OPERATION
b[7:5]	Reserved	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高い方または低い方に設定する場合にも使用します。デバイスは、後続のOPERATIONコマンドまたはRUN_nピンの状態遷移によって他のモードへの切り替えを指示されるまで、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。デバイスの情報がMARGIN_LOW/HIGH状態で格納された場合は、次のMFR_RESETまたはRESTORE_USER_ALLの実行後、またはSV_{IN}電源の入れ直しにより、該当のステートまでランプします。OPERATIONコマンドが変更された場合、たとえば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OPERATIONコマンドはオフ・シーケンスです。

LTM4675では、マージン“H”(フォルト無視)およびマージン“L”(フォルト無視)動作はサポートされていません。

デバイスのデフォルトはオフ・シーケンス・ステートです。

このコマンドのデータは1バイトです。

表 23. OPERATIONコマンドの詳細レジスタ情報
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	動作	値
ビット		
機能	即座にオフ	0x00
	ターンオン	0x80
	マージン“L”	0x98
	マージン“H”	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	動作	値
ビット		
機能	公称値で出力	0x80
	マージン“L”	0x98
	マージン“H”	0xA8

注記: 予備の値を書き込もうとするとCML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LTM4675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 Config

コマンド名	CMDコード	概要	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	0xC1
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 コマンドを使用すると、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)と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	I _{LIMIT} の範囲 0 - 低電流範囲 1 - 高電流範囲
6	サーボ・モードをイネーブする
5	予備
4	ページ0のみ: TSNS _{1a} で検出された温度の遠隔測定値の使用 0 - TSNS _{1a} を介して検出した温度を使用して、チャンネル1がデジタル化した電流検出情報を温度補正。 1 - TSNS ₀ を介して検出した温度を使用して、チャンネル1がデジタル化した電流検出情報を温度補正。TSNS _{1a} に接続されている温度センサから得られる遠隔測定値は、必要に応じてモジュール外部に出力できる。
3	予備
2	予備
1	電圧範囲 0 - 高電圧範囲、最大5.5V 1 - 低電圧範囲、最大2.75V
0	PWMモード 0 - 不連続モード 1 - 連続モード

チャンネルのランピングがオンのときは、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コマンドの高電流範囲または低電流範囲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] を 0 に設定すると、LTM4675 はデバイス自体がオフ、ランピング・オン、またはランピング・オフのとき、サーボ動作を停止します。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、デバイスが高電圧範囲または低電圧範囲のいずれか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ときにこのビットの値を変更することはできません。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

MFR_PWM_CONFIG

MFR_PWM_CONFIG コマンドは、SYNC 信号の立ち下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 ステート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 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。ビット 7 を使用すると、PolyPhase 電源レール・アプリケーションでのリモート差動電圧検出が可能です。

ビット	意味	
7	EA 接続 0 – EA 出力とチャンネル出力は無関係 1 – EA1 は PolyPhase 動作のために EA0 入力を使用	
6	予備	
5	予備	
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”になる。このビットが 0 の場合は、 SV_{IN} を最初に印加したときを除き、 $SV_{IN} < VIN_{OFF}$ であっても SHARE_CLK ピンは“L”にならない。	
3	予備	
ビット [2:0]	チャンネル 0 (度)	チャンネル 1 (度)
000b	0	180
001b	90	270
010b	0	240
011b	0	120
100b	120	240
101b	60	240
110b	120	300

アプリケーションが PolyPhase アプリケーションであり、両方の VOUT ピンを互いに接続し、かつ両方の COMP_{na} ピンを互いに接続している場合を除き、ビット [7] はアサートしないでください。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

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。

対応する周波数は次のとおりです。

値 [15:0]	得られる周波数 (標準)
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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s 形式で表されます。

電圧

入力電圧 (SV_{IN}) および制限値

コマンド名	CMD コード	概要	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	17.44 0xDA2E
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源 (SV _{IN}) の低電圧フォルト・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入力電圧の測定値 (SV_{IN}) 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 100ms の待ち時間が生じます。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s 形式で表されます。

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 100ms の待ち時間が生じます。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s 形式で表されます。

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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

出力電圧と制限値

コマンド名	CMDコード	概要	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	コマンド指定出力電圧の上限、VOUT_MARGIN_HIGHを含む。	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“H”の出力電圧設定値。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値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン“L”の出力電圧設定値。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のデータは1バイトです。

VOUT_MAX

VOUT_MAX コマンドは、出力電圧の上限を、VOUT_MARGIN_HIGHを含む任意の電圧に設定します。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。LTM4675が発生可能な最大出力電圧は、VOUT_MARGIN_HIGHを含めて5.5Vです。ただし、VOUT_OV_FAULT_LIMITは、最大5.7Vに指定することができます。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

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。

VOUT_OV_FAULT_LIMIT を変更し、スイッチャがアクティブである場合は、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、GPIO ピンはアサートされません。LTM4675 は、過電圧状態が検出されるとすぐに TG を“L”にして、BG ビットをアサートします。

このコマンドのデータは 2 バイトで、Linear_16u 形式で表されます。

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、ALERT ピンをアサートしてホストに通知する。

この状態は ADC によって検出するため、標準で 100ms の応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは 2 バイトで、Linear_16u 形式で表されます。

VOUT_MARGIN_HIGH

VOUT_MARGIN_HIGH コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン“H”」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 の最大保証値は 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。

このコマンドのデータは 2 バイトで、Linear_16u 形式で表されます。

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 の最大保証値は 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。

このコマンドのデータは 2 バイトで、Linear_16u 形式で表されます。

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“L”」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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

MFR_VOUT_MAX

MFR_VOUT_MAX コマンドは、各チャンネルの最大出力電圧(V)で、VOUT_OV_FAULT_LIMITを含みます。出力電圧を高電圧範囲に設定(MFR_PWM_MODEのビット1を0に設定)した場合のチャンネル0および1のMFR_VOUT_MAXは5.7Vです。出力電圧を低電圧範囲に設定(MFR_PWM_MODEのビット1を1に設定)した場合の両方のチャンネルのMFR_VOUT_MAXは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のデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

電流

入力電流の較正

コマンド名	CMDコード	概要	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に相当するように入力電流に追加して使用する係数。	R/W Word	Y	L11	A	Y	0.02956 0x8BC9

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_IIN_OFFSET

MFR_IIN_OFFSET コマンドを使用すると、ユーザーは各チャンネルの静止電流を表す入力電流を設定することができます。低電流時に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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

出力電流の較正

コマンド名	CMDコード	概要	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	出荷時専用のNVM	調整済み、4.46mΩ(標準)
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 コマンドの名目上の使用目的は、電流検出素子の抵抗値をmΩ単位で設定することです。(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が返され、出力電流読み出しの遠隔測定には影響しません。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC

MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC コマンドを使用すると、ユーザーはIOUT_CAL_GAIN 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。

このコマンドのデータは2バイトで、16ビットの2の補数の整数 ppm 形式で表されます。N = -32768 ~ 32767 • 10⁻⁶ です。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。

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

IOUT_CAL_GAIN および MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC は、READ_IOUT、READ_IIN、IOUT_OC_FAULT_LIMIT、IOUT_OC_WARN_LIMIT を含むすべての電流パラメータに影響します。このレジスタへの書き込みは推奨しません。出荷時の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	概要	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	8.5 0xD220

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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

出力電流

コマンド名	CMDコード	概要	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	出力過電流フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	15.80 0xD3F3
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力の過電流警告リミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	10.80 0xD2B3

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の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	
37.5mV/IOUT_CAL_GAIN	高電流レンジ(公称ループ利得) MFR_PWM_MODE [7]=1
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	

注記：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。

$$\text{IOUT_OC_FAULT_LIMIT} = \text{IOUT_CAL_GAIN} \cdot (1 + \text{MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERTURE}_1 - 27.0))$$

LTpowerPlayのGUIは、自動的に電圧を電流に変換します。

IOUTの範囲は、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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

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

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

温度

パワー段DCRの温度較正

コマンド名	CMDコード	概要	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	パワー段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	-273.1°Cを基準にしてパワー段温度センサの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、素子の非理想性と、インダクタ温度の遠隔検出によって生じる誤差を考慮して、パワー段温度センサの勾配を補正します。

このコマンドのデータは2バイトで、16ビットの2の補数の整数形式で表されます。N = 8192 ~ 32767です。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、素子の非理想性と、インダクタ温度の遠隔検出によって生じる誤差を考慮して、パワー段温度センサのオフセットを補正します。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。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

パワー段の温度リミット

コマンド名	CMDコード	概要	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	パワー段の過熱フォルト・リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	128 0xF200
OT_WARN_LIMIT	0x51	パワー段の過熱警告リミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	125 0xEBE8
UT_FAULT_LIMIT	0x53	パワー段の低温フォルト・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パワー段の温度の値を°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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

OT_WARN_LIMIT

OT_WARN_LIMIT コマンドは、過熱警告を発生するパワー段の温度の値を°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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

UT_FAULT_LIMIT

UT_FAULT_LIMIT コマンドは、低温フォルトを発生するパワー段の温度の値を°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によって検出するため、標準で100msの応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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	概要	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VOUT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、VOUTがVOUT_UV_FAULT_LIMITを交差するまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	5.0 0xCA80
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	VOUTに新しい値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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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、LTM4675 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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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“H”、マージン“L”) のいずれかを発信したときに、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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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	概要	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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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 VOUT_COMMAND の値の 12.5% を下回った時点から、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。VOUT_DECAY がディセーブル状態のとき、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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

再起動の前提条件

コマンド名	CMDコード	概要	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。

注記：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、出力が設定値の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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

フォルト応答

全フォルトに対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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・モードでのリトライ・インターバル。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	250 0xF3E8

MFR_RETRY_DELAY

このコマンドは、フォルト応答によってコントローラに指定の時間間隔で再試行させる場合、その時間を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すべ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10 μ s刻みの値です。

注記：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に要する時間の、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は、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。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

入力電圧(SV_{IN})に対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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	SV _{IN} 入力電源の過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VIN_OV_FAULT_RESPONSE

VIN_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、(SV_{IN}) 入力の過電圧フォルトに対してデバイスが実行する動作を指示します。データ・バイトは表28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。
- 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。

付録C:PMBusコマンドの詳細

- 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

出力電圧に対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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	出力過電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x7A
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力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_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(出力をディスエーブル)、リトライは試みません。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ります(PMBus, Part II, Section 10.7)。

0xB8 - デバイスはシャットダウン(出力をディスエーブル)し、(RUNピンまたはOPERATIONコマンド、または両方により)オフを指示されるか、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、リトライを試み続けます。

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”にアサートされた場合、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、出力はディスエーブルされたままになります。OVフォルトはn・10μs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、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、リトライを試み続けます。OVフォルトはn・10μs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。

このコマンドのデータは1バイトです。

付録C:PMBus コマンドの詳細

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

ビット	概要	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] のあらゆる値に対して、LTM4675 は以下のように動作する。 <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。 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動作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。 LTM4675 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、 $V_{\text{OUT}} > \text{VOUT_OV_FAULT}$ の間、上側 MOSFET をオフして下側 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 (RUN _n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方によって) オフを指示されるか、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 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_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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

付録C:PMBusコマンドの詳細

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

ビット	概要	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] のあらゆる値に対して、LTM4675 は以下のように動作する。 • 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動作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。 • LTM4675 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 (RUN_n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方によって) オフを指示されるか、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 28 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

付録C:PMBus コマンドの詳細

出力電流に対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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	出力過電流フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

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26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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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

ビット	概要	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]のあらゆる値に対して、LTM4675は以下のように動作する。 <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。 • 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動作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。 • LTM4675 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	LTM4675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	LTM4675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。
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(RUN_n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方によって)オフを指示されるか、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

ICの温度に対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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27に示した形式です。

また、LTM4675は以下の動作も行います。

- 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

表27. MFR_OT_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	概要	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]のあらゆる値に対して、LTM4675は以下のように動作する。 <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。 • 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動作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。 • LTM4675 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。

パワー一段の温度に対するフォルト応答

コマンド名	CMDコード	概要	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	パワー一段の過熱フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	パワー一段の低温フォルトが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

付録C:PMBus コマンドの詳細

OT_FAULT_RESPONSE

OT_FAULT_RESPONSE コマンドは、パワー段の過熱フォルトに対する応答としてデバイスが実行する動作を指示します。データ・バイトは表 28 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 によって検出するため、標準で 100ms の応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

UT_FAULT_RESPONSE

UT_FAULT_RESPONSE コマンドは、パワー段の低温フォルトに対する応答としてデバイスが実行する動作を指示します。データ・バイトは表 28 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 によって検出するため、標準で 100ms の応答時間がかかる場合があります。

このコマンドのデータは 1 バイトです。

表 28. 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	概要	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] のあらゆる値に対して、LTM4675 は以下のように動作する。 <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。 • 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動作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 • LTM4675 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 (RUN_n ピンまたは OPERATION コマンド、または両方によって) オフを指示されるか、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。

4675f

付録C:PMBusコマンドの詳細

フォルト共有

フォルト共有の伝播

コマンド名	CMDコード	概要	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29に示した形式です。応答するようプログラムされているフォルトだけが $\overline{\text{GPIO}}$ ピンに伝播されます。

このコマンドのデータは2バイトです。

表 29. GPIO_nの伝播フォルト設定。 $\overline{\text{GPIO}}_0$ ピンと $\overline{\text{GPIO}}_1$ 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いくつかは、両方の出力チャンネルに共通です。その他は1つの出力チャンネルに固有のイベントです。チャンネル間でフォルトを共有するために使用することもできます。

ビット	シンボル	動作
B[15]	VOUTは減衰しないがディスエーブルされる。	これはMFR_CHAN_CONFIGのビット0が0の場合、PolyPhase構成で使用される。RUNピンの状態を切り替えるか、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を再アサートするか、再びオンするようにデバイスに指示した場合でも、12.5%の減衰要件が満たされるまでVOUTは再起動しない。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・シーケンス完了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。 GPIO0はページ0のTON_MAX_FAULTフォルトに関連付けられる GPIO1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	フィルタ処理しないVOUT_UV_FAULT_LIMITコンパレータ出力 GPIO0はチャンネル0に関連付けられる GPIO1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、関連する出力が“L”にアサートされる。
b[10]	Mfr_pwrgrd1_en*	0: チャンネル1のPOWER_GOODが真でない場合、アクションなし。 1: チャンネル1のPOWER_GOODが真でない場合、関連する出力が“L”にアサートされる。 このビットがアサートされた場合は、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_pwrgrd0_en*	0: チャンネル0のPOWER_GOODが真でない場合、アクションなし。 1: チャンネル0のPOWER_GOODが真でない場合、関連する出力が“L”にアサートされる。 このビットがアサートされた場合は、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、関連する出力が“L”にアサートされる。 GPIO0はページ0のUTフォルトに関連付けられる GPIO1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 29. GPIO_n の伝播フォルト設定。GPIO₀ ピンと GPIO₁ 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いくつかは、両方の出力チャンネルに共通です。その他は1つの出力チャンネルに固有のイベントです。チャンネル間でフォルトを共有するために使用することもできます。

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、関連する出力が“L”にアサートされる。 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]	予備	
b[5]	予備	
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、関連する出力が“L”にアサートされる。
b[3]	予備	
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、関連する出力が“L”にアサートされる。 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、関連する出力が“L”にアサートされる。 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、関連する出力が“L”にアサートされる。 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。

フォルト共有の応答

コマンド名	CMDコード	概要	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のデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0

MFR_GPIO_RESPONSE

このコマンドは、GPIO_n ピンが外部電流源によって“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。LTM4675 は GPIO ピンが“L”にアサートされたことに対して出力をトライステート化する。
0x00	GPIO_IGNORE。LTM4675 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。“L”になっている ALERT ピンは、MFR_CHAN_CFG のビット [1] をセットすればディスエーブルすることができる。

このコマンドのデータは1バイトです。

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	概要	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が確保。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	メーカーがLTpowerPlay用に確保。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA
USER_DATA_02	0xB2	OEMが確保。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。予備の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。

これらのコマンドのデータは2バイトで、レジスタ形式で表されます。

識別

コマンド名	CMDコード	概要	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	LTM4675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			LTM4675
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	LTM4675を表すメーカーコード。	R Word	N	Reg			0x47AX

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。LTM4675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のデータは1バイトです。

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。

LTM4675は、パケット・エラー・チェック、400kHzのバス・スピード、およびALERTピンをサポートします。

この読み出し専用コマンドのデータは1バイトです。

MFR_ID

MFR_IDコマンドは、LTM4675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、LTM4675 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 コマンドの実行結果には、LTM4675 の構成を一意に識別するために使用される最大9バイトの特別形式データが含まれます。

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。接頭部の0x47EはデバイスがLTM4675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のデータは2バイトです。

フォルトの警告および状態

コマンド名	CMDコード	概要	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	すべてのピーク値をクリアする。	Send Byte	N				NA
STATUS_BYTE	0x78	デバイスのフォルト状態の1バイトの要約。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_WORD	0x79	デバイスのフォルト状態の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 (SV _{IN}) 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} で検出された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すべてのフォルト・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。ビットをクリアしたときにフォルトが引き続き存在する場合、フォルト・ビットはセットされたままになり、ALERT ピンを“L”にアサートすることによってホストに通知されます。CLEAR_FAULTS は、処理するのに最大 10μs を要します。この時間内にフォルトが発生した場合、このフォルトはステータス・レジスタが設定される前にクリアできます。

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 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 は、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 57 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。たとえば、STATUS_TEMPERATURE コマンドが最初のデータ・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 を設定しますが、 $\overline{\text{ALERT}}$ はアサートしません。サポートされているその他の STATUS_TEMPERATURE ビットがすべて設定されている場合は、これらのビットによって引き続き $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされます。

図 58 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、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。

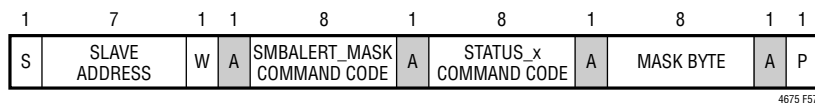


図 57. SMBALERT_MASK の設定例

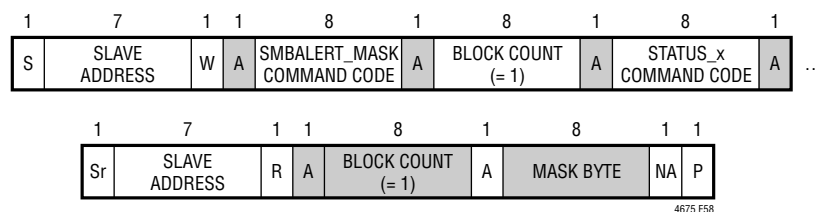


図 58. SMBALERT_MASK の読み出し例

付録C:PMBus コマンドの詳細

SMBALERT_MASKのデフォルト設定:(ステータス・レジスタ一覧、図59も参照)

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は非同期)、ビット0(GPIO _n は外部デバイスにより“L”に引き下げ)

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	LTM4675が応答できないので、フォルトが宣言された。
6	オフ	このビットは、単にインエ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(LTM4675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	上記のいずれでもない	ビット[7:1]に記載されていないフォルトが生じている。

このコマンドのデータは1バイトです。

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	LTM4675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(LTM4675は0を返す)。
9	OTHER	サポートされていない(LTM4675は0を返す)。
8	UNKNOWN	サポートされていない(LTM4675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ALERT イベントを起動します。

このコマンドのデータは2バイトです。

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	LTM4675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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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(LTM4675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(LTM4675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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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(LTM4675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(LTM4675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(LTM4675は0を返す)。
1	入力過電流警告。
0	サポートされていない(LTM4675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。

このコマンドのデータは1バイトです。

付録C:PMBus コマンドの詳細

STATUS_TEMPERATURE

STATUS_TEMPERATURE コマンドは、1バイトのパワー段温度検出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(LTM4675 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(LTM4675 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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	予備(LTM4675 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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。

各チャネルには同じ情報のコピーがあります。ビット0だけがページ固有です。

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 の 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。

このコマンドのデータは1バイトです。

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	予備
12	予備
11	ADCの値が無効。起動時に発生する。
10	外部クロックにより、SYNC出力はディスエーブル状態。
9	PowerGood1
8	PowerGood0
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のデータは2バイトです。

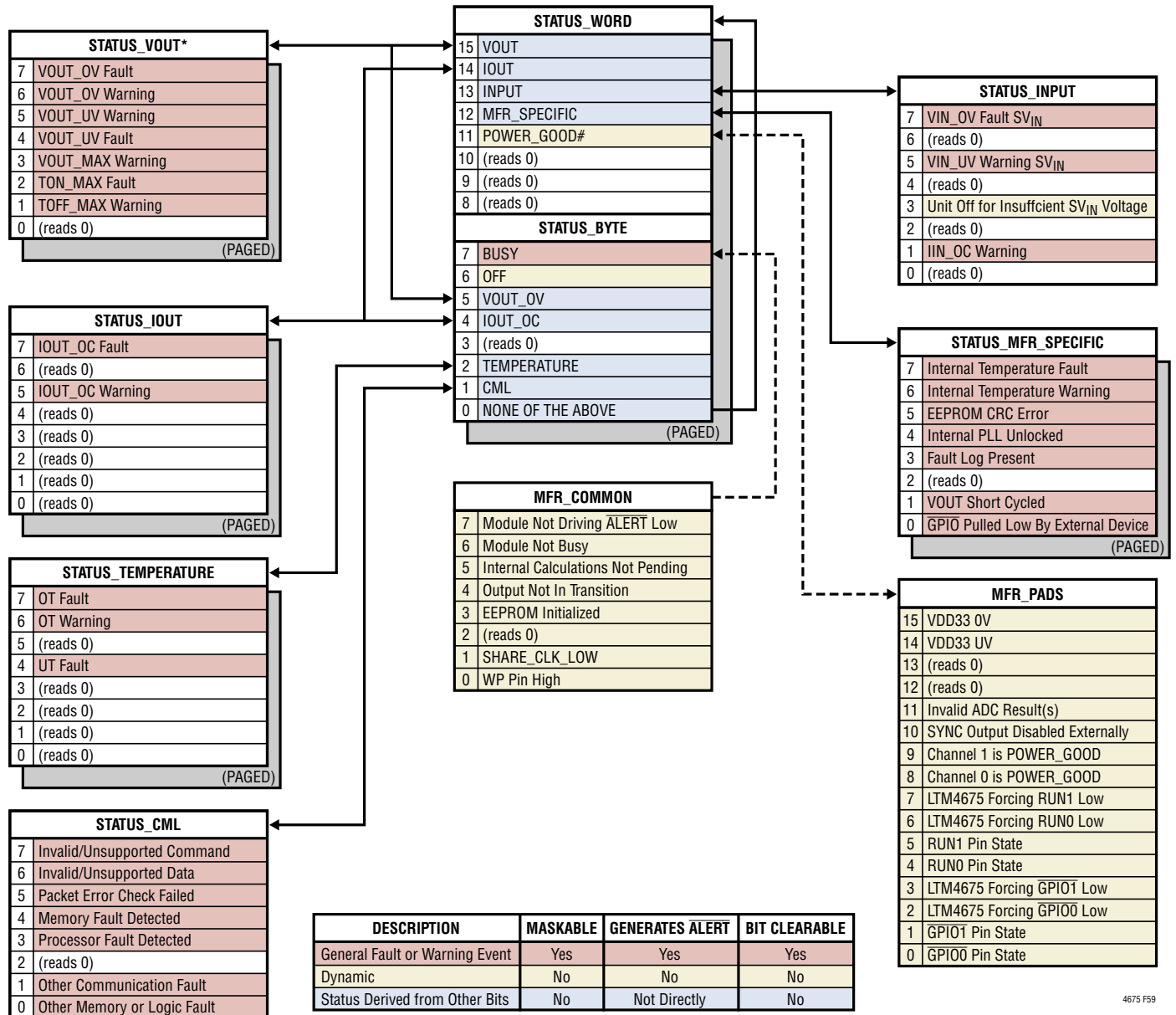
MFR_COMMON

MFR_COMMONコマンドには、LTCのデジタル電源およびテレメトリ製品のすべ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	モジュールはビジーではない。
5	計算は保留中ではない。
4	出力は遷移中ではない。
3	NVMは初期化済み。
2	予備
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のデータは1バイトです。

付録C: PMBus コマンドの詳細



4675 F59

図 59. ステータス・レジスタ一覧

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	概要	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	チャンネルごとの入力電流計算値。	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	パワー段の温度センサ。IOUT_CAL_GAINをはじめとする、すべての温度関連の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。他のレジスタには一切影響しない。	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 以降に測定されたパワー段の温度 (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のダイ温度 (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	高速のADC読み出しを繰り返すために選択されるADCテレメトリ・パラメータ	R/W Byte	N	Reg			0x00
MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS	0xDA	短いラウンドロビンADCループがイネーブルされた場合にどのパラメータの変換が最新かを示すADCテレメトリ・ステータス	R/W Byte	N	Reg			NA

READ_VIN

READ_VIN コマンドは SV_{IN} 入力電圧の測定値 (V) を返します。

この読み出し専用コマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

READ_IIN

READ_IIN コマンドは、入力電流 (A) を返します。注記：入力電流は、2つの出力からの READ_IOUT 電流および READ_DUTY_CYCLE の値の他に、MFR_IIN_OFFSET を基にして計算します。低電流時に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 による検出を使用する場合、誤差の最大の発生源は、インダクタの寄生 DC 抵抗 (DCR) の室温での精度 IOUT_CAL_GAIN です。

READ_IIN = MFR_READ_IIN_PAGE0 + MFR_READ_IIN_PAGE1

この読み出し専用コマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

付録C:PMBus コマンドの詳細

MFR_READ_IIN

MFR_READ_IIN コマンドは、ページ指定の 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、ページ指定の値を使用すること以外は READ_IIN と同様です。

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

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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) I_{SENSE} 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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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の読み出し値(W)を返します。POUTは、最新の相関する出力電圧と電流の読み出し値に基づいて計算されます。

このコマンドのデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_16u形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

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のデータは2バイトで、Linear_5s_11s形式で表されます。

MFR_ADC_CONTROL

MFR_ADC_CONTROL コマンドは、ADCの読み出し選択肢を指定します。このコマンドのデフォルト値である0では、すべてのパラメータが、標準の待ち時間である100msでラウンドロビン方式で更新され、標準のテレメトリ・ループが実行されます。ユーザーは0以外の値を指定して、概略の更新レートである8msで1つのパラメータをモニタすることができます。このコマンドの待ち時間は、最大で2回のA/D変換、つまり約16msです(パワー段の温度変換の待ち時間は最大で3回のA/D変換、つまり約24msになることがあります)。値として0x0Dを選択すると、短いラウンドロビン・ループがイネーブルされます。このコマンド指定値では、短いテレメトリ・ループが実行され、VOUT0、IOUT0、VOUT1、およびIOUT1だけがラウンドロビン方式で選択されます。ラウンドロビンの標準の待ち時間は27msです。1つのパラメータをADCで高速に更新することが必要な特殊な場合を除き、デバイスは標準のテレメトリ・モードのままにすることを推奨します。目的のパラメータを限られた時間(例えば1秒未満)だけモニタするようデバイスに指示し、その後、標準のラウンドロビン・モードに戻るようコマンドを設定します。このコマンドに、標準のラウンドロビン・テレメトリ(0)以外の任意の値を設定すると、選択したパラメータ以外のテレメトリに関連したすべての警告およびフォルトは実質的に無効になり、電圧のサーボ制御が無効になります。ラウンドロビンを再アサートすると、すべての警告およびフォルトとサーボ・モードが再度有効になります。

付録C:PMBus コマンドの詳細

指定値	選択されるテレメトリ
0x00	標準のADCラウンドロビン・テレメトリ
0x01	SV _{IN}
0x02	予備
0x03	予備
0x04	内蔵ICの温度
0x05	チャンネル0のV _{OUT}
0x06	チャンネル0のI _{OUT}
0x07	予備
0x08	チャンネル0のパワー一段の検出温度
0x09	チャンネル1のV _{OUT}
0x0A	チャンネル1のI _{OUT}
0x0B	予備
0x0C	チャンネル1のパワー一段またはTSNS _{1a} で検出された温度
0x0D	ADCの短いラウンドロビン
0x0E-0xFF	予備

予備のコマンド値を入力した場合、デバイスはデフォルトで内部ICの温度を出力し、CML[6]フォルトを送出します。有効なコマンド値を入力するまで、CML[6]フォルトはLTM4675によって送出され続けます。

この読み出し/書き込みコマンドのデータは1バイトで、レジスタ形式で表されます。

MFR_ADC_TELEMETRY_STATUS

コマンド0xD8に値0x0Dを使用して短いMFR_ADC_CONTROLラウンドロビン・ループをイネーブルした場合に、MFR_ADC_TELEMETRY_STATUSコマンドを使用すると、ユーザーは最新のA/D変換を割り出す手段が得られます。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	得られるテレメトリ・データ
7	予備、0を返す
6	予備、0を返す
5	予備、0を返す
4	予備、0を返す
3	チャンネル1のI _{OUT} の読み出し(I _{OUT1})
2	チャンネル1のV _{OUT} の読み出し(V _{OUT1})
1	チャンネル0のI _{OUT} の読み出し(I _{OUT0})
0	チャンネル0のV _{OUT} の読み出し(V _{OUT0})

データ・ビットを1に設定して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/書き込みコマンドのデータは1バイトで、レジスタ形式で表されます。

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

10年のデータ保持特性を保証できるのは、STORE_USER_ALL コマンドを $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 85^{\circ}\text{C}$ の範囲内で実行した場合に限ります。85°Cより高い温度または0°Cより低い温度でこのコマンドを実行するのは推奨しません。この条件ではデータ保持特性を保証できないからです。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。

LTM4675との通信およびEEPROMのプログラミングを開始できるのは、VDD33が供給されていて、かつSV_{IN}を印加していない場合です。デバイスをこの状態でイネーブルするには、グローバル・アドレス0x5Bを使用し、0x2Bの後に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またはRESTORE_USER_ALLを発行して、PWMをイネーブルし、有効なADCを読み出せるようにする必要があります。

この書き込み専用コマンドにはデータ・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LTM4675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より低くなるまで再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	概要	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・ログの予備として確保された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30に、このコマンドの長さや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、長さ147バイトのデータ・ブロックが必ず返されます。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・ログ動作をEEPROMに強制的に書き込みます。このコマンドは、MFR_CONFIG_ALL コマンドで「フォルト・ログのイネーブル」ビットがセットされると、MFR_SPECIFIC フォルトを生成します。

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。

稼働時間カウンタはフォルト・ログのヘッダ内にあります。このカウンタは、モジュールの最後のリセット(MFR_RESET、RESTORE_USER_ALL、またはSV_{IN} - 電源の入れ直し)からの時間で、200µs刻みです。これは48ビットのバイナリ・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 30. フォルト・ログこの表は、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		BYTE	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を返す。ワードxxはデバイスごとに 変更することができる工場識別子。
	[7:0]		1	
	[15:8]	Reg	2	
	[7:0]		3	
フォルト発生源	[7:0]	Reg	4	表31を参照。
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	
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	

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 30. フォルト・ログこの表は、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_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	最後のイベント発生時のチャンネル0のパワー段。
	[7:0]		22	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1)	[15:8]	L11	23	最後のイベント発生時のチャンネル1のパワー段または TSNS _{1a} で検出された温度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・ページのすべてを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)		BYTE	39	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	40	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	41	
	[7:0]	WORD	42	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	43	
	[7:0]	WORD	44	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	45	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	46	

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	
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	

付録C:PMBus コマンドの詳細

表 30. フォルト・ログこの表は、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_IIN	[15:8]	LIN 11	57	
	[7:0]	LIN 11	58	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	59	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	60	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	61	
	[7:0]	WORD	62	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	63	
	[7:0]	WORD	64	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	65	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	66	
*				
*				
*				
EVENT n-5				
(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)		BYTE	139	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	140	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	141	
	[7:0]	WORD	142	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	143	
	[7:0]	WORD	144	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	145	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	146	

付録C:PMBusコマンドの詳細

表 31. 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・メモリの書き込み/読み出し

コマンド名	CMDコード	概要	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

すべての(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より低くなると再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します。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。

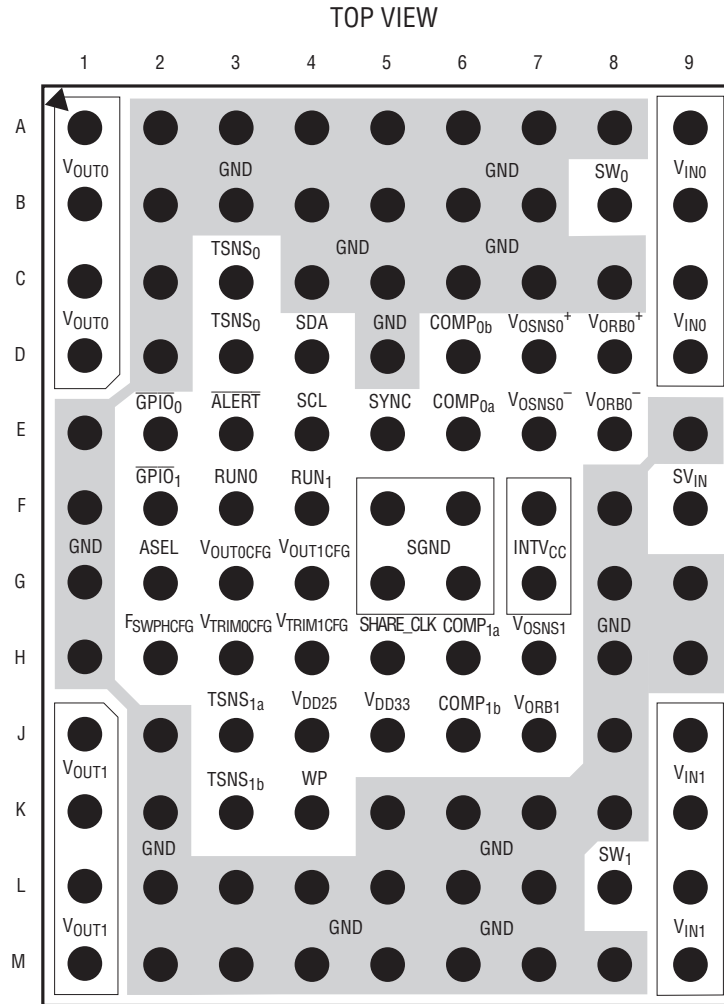
表 32. LTM4675 の BGA パッケージのピン配列

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	GND	F1	GND
A2	GND	B2	GND	C2	GND	D2	GND	E2	$\overline{\text{GPIO}}_0$	F2	$\overline{\text{GPIO}}_1$
A3	GND	B3	GND	C3	TSNS ₀	D3	TSNS ₀	E3	$\overline{\text{ALERT}}$	F3	RUN ₀
A4	GND	B4	GND	C4	GND	D4	SDA	E4	SCL	F4	RUN ₁
A5	GND	B5	GND	C5	GND	D5	GND	E5	SYNC	F5	SGND
A6	GND	B6	GND	C6	GND	D6	COMP _{0b}	E6	COMP _{0a}	F6	SGND
A7	GND	B7	GND	C7	GND	D7	V _{OSNS0+}	E7	V _{OSNS0-}	F7	INTV _{CC}
A8	GND	B8	SW ₀	C8	GND	D8	V _{ORB0+}	E8	V _{ORB0-}	F8	GND
A9	V _{IN0}	B9	V _{IN0}	C9	V _{IN0}	D9	V _{IN0}	E9	GND	F9	SV _{IN}

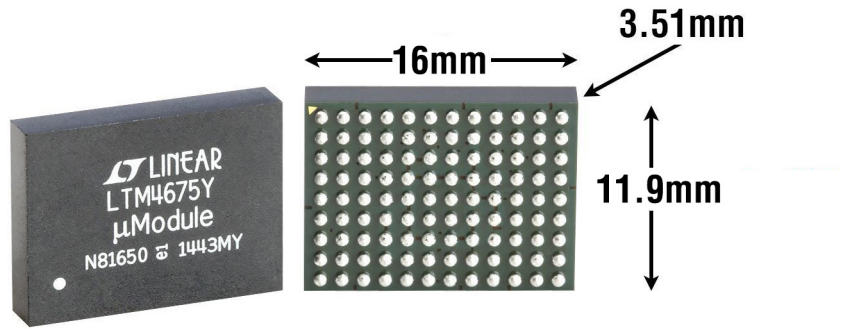
ピン ID	機能	ピン ID	機能	ピン ID	機能	ピン ID	機能	ピン ID	機能	ピン ID	機能
G1	GND	H1	GND	J1	V _{OUT1}	K1	V _{OUT1}	L1	V _{OUT1}	M1	V _{OUT1}
G2	ASEL	H2	F _{SWPHCFG}	J2	GND	K2	GND	L2	GND	M2	GND
G3	V _{OUT0CFG}	H3	V _{TRIM0CFG}	J3	TSNS _{1a}	K3	TSNS _{1b}	L3	GND	M3	GND
G4	V _{OUT1CFG}	H4	V _{TRIM1CFG}	J4	V _{DD25}	K4	WP	L4	GND	M4	GND
G5	SGND	H5	SHARE_CLK	J5	V _{DD33}	K5	GND	L5	GND	M5	GND
G6	SGND	H6	COMP _{1a}	J6	COMP _{1b}	K6	GND	L6	GND	M6	GND
G7	INTV _{CC}	H7	V _{OSNS1}	J7	V _{ORB1}	K7	GND	L7	GND	M7	GND
G8	GND	H8	GND	J8	GND	K8	GND	L8	SW ₁	M8	GND
G9	GND	H9	GND	J9	V _{IN1}	K9	V _{IN1}	L9	V _{IN1}	M9	V _{IN1}

LTM4675

パッケージ



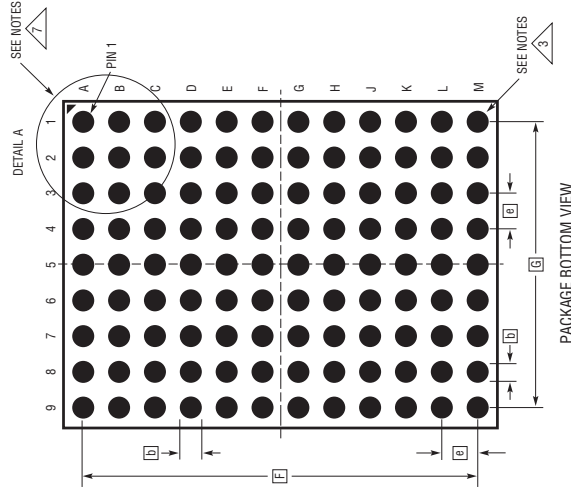
パッケージの写真



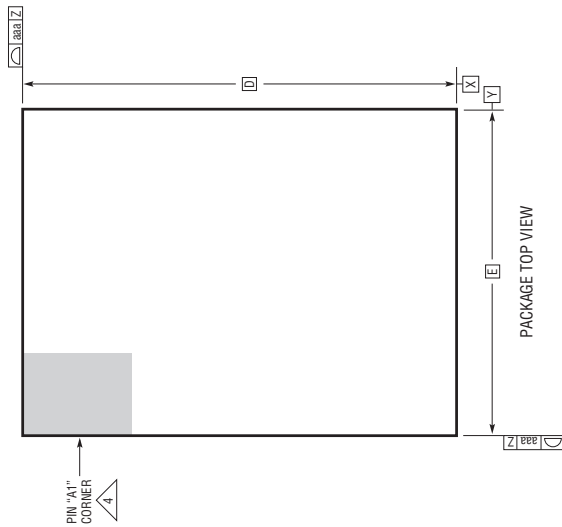
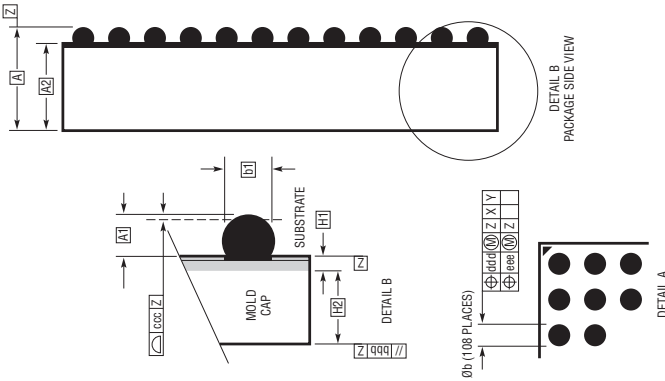
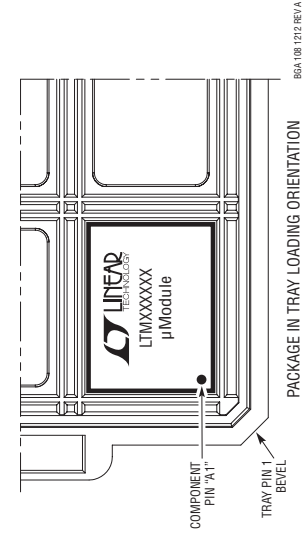
パッケージ

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

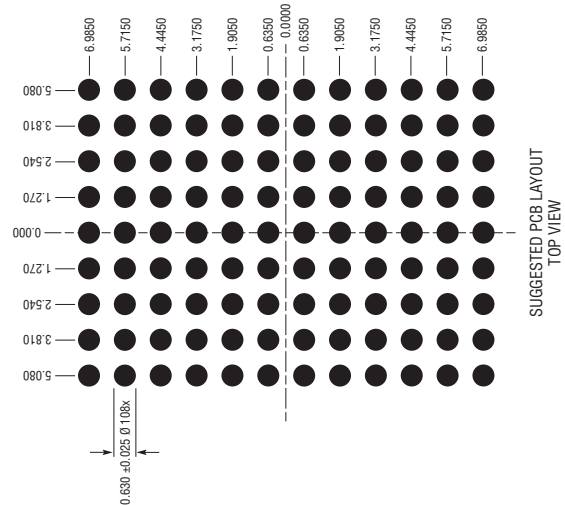
BGA Package
108-Lead (16mm × 11.9mm × 3.51mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1931 Rev A)



- 注記:
- 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 による
 - すべての寸法はミリメートル
 - ボールの指定は JEDEC MS-028 および JEFP95 による
 - 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ない
ピン#1の識別マークはモールドまたはマーキングにすることができ
 - 主要ターム-ズはシーテイングブルーシ
 - 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% の合金とする
 - 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十分にご確認ください



DIMENSIONS				SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
				A	3.31	3.51	3.71	
				A1	0.50	0.60	0.70	
				A2	2.81	2.91	3.01	
				b	0.60	0.75	0.90	
				b1	0.60	0.63	0.66	
				D	16.00			
				E	11.90			
				e	1.27			
				F	13.97			
				G	10.16			
				H1	0.36	0.41	0.46	
				H2	2.45	2.50	2.55	
				aaa	0.15			
				bbb	0.10			
				ccc	0.20			
				ddd	0.30			
				eee	0.15			
				TOTAL NUMBER OF BALLS: 108				



LTM4675

標準的応用例

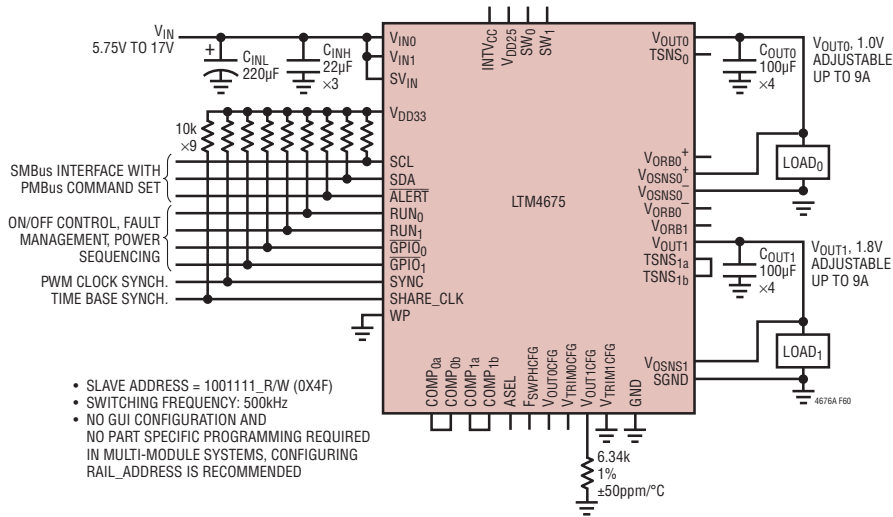


図 60. シリアル・インタフェースを備えた 9A/1V および 9A/1.8V 出力 DC/DC μModule レギュレータ

デザイン・リソース

主題	概要
μModule のデザイン/製造リソース	デザイン: • 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・ファミリーは、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	概要	注釈
LTM4620A	デュアル 13A、シングル 26A 降圧 μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$, $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.3V$, 15mm×15mm×4.4mm LGA パッケージ
LTM4630	デュアル 18A、シングル 36A 降圧 μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 15V$, $0.6V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$, 16mm×16mm×4.4mm LGA パッケージ
LTM4676A	デジタル・パワーシステム・マネージメント機能を備えたデュアル 13A/シングル 26A 降圧 μModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$, $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$, 16mm×16mm×5.01mm BGA パッケージ
LTC3880/ LTC3883	パワーシステム・マネージメント機能を備えたデュアルおよびシングル出力 DC/DC コントローラ	TUE が 0.5% の 16 ビット ADC、電圧/電流/温度モニタおよび監視
LTC2977/ LTC2974	8 チャンネルおよび 4 チャンネル PMBus パワーシステム・マネージャ	TUE が 0.25% の 16 ビット ADC、電圧/温度の監視および管理

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。TUE とは、全未調整誤差のことです。

4675f